



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS**

FAGNO DALLINO ROLIM

**PARÂMETROS CLIMÁTICOS, DE QUALIDADE DO AR E DE DESEMPENHO EM
ENXAMES DE ABELHAS CANUDOS (SCAPTOTRIGONA SP.) NIDIFICADAS EM
DIFERENTES MATERIAIS**

**CAMPINA GRANDE-PB
2023**

FAGNO DALLINO ROLIM

PARÂMETROS CLIMÁTICOS, DE QUALIDADE DO AR E DE DESEMPENHO EM
ENXAMES DE ABELHAS CANUDOS (*SCAPTOTRIGONA SP.*) NIDIFICADAS EM
DIFERENTES MATERIAIS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos (PPGEP) *Campus* Campina Grande, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Processos PPGEP/UFCG.

Orientadores: Prof. D. Sc. José Jefferson da
Silva Nascimento
Prof. D. Sc. Patricio Borges Maracajá

R748p

Rolim, Fagno Dallino.

Parâmetros climáticos, de qualidade do ar e de desempenho em enxames de abelhas canudos (*Scaptotrigona sp.*) nidificadas em diferentes materiais / Fagno Dallino Rolim. – Campina Grande, 2024.

55 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2024.

"Orientação: Prof. Dr. José Jefferson da Silva Nascimento, Prof. Dr. Patrício Borges Maracajá".

Referências.

1. Abelha Canudo. 2. Ambiência. 3. Atmosfera da Colmeia. 4. Compostos Voláteis. 5. Apicultura. 6. Meliponário – Campina Grande/PB. I. Nascimento, José Jefferson da Silva. II. Maracajá, Patrício Borges. III. Título.

CDU 638.1(043)

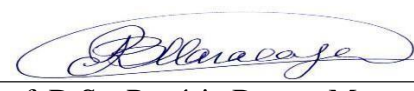
FAGNO DALLINO ROLIM

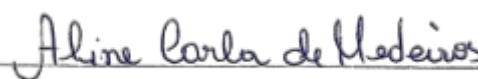
PARÂMETROS CLIMÁTICOS, DE QUALIDADE DO AR E DE DESEMPENHO EM
ENXAMES DE ABELHAS CANUDOS (SCAPTOTRIGONA SP.) NIDIFICADAS EM
DIFERENTES MATERIAIS


Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Processos da
Universidade Federal de Campina Grande
(UFCG), como requisito parcial necessário
para obtenção do título de Doutor em
Engenharia de Processos.


Banca Examinadora


Prof. D.Sc. José Jefferson da Silva Nascimento
Orientador – UFCG

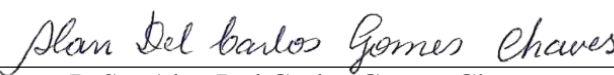

Prof. D.Sc. Patrício Borges Maracajá
Orientador – INSA


Profa. D.Sc. Aline Carla de Medeiros
Examinadora Externa– SEECT/PB


D.Sc. Yaroslávia Ferreira Paiva
Examinadora Externa – UFCG/PDJ/FAPESQ

 Documento assinado digitalmente
WELINGTON BEZERRA DE SOUSA
Data: 06/11/2023 12:57:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. D.Sc. Welington Bezerra de Sousa
Examinador Externo – UFCG


D.Sc. Alan Del Carlos Gomes Chaves
Examinador Externo – PMC


D.Sc. Kilmer Oliveira Soares
Examinador Externo – INSA



ATA DA DEFESA PARA CONCESSÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA DE PROCESSOS, REALIZADA EM 28 DE AGOSTO DE 2023.

Candidato(a): Fagno Dallino Rolim

Comissão Examinadora: Professores Drs: José Jefferson da Silva Nascimento (UFCG - Orientador), Patricio Borges Maracajá (INSA - Orientador), Aline Carla de Medeiros (SEECT - Examinadora Externa), Yaroslávia Ferreira Paiva (UFCG/PDJ/FAPESQ - Examinadora Externa), Wellington Bezerra de Sousa (UFCG - Examinador Externo), Kilmner Oliveira Soares (INSA - Examinador Externo), Alan Del Carlos Gomes Chaves (PMC - Examinador Externo).

Título: "Parâmetros Climáticos e Qualidade do Ar em Enxames de Abelhas Canudos (*Scaptotrigona Depilis*) Modificadas em Diferentes Materiais"

Horário e Local da defesa: 28 de agosto de 2023, às 14:00 horas, Sala de Pós-Graduação do Laboratório de Tecnologia do Frio - UFCG.

Em sessão pública, após exposição de 50 minutos, o candidato foi arguido oralmente pela Comissão Examinadora, tendo demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema de sua tese sendo "APROVADO". Face a Aprovação declara o Presidente da Banca Examinadora José Jefferson da Silva Nascimento, achar-se o(a) candidato(a) legalmente habilitado(a) a receber o grau de Doutor no domínio da Engenharia de Processos, cabendo a Universidade Federal de Campina Grande providenciar a expedição do Diploma a que o mesmo faz jus. Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata, que é assinada por mim, Maria de Fátima David Sousa, secretária, e pelos membros da Comissão Examinadora. Campina Grande, 28 de agosto de 2023.

Maria de Fatima David Sousa (Secretária)

Professores Drs:

José Jefferson da Silva Nascimento (UFCG - Orientador)
Patricio Borges Maracajá (INSA - Orientador)
Aline Carla de Medeiros (SEECT - Examinadora Externa)
Yaroslávia Ferreira Paiva (UFCG/PDJ/FAPESQ - Examinadora Externa)
Wellington Bezerra de Sousa (UFCG - Examinador Externo)
Kilmner Oliveira Soares (INSA - Examinador Externo)
Alan Del Carlos Gomes Chaves (PMC - Examinador Externo)

[Handwritten signatures of the examiners]

Em Tempo: A banca Examinadora decidiu a Mudança do Título da Tese para:
II Parâmetros climáticos de Qualidade do Ar e de Desempenho em Enxames de Abelhas canudos (*Scaptotrigona SP.*) Modificadas em Diferentes Materiais.

Maria de Fátima David Sousa
Secretária

[Handwritten signature of Maria de Fátima David Sousa]

AGRADECIMENTOS

A Deus amoroso, misericordioso e justo por nos mandar o seu filho, o salvador e redentor Jesus Cristo, que me guia, me ilumina e me fortalece no meu caminhar diante de tantos desafios enfrentados, mas que ao final, tudo fica bem.

Aos meus pais por todos os ensinamentos, educação e cuidado e por acreditarem sempre na minha capacidade de crescimento educacional e profissional.

A minha esposa Allizangela e aos meus filhos Arthur e Francisco Heitor, que representam em minha vida luz, inspiração, força, amor e perseverança, e que me impulsionam a buscar vencer os obstáculos e desafios e alcançar vitórias e, continuamente, novos objetivos. Um amor incondicional.

As minhas avós, Adalbertina e Isaura, *In memoriam*, pelo imensurável e irrevogável carinho que pude receber enquanto aqui estavam na mortalidade, me fazendo se sentir sempre acolhido, amado e, acima de tudo grato, essa gratidão está eternizada em meu coração.

Aos meus guias educacionais para construção desse importante trabalho (Tese), queridos orientadores, Prof. D. Sc. José Jefferson da Silva Nascimento e Prof. D. Sc. Patricio Borges Maracajá, pelo auxílio, pela colaboração, pela disponibilidade de tempo e pelos extraordinários conhecimentos que me foram mediados e que representam algo muito significativo para esse momento acadêmico, traduzido pela minha alegria e satisfação em tê-los nesse processo de orientação e conclusão do curso. E, com imensa gratidão, a digníssima Fátima David, sempre e eterna secretária, por toda a orientação junto aos processos burocráticos necessários para finalização e depósito final desta tese. Nossa mãe acadêmica.

Aos meus mestres, pelo incentivo, pela doação, dedicação e comprometimento em mediar os seus conhecimentos, por compartilharem os seus saberes ao longo do curso.

Aos amigos e companheiros de jornada, nos caminhos até Campina Grande com Wellington Bezerra, Alan Del Carlos, Carmem Batista, Henry Michael e Daniel Casimiro, em especial ao professor Nunes Neto, pela generosidade, amizade, luta, fé e determinação no decorrer deste curso.

Aos apicultores, Antônio Afonso Siqueira Gonçalves, Bruno Castro Siqueira Gonçalves, João Saraiva da Silva, residentes na cidade de Barbalha no Cariri Cearense, e Antônio Belo de Albuquerque, residente no município de São João do Rio do Peixe-PB, pelo apoio, a mim dispensados na execução dos experimentos para construção dos dados desta tese.

Por fim, a todos que, de forma direta e indireta, tiveram uma significativa participação no decorrer dessa jornada acadêmica e até mesmo pessoal e profissional.

“A doçura da vida é como o mel das abelhas, resultado do trabalho árduo e da dedicação, nos lembra que as recompensas vêm do esforço contínuo.” Autor Desconhecido

RESUMO

ROLIM, Fagno Dallino. Parâmetros climáticos, de qualidade do ar e de desempenho em enxames de abelhas canudos (*Scaptotrigona* sp.) Nidificadas em diferentes materiais, 2023. 55f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande – PB, 2023.

O Brasil se destaca como um dos países com uma grande diversidade em espécies de abelhas sociais nativas, conhecidas popularmente como abelhas indígenas sem ferrão ou meliponíneos. A abelha nativa denominada popularmente como canudo, ainda é pouco conhecida, tanto em seu comportamento alimentar quanto na sua biologia geral. Por isso, este trabalho teve como objetivo, comparar a qualidade do ar frente as caixas de cria com os seguintes materiais de construção (madeira, plástico e cimento + isopor). O estudo foi desenvolvido no meliponário no município de Campina Grande – PB, sob 25 enxames de abelhas canudos em 25 caixas tipo IPA, povoadas com abelhas onde: 5 caixas de madeira; 5 caixas de cimento + isopor. Comparadas com 25 caixas não povoadas com abelhas: 5 caixas de madeira; 5 caixas de plástico; 5 caixas de cimento + isopor. As avaliações foram efetuadas nas segundas e quintas feiras, durante 53 semanas perfazendo um total de 100 leituras. Os equipamentos utilizados para as medições: medidores Marca KKMOON modelo 6 in1 Air Quality Monitor detectores de qualidade do ar, este detector pode testar pm2.5, pm10, hcho, tvoc, co e co2; Temtop M2000 2º monitor de qualidade do ar CO2 para partículas PM2.5 PM10 CO2 HCHO, exibição de temperatura e umidade, exportação de dados, Termômetro com Medidor de Umidade Relativa Do Ar e Relógio – Matsuri- Estação meteorologica portátil com Sensor Remoto SWH1170 e Hand-Held Detector Qualidade do Ar Modelo: M2000 Temtop PM2.5 PM10 Partículas CO2 HCHO Temperatura Umidade Monitor Office Home Air Quality Testing . Parte estatística foi efetuada o teste de normalidade através de Shapiro-Wilk em seguida aplicado o teste de Kruscal-Wallis e finalmente aplicado o teste de Wilcoxon, tivemos a seguinte conclusão: As caixas contendo cimento + isopor apresentaram um melhor desempenho no tocante à qualidade do ar.

Palavras-chave: Abelha canudo. Ambiência. Atmosfera da colmeia. Compostos voláteis. Criadouros.

ABSTRACT

ROLIM, Fagno Dallino. **Climatic, air quality and performance parameters in swarms of straw bees (*Scaptotrigona* sp.) Nested in different materials.** 2023. 55f. Thesis (PhD in Process Engineering) – Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande – PB, 2023.

Brazil stands out as one of the countries with a great diversity of native social bee species, popularly known as indigenous stingless bees or meliponines. The native bee, popularly known as *abelha canudo* [straw bee], is still little known, both in terms of its feeding behavior and its general biology. Therefore, this work aimed to compare the air quality in hives with the following construction materials (wood, plastic and styrofoam concrete). The study was carried out at the meliponary in the municipality of Campina Grande – PB, under 25 swarms of straw bees in 25 IPA-type boxes, populated with bees where: 5 wooden boxes; 5 boxes of concrete + styrofoam. Compared to 25 boxes not populated with bees: 5 wooden boxes; 5 plastic boxes; 5 boxes of concrete + styrofoam. Assessments were carried out on Mondays and Thursdays, for 53 weeks, totaling 100 readings. Equipment used for measurements: KKmoon Digital Display Air Quality Analyzer Monitor, this detector can test PM2.5, PM10, HCHO, TVOC, CO and CO₂; Temtop M2000 2nd CO₂ air quality monitor for PM2.5 PM10 CO₂ HCHO particles, temperature and humidity display, data export, Thermometer with Relative Air Humidity Meter and Clock – Matsuri- Portable meteorological station with SWH1170 Remote Sensor and Hand -Held Air Quality Detector Model: M2000 Temtop PM2.5 PM10 Particles CO₂ HCHO Temperature Humidity Monitor Office Home Air Quality Testing. Statistical part, the normality test was carried out using Shapiro-Wilk, then the Kruskal-Wallis test was applied and finally the Wilcoxon test was applied and we had the following conclusion: Boxes containing concrete + styrofoam showed better performance in terms of air quality.

