



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

MAURIZETE DA CRUZ SILVA

**TERMORREGULAÇÃO E PRODUÇÃO DA *Melipona scutellaris* EM
COLMEIAS CONSTRUÍDAS COM DIFERENTES TIPOS DE MADEIRA**

Campina Grande – PB

Junho de 2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

MAURIZETE DA CRUZ SILVA

**TERMORREGULAÇÃO E PRODUÇÃO DA *Melipona scutellaris* EM COL-
MEIAS CONSTRUÍDAS COM DIFERENTES TIPOS DE MADEIRA**

Tese de doutorado apresentada
ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Agrícola da
Universidade Federal de
Campina Grande, como parte
dos requisitos para a obtenção
do título de Doutora em
Engenharia Agrícola na área de
Construções Rurais e Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. José Pinheiro Lopes Neto

Campina Grande – PB

Junho de 2019

S586t

Silva, Maurizete da Cruz.

Termorregulação e produção as *Melipona scutellaris* em colméias construídas com diferentes tipos de madeira / Maurizete da Cruz Silva. – Campina Grande, 2019.

90 f.: il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2019.

"Orientação: Prof. Dr. José Pinheiro Lopes Neto".

Referências.

1. Apicultura. 2. Abelha sem Ferrão. 3. Produção de Mel. 4. Temperatura de Ninho. 5. Uruçu do Nordeste. I. Lopes Neto, José Pinheiro. II. Título.

CDU 638.1(043)

DEDICATÓRIA

À minha mãe: Maria Celi da Cruz Silva e meu pai, José Ferreira da Silva, princípio de tudo que sou, a meu filho, Micael Cruz Lima, sentido do meu viver, e meu companheiro-inesperado: Geraldo Bezerra Cavalcanti Filho, pela compreensão e paciência, **ofereço**.

Aos meus irmãos: Marinaldo da Cruz Silva, Jaciara da Cruz Silva e José Firmino da Silva (*in memoria*), aos meus sobrinhos (Neto, José e Daniel) e sobrinha (Sofia), a minha cunhada-irmã Roseli e meu cunhado-irmão José Nicácio. Por serem mais que um apoio para meus pés, são o alento do meu coração nos dias de escuridão, **dedico**.

EPÍGRAFE

“A vida é igual andar de bicicleta. Para
manter o equilíbrio é preciso se
manter em movimento.”

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, essa energia criadora, que me concedeu a dádiva da vida, por estar comigo em todos os momentos e por revelar pessoas especiais em minha vida.

Durante essa jornada tive o prazer conhecer e aprender com muitas pessoas, cada uma com seu jeito peculiar de ser, plantaram algo de bom em meu ser. Por isso, peço que todos indistintamente, sintam-se importantes, não importando a ordem ou ausência de nomes não citados.

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial, a todos os que fazem o Departamento de Engenharia Agrícola pela oportunidade da realização do meu Doutorado.

Aos orientadores, Professores Dr.(s) José Pinheiro Neto e José Wallace B. Nascimento, pelos ensinamentos e orientações ao longo de todo o curso.

Ao Professor Dr. Dermeval Araújo Furtado pela paciência, atenção, apoio e valiosas sugestões durante a realização deste trabalho.

À Universidade Federal da Paraíba, *Campus* Bananeiras-PB, pela concessão da minha liberação total durante a Pós-Graduação.

Agradeço à todos que fazem parte da Direção Geral da UFPB, *Campus* Bananeira e do Colégio Agrícola “Vidal de Negreiros”, Departamentos e Coordenações, nas pessoas da Prof.^a Dr.^a Terezinha Domiciano Dantas Martins (DG em exercício), Prof. Dr. Pedro Germano Antonino Nunes (*in memoria*), Prof. Dr. José Jordão Filho e Prof.^a Dr.^a Alda Lúcia de Lima Amâncio (DAP) e toda equipe de Professores que compõe o Departamento de Ciência Animal, pelo apoio incondicional e incentivo constante.

Ao Senhor José Geraldo Trajano da Silva (Produtor/Meliponicultor), seu filho Junior, e toda sua família, pela solicitude e desprendimento em permitir o uso do seu meliponário, além do apoio concedido na implantação, manutenção e ajudas durante as coletas de dados, minha imensurável e permanente gratidão.

Sou muito grata ao amigo e irmão de coração David Duarte, pelo carinho e dedicação no qual empregou seu tempo e recursos na aquisição, confecção e montagem dos equipamentos de leitura.

Não poderia deixar de citar a importância da parceria e amizade da amiga Yokini Chanti Cordeiro, pela sua paciência, apoio, perseverança e auxílio constante durante a implantação dos equipamentos de leitura.

À Romildo da Silva Santos (Mano) funcionário do meliponário Riacho das Facas, pela valiosa ajuda diária e em especial durante as coletas dos dados.

À Prof.^a Dr^a Adriana Evangelista Rodrigues da Universidade Federal da Paraíba- *campus II* -Areia, pelas valiosas sugestões e discussões referentes aos aspectos específicos deste trabalho.

A Prof.^a Dr^a Neila Ribeiro e Prof. Dr. Walter Pereira da UFPB- Campus II- Areia, pela valiosa ajuda na análise estatística.

Aos amigos do curso de pós-graduação: Vicente Rocha e Silvia Noelly, a minha gratidão pela amizade, companheirismo e carinho durante os momentos difíceis.

Ao colega do curso de pós-graduação Jacó que muito gentilmente preparou as amostras de madeira para análise de condutividade térmica. Ao casal Prof. Dr. Luciano (UFCG) e M.Sc. Cássia Saboia (EMBRAPA) pela amizade, atenção, dicas e auxílio na trajetória deste trabalho.

Aos Prof.(s) Normando Perazzo, Gilvanildo Azeredo e Aluísio Braz do Centro de Tecnologia da UFPB- LaBEME, por realizarem as análises das propriedades físicas, mecânicas e térmicas das madeiras.

A minha prima-irmã Janete Duarte, por sempre me dar força, coragem, apoio e amizade.

Aos amigos-família: Moema e Pedro, Thayzi, Sandro e João, pela amizade incondicional e por estarem presentes em minha vida. Amo vocês!

Aos meus gatos: Bolota, Tina, Miu (*in memoria*), Mel, Snow, Nina, Lilica e meu cão Onça, impagáveis companheiros.

E por fim, quero agradecer de forma especial a aqueles que me ensinaram a ser uma pessoa honesta e leal aos princípios elevados ao bem, meus pais, José Ferreira e Maria Celi. Aos meus irmãos Marinaldo e Jaciara, pela devoção do amor incondicional, a minha cunhada-irmã Roseli e meu cunhado-irmão Nicácio pelo companheirismo,

apoio nos momentos cruciais e pelos momentos felizes. Ao meu companheiro Geraldo Bezerra pela dedicação, confiança e constante paciência. Ao meu filho Micael que me ensina cada dia a melhor forma de ser mãe e conduzir nossas vidas com sabedoria e serenidade. Amo muito vocês!

A todos o meu sincero obrigada!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Esquema da construção de ninho de <i>Melipona</i> em tronco de árvore.....	17
Figura 2.	Escala de temperatura ambiente de desenvolvimento dos insetos.....	20
Figura 3.	Mapa de localização do meliponário Riacho das Facas e coordenadas geográficas, Areia-PB.....	29
Figura 4	Planta baixa do meliponário com a distribuição das colmeias por estante na escala de 1/80.....	31
..Figura 5.	Planta do meliponário com vistas laterais e distribuição dos tratamentos e globos negros.....	32
Figura 6.	Layout com medidas externas, internas e componentes da colmeia modelo nordestino.....	33
Figura 7.	Colmeias experimentais.....	34
Figura 8.	Especificações do corpo de prova para determinação do teor de umidade e densidade da madeira (medidas em centímetro)	35
Figura 9	Identificação e pesagem dos corpos-de-prova.....	36
Figura 10.	Corpos-de-prova na estufa com circulação e renovação de ar, modelo SL-102/480 – da marca SOLAB.....	36
Figura 11.	Corpos-de-prova saturados para determinação da densidade básica.....	37
Figura 12.	Determinação das dimensões dos corpos de prova com paquímetro para determinação da densidade.....	37
Figura 13.	Análise da condutividade e resistência térmica.....	38
Figura 14.	Corpos-de-prova usado na determinação da condutividade térmica e resistência térmica da madeira de <i>Pinus</i> e Macaúba.....	39
Figura 15.	Instrumento usados na coleta das temperaturas no ninho.....	41
Figura 16.	Processo de mensuração da produção e biometria.....	43
Figura 17.	Comportamento da temperatura do ar, umidade relativa do ar e do índice de temperatura de globo negro e umidade nas instalações do meliponário durante o período experimental, Areia/PB.....	48

Figura 18.	Comportamento das temperaturas médias diárias registradas nas colônias experimentais de <i>Melipona scutellaris</i> nos dois lados do Meliponário (1 - esquerdo e 2 - direito) em agosto e setembro.....	55
Figura 19.	Comportamento das temperaturas médias diárias registradas nas colônias experimentais de <i>Melipona scutellaris</i> nos dois lados do Meliponário (1 - esquerdo e 2 - direito) em outubro e novembro de 2018.....	56
Figura 20.	Comportamento das temperaturas médias diárias registradas nas colônias experimentais de <i>Melipona scutellaris</i> nos dois lados do Meliponário (1 - esquerdo e 2 - direito) em dezembro/18 e janeiro/19.....	57
Figura 21.	Estudo Solar do meliponário em relação ao seu posicionamento às 9h da manhã.....	61
Figura 22.	Imagens termográficas das fachadas do meliponário coletadas às [A] 7:33, [B] 10:33 e [C] 13:33 horas no mês de outubro de 2018.....	62
Figura 23.	Média e desvio padrão da estimativa da população de abelhas <i>Melipona scutellaris</i> criadas em colméias confeccionadas com diferentes tipos de madeira.....	72
Figura 24.	Estimativa da população, Temperaturas mínima e máxima do ninho e o gradiente térmico para a colméia experimental (P- colméia Pinus) e suas respectivas repetições (1,2,3,4,5,6,7,8).....	73
Figura 25.	Estimativa da população, Temperaturas mínima e máxima do ninho e o gradiente térmico para a colméia experimental (M-colmeia de macaúba) e suas respectivas repetições (1,2,3,4,5,6,7,8).....	74
Figura 26.	Estimativa da população, Temperaturas mínima e máxima do ninho e o gradiente térmico para a colméia experimental (T- tronco de macaúba) e suas respectivas repetições (1,2,3,4,5,6,7,8).....	74
Figura 27.	Gráfico dos escores para as 11 variáveis.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Estudos de tolerância térmica em abelhas sem ferrão.....	24
Tabela 2.	Resultados médios do teor de umidade, densidade básica, condutividade térmica e resistência térmica das amostras de Pinus e Macaúba.....	46
Tabela 3.	Temperaturas (média, mínima, máxima, amplitude térmica) registradas durante o período experimental de seis meses (agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro/2018 e janeiro/2019) em colônias de <i>Melipona scutellaris</i>	50
Tabela 4.	Temperatura do ninho em colmeias confeccionadas com diferentes tipos de material, considerando os lados do meliponário, altura das colmeias e meses de coleta em colônias de <i>Melipona scutellaris</i>	52
Tabela 5.	Termografia das colmeias, considerando material da colmeia, lado do meliponário, altura das colmeias e superfície das colmeias.....	59
Tabela 6.	Média, desvio padrão e coeficiente de variação das características produtivas avaliadas em colônias de <i>Melipona scutellaris</i> nidificadas em colmeias de diferentes madeiras, no meliponário Riacho das Facas, Areia/PB.....	65
Tabela 7.	Média, desvio padrão e coeficiente de variação das características biométricas avaliadas em colônias de <i>Melipona scutellaris</i> nidificadas em colmeias de diferentes madeiras, no meliponário Riacho das Facas, Areia/PB.....	68
Tabela 8.	Correlação das variáveis de produção e biométricas das colônias de abelha <i>Melipona scutellaris</i> em colméias construídas com diferentes tipos de madeira.....	71
Tabela 9	Componentes principais, autovalores (λ_i), a porcentagem da variância explicada pelos componentes (VCP) e a porcentagem da variância explicada pelos componentes acumulada (VCP acumulado) das características de carcaça de caprinos.....	76
Tabela 10	Coeficientes de ponderação dos três primeiros componentes mais importantes para explicar a variação total das 11 variáveis originais.....	77