Keywords: Straw bee. Ambience. Atmosphere of the hive. Volatile compounds. Breeding.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – CARACTERÍSTICAS DAS ABELHAS NATIVAS	21
QUADRO 2 - CLASSIFICAÇÃO ZOOLOGICA PARA AS ABELHAS NATIVAS	22

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1** - Árvore taxonômica das abelhas fornecedoras de própolis e geoprópolis para estudo imunológico, abelha africanizada (*Apis mellifera* L.), abelha Jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) e abelha canudo (*Scaptotrigona* sp.) 22
- Figura 2** - Colmeia de abelhas *M. subnitida* (A) Favos de cria; (B) Potes de armazenamento de mel 24
- Figura 3** - Entrado do ninho de abelhas nativas *Scaptotrigona polysticta*..... 25
- Figura 4** - Abelha canudo (*Scaptotrigona depilis*) protegendo a entrada da colônia que apresenta projeção cerígena em forma de canudo 26

CAPÍTULO II

- Figura 1** - Avaliação de Particulate Matter 2.5 (A), Dióxido de Carbono (B) e Total Volatile Organic Compounds (C), em caixas modelo INPA compostas de cimento e madeira com e sem abelhas, Campina Grande, PB. 49
- Figura 2** - Avaliação dos níveis de formaldeído (CH₂O), em caixas modelo INPA compostas de cimento e madeira com e sem abelhas, Campina Grande, PB.....50
- Figura 3** - Avaliação dos níveis Temperatura (°C) (A) e Umidade Relativa (%) (B), em caixas modelo INPA compostas de cimento e madeira com e sem abelhas, Campina Grande, PB.....51

LISTA DE SIGLAS

CNSS - Colônias Nidificadas Sob área Sombreada

CRDS - Colônias nidificadas recebendo Radiação Direta do Sol

IDE - *Intregated Development Enviroment*

**IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e
Estatística**

PB - Paraíba

UV - Ultravioleta

**PPGEP - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Processos**

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

SUMÁRIO

CAPÍTULO I PARÂMETROS CLIMÁTICOS E QUALIDADE DO AR EM ENXAMES DE ABELHAS CANUDOS (*Scaptotrigona sp. nov.*) NIDIFICADAS EM DIFERENTES MATERIAIS

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO.....	15
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo Geral.....	17
1.2.2 Objetivos Específicos.....	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 A IMPORTÂNCIA DAS ABELHAS NO CENÁRIO BRASILEIRO.....	18
2.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ABELHAS NATIVAS.....	20
2.3 ASPECTOS GERAIS DAS ABELHAS DO GÊNERO <i>Melipona</i>	23
2.4 CARACTERÍSTICAS DA ABELHA CANUDO (<i>Scaptotrigona sp.</i>).....	25
2.5 TERMORREGULAÇÃO NAS COLMEIAS DAS ABELHAS	27
2.6 QUALIDADE DO AR.....	29
2.7 ALGUNS POLUENTES E SUAS FONTES	30
2.8 REFERÊNCIAS	34

CAPÍTULO II AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS ATMOSFÉRICOS EM CAIXAS DE *Scaptotrigona* *sp.* CONSTRUÍDAS COM CIMENTO E COMPARADAS A CAIXA DE MADEIRA

RESUMO.....	43
ABSTRACT.....	44
INTRODUÇÃO	45
MATERIAL E MÉTODOS	46
RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS.....	53

CAPÍTULO I

PARÂMETROS CLIMÁTICOS E QUALIDADE DO AR EM ENXAMES DE ABELHAS CANUDOS (*Scaptotrigona sp. nov.*) NIDIFICADAS EM DIFERENTES MATERIAIS

1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como um dos países com uma grande diversidade em espécies de abelhas sociais nativas, conhecidas popularmente como abelhas indígenas sem ferrão ou meliponíneos. A criação das abelhas meliponíneos é desenvolvida a muito tempo em diferentes regiões do país, especialmente no norte e nordeste brasileiro, e apresenta relevante importância econômica e social para estas regiões (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Segundo Oliveira (2018) as abelhas nativas (*Apidae, Meliponini*) referem-se ao grupo de abelhas eussociais com distribuição tropical. Suas colônias perenes são compostas pelas rainhas, operárias e machos. Os machos têm papel na reprodução juntamente com a rainha e as operárias são responsáveis pela manutenção da colônia, apresentando uma divisão de trabalho de acordo com a idade. No caso das abelhas jovens desempenham trabalhos no interior do ninho, como construção e provisionamento das células, alimentação dos indivíduos, limpeza do ninho, produção de cera e criação de potes de alimento. Enquanto que as mais velhas têm a responsabilidade de defender o ninho e, no último estágio de vida, para coleta de recursos.

Em Meliponini, um grupo de abelhas sociais com ampla distribuição geográfica demonstra o grau de controle de temperatura bastante variado. Algumas espécies são boas termorreguladoras, similarmente à *Apis mellifera*, enquanto outras parecem ser carentes de alguma habilidade para termorregularem seus ninhos, indicando que o desenvolvimento de algumas espécies depende altamente da temperatura, enquanto outras têm flexibilidade. Embora venha se desenvolvendo muito nos últimos anos, o conhecimento acerca da termorregulação em abelhas nativas ainda é pouco e a capacidade termorregulatória da maioria das espécies ainda não foi estudada (FERREIRA, 2014).

Ainda falando sobre as abelhas nativas destacam-se as abelhas do gênero *Scaptotrigona* sp., que de acordo com as informações apresentadas por Leão (2014) apresentam seus ninhos geralmente encontrados em cavidades de troncos de grandes árvores. A entrada desses ninhos caracteriza-se por um tubo de cerume de comprimento variável dependendo da espécie. Na região interna, observam-se células de cria arranjadas em favos horizontais, formando placas que se sobrepõem, com lamelas de cerume envolvendo os discos de cria, constituindo o invólucro, que tem função de termorregulação.

Souza (2018) argumenta que nos ambientes semiáridos a oferta de recursos alimentares durante os períodos de estiagem é extremamente reduzida. As condições climáticas dessas regiões podem limitar a atividade de forrageio das operárias fazendo com que as abelhas deixem a colônia apenas quando as condições ambientais são minimamente adequadas. As temperaturas

elevadas associadas à ocorrência baixa e irregular de chuvas da Caatinga fazem com que a diversidade de abelhas sociais seja relativamente baixa quando comparada a outros biomas brasileiros.

Frente ao que foi apresentado o estudo tem como objetivo avaliar a influência da umidade e da temperatura sob as colmeias de *Scaptotrigona* sp. em ambiente controlado. Para tal, a questão norteadora do estudo foi a seguinte: Como é o comportamento das abelhas Canudo em um cortiço em determinadas temperaturas?

1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO

As mudanças de temperatura apresentam impacto direto na vida dos insetos, pois, estes ganham e perdem calor rapidamente. Diante disso, para sobreviver, cada organismo tem de ser capaz de resistir às variações de temperatura que ocorrem em seu *habitat*. Com isso, muitos insetos desenvolveram adaptações comportamentais e fisiológicas que permitem manter a temperatura corporal dentro de limites toleráveis (FERREIRA, 2014).

Conforme o pensamento de Castro *et al.* (2019), no caso das abelhas o efeito da flutuação da temperatura pode atingir diretamente sua permanência em alguns biomas, uma vez que, esses insetos são ectodérmicos, ou seja, necessitam da temperatura do ambiente onde estão inseridas para regular a temperatura corpórea. No entanto, muitas espécies vivem em sociedades formadoras de colônias e, ao longo do tempo foram desenvolvendo artifícios para que conseguissem manter a homeostasia colonial, independentemente por parte, da temperatura externa da colmeia.

Frente a essa situação, torna-se relevante saber o modo como o aquecimento da temperatura externa à colmeia pode influenciar na homeostasia, bem como na termorregulação colonial e nos trabalhos de alimento e água (CASTRO *et al.*, 2019). Holanda-Neto *et al.* (2015) acrescentam que a influência de fatores ambientais, como temperatura, umidade relativa do ar e insolação, influenciam sobre o desenvolvimento e o comportamento de colônias de abelhas.

Ferreira (2014) explica no caso das abelhas nativas (*Apidae, Meliponini*), poucas espécies foram estudadas quanto à termorregulação e aos efeitos das variações da temperatura ambiente no desempenho e sobrevivência dos indivíduos. O metabolismo e a termorregulação em *Meliponini* são aspectos importantes para entender a sua socialidade. Economicamente, estudos de parâmetros fisiológicos das abelhas nativas permitem melhorar a manutenção de meliponários e a realizar planejamentos de polinização agrícolas mais eficazes.

Diante da dificuldade de encontrar pesquisas que abordem as condições de termorregulação das abelhas do gênero *Scaptotrigona* sp., Vollet Neto (2011) dizem que existem evidências que podem indicar a possibilidade de uma capacidade de resfriamento do ninho em *Scaptotrigona depilis*, ou seja, altas temperaturas podem exercer uma pressão seletiva grande, já que podem causar prejuízos maiores para a cria do que as baixas temperatura; a existência de espécies perenes em localidades geográficas onde estas temperaturas muito elevadas são atingidas constantemente na época do verão; e a presença de mecanismos aparentemente voltados para o resfriamento do ninho.

Com base em Dantas (2016), no Brasil o grupo de abelhas nativas sociais são consideradas excelentes polinizadoras e são responsáveis pela polinização das espécies vegetais nativas do semiárido brasileiro. Os meliponíneos são responsáveis por 40 a 90% da polinização das árvores nativas, garantindo com isso a produção de sementes e frutos. Estima-se que um terço da alimentação humana dependa direta ou indiretamente da polinização realizada pelas abelhas. Dessa forma, a criação de abelhas é considerada uma das poucas atividades agropecuárias que preenche todos os requisitos do tripé da autosustentabilidade: o econômico; porque gera renda ao agricultor, o social; porque ocupa a mão de obra familiar no campo e o ecológico; porque para criar abelhas o homem não necessita, nem deve desmatar.

Nota-se a importância social, econômica e ecológica de estudar a termorregulação das abelhas do gênero *Scaptotrigona* sp., uma vez que, não há um grande quantitativo de estudos que abordem esse grupo de abelhas nativas, demonstrando também a relevância acadêmica da escola dessa temática.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar as condições de qualidade do ar em função dos materiais (Madeira, cimento + isopor e plástico) utilizados na confecção de caixas (cortiços) para criação da abelha Canudo (*Scaptotrigona* sp.).

1.2.2 Objetivos Específicos

- Verificar a quantidade de poluentes particulados no ar dentro das caixas dos materiais: madeira, cimento + isopor e plástico;
- Fazer comparação com a presença e não das abelhas nas caixas;
- Verificar a importância dos materiais em relação a qualidade do ar dentro das caixas;
- Os poluentes em estudo são: PM2.5, PM10, HCHO, TVOC, CO e CO2

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A IMPORTÂNCIA DAS ABELHAS NO CENÁRIO BRASILEIRO

As abelhas habitam o Planeta Terra há mais de 60 milhões de anos. Nesse longo período, várias características evolutivas tornaram esses organismos um dos sistemas mais importantes de suporte à vida. Estima-se existirem cerca de 20 mil espécies de abelhas, contudo este número pode ser duas vezes maior, sendo necessário realizar estudos de levantamento das abelhas e as interações abelha-planta nos diversos biomas. As abelhas constituem o grupo economicamente mais importante de polinizadores em todo o mundo (ROSA *et al.*, 2019).

Mello (2019) argumenta que as abelhas apresentam uma maior eficiência como polinizadores devido à dependência destes insetos por serem, praticamente, os únicos que coletam pólen para a alimentação e também para o provisionamento dos ninhos. Com isso, o serviço prestado pelas abelhas torna-se imprescindível para a manutenção de ambientes tropicais, uma vez que estes ambientes apresentam uma alta diversidade de angiospermas com uma grande variedade de tipos de flores, necessitando de uma alta diversidade de visitantes associados. Nos ecossistemas tropicais, a porcentagem de plantas polinizadas por abelhas em uma comunidade pode chegar a 80% e grande parte da polinização é realizada por espécies solitárias.

Somavilla *et al.* (2018) dizem que são conhecidas aproximadamente 20.500 espécies de abelhas ao redor do mundo, onde a grande maioria delas possui hábitos solitários e apenas 1.000 espécies sociais. Essa riqueza de abelhas pode estar relacionada à grande diversidade de plantas com flores, que exprimem estreita relação, uma vez que, as plantas têm certas atratividades para garantir a visita, e consequente polinização, como modificações estruturais, variações de formas, cores e odores, além da disponibilização de recursos. Frente a esta grande diversificação estrutural, comportamental e taxonômica, os *Apoidea* formam um grupo relevante para a polinização de plantas, principalmente as abelhas que, em geral, dependem quase exclusivamente dos recursos obtidos nas flores.

Somavilla *et al.* (2018) ainda acrescentam que *Apis mellifera* Linnaeus e as abelhas nativas do Brasil, tanto sociais quanto solitárias, são imprescindíveis para o processo de polinização. As abelhas buscam visitar flores com o objetivo de coletar material para estruturação do ninho como resinas e óleos, para atração sexual, como essências ou para alimentação, como pólen e néctar.

Faita, Chaves e Nodari (2021) pontuam a importância econômica dos polinizadores para a agricultura mundial. As espécies de abelhas nativas podem contribuir com o aumento da produtividade das plantas cultivadas e são responsáveis por 40% a 90% da polinização das espécies vegetais. Uma vasta lista de plantas cultivadas depende totalmente desses animais ou se beneficiam com suas visitas. A ausência desse serviço pode afetar negativamente a reprodução sexuada e a diversidade genética das plantas, comprometendo a produção de alimentos e produtos relacionados.

O Brasil apresenta uma vasta biodiversidade de abelhas, destacando-se as abelhas sociais nativas, chamadas também de meliponíneos, que são as únicas a apresentar ferrão atrofiado. Existem aproximadamente 250 espécies conhecidas e catalogadas desse grupo. Dentre as abelhas nativas, destaca-se o gênero *Melipona* por possuir um maior número em espécies no Brasil. O gênero *Melipona* Illiger (1806) ganha espaço no cenário brasileiro em virtude do seu potencial econômico e ecológico, com destaque para a espécie *Melipona subnitida* Ducke (1910) (jandaíra), adaptada à região semiárida (LUZ, 2021).

Apesar dessa grande biodiversidade das abelhas nativas no Brasil, Silva e Paz (2012) elucidam que aproximadamente 100 espécies apresentam riscos potenciais de extinção. Em contrapartida, muitas espécies ainda não foram sequer estudadas e suas características biológicas ainda são desconhecidas, embora colônias de diversas espécies sejam criadas visando a produtividade econômica.

Pires *et al.* (2016) apoiam esse estudo, elucidando que cerca de 70% das plantas cultivadas, que são utilizadas diretamente para o consumo humano, têm aumento de produção em consequência da polinização promovida por animais, como é o caso das abelhas. Das 141 espécies de plantas cultivadas no Brasil e que são utilizadas para uso na alimentação humana, produção animal, biodiesel e fibras, aproximadamente 60% (85 espécies) dependem do grau da polinização animal. O valor econômico estimado da polinização promovida por insetos corresponde a 9,5% do valor total da produção agrícola mundial. Levando-se em consideração a produção agrícola brasileira de 2012, estimou-se o valor econômico da polinização para 44 culturas, que apresentam ganhos variados com a polinização animal, em aproximadamente 30% da produção total de 45 bilhões de dólares.

As áreas agrícolas apresentam serviços de polinização dependentes tanto das espécies domesticadas quanto das populações de abelhas silvestres. No caso das abelhas *Apis mellifera* L., observa-se que esta espécie é a mais utilizada em todo o mundo para a polinização de plantas cultivadas, em razão de seu fácil manejo, tamanho de suas colônias, sua abundância em diferentes ecossistemas e seu perfil generalista na busca de recursos. Além desses benefícios, a

A. mellifera ainda é importante para a produção de mel e de outros produtos apícolas (PIRES *et al.*, 2016).

A respeito da produção do mel, Rosa *et al.* (2019) explicam que em detrimento do baixo valor do mel pago aos produtores, da intensa urbanização e da expansão de novas fronteiras agrícolas, a produção mundial de mel tem apresentado declínio. Esses fatores levam muitos apicultores a buscar fontes de renda alternativas, como é o caso do aluguel das colmeias para polinização de cultivos. No entanto, o manejo e o transporte de colmeias para culturas diferentes dos habituais podem causar estresse às abelhas, prejudicando o desenvolvimento, a condição nutricional e a produção da colônia em anos subsequentes. Nesses monocultivos em que as colmeias são instaladas para a polinização, geralmente não há fontes de água de qualidade para as abelhas. Além disso, em regiões quentes, a falta de sombreamento nesses locais pode comprometer o desenvolvimento adequado da colônia.