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	14
1.1. Objetivos.....	15
1.1.1. Objetivo geral.....	15
1.1.2. Objetivos específicos	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1. Meliponíneos: localização e estrutura dos ninhos naturais.....	15
2.2. Meliponário - Construções para abelhas	17
2.3. Modelos de colméias adotados para criação racional da abelha Uruçu do Nordeste.....	18
2.4. Faixa de temperatura para o desenvolvimento dos insetos	19
2.5. Estratégia de termorregulação usada pelas abelhas.....	21
2.6. Características gerais das madeiras.....	25
2.6.1. Pinus (<i>Pinus sp</i>).....	27
2.6.2. Macaúba (<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. Ex Mart.).....	27
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1. Local de estudo e período.....	29
3.2. Espécie de abelha estudada e características construtivas do meliponário.....	30
3.3. Delineamento experimental.....	31
3.4. Procedimentos experimentais.....	33
3.4.1. Modelo e dimensões da colmeia adotada para a pesquisa.....	33
3.4.2. Aquisição das madeiras e construção das colméias.....	34
3.4.3. Determinação das propriedades físicas e térmicas da madeira de pinus e macaúba.....	34
3.4.3.1. Determinação do teor de umidade e densidade básica....	35
3.4.3.2. Determinação da condutividade térmica e da resistência térmica.....	38
3.4.3.3. Povoamento das colmeias.....	40
3.4.3.4. Registro das temperaturas no ninho	40
3.4.3.5. Registro das variáveis ambientais e da temperatura e umidade no interior do meliponário.....	41
3.4.3.6. Respostas biométrica e produtivas das colônias.....	42
3.4.3.7. Registro das variáveis termográfica das colmeias.....	45

3.5.	Análise estatística.....	45
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
4.1.	Propriedades das madeiras	46
4.2.	Variáveis ambientais no interior do meliponário.....	48
4.3.	Temperaturas na área do ninho.....	49
4.4.	Registro termográfico das faces externas das colmeias.....	58
4.5.	Avaliação das características produtivas de mel.....	64
4.6.	Avaliação das características biométricas do ninho.....	67
4.7.	Análise Multivariada.....	76
5.	CONCLUSÕES.....	79
6.	AGRADECIMENTOS.....	79
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

TERMORREGULAÇÃO E PRODUÇÃO DA *Melipona scutellaris* EM COLMEIAS CONSTRUÍDAS COM DIFERENTES TIPOS DE MADEIRA

RESUMO

A *Melipona scutellaris* é uma espécie de abelha sem ferrão, que tem sua distribuição restrita a faixa litorânea da região Nordeste do Brasil, preferindo habitar locais úmidos, nidificando naturalmente nos ocos de árvores, apresentam porte avantajado e mansidão, tornando-se atrativa para a criação comercial de produção de mel. O objetivo da presente pesquisa foi avaliar o controle da temperatura pelas abelhas *Melipona scutellaris*, no interior das colmeias comerciais confeccionadas com dois tipos de madeiras (Pinus e Macaúba) e troncos de macaúba, correlacionando à influência das variações climáticas de Areia/PB com o desempenho produtivo e morfológico. Foi adotado o delineamento inteiramente casualizados (DIC) e esquema fatorial de 3x2x2, compreendendo 3 tipos de caixas (pinus, macaúba e tronco de macaúba), distribuídas nos 2 lados do galpão (direito e esquerdo), e em 2 alturas nas prateleiras (0,80 e 1,23 cm), com 8 repetições cada. A temperatura na área de cria foi mantida na faixa de 26° a 34°C, variando ao longo dos meses em relação ao lado esquerdo e direito do meliponário e ao material usado nas colmeias. O efeito isolante da madeira reduz as variações de temperatura no ninho ao comparar com a temperatura ambiente. Embora a instalação avaliada, possua características construtivas dentro de dimensões apropriadas, houve diferenças de temperatura entre os lados do meliponário e as superfícies externas da colmeia. O tipo de madeira usada na construção da colméia, o local, a altura onde será instalada e o período do ano, formam um conjunto de fatores determinantes para o desenvolvimento da colônia de *Melipona scutellaris* em sistema de criação comercial.

Palavras-chave: abelha sem ferrão, criação comercial, produção de mel, temperatura de ninho, termografia, urucu do Nordeste.

THERMOREGULATION AND PRODUCTION OF *Melipona scutellaris* IN

BEEHIVES CONSTRUCTED WITH DIFFERENT TYPES OF WOOD

ABSTRACT

Melipona scutellaris is a species of stingless bee that has its distribution restricted to the coastal strip of the Northeast region, preferring to inhabit humid places, nesting naturally in hollows of trees, present great bearing and meekness, becoming attractive for rational creation. The objective of the present study was to evaluate the temperature control of honey bees *Melipona scutellaris* in the interior of the rational hives, north-eastern model, constructed with two types of wood, correlating to the influence of the climatic variations of Areia / PB on the productive performance and reproductive. A completely randomized design (DIC) and factorial scheme of 4x2x2, comprising 4 wood types (pinus, macaúba, trunk of macaúba and usual), were distributed on the two sides of the shed (right and left), and at 2 heights on the shelves (0.80 and 1.23 cm), with 8 replicates each. The temperature in the brood area was maintained in the range of 26 ° to 34 ° C, varying over the months in relation to the left and right side of the Meliponary and the material used in the hives. The insulating effect of wood reduces temperature variations in the nest compared to ambient temperatures. Although the evaluated facility has constructive features within appropriate dimensions, there were differences in temperature between the sides of the Meliponary and the external surfaces of the hive. The type of wood used in the construction of the beehive, the location and height at which it will be installed and the period of the year, form a set of determining factors for the development of the *Melipona scutellaris* colony in a rational breeding system.

Keywords: bee stingless, rational breeding, honey production, nest temperature, thermography, “uruçu do Nordeste”

1. INTRODUÇÃO

As abelhas sem ferrão ou meliponíneos, se caracterizam por serem um grupo de abelhas eussociais, sendo encontradas no Brasil, aproximadamente, trezentos e trinta espécies capazes de se adaptarem a diferentes tipos de ambientes, vivendo em colônias e com um complexo sistema de organização. Em função da sua capacidade polinizadora, representam um dos principais vetores de polinização da flora silvestre, sendo de extrema relevância ecológica e econômica.

A criação de meliponíneos é uma prática antiga realizada, especialmente, entre as populações indígenas que as criavam em cortiços, cabaças e potes de barro. Por ser considerada uma atividade de baixo investimento inicial e ser uma alternativa de geração de renda, tem despertado interesse dos pequenos e médios agricultores para a exploração de mel, pólen e a venda de colônias.