2.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ABELHAS NATIVAS

A criação racional de abelhas nativas refere-se a uma atividade importante para a geração de renda e emprego, buscando auxiliar no aumento da qualidade de vida do meliponicultor, ou seja, o criador racional de abelhas nativas, sendo esta uma atividade com características ecologicamente sustentáveis, economicamente viáveis e socialmente justas. As abelhas sem ferrão podem ser responsáveis pela polinização de até 30% das espécies vegetais da caatinga e pantanal, podendo atingir até 90% da polinização de trechos remanescentes de Mata Atlântica (BARBIÉRI JÚNIOR, 2018).

Ainda tendo como base o estudo de Barbiéri Júnior (2018) um aspecto que merece destaque sobre o mel das abelhas indígenas nativas é o seu maior preço de mercado quando comparado às abelhas do gênero *Apis*, por tratar-se de um produto peculiar e raro. Nesse caso, os aromas e sabores desses méis possuem características únicas dependendo da espécie de abelha produtora e da florada utilizada para sua produção.

Nessa perspectiva Silva *et al.* (2020) destacam que no Brasil, a classificação geral das abelhas de mel nativas baseia-se em duas propostas, a catalogação de Michener que se vale da tribo *Meliponini*, e a de Silveira, Melo e Almeida que é empregada a subtribo *Meliponina*. Assim sendo relacionadas taxonomicamente em: Ordem: *Hymenoptera*; Subordem: *Apocrita*; Superfamília: *Apoidea*; Série: *Apiformes*; Família: *Apidae*; Subfamília: *Apinae*; Tribo: *Apini* e Subtribo: *Meliponina*.

As abelhas nativas vivem em regiões tropicais ao redor do planeta, sendo conhecidas aproximadamente 200 espécies no Brasil e 400 espécies na região Neotropical, desempenhando a função de polinização em diversas espécies de plantas cultivadas. Essas abelhas têm diversas características importantes para sua utilização como polinizadoras de plantas cultivadas (WITTER *et al.* 2014). Tais características podem ser observadas no Quadro 1.

QUADRO 1 – CARACTERÍSTICAS DAS ABELHAS NATIVAS

Características das abelhas nativas	Compreensão geral
Fidelidade às flores	As campeiras, geralmente, visitam uma única espécie de planta em um único voo de forrageamento; comunicam às companheiras do ninho as plantas selecionadas para coleta de alimentos
Domesticação	As colônias podem ser mantidas em colmeias racionais
Ausência de ferrão funcional	Facilita a instalação, manutenção e manejo das colmeias; essa característica também as torna adequadas ao manejo para polinização de culturas agrícolas em áreas povoadas e/ou em ambientes protegidos
Colônias perenes	As colônias sobrevivem por longos anos, permitindo forrageamento contínuo dentro de certos limites climáticos
Incapacidade de abandonar o ninho	As rainhas fecundadas não conseguem voar
Armazenamento de grande quantidade de alimento no ninho	Possibilita a sobrevivência da colônia durante períodos de escassez

Fonte: Witter *et al.* (2014, p. 29).

De acordo com Dantas (2016), as abelhas nativas do Brasil são pertencentes a superfamília *Apoidea* que subdivide-se em 8 famílias: *Colletidae*, *Andrenidae*, *Oxaeidae*, *Halictidae*, *Melittidae*, *Megachilidae*, *Anthophoridae* e *Apidae*. Os *Apidae* são constituídos por quatro subfamílias: *Apinae*, *Meliponinae*, *Bombinae* e *Euglossinae*. Os *Meliponinae*, por sua vez, se dividem em duas tribos: *Meliponini* e *Trigonini*. Para se ter uma melhor visualização da Classificação Zoológica das abelhas nativas será exposto o Quadro 2 com essas informações.

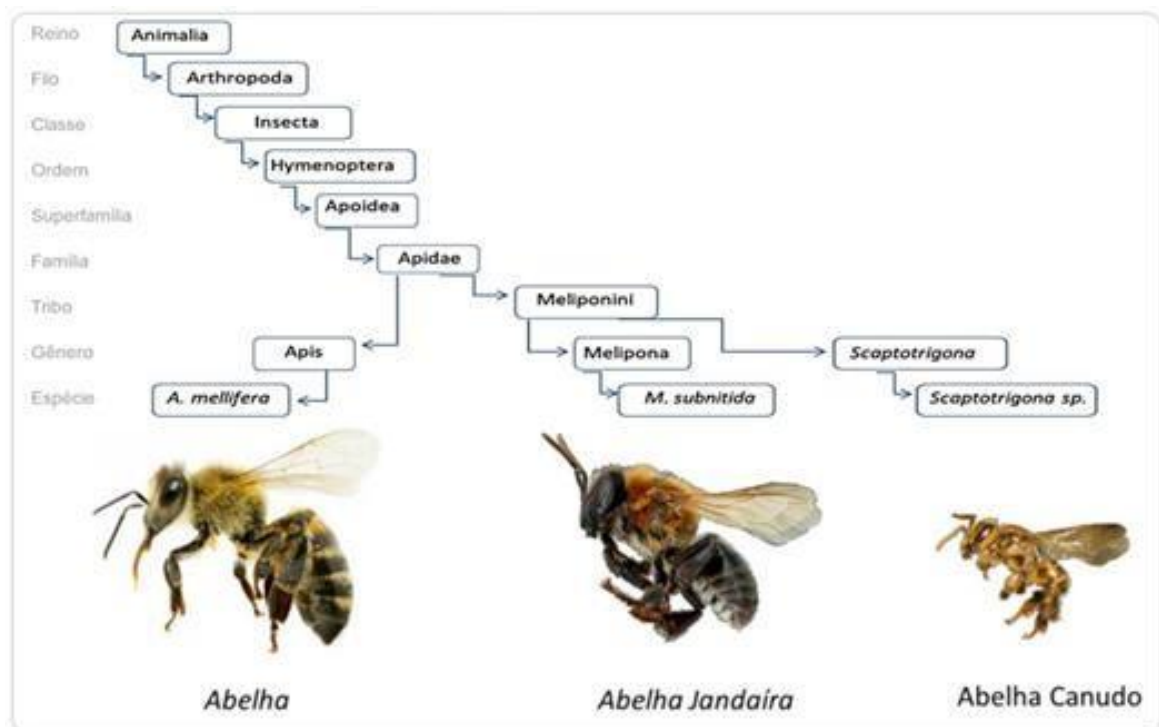
QUADRO 2 - CLASSIFICAÇÃO ZOOLOGICA PARA AS ABELHAS NATIVAS

Classificação Zoológica	
Reino	Animal
Filo	<i>Arthropoda</i>
Classe	<i>Insecta</i>
Ordem	<i>Hymenoptera</i>
Subordem	<i>Aprocrita</i>
Superfamília	<i>Apoidea</i>
Família	<i>Apidae</i>
Subfamília	<i>Meliponina</i>
Tribos	<i>Meliponini e Trigonini</i>

Fonte: Dantas (2016, p. 18).

Diante da classificação zoológica, Brito (2020) apresenta a árvore taxonômica da Abelha Africanizada, da Abelha Jandaíra e da Abelha Canudo.

Figura 1 - Árvore taxonômica das abelhas fornecedoras de própolis e geoprópolis para estudo imunológico, abelha africanizada (*Apis mellifera* L.), abelha Jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) e abelha canudo (*Scaptotrigona* sp.)



Fonte: Brito (2020, p. 24).

Pereira (2022) diz que em diversas regiões urbanizadas do Equador, México e Venezuela, as pessoas preferem manejar abelhas nativas do gênero *Scaptotrigona* sp. em virtude da facilidade de manejo, ou seja, fácil aquisição e transferência de colônias e reprodução, além de serem mais resilientes (maior resistência aos parasitas, maior capacidade de termorregulação) do que as Meliponas. Assim, as abelhas ideais para os espaços urbanos devem ser pouco defensivas, fáceis de manejar e se adaptam satisfatoriamente às características da paisagem.

As abelhas nativas compreendem o grupo mais diversificado de abelhas eusociais, com distribuição nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. Neste grupo diverso, destaca-se o gênero *Scaptotrigona* sp. que compreende cerca de 22 espécies descritas distribuídas pela região neotropical. No gênero *Scaptotrigona* sp., a entrada do ninho se caracteriza externamente por um tubo, em forma de trombeta, onde as abelhas-guarda ficam postadas. Outro fator sobre esse gênero é o odor de suas operárias, assemelhando-se a coco (LEÃO, 2014).

Os meliponíneos ou abelhas nativas, sociais e sem ferrão produzem cera, mel e geoprópolis (uma variedade específica da própolis que é constituída por resina vegetal misturada a terra e/ou barro, gerando um produto com propriedades diferenciadas). Essas abelhas apresentam baixa produção de mel e própolis, no entanto, são muito úteis como agentes polinizadores em diversas culturas agrícolas graças ao baixo custo de manutenção das colmeias (SOUSA *et al.*, 2019).

A própolis e a geoprópolis referem-se aos produtos resinosos produzidos por abelhas e usados na estrutura das colmeias para a vedação de frestas, calafetação, proteção e higienização do ambiente interno da colônia assim como das próprias abelhas. Esses produtos são resinas misturadas com cera e, especialmente na geoprópolis, ocorre adição de barro. Tais materiais apresentam ampla variação de cor, odor, sabor e consistência, sendo influenciados pela estação do ano e características fitogeográficas existentes ao redor da colmeia (BRITO, 2020).

2.3 ASPECTOS GERAIS DAS ABELHAS DO GÊNERO *Melipona*

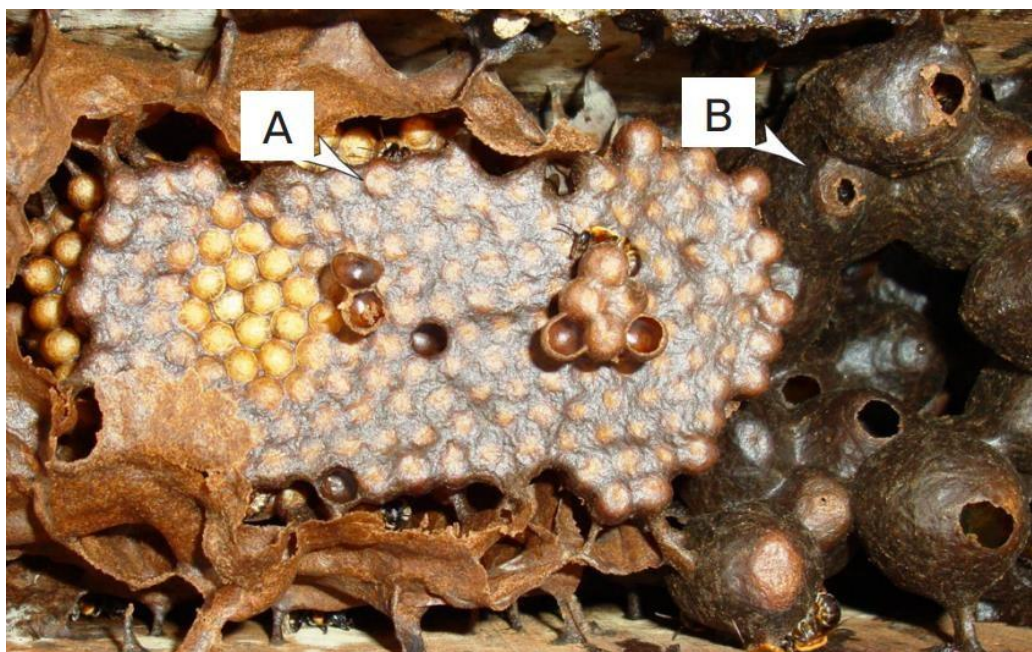
As abelhas melíponas constituem um grupo composto por mais de 500 espécies. No Brasil são encontradas cerca de 350 espécies e algumas delas são caracterizadas por serem sociais, viverem em colônias permanentes e possuírem ferrão atrofiado no qual impossibilita o seu uso. Nesse grupo, as abelhas *Melipona subnitida* Ducke (1910) e *Frieseomelitta* sp., conhecidas como Jandaíra e Manoel de Abreu (Mané de Abreu), respectivamente, são largamente conhecidas por meliponicultores. A abelha Jandaíra está presente nos nove estados da Região Nordeste do Brasil, apresentando caráter de endemismo em áreas localizadas ao norte do Rio Grande do Norte e na região litoral e interior do Ceará. Enquanto que a abelha *Frieseomelitta* tem maior abrangência, desde a região sudeste do país até o México (VAZ *et al.*, 2021).

Paiva (2020) argumenta que os meliponídeos pertencem a subfamília *Meliponinae* (*Hymenoptera, Apidae*), a anatomia demonstra que a sua principal característica é o ferrão atrofiado (vestigial), que durante o processo evolutivo perdeu a função de defesa, ocasionando

uma denominação de “sem ferrão”. Essas abelhas ainda são formadas por estruturas que auxiliam na fabricação de colmeias e coleta de substâncias, que irão formar mel, cera e geoprópolis. Elas apresentam três pares de pernas, nas operárias, o terceiro par de pernas apresenta uma tíbia modificada em corbícula, estrutura importante no transporte de substâncias sólidas e pastosas, como o pólen, barro, resina, fibra e sementes. O tórax é constituído por músculos responsáveis pela movimentação das asas e pernas, como também, para auxiliar na comunicação, promovendo vibrações para a indicação da distância da fonte de recursos e na coleta de pólen de flores. No abdome, estão alojados o intestino, as glândulas secretoras de cera, os órgãos reprodutores e o papo, este último responsável pelo transporte do néctar que a abelha coleta.

Segundo Silva *et al.* (2014) o gênero *Melipona* é o único táxon de *Meliponini* em que as células de cria são indiferenciadas, ou seja, células de rainha, machos e fêmeas são todas do mesmo tamanho. Seus ninhos estão dispostos em placas concêntricas empilhadas na vertical, compostas de favos circulares constituídas por cerume, organizados basicamente em células de cria e potes de alimentos, como as demais abelhas de outros gêneros. Os potes de alimento são, em geral, construídos na forma ovoide, armazenando separadamente mel e pólen, como observa-se na Figura 2. A entrada é quase sempre no centro, construída basicamente de geoprópolis, barro ou cera, apresentando-se de diversas formas conforme a espécie de abelha.

Figura 2 - Colmeia de abelhas *M. subnitida* (A) Favos de cria; (B) Potes de armazenamento de mel



Fonte: Silva *et al.* (2014, p. 300).

Conforme Luz (2021), nas civilizações passadas, o pólen, o mel e a própolis dos meliponíneos eram usados na medicina, em rituais religiosos e na alimentação humana. O pólen, o mel e a própolis produzidas por abelhas sem ferrão são denominados produtos meliponícolas. Estes produtos possuem características singulares que podem variar de acordo com a espécie criada, com o clima e com a origem botânica e geográfica de cada localidade. As peculiaridades existentes em cada produto meliponícola representam uma diversidade de compostos químicos bioativos com potenciais farmacológicos e nutricionais.

2.4 CARACTERÍSTICAS DA ABELHA CANUDO (*Scaptotrigona* sp.)

O gênero *Scaptotrigona* sp. é formado por 22 espécies que estão distribuídas por toda região neotropical. Destas, nove espécies são descritas no Brasil, contudo, especula-se existir um grande número de espécies não descritas em diversas regiões brasileiras. Este gênero tem um tamanho médio de 4 a 7mm. Nos ninhos é possível observar a existência de células maiores no favo de cria das quais nascem rainhas, chamadas "células reais" ou "realeiras". São geralmente encontradas em cavidades de troncos de árvores e a entrada dos ninhos caracteriza-se por um tubo de cerume que varia de comprimento dependendo da espécie, como pode ser observado na Figura 3 (RODRIGUES, 2022).

Figura 3 - Entrado do ninho de abelhas nativas *Scaptotrigona polysticta*



Fonte: Rodrigues (2022, p. 21).

Os alimentos, pólen e mel, são armazenados separadamente em potes ovalados, construídos com cerume e agrupados nas laterais do ninho. Normalmente, as colônias possuem apenas uma rainha fecundada, centenas a milhares de operárias, machos e rainhas virgens, apresentando uma população que varia de 2.000 a 50.000 abelhas. Essas abelhas ainda apresentam potencial para produção de mel, pólen e própolis (LEÃO, 2014).

Segundo Brito (2020), a abelha Canudo (*Scaptotrigona* sp.) é uma abelha nativa (Figura 4), apresenta cerca de 4 mm, são eussocial e possuem colônia pouco populosa com cerca de 2 a 4 mil insetos. Anualmente, a produção de mel é baixa, no entanto é relativa produtora de pólen. Elas são chamadas assim em virtude da característica de construir um canudo na entrada da colônia, constituindo assim uma barreira física eficiente contra pilhagem e predadores.

Figura 4 - Abelha canudo (*Scaptotrigona depilis*) protegendo a entrada da colônia que apresenta projeção cerígena em forma de canudo



Fonte: Brito (2020, p. 28).

Rocha (2018) acrescenta que entre o grupo das abelhas nativas, as abelhas do gênero *Scaptotrigona* sp. merece destaque, pois, compreende mais de 20 espécies de abelhas distribuídas na região neotropical, desse total nove ocorrem no Brasil, como por exemplo: *Scaptotrigona affabra*, *Scaptotrigona bipunctata*, *Scaptotrigona depilis*, *Scaptotrigona fulvicutis*, *Scaptotrigona polysticta*, *Scaptotrigona postica*, *Scaptotrigona tricolorata*, *Scaptotrigona tubiba*, *Scaptotrigona xanthotricha*.

A espécie *Scaptotrigona polysticta*, representada na Figura 3 exposta anteriormente, apresenta uma coloração preta com asas foscas amareladas, mede aproximadamente 7 mm de comprimento. São chamadas popularmente de canudo, mijui, bijui, bui-kaiaki, abelha-canudão

ou imrê-tié e estão presentes em vários estados do Brasil, inclusive nidificam grande parte da Amazônia legal (RODRIGUES, 2022).

No tocante a espécie de abelha nativa *Scaptotrigona xanthotricha*, também conhecida como canudo amarelo, Pires *et al.* (2020) identificaram em seu estudo que mesmo sob temperaturas elevadas apresentam seu potencial genético, com a alta produtividade de mel e reprodução de novas crias, indicando uma boa adaptabilidade às condições climáticas da região norte do Brasil.

Com relação a *Scaptotrigona depilis*, Gaioski Júnior (2017) apresenta uma ampla distribuição geográfica, abrangendo os Estados do Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, e também regiões da Argentina, Bolívia e Paraguai. Igualmente a grande maioria das espécies de abelhas nativas depende de ocos de árvores para construir seus ninhos. Estes, por sua vez, são compostos por um tubo de entrada, potes para estoque de mel e pólen e favos de cria horizontais compostos por células de cria de mesmas dimensões para a criação de operárias e machos e de células reais de onde emergem rainhas, envoltos por lamelas de cerume. Suas colônias são perenes, se dividem pelo processo de enxameagem e consistem de uma rainha monândrica e de aproximadamente 10.000 operárias, alguns machos e rainhas virgens. Apresenta importância ecológica, uma vez que, as colônias de *S. depilis* são resistentes às intensas manipulações, fáceis de manter e multiplicar.

2.5 TERMORREGULAÇÃO NAS COLMEIAS DAS ABELHAS

A termorregulação é uma expressão utilizada no controle de temperatura de um conjunto de sistemas ou organismos vivos. O sucesso ecológico de insetos sociais depende da capacidade de regular a temperatura dentro da colmeia e, através de ações comportamentais as abelhas podem manter a normalidade as condições internas da colmeia, além de outros fatores. As abelhas regulam a temperatura do ninho dentro de limites específicos, normalmente em intervalos pequenos e, mesmo em condições adversas, elas mantem a temperatura da colônia dentro do intervalo de 33 a 36°C, média de 34,5°C (REIS, 2020).

Ainda utilizando-se do estudo de Reis (2020) as temperaturas elevadas no interior da colônia podem colocar em risco o desenvolvimento populacional e o armazenamento dos alimentos e, assim, as abelhas acabam executando atividades como medidas para evitar o superaquecimento. As operárias promovem a evaporação de gotículas de água, espalhadas nos favos ou expostas nas suas próprias línguas, por isso, é importante as fontes de água serem próximas da colônia.

As colônias de abelhas modificam suas atividades internas e externas em virtude das variações climáticas sazonais. As temperaturas ambientais baixas limitam a atividade de forrageamento de algumas espécies, uma vez que, as abelhas precisam aumentar a temperatura corporal para iniciar a atividade de voo. No caso das temperaturas ambientais elevadas, as abelhas são expostas ao perigo de superaquecimento, durante o forrageamento. Assim, a influência da temperatura ambiental altera entre as diferentes espécies em função do tamanho, coloração e pilosidade do corpo. Sob as mesmas condições ambientais abelhas de cores mais claras sofrem menor risco de superaquecimento por insolação e são capazes de continuar coletando recursos, enquanto abelhas de cores mais escuras sofrem restrições térmicas e limitam a atividade forrageira (MAIA-SILVA, 2013).

No caso das abelhas melíferas, Ferreira (2014) pondera que a *Apis mellifera* apresenta uma temperatura na área de cria na faixa de 33 a 36°C, mesmo quando a temperatura ambiente alcança o limite crítico de 60°C. Nesse sentido, a capacidade de termorregulação desta espécie é considerada bem mais eficiente do que nas abelhas sem ferrã. A principal hipótese que explica a menor capacidade de termorregulação das abelhas sem ferrão é a de que o comportamento de nidificação em cavidades bastante isoladas seria suficiente para evitar grandes variações de temperatura na área de cria.

Pires *et al.* (2020) explicam que as abelhas nativas têm capacidade de regular a temperatura interna de suas colônias, uma vez que a manutenção da homeostase do interior da colônia (temperatura e umidade relativa) é uma característica importante em abelhas sociais, principalmente para a sobrevivência das crias novas. No entanto, a capacidade das abelhas sociais em regular a temperatura dos ninhos não está diretamente ligada às atividades motoras, executadas pelas operárias, mas sim, em conjunto com as características estruturais do ninho, como é o caso da construção de invólucros na sua estrutura, fazendo uma termorregulação. Com isso, a temperatura dos ninhos apresenta uma faixa limite que varia entre 25°C a 32°C, mesmo quando ocorrem mudanças extremas no ambiente externo.

Luz (2018) fundamenta esse pensamento discorrendo que o aumento da temperatura ambiental da Caatinga e, conseqüentemente, o aumento da temperatura interna do ninho podem acarretar sérios danos à reprodução da espécie. A rainha, por exemplo, interrompe a postura de ovos assim que o ambiente do ninho atinge temperaturas elevadas. Portanto, devido à sua alta especialização, qualquer variação ambiental pode ocasionar mudanças fisiológicas nas rainhas de *M. subnitida*, que acarretam problemas ao seu processo reprodutivo, como visto nas *Apis mellifera*.

Luz (2018) ainda ressalta uma informação relevante a respeito da Caatinga, ao reportar que esse bioma apresentará uma previsão do aumento da média de temperatura de 4°C até o fim desse século. Sendo assim, são necessários estudos que busquem identificar como as espécies desse bioma reagirão fisiologicamente a essa mudança. As previsões das mudanças climáticas para a Caatinga até 2080 indicam um aumento médio da temperatura na região entre 3,1° e 4,6 °C. Devido à reduzida eficiência de termorregulação ativa, a temperatura média dentro dos ninhos das abelhas sem ferrão nesse bioma aumentará de acordo com o aumento da temperatura externa.

Diante das informações apresentadas por Luz (2018), Castro *et al.* (2019) acrescentam que o bioma Caatinga é o único no mundo inserido predominantemente na região Nordeste do Brasil e projeta-se uma tendência de aumento da temperatura em até 4,5°C e redução da precipitação em 50% até o final do século XXI. As mudanças climáticas que estão em curso, continuarão atingindo o bioma Caatinga e os estudos disponíveis são insuficientes para uma avaliação adequada dos efeitos, para o presente e para o futuro.

Castro *et al.* (2019) apontam que essa insuficiência no conhecimento é preocupante, haja vista ao diagnóstico do Quinto Relatório Nacional sobre a Biodiversidade que classificou o a Caatinga como o quarto bioma mais devastado do país, com 53,4% de vegetação nativa remanescente. Ademais, causa inquietação o fato de a Caatinga ter sido incluída recentemente na lista das regiões do mundo mais sensíveis ecologicamente à variabilidade climática, juntamente com a tundra ártica, partes da faixa de floresta boreal, a floresta tropical dentre outras.

Atualmente é possível ter acesso a algumas ferramentas que nos auxiliam no entendimento de como as espécies vão responder às mudanças climáticas globais, e dentre essas ferramentas estão os modelos de distribuição de espécies, que por sua vez, são métodos que podem correlacionar os dados de ocorrência de espécie com dados ambientais, tendo a finalidade de prever as áreas com maior ou menor adequabilidade para as espécies existirem (VIANA, 2019).

2.6 QUALIDADE DO AR

Os estudos sobre a qualidade do ar foram iniciados através do tempo de permanência das pessoas no interior dos edifícios e seus comportamentos, que posteriormente se adotou o termo atualmente conhecido como "qualidade do ar", a partir da década de 1960 (GUARDINO, 2010; VELASCO, 2020; PINHEIRO, 2023). Esta qualidade do ar em estudo se refere a prédios,

residências, escritórios, apartamentos e outras localidades habitadas por seres vivos. Sendo visível que atualmente as pessoas vivem cerca de 78 a 90% dos seus tempos em ambientes internos (GUARDINO, 2010). Esta conduta leva a influência de fatores a que estes indivíduos ficam expostos com relação ao ar, em função deste confinamento e deslocamento neste espaço que ocupam (CIRCINELLI; MARTELLINI, 2017). É visível que o período de permanência destes seres vivos no ambiente assim como suas atividades e organização tem uma grande interferência neste ambiente assim como suas necessidades de saídas e retorno a este recinto com a possibilidade de aumentar ou diminuir componentes particulados que possibilitaram um aumento ou diminuição de alguns que sejam nocivos a saúde dos moradores (ODEH; HUSSEIN, 2016).

2.7 ALGUNS POLUENTES E SUAS FONTES

É normal encontrarmos nos ambientes fechados e utilizados para moradia uma organização e combinação de poluentes de origem diversas, entre eles automóveis, indústrias, aeroportos, e outros que facilmente penetram através de portas, janelas ar condicionado e outras aberturas que permitem a entrada destes poluentes, não sendo diferentes para as abelhas, com a entrada e saída das abelhas para a sua busca por alimentos, levando-se em consideração da criação de abelhas nativas próximo aos centros urbanos, e até mesmo dentro do área urbana e as margens de estradas e próximo a atividades de agricultura altamente tecnificada, ou seja no agronegócio (CIRCINELLI; MARTELLINI, 2017).

Entre os poluentes mais importantes encontrados normalmente em nosso meio temos os dióxidos de nitrogênio NO₂ e materiais biológicos como fungos, algas, protozoários, bactérias, vírus etc. organizados em suas classificações a partir de suas granulometrias (PTS, MP10, MP2.5, MP1). Os materiais particulados não biológicos podem ser sólidos ou líquidos organizados em partículas sólidas ou líquidas como fuligem através da combustão de derivados do petróleo utilizados pelos veículos, poeiras, fumaças industriais etc. (FANG et al., 2003).

Estes impactos nos seres humanos são causados na sua grande maioria, por materiais particulados em função da sua granulometria (MORAWSKA et al., 2001; NASCIMENTO, 2023), as partículas que medem de 10 µm ou menores normalmente descritas como 4 partículas respiráveis (MP10), de 2,5 µm ou menores reconhecidas por partículas finas ou inaláveis (MP2,5) e de 0,1 µm ou menores também chamadas partículas ultrafinas (MP0,1) estas partículas penetram em várias regiões do aparelho respiratório e conseqüentemente todo o corpo humano, possibilitando desfecho em todo o organismo (ACIÉRNAGAS, 2012). O NO₂ ou seja

Dióxido de nitrogênio faz parte de um grupo de gases conhecidos por óxidos de nitrogênio (NOx). O NO₂ se apresenta como o maior indicador desse grupo, tendo sua origem na queima de combustíveis e outros nas ações de transportes e geração de energia e queimadas de florestas, provocando efeitos nocivos aos seres humanos assim como aos demais seres vivos que convivem neste espaço contaminado (HAGENBJÖRK et al., 2017) especialmente a influencia destes no trato respiratório dos seres vivos ali presentes, provocado doenças conhecidas alergias, tosses e asma, entre outras (EPA, 2017). Tendo ainda a presença dos bioaerossóis, compostos por partículas vivas (fungos, bactérias e vírus) conduzidas pelo ar como resultado da dispersão a partir de um local de proliferação (SRIKANTH; SUDHARSANAM; STEINBERG, 2008; EDUARD et al. 2023).

Os principais poluentes no ar:

- PM_{2,5} representa partículas finas de diâmetro 2,5 micras geralmente produzidos por fumaça de combustão por motores movidos a derivados de petróleo e incêndios florestais e queima de resíduos agrícolas ou de produtos industrializados (MOURA, 2020). PM₁₀ são partículas de poeira grossa, têm o diâmetro de 2,5 à 10 micrômetros. São consideradas inaláveis como poeira, pólen, mofos, fungos, bactérias, vírus e processos agrícolas (MARI, 2022).