No entanto, fatores como escolha do local de nidificação, altura do solo, estruturas do ninho e tamanho corpóreo das abelhas, podem influenciar diretamente na termorregulação, no desenvolvimento das crias e no desempenho produtivo da colônia. Assim, o local de nidificação nos meliponíneos é de extrema importância para o controle da temperatura, uma vez que será o primeiro isolante térmico para os ninhos.

Diante desses fatores, para facilitar o manejo e melhor aproveitamento na coleta dos produtos elaborados pelas abelhas sem ferrão, foram construídas colmeias em madeira, que se caracterizam basicamente por apresentarem divisões em compartimentos, sendo uma área destinada para o ninho (cria), e outra área para alimento (mel e pólen), buscando principalmente atender as exigências de diferentes espécies. Todavia, a escolha de um modelo e material para construção da colmeia, que proporcione isolamento e conforto térmico, facilite o manejo e possibilite o armazenamento de maior quantidade de mel, ainda tem sido um desafio para os meliponicultores, pois o controle do microclima no ninho assume papel essencial para a vida social e para a sobrevivência da colônia.

A *Melipona scutellaris* é uma espécie de abelha sem ferrão que se encontra distribuída na faixa litorânea da região Nordeste do Brasil, preferindo habitar locais úmidos, nidificando naturalmente em ocos de árvores, apresentam porte avantajado e mansidão, tornando-se atrativa para a criação comercial.

Embora existam centenas de espécies de meliponíneos, poucas espécies foram estudadas quanto aos efeitos das variações da temperatura ambiente, no desempenho e sobrevivência dos indivíduos em sistema de criação comercial. Assim, este estudo

tem como pressuposto investigar a influência da temperatura ambiental na temperatura interna de colônias de *Melipona scutellaris* nidificadas em colmeias modelo nordestina, construídas com dois tipos de madeiras (nativa e de reflorestamento) e dispostas em ambiente protegido (meliponário), e o efeito sob o mecanismo de termorregulação e desenvolvimento da espécie.

1.1. Objetivos

1.1.1. Geral

Avaliar a influência da temperatura do ambiente no controle da temperatura interna do ninho pelas abelhas *Melipona scutellaris* nidificadas, em colmeias modelo nordestina construídas com dois tipos de madeira, Pinus e Macaúba, e em tronco de macaúba disposta em ambiente protegido, correlacionando à influência das variações climáticas no desempenho produtivo e reprodutivo das abelhas, no município de Areia, estado da Paraíba.

1.1.2. Específicos

- Caracterizar e analisar o ambiente térmico do meliponário através das variáveis meteorológicas e dos índices de conforto térmico;
- Analisar as propriedades físicas (teor de umidade, densidade básica, condução e resistência térmica) de amostras das madeiras de Pinus (*Pinus sp.*) e Macaúba (*Acrocomia aculeata*);
- Avaliar a variação das temperaturas no interior das colmeias confeccionadas com madeira de pinus, macaúba e no tronco de macaúba;
- Avaliar o desenvolvimento da abelha *Melipona scutellaris* através dos parâmetros produtivos e morfométricos em colmeias confeccionadas com pinus, macaúba e no tronco de macaúba.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Meliponíneos: localização e estrutura dos ninhos naturais

A estrutura e localização dos ninhos dos meliponíneos variam de acordo com as espécies. Diversas espécies de *Melipona*, *Scaptotrigona*, *Plebeia*, dentre outras, constroem seus ninhos em ocos encontrados em troncos e galhos de árvores vivas, em

diferentes alturas (Kerr et al.,1996). Colônias de Uruçu do Nordeste (*Melipona scutellaris*) e Uruçu amarela (*Melipona rufiventris*) são encontradas ocupando ocos de árvores a 40m de altura (Kerr et al., 1996). Os meliponíneos possuem ampla diversidade de locais de nidificação, mas a maioria das espécies depende de árvores vivas para construção dos ninhos (Lopes, 2012).

Nos estudos realizados por Lopes (2012) no Rio Grande do Sul, foram registrados 144 ninhos de meliponíneos de quatro espécies diferentes. O maior percentual de ninhos localizava-se em cavidades pré-existentes nos troncos de árvores, demonstrando que os meliponíneos utilizam as árvores tanto para construção dos ninhos, como para coleta de recursos alimentares, o que os torna muito suscetíveis a fragmentação das florestas.

A arquitetura dos ninhos dos meliponíneos pode ser considerada a mais complexa entre as espécies de abelhas, sendo os ninhos muito diversificados quanto à estrutura, variando de acordo com a espécie. Entretanto, apresentam um padrão base, constituído, sobre tudo, pelas células de cria que são construídas em camadas horizontais (discos de cria) e os potes para armazenar alimento (mel e pólen) e por estruturas auxiliares como a entrada e túnel de ingresso, invólucro de cera (lamelas) para proteção e aquecimento das crias, e o batume usado interna ou externamente para vedar frestas (Michener, 2013).

Essas abelhas utilizam na construção dos seus ninhos materiais que podem ser obtidos na natureza, como a resina vegetal (própolis), o barro, fibra vegetal e sementes. Outros materiais utilizados na construção são produzidos ou processados no interior da colônia, a exemplo da cera e do geopropolis (uma mistura de própolis e barro, geralmente usada na delimitação da morada), também denominada de batume, que funciona como um cimento utilizado pelas abelhas para vedar frestas ou delimitar cavidades. Em algumas espécies de *Melipona*, observam-se formações grandes de barro misturado à própolis. Nas espécies que não pertencem ao gênero, o batume é feito de cerume e rico em própolis, mas pode ter adição de outros materiais menos espessos que os batumes de *Melipona* (Nogueira Neto, 1997).

O acréscimo de geopropolis é influenciado pelo manejo inadequado do meliponicultor, principalmente quando a colmeia é aberta com frequência (Aidar, 2010). Na Figura 1, se observa o esquema de construção do ninho de meliponíneos em tronco de árvore.