Este tipo de partículas, PM_{2,5} e PM₁₀, têm inúmeras fontes no exterior, nomeadamente subprodutos de combustão em zonas urbanas ou industrializadas. Em termos de fontes interiores, o fumo de tabaco, e os produtos de limpeza e combustão são as suas maiores fontes. Este tipo de poluente é especialmente preocupante nos grandes centros urbanos chineses (HUANGPULI& SUNDELL, 2015).

- Dióxido de Carbono (CO₂) este gas faz parte do efeito estufa sendo inofensivo em pequenas quantidades, porem a medida em que aumenta se torna perigoso a saúde sendo o principal indicador da qualidade do ar em ambientes fechados. Ocorre pela emissão de combustão através da queima de combustíveis fosseis (HIGUCHI, 2009).
- HCHO formaldeído é um gás incolor, venenoso, altamente solúvel em água e com odor desagradável. Muito utilizado na fabricação de desinfetantes, fungicidas, germicidas, conservantes e centenas de produtos industriais e de consumo, como adesivos, carpetes, isolamento de espuma, tecidos, tratamento da madeira, entre outras (VILLA NOVA, 2012)

Influência dos indicadores

- PM2.5 (Particulate Matter 2.5) refere-se a partículas finas com um diâmetro de 2.5 micrômetros ou menos. Devido ao seu tamanho minúsculo, o PM2.5 pode ser absorvido pela corrente sanguínea e pelos pulmões, de modo que a exposição a longo prazo à alta concentração de PM2.5 no ambiente pode causar irritação nos olhos e nariz, tosse, asma, enfisema, doenças pulmonares, ataques cardíacos, câncer e etc (TOLEDO, 2019).
- PM10 (Particulate Matter 10) refere-se a partículas com diâmetro de 10 micrômetros ou menos. Devido ao tamanho maior, é inalável, mas não penetra além dos brônquios, pois partículas maiores podem ser filtradas pelos cílios e muco do nariz e da garganta. É normalmente considerado menos prejudicial à saúde do que o PM2.5 (SILVA, 2019).
- O formaldeído (HCHO) é um gás incolor e de cheiro forte com a fórmula CH₂O, que foi classificado pela IARC como cancerígeno do Grupo 1. A exposição a longo prazo a apenas baixas doses pode causar doenças respiratórias crônicas, carcinoma, nasofaríngeo, câncer de cólon, tumores cerebrais, mutação de genes nucleares e etc (COSTA,2017).
- TVOC (Total Volatile Organic Compounds) refere-se a vários tipos comuns, incluindo benzeno, tolueno, estireno, formaldeído e etc. Devido à sua volatilidade, bem como toxicidade, irritabilidade e carcinogenicidade, a exposição a longo prazo a TVOCs pode causar danos à pele, fígado, rins, sistema nervoso central e etc (CONVERTI, 2015; COSTA, 2017).
- CO₂ (Dióxido de Carbono) refere-se a um gás incolor e inodoro que geralmente é derivado da respiração de humanos e animais. Alta concentração de CO₂ significa que é necessário ar fresco ou ventilação, caso contrário, pode causar problemas como sonolência, tontura, perda de atenção e comprometimento cognitivo (COMIN, 2016).

Sabemos que as abelhas representa uma grande importância para biodiversidade em nosso planeta, em função de sua grande contribuição no processo de polinização das plantas, porem nos últimos anos tem se verificado uma grande diminuição tanto do numero de espécies, assim como da quantidade de famílias e gêneros de abelhas, especialmente na região semiárida do Nordeste brasileiro, em função de um conjunto de ações desenvolvidas pelos seres humanos na flora, fauna e demais componentes da casa, ou seja, do planeta terra.

Dentre estas ações antrópicas desenvolvidas, uma parte dos seres humanos decide o seu próprio extermínio, através de uma conduta de ganancia cumulativa, aumentando os níveis

de óxido de nitrogênio (Nox) e outros poluentes particulados que tem influencias diretas sobre todos os seres vivos do planeta (PAIXÃO e SILVA, 2021).

Por isso se faz necessário os conhecimentos dos poluentes, seus níveis e suas interferências sobre todos os seres presentes.

Desta forma são de grande importância os conhecimentos deste assunto para as abelhas e em especial as nativas do Brasil, para que possamos detectar o potencial de interferência na sobrevivência destes recursos genéticos, que são de grande importância para a agricultura e a natureza, em função da sua situação decisiva na polinização das plantas no bioma caatinga.

REFERÊNCIAS

ACIÉRNAGAS, C. Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable pm10*. *SciELO*, v. 10, n. 34, p. 195–213, 2012.

AL-DAHOUD, A. *et al.* Monitoring Metropolitan City Air-quality Using Wireless Sensor Nodes based on ARDUINO and XBEE. **New Developments in Circuits, Systems, Signal Processing, Communications and Computers**, 2015. Disponível em: <http://www.inase.org/library/2015/vienna/bypaper/CSSCC/CSSCC-17.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2022.

ALMEIDA, I. T. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto**. 1999. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ALMEIDA, M. M.; LOPES, I.; NUNES, C.. Caracterização da qualidade do ar interior em Portugal—Estudo HabitAR. **Rev Port Imunoalergologia**, v. 18, n. 1, p. 21-38, 2010.

BAHREINI, R.; CURRIE, R. W. The potential of bee-generated carbon dioxide for control of Varroa mite (Mesostigmata: Varroidae) in indoor overwintering honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies. **Journal of economic entomology**, v. 108, n. 5, p. 2153-2167, 2015.

BARBIÉRI JUNIOR, C. **Caracterização da meliponicultura e do perfil do meliponicultor no estado de São Paulo: ameaças e estratégias de conservação de abelhas sem ferrão**. 2018. 102p. Mestrado [Dissertação]. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100136/tde-17082018-123129/publico/BARBIERI.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2022.

BEZERRA, P. E. **Um novo método de multiplicação de colônias de *Melipona subnitida* Ducke (Hymenoptera: Apidae) por aproveitamento de rainhas virgens**. 2021. 55p. Dissertação [Mestrado]. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/58215/7/2021_dis_pebezerra.pdf. Acesso em: 12 set. 2022.

BRITO, P. D. de. **Efeito de extratos de própolis verde e geoprópolis de abelha canudo (*Scaptotrigona* sp.) e jandaíra (*Melipona subnitida*) na resposta inflamatória e viabilidade de transplantes cutâneos alogênicos e autólogos**. 2020. 111p. Tese [Doutorado]. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2020.

CAMARGO, R. C. R. et al. Meliponário – Localização e Instalação. EMBRAPA Meio-Norte. Teresina-PI. 2006.

CASTRO, J. S. de *et al.* Resposta Adaptativa de *Melipona subnitida* Ducke e a Termorregulação Colonial em Diferentes Condições Térmicas no Contexto das Mudanças Climáticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 3, p. 379-387, 2019.

CIRCINELLI, A & MARTELLINI, T. Indoor air quality and health. *Atmospheric Environment*, v. 33, n. 28, p. 4535–4564, 2017.

COMIN, T. T. Avaliação da qualidade do ar em interiores e ambientes abertos de uma universidade em São Carlos-SP Tese apresentada ao Programa de PósGraduação em Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos para a obtenção do título de Doutora em Engenharia Química. 2016. 128p.

CONVERTI, A., ZILLI, M., SENE, L., & SATO, S. A biofiltração; uma tecnologia já afirmada no tratamento de emissões gasosas. (2015). URL:< http://www.dicnep.unige.it/old_site/Italiano/ricerca/pub_biotec_av/1999/199,9.

COSTA, L. B. da. **Estruturação da cidade de Campina Grande**: as estratégias e intencionalidade do mercado imobiliário. 2013. 194p. Dissertação [Mestrado]. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2013.

COSTA, M. **Recentes avanços na toxidade em têxteis: avaliação da toxicidade do formaldeído em têxteis via mercado brasileiro atual em relação à globalização**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo 2017. 74p.

DANTAS, M. C. de A. M. *et al.* Abelha sem ferrão e seu potencial socioeconômico nos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, 2020.

DANTAS, M. C. de A. M. **Arquitetura de ninho e manejo de abelha Jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) no Alto Sertão da Paraíba**. 2016. 62p. Dissertação [Mestrado]. Universidade Federal de Campina Grande. Pombal, 2016.

EDUARD, W., HEEDERIK, D., DUCHAINE, C., & GREEN, B. J. Avaliação da exposição a bioaerossóis no ambiente de trabalho: passado, presente e avanços recentes. *Revista ABHO / Edição 71* 2023

ERDOĞAN, Y. Comparison of colony performances of honeybee (*Apis Mellifera* L.) housed in hives made of different materials. **Italian Journal of Animal Science**, v. 18, n. 1, p. 934-940, 2019.

EVANS, J. D.; SPIVAK, M. Socialized medicine: individual and communal disease barriers in honey bees. **Journal of invertebrate pathology**, v. 103, p. S62-S72, 2010.

FAITA M. R.; CHAVES, A.; NODARI, R. O. A expansão do agronegócio: impactos nefastos do desmatamento, agrotóxicos e transgênicos nas abelhas. **DeMA, Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 57, p. 79-105, jun., 2021. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/76157/44094>. Acesso em: 05 nov. 2022.

FANG, G. C. et al. Study of particulates and metallic elements at a farm sampling site in central Taiwan. *International Journal of Environment and Pollution*, v. 19, n. 3, p. 243– 258, 2003.

FEITOSA, A. do N. A. *et al.* Produtos apícolas e saúde humana: uma revisão integrativa. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 6, n. 7, p. 34-44, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/32791/21831>. Acesso em: 22 set. 2022.

FERREIRA, N. da S. **Temperatura colonial e tolerância térmica de *Melípona subnitida*, uma espécie de abelha sem ferrão (*Hymenoptera, Apidae, Meliponini*), da Caatinga.** 2014. 56p. Dissertação [Mestrado]. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2014.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D.; MATOS, R. M. Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.4, p.1006-1016, 2015. <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150049>

GAIOSKI JÚNIOR, R.. **Resposta comportamental de *Scaptotrigona depilis* (*Apidae: Meliponini*) aos estoques de pólen.** 2017. 48p. Dissertação [Mestrado]. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2017.

GATES, Burton Noble. **The temperature of the bee colony.** US Department of Agriculture, 1914.

GUARDINO, X. Calidad del Aire Interior. *Salud y Seguridad en el Trabajo*, p. 44.1- 44.6, 2010.

HAGENBJÖRK, A. et al. The spatial variation of O₃,NO,NO₂and NO_x and the relation between them in two Swedish cities. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 189, n. 4, 2017

HIGUCHI, N., PEREIRA, H. D. S., SANTOS, J. D., LIMA, A. J. N., HIGUCHI, F. G., HIGUCHI, M. I. G., & AYRES, I. G. S. S. Governos locais amazônicos e as questões climáticas globais. *Edição dos autores*, 104.2009 . 86p.

HOLANDA-NETO, J. P. de *et al.* Comportamento de abandono de abelhas africanizadas em apiários durante a entressafra, na região do Alto Oeste Potiguar, Brasil. **ACSA - Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 2, p. 77 – 85, abr – jun., 2015.

HUANG, L., PU, Z., LI, M., & SUNDELL, J. . Characterizing the indoor-outdoor relationship of fine particulate matter in non-heating season for urban residences in Beijing. *PLoS ONE*, 10(9), 2015 1–18. doi:10.1371/journal.pone.0138559.

HUMAN, H.; NICOLSON, S. W. Nutritional content of fresh, bee-collected and stored pollen of *Aloe greatheadii* var. *davyana* (*Asphodelaceae*). **Phytochemistry**, v. 67, n. 14, p. 1486-1492, 2006.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Campina Grande.** 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>. Acesso em: 20 nov. 2022.

JONES, J. C. et al. Honey bee nest thermoregulation: diversity promotes stability. **Science**, v. 305, n. 5682, p. 402-404, 2004.

LEÃO, K. de S. **Manejo de *Scaptotrigona* sp. (*Hymenoptera, Apidae, Meliponini*) para polinização da Rambuteira (*Nephelium lappaceum* L.).** 2014. 73p. Dissertação [Mestrado]. Universidade Federal do Pará. Belém, 2014. Disponível em: http://repositorio.ufpa.br/bitstream/2011/8456/1/Dissertacao_ManejoScaptotrigonaHymenoptera.pdf. Acesso em: 13 dez. 2022.

LEITA, L. et al. Investigation of the use of honey bees and honey bee products to assess heavy metals contamination. **Environmental Monitoring and assessment**, v. 43, p. 1-9, 1996.

LUZ, K. S. da S. **Influência do aumento da temperatura sobre a qualidade dos espermatozoides de *Melipona subnitida* (Apidae, Meliponini)**. 2018. 28p. Graduação [Monografia]. Universidade Federal Rural do Semi-árido. Mossoró, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/3201/2/KewenSSL_MONO.pdf. Acesso em: 22 out. 2022.

_____. **Produtos meliponícolas de abelha jandaíra (*Melipona subnitida*) do semiárido potiguar**. 2021. 137p. Dissertação [Mestrado]. Universidade Federal Rural do Semi-árido. Mossoró, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/6700/1/KewenSSL_DISSERT.pdf. Acesso em: 22 out. 2022.

MAIA-SILVA, C. **Adaptações comportamentais de *Melipona subnitida* (Apidae, Meliponini) às condições ambientais do semiárido brasileiro**. 2013. 132p. Doutorado [Tese]. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto/USP. Ribeirão Preto, 2013. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/59/59131/tde-11102013-133111/publico/TesecorrigidaCMS.pdf>. Acesso em: 22 out. 2022.

MARI, M. M. P.. Monitoramento da qualidade do ar interior em um arquivo cartorário na cidade de Ribeirão Preto/SP, visando saúde humana e conservação do acervo. 2022.

MEIKLE, W. G. et al. Effects of bee density and sublethal imidacloprid exposure on cluster temperatures of caged honey bees. **Apidologie**, v. 49, p. 581-593, 2018.

_____. Sublethal concentrations of clothianidin affect honey bee colony growth and hive CO₂ concentration. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 4364, 2021.

MEIKLE, W. G.; BARG, A.; WEISS, M.. Honey bee colonies maintain CO₂ and temperature regimes in spite of change in hive ventilation characteristics. **Apidologie**, v. 53, n. 5, p. 51, 2022.

MEIKLE, W. G.; WEISS, M.; STILWELL, A. R. Monitoring colony phenology using within-day variability in continuous weight and temperature of honey bee hives. **Apidologie**, v. 47, p. 1-14, 2016.

MELLO, B. N. da S. **Estrutura de comunidades de abelhas e vespas que nidificam em cavidades preexistentes em áreas de Cerrado e Mata Estacional Semidecidual com especial referência ao nicho trófico das espécies de abelhas**. Tese [Doutorado]. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP. Ribeirão Preto, 2019. 2019. 112 p.

MIRANDA, J. R. Desempenho da palma forrageira irrigada com déficit hídrico e baixa frequência de irrigação no semiárido brasileiro. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande. 2021. 121p.