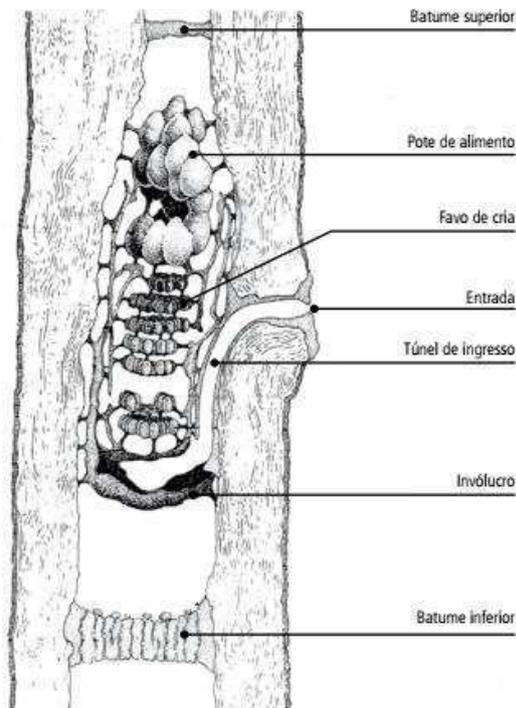


Figura 1. Esquema da construção de ninho de *Melipona* em tronco de árvore.
 Fonte: adaptado de Posey e Camargo (1985) por Villas Bôas (2012).

Kerr et al. (1996) verificaram que a abelha sem ferrão *Melipona scutellaris*, conhecida popularmente como Uruçu do Nordeste, possui colônias compostas de 300 a 600 indivíduos, com o hábito de fazer seus ninhos em ocos de árvores, onde são construídos, basicamente, de cera pura ou cerume (cera, própolis e barro), cuja entrada é formada com barro e própolis moldado em forma de estrias ou sulcos. Elas também utilizam um invólucro denominado de lamela (mistura de cera e resina) para envolver a área de cria, que pode ser visto como uma adaptação arquitetural, que ajuda a reter calor para os insetos imaturos presentes nos favos. Esse mecanismo de regulação da temperatura é denominado de termorregulação passiva (Jones e Oldroyd, 2007).

2.2. Meliponário - Construções para abelhas

Meliponário é o nome dado ao local onde ficam dispostas as colmeias racionais com abelhas sem ferrão, não seguem a um padrão específico de construção, podendo ser encontrados vários tipos e modelos. As instalações para a criação de abelhas costumam ser de dois tipos: colmeias ao ar livre, geralmente colocadas debaixo de árvores ou caramanchões, e as abrigadas em pequenos galpões abertos (Pereira, 1986).

No meliponário as colmeias podem estar dispostas de duas formas: 1ª. Colmeias instaladas em cavaletes ou suportes individuais, próximas umas das outras,

com uma distância mínima de 1,5 m (de raio). 2ª. Colmeias instaladas em prateleiras ou suportes coletivos, podendo ser construídos em diversos modelos e materiais, desde os mais rústicos (madeira e palha), aos mais resistentes e duráveis (telha de barro, tijolos ou ferro), tendo por finalidade instalar as colmeias de maneira sobreposta, formando vários níveis, permitindo o máximo aproveitamento do espaço, além disso, essa instalação pode ser fixa ou móvel (Camargo et al., 2006).

Para a instalação de um meliponário deve-se observar a disponibilidade e a abundância de plantas que forneçam pólen e néctar ao longo do ano; se existe água corrente o mais próximo possível; evitar locais de ventos fortes que dificultam o voo das abelhas, além de provocar o resfriamento interno das colmeias e a morte das crias (Kerr et al., 1996). Outro aspecto fundamental é a disponibilidade de sombreamento para as colônias, tendo em vista que para uma boa produtividade, propiciar conforto térmico é essencial, uma vez que temperaturas muito elevadas são prejudiciais ao desenvolvimento das crias, a produção e a qualidade do mel. Por outro lado, o excesso de umidade também é ruim para as colônias, pois propicia condições ideais para a proliferação de fungos, reduzindo a vida útil das caixas e interferindo de forma negativa na qualidade do mel (Camargo et al., 2006).

2.3. Modelos de colméias adotados para criação racional da abelha Uruçu do Nordeste

A colmeia é o nome dado à moradia ou casa das abelhas, que deve ser construída rigorosamente dentro das medidas-padrão para facilitar o intercâmbio de componentes e o manejo (Wiese, 2005). É difícil determinar a partir de que data o homem começou a dedicar-se a criação de abelhas, no entanto, pequenos achados arqueológicos demonstram que o interesse do homem pelas abelhas, data de milhares de anos (Spürgin, 1997)

Colmeias são caixas que proporcionam melhor aproveitamento e facilidade de coleta dos produtos elaborados pelas abelhas, sem danificar os favos de cria e comprometer o desenvolvimento das colônias (Aidar, 2010). Existem no Brasil vários modelos de colmeias, sendo estas: horizontais, cúbicas, retangulares, verticais, tendo como base construtiva o uso de madeiras nativas e de reflorestamento. A colmeia racional deve proporcionar às abelhas: isolamento térmico e proteção de ventos e chuvas. Além disso, devem atender as necessidades da colônia em relação ao espaço interno, como vistos nos espaços ociosos das árvores (Martins et al., 2004).

Uma das formas mais simples e primitiva de criação é através do uso de troncos ou cortiços, que consiste na retirada do pedaço do tronco oco da árvore onde a colônia construiu seu ninho, sendo as extremidades fechadas com pequenos pedaços de madeiras e as frestas vedadas com argila. Foi muito usada pelos antigos maias, na América Central (Nogueira Neto, 1997). Esses troncos são colocados, sobretudo nos beirais da casa do criador.

O tipo de colmeia precisa ser analisado com cuidado para cada espécie a ser criada, por existir entre os meliponíneos uma grande variabilidade de tamanho, comportamento e adaptabilidade ao ambiente (Kerr et al., 1996). Vários tipos de colmeias foram testados e descritos por Nogueira-Neto (1997), que considera o volume da colmeia como o fator de maior relevância, recomenda que a espessura da madeira usada na construção deve ser de no mínimo 2,0 a 3,0 cm. Outro ponto a ser analisado está no tipo de madeira, que deverá ser durável e medianamente densa, não devendo usar madeiras que tenham recebido tratamento químico. Desta forma, o modelo escolhido deverá levar em consideração a biologia das abelhas, a arquitetura do ninho e a facilidade de manejo. Existem diferentes tipos e modelos, no entanto, já existe alguns padrões que são: o modelo Nordeste e o modelo INPA, construídos em madeira, apresentando diferentes medidas. Contudo, a estrutura dos ninhos é a mesma, discos de cria separados numa região e os potes de alimento em outro lugar.

A colmeia modelo Nordeste caracteriza-se por ser uma caixa simples de fácil fabricação e que facilita a colheita do mel. Tem formato horizontal com uma área menor destinada aos favos de cria e separada parcialmente, por uma tábua de outra área maior onde ficarão os potes de alimento.

2.4. Faixa de temperatura para o desenvolvimento dos insetos

A temperatura influi de maneira direta, pois afeta seu desenvolvimento e seu comportamento, e indiretamente na sua alimentação. Ao contrário dos mamíferos que são homeotérmicos, os insetos são chamados de animais de sangue frio, já que mantêm a temperatura do corpo próxima a do meio ambiente. Gallo et al. (1970) em seus trabalhos entomológicos, sugerem uma escala de temperatura reguladora das atividades dos insetos, que pode ser verificada na Figura 2.

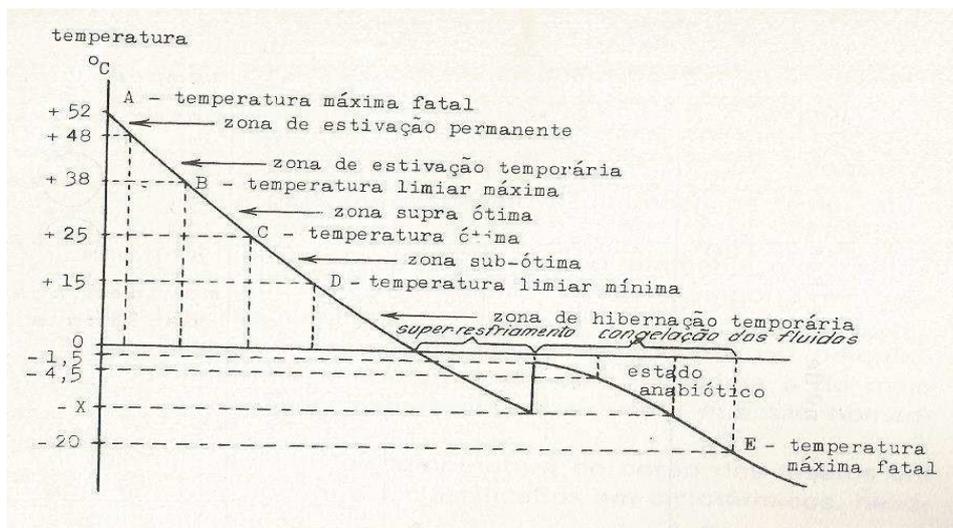


Figura 2. Escala de temperatura ambiente de desenvolvimento dos insetos (Gallo et al., 1970)

Fonte: Silveira Neto et al. (1976)

Percebe-se que a temperatura ótima está próxima de 25°C e corresponde ao ponto de desenvolvimento mais rápido e maior número de descendente. A 38° tem-se a temperatura limiar máxima, e a 15°C a temperatura limiar mínima. Dentro dessa faixa (15°-38°C), se encontra a faixa ótima de desenvolvimento e atividade dos insetos, sem perda ou ganho de calor.

Segundo Hill et al. (2012), enquanto os animais endotérmicos regulam a sua temperatura corporal para permanecer na faixa ótima, a temperatura ambiente determina a temperatura corporal nos animais ectotérmicos. Sendo as abelhas animais ectotérmicos, seu metabolismo e atividades são influenciados pela temperatura ambiente, precisando evitar ou resistir as temperaturas ambientais de valores críticos para a espécie e garantir sua sobrevivência. A habilidade das operárias em identificar pequenas diferenças de temperatura foi demonstrada por Heran (1952) apud Winston (2003), as abelhas podem identificar diferenças pequenas de temperatura a partir de 0,25°C. Essas informações assumem importância como parâmetro referencial, que consiste em um conhecimento prévio da faixa de temperatura ideal para o desenvolvimento dos insetos e permite a uma extrapolação para os meliponíneos, ou ainda de forma mais específica para a abelha *Melipona scutellaris*.

2.5. Estratégia de termorregulação usada pelas abelhas

A termorregulação é definida como uma capacidade que um organismo tem de controlar e manter suas condições internas através da temperatura, de resposta

comportamental ou fisiológica ativa ao seu ambiente. As abelhas utilizam para isso diferentes tipos de estratégias de aquecimento para produção de calor metabólico, bem como controlar o fluxo de calor dentro de colônias (Heinrich 1981).

As colônias de abelhas evoluíram para um porte com várias dezenas de milhares de indivíduos, e o controle da temperatura do ninho tornou-se essencial para a vida social e, estando milhares de adultos metabolicamente ativos e abelhas não maduras se agrupando dentro de um ninho fechado, uma colônia de abelhas enfrenta a ameaça de super-aquecimento quando a temperatura ambiente subir acima de aproximadamente 30 °C. No caso em que a temperatura do ninho da cria continue acima de 37 °C a metamorfose larval é interrompida (Pacheco e Kerr, 1989). No entanto, o maior desafio da termorregulação enfrentado pelas colônias ocorre durante os prolongados períodos de frio, onde as abelhas sobrevivem a esse período consumindo mel armazenado, para gerar o calor do corpo e manter o ninho numa temperatura adequada para a sobrevivência dos adultos (Robert e Harrison, 1999).

As abelhas empregam métodos para melhorar a retenção de calor nos seus ninhos, sendo um deles a seleção do local para nidificação, escolhendo um local que proteja os favos e a colônia, uma vez que qualquer alteração no clima interferirá significativamente nas ações das abelhas a curto e longo prazo (Silva, 2000).

Winston (2003), considera que o desafio das abelhas reside na manutenção da temperatura do ninho e de outras condições ambientais, em níveis relativamente independente das alterações exteriores. Com isso, o primeiro desafio na termorregulação enfrentado pelas colônias de abelhas é o de se manterem mais quente que o ambiente circunvizinho. Dessa forma, para se entender o aquecimento do ninho pelas abelhas é necessário reconhecer que para uma colônia reduzir a perda de calor ou aumentar sua produção, será proporcionalmente regulada pela temperatura ambiente.

Seeley (2006), indica que essa habilidade das colônias de abelhas em manter um microclima dentro de seus ninhos é uma extensão direta das adaptações das abelhas individuais para o voo, e que gerar e preservar o calor são as demandas térmicas mais urgentes para colônia, e que o estágio para a evolução do aquecimento do ninho foi definido pela ação de aquecimento pré-voo, gerando calor quando necessário, e o desenvolvimento completo das habilidades termorregulatórias só aparecem com a evolução da sociedade, evidenciando que viver em grupo melhora a termorregulação do ninho.