MORAWSKA, L. et al. The relationship between indoor and outdoor airborne particles in the residential environment. *Atmospheric Environment*, v. 35, n. 20, p. 3463–3473, 2001.

MOURA, I. F. S. et al. Identificação de fontes de contaminação atmosférica que contribuem para o MP2, 5 em Belo Horizonte–MG, aplicando a técnica de ativação neutrônica e ferramentas estatísticas. Tese apresentada ao Programa de Pósgraduação em Ciências e Técnicas Nucleares da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito para à obtenção do título de Doutor em Ciências e Técnicas Nucleares. Belo Horizonte MG. 2020. 150p.

NASCIMENTO, K. L. do. Microterritórios da resistência os deslocamentos plurais e as formas de socialidade no espaço urbano da cidade do Natal/RN. Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciências Sociais, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte 2023. 123p.

ODEH, I.; HUSSEIN, T. Activity pattern of urban adult students in an eastern mediterranean society. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 13, n. 10, p. 10–15, 2016.

OLIVEIRA, F. L. de *et al.* Influência das variações climáticas na atividade de vôo das abelhas jandairas *Melipona subnitida* Ducke (*Meliponinae*). **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 598-603, jul-set., 2012.

OLIVEIRA, P. F. de. **Influência do uso de microchips de identificação automatizada (Radio frequency identification, RFID) nas vibrações torácicas de abelhas sem ferrão (*Melipona subnitida*)**. 2018. 32p. Monografia [Graduação]. Universidade Federal Rural do Semi-árido. Mossoró, 2018.

PAIVA, K. A. R. de. **Potencial hepatoprotetor, antineoplásico e genoprotetor da geoprópolis produzida por abelha jandaíra (*Melipona subnitida* D.) no Semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil**. 2020. 105p. Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/5338/1/KalianeARP_TESE.pdf. Acesso em: 03 nov. 2022.

PAIXÃO, G. P. G.; SILVA, C. M. Impactos da poluição atmosférica no processo de polinização das abelhas: cidade do Rio de Janeiro. v. 12 n. 3 (2021): *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais* - Mar 2021.

PAPA, G. et al. Vehicle-derived ultrafine particulate contaminating bees and bee products. **Science of the Total Environment**, v. 750, p. 141700, 2021.

PEREIRA, J. S. **Entomofauna de abelhas e seu potencial zootécnico em área urbanizada no litoral cearense**. 2022. 96p. Dissertação [Mestrado]. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/64331/5/2022_dis_jspereira.pdf. Acesso em: 15 dez. 2022.

PEREIRA, M. K. de L. **Qualidade físico-química e microbiológica de méis de abelha *Apis mellifera* produzidos no estado da Paraíba: uma revisão**. 2020. 59p. Monografia [Graduação]. Universidade Federal Da Paraíba. João Pessoa, 2020. Disponível em:

<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/23108/1/TCC%20-%20MIRELE%20KALINE%20DE%20LIMA%20PEREIRA.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2022.

PINHEIRO, L. T. Diretrizes bioclimáticas de apoio ao projeto para otimização do desempenho térmico de habitações económicas em adobe no Ceará-Brasil. Tese Universidade do Porto – Portugal. 2023. 305p.

PIRES, Adcléia P. *et al.* **Avaliação de conforto térmico em Meliponário urbano de Belterra – Pará.** Anais do III Congresso de Tecnologias e Desenvolvimento na Amazônia. 2020.

PIRES, C. S. S., *et al.* Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD? **Pesq. agropec. bras.**, v. 51, n. 5, maio, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/4VHRxQtKhJTQDwcy7WBcHvh/?format=html>. Acesso em: 24 out. 2022.

PORRINI, C. *et al.* Using honey bee as bioindicator of chemicals in Campanian agroecosystems (South Italy). **Bulletin of Insectology**, v. 67, n. 1, p. 137-146, 2014.

REIS, F. L. A. M. **Adaptabilidade e produção de abelhas (*Apis mellifera*, Linnaeus, 1758) em colmeias construídas com materiais alternativos.** 2020. 73p. Tese [Doutorado].

Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2020. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/21008/1/FRANCISCA%20L%20C%208%20D%20GIA%20AUR%20C%208%20L%20IO%20M%20ESQUITA%20R%20EIS%20-%20T%20E%20S%20E%20%20%28%20P%20P%20G%20E%20A%20%20%202020.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2022.

ROCHA, E. E. de M. **Multiplicação de colônias de uma nova espécie de *Scaptotrigona*: produção de rainhas *in vitro* e técnicas de divisão.** 2018. 106p. Tese [Doutorado].

Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/64255/3/2018_tese_eemrocha.pdf. Acesso em: 10 dez. 2022.

RODRIGUES, S. P. **Microbiota associada ao intestino de abelha sem ferrão *Scaptotrigona polysticta* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini).** 2022. 124p. Dissertação [Mestrado].

Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2022. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/8935/5/Disserta%20c3%a7%20c3%a3o%20SuzianeRodrigues%20PPGBIOTEC.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2022.

ROSA, J. M. da *et al.* Desaparecimento de abelhas polinizadoras nos sistemas naturais e agrícolas: Ex.ste uma explicação? **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 1, 2019.

Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/10301/pdf>. Acesso em: 25 out. 2022.

SANTOS, A. R. dos. Qualidade do ar interior em academias de ginásticas: parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Doutorado em Tecnologia Ambiental**, 2019.

SATTA, A. *et al.* Combination of beehive matrices analysis and ant biodiversity to study heavy metal pollution impact in a post-mining area (Sardinia, Italy). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 19, p. 3977-3988, 2012.

SEELEY, T. D. Atmospheric carbon dioxide regulation in honey-bee (*Apis mellifera*) colonies. **Journal of insect physiology**, v. 20, n. 11, p. 2301-2305, 1974.

SILVA, A. C. *et al.* Atividade antimicrobiana e toxicidade dos méis das abelhas sem ferrão *Melipona rufiventris* e *Melipona fasciculata*: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/6325/5989>. Acesso em: 08 nov. 2022.

SILVA, A. M. da. **Metodologia da pesquisa**. 2. ed. Fortaleza: EDUECE, 2015. Disponível em: https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/432206/2/Livro_Metodologia%20da%20Pesquisa%20-%20Comum%20a%20todos%20os%20cursos.pdf. Acesso em: 10 nov. 2022.

SILVA, G. R. da *et al.* Aspectos bioecológicos e genético-comportamentais envolvidos na conservação da abelha Jandaíra, *Melipona subnitida* Ducke (*Apidae*, *Meliponini*), e o uso de ferramentas moleculares nos estudos de diversidade. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v. 81, n. 3, p. 299-308, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/WqJqkY9YTxRkML5srWmrhnh/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 set. 2022.

SILVA, W. P. PAZ, J. R. L. da. Abelhas sem ferrão: muito mais do que uma importância econômica. **Natureza on line**, v. 10, n. 3, p. 146-152, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Joicelene-Paz/publication/282861548_Abelhas_sem_ferrao_muito_mais_do_que_uma_importancia_economica/links/561fe47108aea35f267e10fa/Abelhas-sem-ferrao-muito-mais-do-que-uma-importancia-economica.pdf. Acesso em: 17 out. 2022.

SILVA, W. B. da *et al.* **Caracterização de íons solúveis em água presentes no material particulado atmosférico PM10 amostrados na aduana da Ponte da Amizade, Foz do Iguaçu-PR**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2019. 84p.

SOMAVILLA, A. *et al.* Diversidade de abelhas (*Hymenoptera: Apoidea*) e visitação floral em uma área de Mata Atlântica no Sul do Brasil. **General Entomology/Entomologia Geral**, v. 11, n. 3, p. 191-200, 2018). Disponível em: <https://www.entomobrasil.org/index.php/ebras/article/view/ebrasilis.v11i3.800/495>. Acesso em: 25 out. 2022.

SOUTHWICK, E. E.; MORITZ, R. F. A. Social control of air ventilation in colonies of honey bees, *Apis mellifera*. **Journal of insect physiology**, v. 33, n. 9, p. 623-626, 1987.

SOUZA, A. O. de. **Influência de variáveis abióticas sobre a produção de sexuais em colônias da abelha *Melipona subnitida* (*Apidae*, *Meliponini*)**. 2018. 39p. Dissertação [Mestrado]. Universidade Federal Rural do Semi-árido. Mossoró, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/5377/2/AlineOS_DISSERT.pdf. Acesso em: 20 set. 2022.

SOUZA, M. P. M. de. **Curso Básico de Arduino**. 2017. Disponível em: <http://www.arduino.unir.br/images/downloads/apostila-arduino.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2022.

SRIKANTH, P.; SUDHARSANAM, S.; STEINBERG, R. Bio-aerosols in indoor environment: Composition, health effects and analysis. *Indian Journal of Medical Microbiology*, v. 26, n. 4, p. 302–312, 2008.

STABENTHEINER, A.; KOVAC, H.; BRODSCHNEIDER, R. Honeybee colony thermoregulation—regulatory mechanisms and contribution of individuals in dependence on age, location and thermal stress. **PLoS one**, v. 5, n. 1, p. e8967, 2010.

STALIDZANS, E.; BERZONIS, A. Temperature changes above the upper hive body reveal the annual development periods of honey bee colonies. **Computers and electronics in agriculture**, v. 90, p. 1-6, 2013.

TOLEDO, André Luiz Lopes. Emissões de gases de efeito estufa da mobilidade urbana: o caso de Natal. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019. 148p.

VAZ, M. A. *et al.* Comportamento de nidificação de *Melipona subnitida* (Ducke, 1910) e *Frieseomelitta* sp. no Seridó oriental do Rio Grande do Norte, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, 2021. Disponível em:

<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17725/15768>. Acesso em: 05 set. 2022.

VELASCO, M. L. Z. - estudo exploratório da qualidade do ar interior em escolas públicas de ensino fundamental. Dissertação apresentada ao Programa de Pósgraduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Engenharia Ambiental, na área de Poluição do Ar. VITÓRIA – ES. 2020 142p.

VILLA NOVA, S. D. V. Estudo dos compostos reduzidos de enxofre na formação do ozônio troposférico na cidade do Rio de Janeiro. Estudo dos compostos reduzidos de enxofre na formação do ozônio troposférico na cidade do Rio de Janeiro. 2012. 135p.

VOLLET NETO, A. “**Biologia térmica de *Scaptotrigona depilis* (Apidae, Meliponini): adaptações para lidar com altas temperaturas**”. 2011. 99p. Dissertação [Mestrado].

Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2011. Disponível em: https://www.ffclrp.usp.br/imagens_defesas/23_06_2017__10_06_52_45.pdf. Acesso em: 05 dez. 2022.

WANG, Q. et al. Low-temperature stress during capped brood stage increases pupal mortality, misorientation and adult mortality in honey bees. **PloS one**, v. 11, n. 5, p. e0154547, 2016.

WITTER, S. *et al.* **As abelhas e a agricultura [recurso eletrônico]**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2014. Disponível em:

<https://editora.pucrs.br/edipucrs/acessolivre/Ebooks//Pdf/978-85-397-0658-7.pdf>. Acesso em: 24 out. 2022.

CAPÍTULO II

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS ATMOSFÉRICOS EM CAIXAS DE *Scaptotrigona*
sp. CONSTRUÍDAS COM CIMENTO E COMPARADAS A CAIXA DE MADEIRA**

Avaliação de parâmetros atmosféricos em caixas de *Scaptotrigona* sp. construídas com cimento e comparadas a caixa de madeira

Assessment of atmospheric parameters in boxes *Scaptotrigona* sp. built with cement and compared to wooden boxes

RESUMO

O alto risco de pesticidas para as abelhas melíferas durante a polinização de pomares é principalmente causado por resíduos no pólen de culturas não focais, provavelmente provenientes de flores silvestres contaminadas ou de outras fontes. A espécie de abelha sem ferrão, *Scaptotrigona* aff. *depilis*, pode servir como um potencial indicador de contaminação ambiental por pesticidas devido à presença de neonicotinóides em seu organismo. Diante do presente estudo, este trabalho tem por objetivo avaliar as características atmosféricas em caixas de abelha Canudo (*Scaptotrigona* sp.) construídas com cimento e comparadas a caixa de madeira, visando garantir melhor qualidade sob ambiente livre de poluição. O estudo foi desenvolvido no meliponário pertencente ao INSA – Instituto Nacional do Semiárido na estação experimental sediada no município de Campina Grande – PB sob 25 enxames de abelhas canudos em 25 caixas, povoadas com abelhas onde: 5 caixas de madeira; 5 caixas de cimento + isopor. Comparadas com 25 caixas não povoadas com abelhas: 5 caixas de madeira; 5 caixas de plástico; 5 caixas de cimento + isopor. As variáveis analisadas foram: PM2.5 (Particulate Matter 2.5) refere-se a partículas finas com um diâmetro de 2.5 micrômetros ou menos. Dióxido de Carbono (CO₂) refere-se a um gás incolor e inodoro que geralmente é derivado da respiração de humanos e animais. Total Volatile Organic Compounds (TVOC) refere-se a vários tipos comuns, incluindo benzeno, tolueno, estireno, formaldeído. Temperatura (°C) e Umidade Relativa (UR%). O delineamento experimental corresponde a um Delineamento em Blocos ao Acaso (DBC), composto por 4 tratamentos e 5 repetições com 100 leituras. Caixas com cimento povoadas com abelhas obtiveram partículas com valores próximos a 0,035µm, onde, as caixas com madeira sem abelhas, as partículas avaliadas foram 0,0288µm sendo estes, os menores valores, comparados às demais caixas analisadas. A caixa de cimento sem abelhas obteve 434,38 partículas de CO₂ na atmosfera. As caixas cimento com abelhas e madeira sem abelhas, obtiveram valores semelhantes da variável, estando com 421,2 e 419,17 das partículas na atmosfera. As de madeira com abelhas apresentaram níveis acima do percentual indicado. Caixas que apresentaram menores teores de umidade foram às vazias sem enxame, a composta por madeira apresentou 59,07% já a de cimento obteve 65,09%. Caixas com enxames obtiveram maiores valores de umidade em ambas as caixas, onde a de madeira possuiu 74,48 %, já a caixa composta por cimento apresentou o maior percentual 75,3%, comparada aos demais tratamentos. Caixas com enxames obtiveram maiores valores de umidade em ambas as caixas, onde a de madeira possuiu 74,48 %, já a caixa composta por cimento apresentou o maior percentual 75,3%, comparada aos demais tratamentos.

Palavras-chave: Abelha canudo. Atmosfera da colmeia. Contaminação. Compostos voláteis.

ABSTRACT

The high risk of pesticides to honey bees during orchard pollination is primarily caused by residues in the pollen of non-focal crops, likely from contaminated wildflowers or other sources. The stingless bee species, *Scaptotrigona aff. depilis*, can serve as a potential indicator of environmental contamination by pesticides due to the presence of neonicotinoids in its organism. In view of the present study, this work aims to evaluate the atmospheric characteristics in Canudo bee boxes (*Scaptotrigona sp.*) built with cement and compared to wooden boxes, aiming to guarantee better quality in a pollution-free environment. The study was carried out in the meliponary belonging to INSA – Instituto Nacional do Semiárido in the experimental station based in the municipality of Campina Grande – PB under 25 swarms of straw bees in 25 boxes, populated with bees where: 5 wooden boxes; 5 boxes of cement + Styrofoam. Compared to 25 boxes not populated with bees: 5 wooden boxes; 5 plastic boxes; 5 boxes of cement + Styrofoam. The variables analyzed were: PM_{2.5} (Particulate Matter 2.5) refers to fine particles with a diameter of 2.5 micrometers or less. Carbon Dioxide (CO₂) refers to a colorless, odorless gas that is generally derived from the breath of humans and animals. Total Volatile Organic Compounds (TVOC) refers to several common types, including benzene, toluene, styrene, formaldehyde. Temperature (°C) and Relative Humidity (RH%). The experimental design corresponds to a Randomized Block Design (DBC), consisting of 4 treatments and 5 replications with 100 readings. Boxes with cement populated with bees obtained particles with values close to 0.035µm, whereas, in boxes with wood without bees, the particles evaluated were 0.0288µm, these being the lowest values, compared to the other boxes analyzed. The bee-free cement box got 434.38 CO₂ particles into the atmosphere. The cement boxes with bees and wooden boxes without bees obtained similar values for the variable, with 421.2 and 419.17 of the particles in the atmosphere. Wooden ones with bees presented levels above the indicated percentage. Boxes that had the lowest moisture content were the empty ones without swarming, the one made of wood had 59.07% and the one made of cement had 65.09%. Boxes with swarms had higher humidity values in both boxes, where the wooden box had 74.48%, while the box composed of cement had the highest percentage, 75.3%, compared to the other treatments. Boxes with swarms had higher humidity values in both boxes, where the wooden box had 74.48%, while the box composed of cement had the highest percentage, 75.3%, compared to the other treatments.

Keywords: Straw bee. Hive atmosphere. Contamination. Volatile compounds.

INTRODUÇÃO

O alto risco de pesticidas para as abelhas melíferas durante a polinização de pomares é principalmente causado por resíduos no pólen de culturas não focais, provavelmente provenientes de flores silvestres contaminadas ou de outras fontes, tendo em vista que, a polinização de plantas garante a vida de ecossistemas (fauna e flora), sendo uma das atividades mais importantes para a sobrevivência do planeta terra relacionada a alterações atmosféricas. Animais como as abelhas são os mais afetados, isso desencadeia consequências que alteram a produção de alimentos, entre estes podemos citar os de origem animal (MCART et al, 2017; RICA, 2021).

Os estudos meteorológicos apresentam como principal objeto a atmosfera, sendo essa responsável pelos eventos que acontecem no planeta terra e conseqüentemente alterações a níveis de ecossistema, tendo uma escala espaço-temporal dividida em: Micro, Meso e Macroescala. O planeta terra é envolto por alguns componentes que se distribuem basicamente em três estados: líquido, sólido e gasoso. A junção desses componentes garante a existência dos grandes agrupamentos (Esferas), quando unidas essas camadas desses agrupamentos formam: Biosfera, litosfera, hidrosfera e atmosfera. Sendo a atmosfera um dos principais componentes da vida terrestre. Possui uma camada de 100 km de altitude, do ponto de vista meteorológico a camada mais importante desses gases está a 20 km da terra (MARIN, 2021).

As abelhas melíferas podem coletar com eficácia amostras de partículas transportadas pelo ar de várias fontes, tornando-as uma ferramenta ideal para monitorar poluentes ambientais. Todavia, esses animais correspondem a uma das principais espécies responsáveis pela polinização cruzada (Fator que garante a variabilidade genética das plantas). Diante disso, essa atividade vem enfrentando dificuldades como: Avanço das cidades e destruição de matas nativas, más práticas agrícolas, fatores climáticos como aumento de temperaturas como resultado de poluentes na atmosfera, devido ao número elevado de veículos automotores e indústrias (NEGRI et al, 2015; RICA, 2021).

A espécie de abelha sem ferrão, *Scaptotrigona* aff. *depilis*, pode servir como um potencial indicador de contaminação ambiental por pesticidas devido à presença de neonicotinóides em seu organismo. Apesar de se adaptarem aos mais diversos ambientes e condições os mesmos possuem condições ideais para se desenvolverem, mudanças climáticas bruscas na fase adulta podem gerar morte da colmeia, assim como tem que está de acordo em

média de 33°e 36°, assim como temperatura acima dos 40° pode amolecer e quebrar os favos de mel alterando a produção (ALEIXO et al, 2017; OLIVEIRA NETO, 2022).

As abelhas (*Apis mellifera scutellata*) foram introduzidas no Brasil nos anos de 1950, trazidas do continente africano, entretanto foram disseminadas de forma errônea, acabaram se misturando com as abelhas europeias e criando o que conhecemos hoje como abelhas africanizadas. Apesar dos diversos problemas que tivemos para compreender essa nova variedade conseguimos e isso garantiu uma elevada positiva na cadeia produtiva do mel. Entre os anos de 1995 e 2015 o Brasil teve seu auge na produção de mel em especial podemos destacar o ano de 2011 com 41.575 toneladas de mel. É uma atividade que garante o homem no meio rural, bem como sua sub existência evitando o êxodo rural, é uma atividade relativamente acessível financeiramente e essencial para a vida (REIS, 2020).

Diante do presente estudo, este trabalho tem por objetivo avaliar as características atmosféricas em caixas de abelha Canudo (*Scaptotrigona* sp.) construídas com cimento e comparadas a caixa de madeira, visando garantir melhor qualidade sob ambiente livre de poluição.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental do INSA – Instituto Nacional do Semiárido, no município de Campina Grande, ao lado esquerdo da estrada Campina Grande – Boa Vista na mesorregião do agreste paraibano, cujas coordenadas são latitude Sul 07° 14’ 00’’ e longitude Oeste 35° 57’ 00’’, com altitude de 491 m, e o clima da região classificado como As de acordo com a classificação de Koppen (FRANCISCO et al., 2015; MIRANDA. 2021), sendo o local composto por crescimento e desenvolvimento de áreas urbanas.

O estudo foi desenvolvido no meliponário pertencente ao INSA – Instituto Nacional do Semiárido na estação experimental sediada no município de Campina Grande – PB sob 25 enxames de abelhas canudos em 25 caixas, povoadas com abelhas onde: 5 caixas de madeira; 5 caixas de cimento + isopor. Comparadas com 25 caixas não povoadas com abelhas: 5 caixas de madeira; 5 caixas de plástico; 5 caixas de cimento + isopor. As abelhas utilizadas no experimento foram do gênero *Scaptotrigona* sp.

As leituras foram realizadas durante 53 semanas perfazendo um total de 100 leituras.

Todas as caixas obedeceram o mesmo modelo do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), sendo, as medidas internas de ninho, sobre ninho e melgueiras – 20 cm(C)

x 20 cm(L) x 8 cm(A), sendo as caixas padronizadas. As confeccionadas com madeira utilizou pinho em forma de tábuas e recortadas. As construídas com cimento mais isopor com a proporção (1 cimento + 2 isopores fragmentados a partir de reciclagem + 1 de areia lavada), foram construídas pelo aluno e professor no instituto, seguindo as medições e modelo das caixas INPA.

Na coleta de dados utilizou-se como equipamentos, medidor KKMOON® modelo Air Quality Monitor. Temtop M2000®, bem como, utilizou-se um monitor de qualidade do ar CO₂ para partículas PM2.5, PM10, CO₂, HCHO, exibição de temperatura e umidade, exportação de dados. Termômetro com Medidor de Umidade Relativa do Ar e Relógio – Matsuri®. Estação meteorológica portátil com Sensor Remoto SWH1170®. Hand-Held®, detector Qualidade do Ar Modelo, M2000, Temtop, PM2.5, PM10, Partículas CO₂, HCHO. Temperatura Umidade Monitor Office Home Air Quality Testing.

As variáveis analisadas foram: PM2.5 (Particulate Matter 2.5) refere-se a partículas finas com um diâmetro de 2.5 micrômetros ou menos. Dióxido de Carbono (CO₂) refere-se a um gás incolor e inodoro que geralmente é derivado da respiração de humanos e animais. Total Volatile Organic Compounds (TVOC) refere-se a vários tipos comuns, incluindo benzeno, tolueno, estireno, formaldeído. Temperatura (°C) e Umidade Relativa (UR%).

O delineamento experimental corresponde a um Delineamento em Blocos ao Acaso (DBC), composto por 4 tratamentos e 5 repetições com 100 leituras. Os dados foram submetidos a análise de variância sendo utilizado o teste Scott-Knott como parâmetro de comparação entre os tratamentos avaliados utilizando o SISVAR®, como programa estatístico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a variável analisada PM 2,5 (Figura 1A) que corresponde as partículas finas com um diâmetro de 2.5µm, as caixas de madeira obtiveram os maiores valores da variável, obtendo partículas de 0,03734µm, onde em caixas de madeira de cimento sem abelhas as partículas finas corresponderam a 0,03526µm, estando com valores intermediários comparadas as demais caixas. Caixas com cimento povoadas com abelhas obtiveram partículas com valores próximos a 0,035µm, onde, as caixas com madeira sem abelhas, as partículas avaliadas foram 0,0288µm sendo estes, os menores valores, comparados as demais caixas analisadas. Devido ao seu tamanho minúsculo, o PM2.5 em humanos, pode ser absorvido pela corrente sanguínea e pelos pulmões, de modo que a exposição a longo prazo à alta concentração de PM 2.5 no ambiente pode causar irritação nos olhos e nariz, tosse, asma, enfisema, doenças pulmonares, ataques cardíacos, câncer e etc (TOLEDO, 2019).

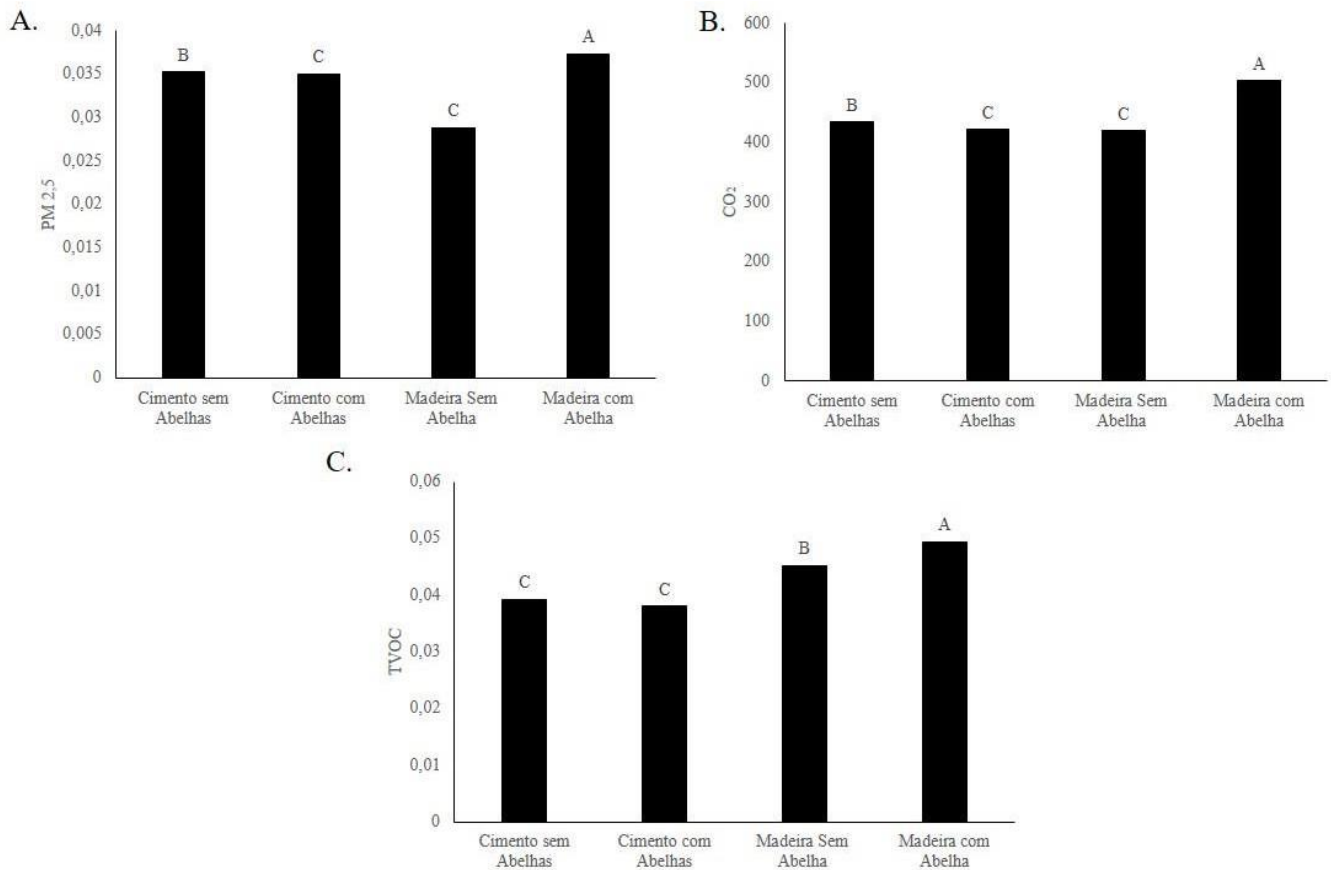
Níveis de dióxido de carbono (CO₂) (Figura 1B), avaliados em diferentes tipos de materiais para caixas de abelhas, o tratamento correspondente a madeira com abelhas, obteve-se níveis de CO₂, próximos a 503,37 partículas na atmosfera, estando acima do percentual recomendado, quando comparado aos demais. A caixa de cimento sem abelhas obteve 434,38 partículas da molécula na atmosfera. As caixas cimento com abelhas e madeira sem abelhas, obtiveram valores semelhantes da variável, estando com 421,2 e 419,17 das partículas na atmosfera. Alta concentração de CO₂ significa que é necessário ar fresco ou ventilação, caso contrário, pode causar problemas como sonolência, tontura, perda de atenção e comprometimento cognitivo (COMIN, 2016). As abelhas regulam a concentração atmosférica de CO₂ entre 0,10% e 425% em colônias pequenas, com colônias maiores controlando-a com mais precisão (SEELEY, 1974).