Diferente das abelhas melíferas (*Apis mellifera*), que naturalmente possuem uma termorregulação ativa, onde os indivíduos aquecem ou resfriam a temperatura da colônia, nos meliponíneos, os graus de controle da temperatura são variados, estes são deficientes no processo de termorregulação e dependente do ambiente e da estrutura do ninho (Jones e Oldroyd, 2007).

Em se tratando dos meliponíneos os mecanismos ativos de termorregulação independem de processos relacionados a aglomerados de indivíduos, como ocorrem com a *Apis* (Carvalho, 2009; Lopes et al., 2009;). Em trabalho sobre termorregulação colonial e energética individual de abelhas sem ferrão, Loli (2008) sugere que os padrões térmicos de uma espécie de abelha para outra não podem ser generalizados, uma vez que há uma grande variedade de comportamentos e arquiteturas de ninhos e locais de ocorrência.

Tautz (2010), usando câmeras sensíveis ao calor verificou o comportamento de abelhas e colônias no processo de regulação da temperatura na área do ninho de *Apis*, demonstrando que as abelhas se aquecem pela vibração dos músculos de voo, através da produção de pulsos vibratórios de intensidade mais fraca, causando um aumento na sua taxa metabólica e assim aquecendo a região torácica.

As abelhas possuem uma faixa de tolerância ao calor menor para valores acima do ótimo (35 °C) do que para valores abaixo dele, visto que a temperatura corporal das abelhas acompanha as variações na temperatura ambiente, sendo afetado pela temperatura do ar o desempenho da maioria de suas atividades (Campos et al., 2010; Vollet Neto, 2011).

Roldão (2011), cita que além das características estruturais do ninho e seu isolamento térmico, as características endotérmicas de cada indivíduo são preponderantes para o desempenho da capacidade termorreguladora das abelhas, gerando, no entanto, um alto custo energético para as abelhas, que terão de proporcionar aquecimento ao ninho nos períodos de estresse pelo frio e resfria-lo quando se encontrar superaquecido. A *Melipona scutellaris* existe produção de calor pelos imaturos em aproximadamente 0,6°C, utilizando apenas imaturos para os testes.

Becker (2014), observou que a capacidade de termorregulação de colônias de *Melipona interrupta* diminui proporcionalmente, ao aumento da temperatura. O autor também registrou que a temperatura interna ideal para as colônias é de 30 °C, porém, as abelhas de forma geral toleram temperaturas entre 25°C a 32°C, já para a fase de pupa a temperatura ideal se situa entre 28 °C a 34 °C, acima de 35 °C a sobrevivência

de imaturos e das colônias diminui drasticamente, chegando a morte das colônias aos 37°C.

Halcroft et al. (2013b) e Ferreira et al. (2014), estudando o comportamento termogênico e a distribuição de calor pelas crias de abelhas *Melíponas*, verificaram que enquanto as abelhas adultas agem como geradores de calor, a massa larval atua estocando energia térmica e contribuindo em manter os favos acima da temperatura média do ambiente, fatores esses observados também por Correia et al. (2015) e Dantas et al. (2016). Pesquisas como as de Switanek et al. (2017) demonstraram que a temperatura colonial ótima em diferentes espécies de abelhas sem ferrão, está em torno de 30 °C, sendo diretamente dependentes do isolamento térmico do seu local de nidificação para a manutenção e estabilidade da temperatura.

A Tabela 1, apresenta os estudos da influência da temperatura ambiental na variação da termorregulação em diferentes espécies de *Melipona*.

Tabela 1. Estudos da influência da temperatura ambiental na variação da termorregulação em diferentes espécies de *Melipona*.

Referência/Local	Espécie estudada	Temperaturas observadas	
		Área de cria	Ambiental
Roubik e Peralta (1983) Amazônia	<i>Melipona rufiventris</i> <i>Melipona seminigra</i>	31 °C 32 °C	30 °C
Kerr et al. (1996) São Paulo	<i>Melipona fasciculata</i>	26 °C – 33,5 °C 30 °C (Ótima)	
Amano et al. (2000) Japão	<i>Tetragonula carbonária</i>	24 °C – 29 °C	10 °C – 23 °C
Moo-Valle et al. (2000)	<i>Melipona beecheii</i> <i>Melipona fuliginosa</i>	23 °C – 30 °C	18,2 °C -36 °C
Cortopassi-Laurino e Nogueira-Neto (2003) Acre	<i>Tetragonisca Weyrauch</i>	29 °C - 35 °C	
Sung et al. (2008) Taiwan	<i>Trigona ventralis hozana</i>	21 °C	5 °C
Loli (2008) São Paulo	<i>Melipona quadrifasciata</i>	30 °C	
Vollet Neto et al. (2009) Pará	<i>Melipona quadrifasciata</i> <i>Melipona marginata</i>	28,8 °C –31,9 °C	
Roldão (2011) São Paulo	<i>Melipona scutellaris</i>	25,2 °C – 30,7°C	21,4 °C – 27,7°C
Roldão (2015) São Paulo	<i>Melipona scutellaris</i>	28,7°C – 32,0°C 32°C (ótimo)	21,1 °C
Halcroft et al. (2013a) Germânia	<i>Austroplebeia austris</i>	12,4 °C	5 °C
Becker (2014) Amazonas	<i>Melipona interrupta</i>	30 °C – 32°C	31 °C – 38°C 24 °C – 26 °C
Ferreira et al. (2014) Rio Grande do Norte	<i>Melipona subnitida</i>	27 °C – 33 °C	22,9 °C– 34,6 °C
Correia et al. (2015) Acre	<i>Tetragonisca Weyrauch</i> (<i>Jataí</i>)	29 °C - 35 °C Zona de conforto térmico	18,2 °C– 39,5 °C
Correia et al. (2017) Acre	<i>Melipona ebúrnea friese</i>	21,3 °C- 32,7 °C (Colmeia) 22,5 °C- 34,5 °C (oco de árvore)	16,6 °C– 34,2 °C

Fonte: Elaborada pela autora.

As abelhas são sensíveis as variações do clima, por isso, ao se criar abelhas é necessário fornecer um ambiente adequado, uma vez que para se defender de infecções, as abelhas elevam a temperatura no interior das colmeias, e para diminuir a temperatura interna utilizam a ventilação produzida pelo batimento das asas para dispersar gotículas d'água, além da saída de parte das operárias da colônia a fim de

diminuir a temperatura interna quando esta está acima da zona de conforto térmico (Jones et al., 2005). Contudo, tais mecanismos nem sempre são suficientes para solucionar os problemas ocasionados pelas variações da temperatura, pois para realizar essas funções as abelhas tendem a parar a produção de mel, concentrando seu gasto energético na sobrevivência, se caracterizando como um fator indesejável para o produtor (Jesus, 2017).