Quanto aos TVOCs (Figura 1C), que correspondem aos compostos orgânicos avaliados mediante os tratamentos, onde se encontram a caixa de madeira com as abelhas com maior valor da variável 0,04934 de partículas na atmosfera, seguida da caixa de madeira vazia com 0,0452 de partículas. Caixas de cimento sem abelhas obtiveram cerca de 0,03917 de partículas distribuídas na atmosfera, estando a caixa de cimento com abelhas a que apresentou menor incidência de compostos orgânicos na sua atmosfera, com 0,03796 de partículas distribuídas em sua atmosfera. Devido à sua volatilidade, bem como toxicidade, irritabilidade e carcinogenicidade, a exposição a longo prazo a TVOCs pode causar danos à pele, fígado, rins, sistema nervoso central, entre outros (CONVERTI, 2015; COSTA, 2017).

As abelhas melíferas estão adaptadas para tolerar e prosperar na presença de vários produtos químicos potencialmente tóxicos, incluindo inseticidas, fungicidas e contaminantes ambientais, com danos que variam com base em fatores como níveis de exposição, níveis de patógeno e estado nutricional (JOHNSON, 2015).

Os resíduos de pesticidas nas colmeias de abelhas são predominantes, sendo os piretróides o contribuinte mais influente, mas o risco global para a saúde das colônias está num nível aceitável (XIAO et al, 2021).

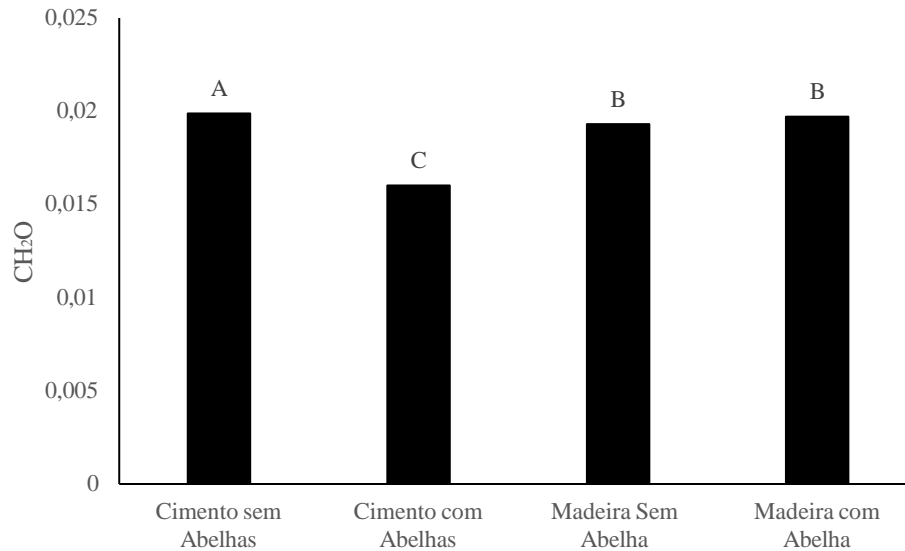
Figura 1. Avaliação de Particulate Matter 2.5 (A), Dióxido de Carbono (B) e Total Volatile Organic Compounds (C), em caixas modelo INPA compostas de cimento e madeira com e sem abelhas, Campina Grande, PB



Fonte: Rolim (2023, p. 52).

Quanto aos níveis das partículas de formaldeído distribuídas nas caixas INPA (Figura 2), o material composto por cimento com o enxame apresentou menores quantidades do composto (0,01602), porém caixas com cimento sem as abelhas apresentaram maior quantidade com quantidades de partículas 0,0189 de CH_2O , as caixas de madeira mantiveram valores intermediários com e sem abelhas, sendo o formaldeído um elemento constante mediante o material utilizado para compor a caixa sendo as quantidades próximas a 0,019 partículas de CH_2O . O formaldeído (HCHO) é um gás incolor e de cheiro forte com a fórmula CH_2O , que foi classificado pela IARC como cancerígeno do Grupo 1. A exposição a longo prazo a apenas baixas doses pode causar doenças respiratórias crônicas, carcinoma nasofaríngeo, câncer de cólon, tumores cerebrais, mutação de genes nucleares dentre outras condições (COSTA, 2017).

Figura 2. Avaliação dos níveis de formaldeído (CH_2O), em caixas modelo INPA compostas de cimento e madeira com e sem abelhas, Campina Grande, PB



Fonte: Rolim (2023, p. 76).

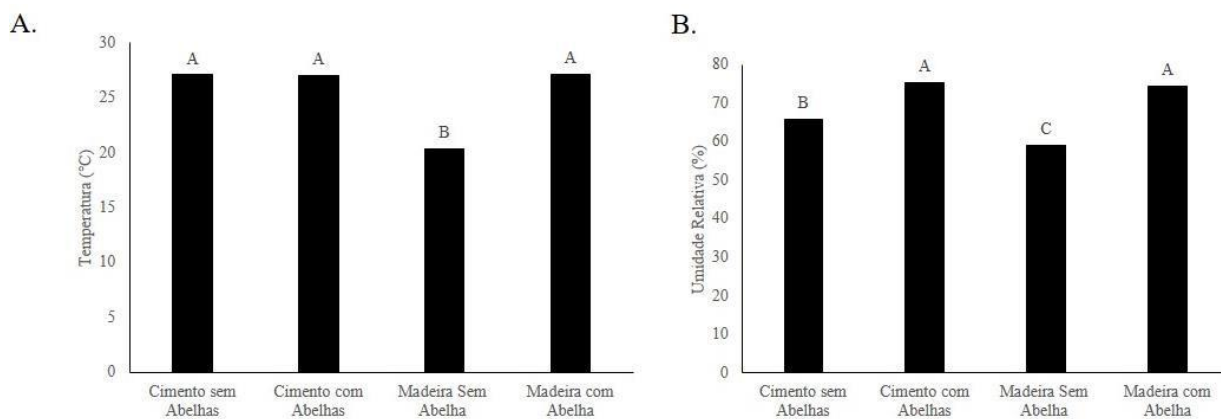
Quanto a temperatura (Figura 3A) das colmeias, as caixas com madeira sem abelhas apresentou menores valores da variável, estando com $20,3^\circ\text{C}$, já as caixas com mesmo material somado ao enxame obteve temperaturas $27,06^\circ\text{C}$, onde a mesma se assemelhou com as caixas compostas por cimento com e sem abelhas, estando assim estas na faixa ideal de temperatura da colmeia, que varia de 22 a 38°C (ALI et al, 2023). Os enxames de abelhas mantêm temperaturas centrais entre 35°C e 37°C , com as abelhas do manto desempenhando um papel fundamental no controle da produção e perda de calor. Diante disso, a temperatura na qual as pupas são criadas influencia seu desempenho comportamental quando adultos, sendo 36°C ideal para forrageamento e aprendizagem, e 32°C e $34,5^\circ\text{C}$ sendo menos eficazes para aprendizagem e consolidação da memória. As abelhas precisam de temperaturas ideais variando de 13°C (55°F) a 38°C (100°F) para voar, (HEINRICH, 1981; TAUTZ et al, 2003; ROGERS et al, 2022).

Na variável umidade relativa (Figura 3B), caixas que apresentaram menores teores de umidade foram as vazias sem enxame, a composta por madeira apresentou $59,07\%$ já a de cimento obteve $65,09\%$. Caixas com enxames obtiveram maiores valores de umidade em ambas as caixas, onde a de madeira possuiu $74,48\%$, já a caixa composta por cimento apresentou o maior percentual $75,3\%$, comparada aos demais tratamentos. Os orifícios de ventilação e os bebedouros nas colmeias de abelhas influenciam significativamente a umidade e a temperatura dentro da colmeia durante as estações do ano (MOHAMED & MANSOR, 2023). A maior atividade de forrageamento e ganho de peso da colônia em abelhas *Tetragonula*

biroi ocorrem em ocas naturais de árvores e colmeias artificiais feitas de materiais de cimento, com fatores ambientais afetando o comportamento das abelhas (PRASTIYO & NURAENI, 2023). A alta temperatura e a alta umidade afetarão diretamente o desenvolvimento e a reprodução das abelhas (JONES et al, 2005), bem como a polinização e o comportamento de coleta das abelhas, restringindo bastante o desenvolvimento da colônia (JOSHI & JOSHI, 2010).

Em casos extremos de superaquecimento as operarias realizam manobras de evaporação de cutículas de água nos favos com suas próprias línguas, também com o intuito de diminuir a temperatura interna algumas abelhas saem de dentro da colmeia para fora para que exista ali uma troca de ventilação. Em caso de frio elas se juntam no interior das colmeias para gerar calor. Essas atividades de termorregulação são complexas, as abelhas deixam de realizar outras atividades para esse fim, no entanto, são essenciais para a vida da colmeia (OLIVEIRA NETO, 2022).

Figura 3. Avaliação dos níveis Temperatura (°C) (A) e Umidade Relativa (%) (B), em caixas modelo INPA compostas de cimento e madeira com e sem abelhas, Campina Grande, PB



Fonte: Rolim (2023, p. 94).

CONCLUSÃO

- Caixas de madeira com abelhas apresentaram elevados níveis de CO₂ estando acima do percentual recomendado;
- Caixas de cimento com abelhas apresentaram níveis de CO₂ de acordo com o percentual recomendado;
- Níveis de TVOCs foram inferiores em ambas as caixas de cimento quando comparadas as caixas com madeira;
- Faz-se necessário a realização de novos estudos visando melhorar a produção e qualidade do mel gerando o bem estar dos animais.

REFERÊNCIAS

- ALEIXO, K., MENEZES, C., FONSECA, V., & SILVA, C. (2017). Seasonal availability of floral resources and ambient temperature shape stingless bee foraging behavior (*Scaptotrigona aff. depilis*). *Apidologie*, 48, 117-127.
- ALI, M., ILIAS, B., RAHIM, N., SHUKOR, S., ADOM, A., SAAD, M., HASSAN, M. (2023). Development of Artificial Stingless Bee Hive Monitoring using IoT System on Developing Colony. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*.
- COMIN, T. T. Avaliação da qualidade do ar em interiores e ambientes abertos de uma universidade em São Carlos-SP Tese apresentada ao Programa de PósGraduação em Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos para a obtenção do título de Doutora em Engenharia Química. 2016. 128p.
- CONVERTI, A., ZILLI, M., SENE, L., SATO, S. A. Biofiltração; uma tecnologia já afirmada no tratamento de emissões gasosas. (2015). URL:< http://www.dicnep.unige.it/old_site/Italiano/ricerca/pub_biotec_av/1999/199,9.
- COSTA, Marcelo. Recentes avanços na toxicidade em têxteis: avaliação da toxicidade do formaldeído em têxteis via mercado brasileiro atual em relação à globalização. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo 2017. 74p.
- FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D.; MATOS, R. M. Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.4, p.1006-1016, 2015.
- HEINRICH, B. The Mechanisms and Energetics of Honeybee Swarm Temperature Regulation. *The Journal of Experimental Biology*, 91, 25-55, 1981.
- JOHNSON, R. (2015). Honey bee toxicology.. *Annual review of entomology*, 60, 415-34 .
- JONES, J. C., P. HELLIWELL, M. BEEKMAN, R. MALESZKA, B. P. OLDROYD. 2005. The effects of rearing temperature on developmental stability and learning and memory in the honey bee, *Apis mellifera*. *J. Comp. Physiol. A Neuroethol. Sens. Neural Behav. Physiol.* 191: 1121–1129.
- JOSHI, N. C., P. C. JOSHI. 2010. Foraging behaviour of *Apis* spp. on apple flowers in a subtropical environment. *N. Y. Sci. J.* 3: 71–76.
- PAIXÃO, G. P. G.; SILVA, C. M.. Impactos da poluição atmosférica no processo de polinização das abelhas: cidade do Rio de Janeiro. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.3, p.90-101, 2021.
- MARIN, F. R. (2024). **MICROCLIMATOLOGIA AGRÍCOLA**: introdução biofísica da relação planta-atmosfera. Piracicaba - Sp: Fealq, 2021. 263 p. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=lqnBEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT9&dq=atmosfera&ots=gOJkDKXTk7&sig=uqsg_MIBrfXhs_dmyGhjVrEETP4#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 10 mar.

- MCART, S., FERSCH, A., MILANO, N., TRUITT, L., BÖRÖCZKY, K. (2017). High pesticide risk to honey bees despite low focal crop pollen collection during pollination of a mass blooming crop. *Scientific Reports*, 7.
- MIRANDA, J. R. (2021). DESEMPENHO DA PALMA FORRAGEIRA IRRIGADA COM DÉFICIT HÍDRICO E BAIXA FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande. 121p.
- MOHAMED, M., & MANSOR, M. (2023). Measuring the Variability and Humidity of Apis mellifera Honeybee Hives by the Effect of some Ventilation and Indoor Fires During the Autumn Season Using a New System. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1158.
- NEGRI, I., MAVRIS, C., PRISCO, G., CAPRIO, E., PELLECCIA, M. (2015). Honey Bees (*Apis mellifera*, L.) as Active Samplers of Airborne Particulate Matter. *PLoS ONE*, 10.
- OLIVEIRA NETO, J. N. **PLATAFORMA IOT PARA AMBIÊNCIA APÍCOLA NAS CONDIÇÕES DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.** (2022). 188 f. Monografia (Especialização) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2022. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/28834/JOSE%20NUNES%20DE%20OLIVEIRA%20NETO%20E2%80%9320TESE%20PPGEP%202022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 08 abr. 2024.
- PRASTIYO, A., NURAENI, S. (2023). Foraging Activities, Environmental Factors, and Increment Weight of Tetragonula biroi Colonies in Beekeeping with Different Hive Materials. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1277.
- REIS, F. L. A. M. **Adaptabilidade e produção de abelhas (*apis mellifera*, linnaeus, 1758) em colmeias construídas com materiais alternativos.** 2020. 73 f. Monografia (Especialização) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2020. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/21008/FRANCISCA%20L%20C3%84D%20AUR%20C3%89L%20M%20MESQUITA%20REIS%20-%20TESE%20-%20PPGEA%20-%202020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 08 abr. 2024.
- ROGERS, R., HASSLER, E., CAREY, Q., CAZIER, J. (2022). More time to fly: with a warming climate the Western honey bee (*Apis mellifera*, Linnaeus) now has more temperature-eligible flight hours than 40 years ago. *Journal of Apicultural Research*, 62, 615 - 624.
- SEELEY, T. (1974). Atmospheric carbon dioxide regulation in honey-bee (*Apis mellifera*) colonies.. *Journal of insect physiology*, 20 11, 2301-5.
- TAUTZ, J., MAIER, S., GROH, C., RÖSSLER, W., BROCKMANN, A. (2003). Behavioral performance in adult honey bees is influenced by the temperature experienced during their

pupal development. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100, 7343 - 7347.

TOLEDO, A. L. L. Emissões de gases de efeito estufa da mobilidade urbana: o caso de Natal. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019. 148p.

XIAO, J., HE, Q., LIU, Q., WANG, Z., YIN, F., CHAI, Y., YANG, Q., JIANG, X., LIAO, M., YU, L., JIANG, W., CAO, H. (2021). Analysis of honey bee exposure to multiple pesticide residues in the hive environment. *The Science of the total environment*, 805, 150292.