2.6. Características gerais das madeiras

A madeira é um material empregado para diversos fins, que vem sendo utilizado pelo homem desde os primórdios da humanidade. O fato de ser um material leve, de grande plasticidade e trabalhabilidade, ou seja, adaptável a uma variedade de formas, fez deste material a principal matéria-prima para diversas aplicações no uso em habitações (Paloiello, 2001).

Mady (2008) considera a madeira um dos mais bem elaborados materiais de origem orgânica, apresentando um conjunto de características físicas e mecânicas dificilmente encontradas em outros materiais, além disso, diversas aplicações da madeira estão relacionadas à sua baixa condutividade térmica. A condutividade térmica para qualquer espécie depende do peso específico e do teor de umidade contido na peça de madeira. Quanto mais alto o peso específico e a umidade, maior será a capacidade da madeira em conduzir calor. Já as madeiras secas, em teor de umidade constante apresentam melhor desempenho como isolante.

A escolha da madeira é de grande importância na confecção das colmeias. As madeiras de lei, como mogno (*Swietenia macrophulla King.*) e cedro (*Cedrella sp.*), são mais indicadas por serem mais resistentes (Nogueira-Neto, 1997), entretanto, a escassez e o alto preço de mercado inviabilizam a produção das colmeias com este tipo de material, sendo as colmeias produzidas com madeiras de cultivo como pinus e eucalipto, por serem uma alternativa economicamente viável e acessível para a maioria dos meliponicultores (Villas-Boas, 2012).

O tipo escolhido deve ser durável, medianamente denso e resistente a intempéries, não devendo usar madeiras que tenham recebido tratamento químico (Gonzaga e Palumbo, 2004). O conhecimento específico das propriedades físicas (umidade, densidade), e térmicas (condutividade, resistência térmica) da madeira entre outras, assume um caráter relevante, dado que existem diferenças entre as várias espécies ou até mesmo dentro de um mesmo indivíduo, possibilitando um melhor

aproveitamento no uso da madeira (Almeida et al., 2014). No entanto, as características mais facilmente obtidas e mais utilizadas são a densidade básica e teor de umidade. A densidade é uma propriedade que serve como informação sobre a qualidade e a classificação de uma madeira. Sotannde et al., (2010), definem a densidade como o aspecto físico mais importante em que se baseia os potenciais de utilização da madeira.

Já a umidade pode alterar as características do material, sendo a madeira um material de origem higroscópica, dependendo de sua condição de uso, faz com que as suas propriedades sejam completamente diferentes, ou seja, no estado seco a resistência mecânica é maior, enquanto saturada apresenta menor resistência. Através do teor umidade é possível comparar a resistência mecânica entre duas espécies, ou peças. A atual norma brasileira para o projeto de estruturas de madeira adota, para referência, o teor de umidade de 12%, para o qual devem ser reportados todos os resultados de ensaios (Soares et al., 2014). Uma outra propriedade de grande interesse é a condutividade térmica que é intrínseca ao material, por ser uma propriedade de transporte, pois fornece informações a respeito da taxa na qual a energia é transferida através do material, por meio de difusão térmica (Incropera, 2008). Em qualquer sistema térmico, é fundamental que a condutividade térmica dos materiais que o compõem seja conhecida.

Queiroz et al., (2018) sugerem que em regiões como Norte/Nordeste do Brasil, o ideal é que se utilizem nas construções materiais com baixa condutividade térmica, porque o calor produzido pela radiação solar direta sobre o material, não será facilmente transportado para outras camadas internas da parede, contribuindo para a inércia térmica do sistema de vedação.

A resistência térmica da madeira, se caracteriza como uma propriedade que mede o quão eficaz o material pode ser em reduzir a troca de calor: quanto maior for a resistência térmica, melhor é o isolante térmico, sendo determinada pelo quociente entre a espessura do material e sua condutividade térmica, sendo uma medida que em condições específicas serve para fins de comparação (França, 2011).

A principal característica de um isolante está na sua capacidade de reduzir a troca de calor entre a área que se encontra a uma temperatura mais alta e a área que se encontra a uma temperatura mais baixa. Conhecendo a resistência térmica do material é possível estabelecer o tipo de madeira e a espessura apropriada na construção das colmeias para os meliponíneos.

2.6.1. *Pinus (Pinus sp.)*

O gênero *Pinus* é composto de aproximadamente 100 espécies, e originário de regiões temperadas e tropicais. Macroscopicamente, a cor de sua madeira pode ser classificada em branca, vermelha e amarela. A madeira de *Pinus sp.* é designada na literatura internacional como “softwood”, ou seja, madeira macia ou de baixa densidade (Lorenzi et al., 2010). O pinus é uma espécie resinosa, com baixa densidade e que apresenta variação de umidade (Sá et al., 2014), podendo ser facilmente encontrado nas madeireiras, além de ser muito utilizado na construção de colmeias para fins comerciais. As espécies mais plantadas no Brasil são: *Pinus taeda*, *Pinus elliotti*, *Pinus caribae* var. *hondurensis*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumanii*, sendo a maior parte do plantio nos Estados da região Sul do país (Auer et al., 2005).

A durabilidade natural da madeira das espécies de *Pinus sp.* é estimada por vários autores como inferior a dois anos, se estiver em contato direto com o solo (Barillari et al., 2002). É uma madeira susceptível ao ataque de fungos (emboloradores, manchadores e apodrecedores), cupins, brocas-de-madeira e perfuradores marinhos. Já para a trabalhabilidade, é considerada fácil de ser conseguida, sendo fácil para desdobrar, aplainar, desenrolar, lixar, tornejar, furar, fixar, colar e permite bom acabamento (Instituto de Pesquisas e Tecnológicas-IPT, 1989).

2.6.2 *Macaúba (Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. ex Mart.)*

A palmeira macaúba (*Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. ex Mart.*), espécie nativa das florestas tropicais, cuja principal característica é a presença de espinhos escuros, longos e pontiagudos na região dos nós. É representada por sete espécies, das quais seis são encontradas no Brasil. É uma palmeira, cuja estipe pode atingir até 15m de altura e 30 cm de diâmetro, sempre cilíndrico (Figura 3). A espécie apresenta 20-40 folhas, pinadas, a raque pode medir 1,9-2,5 m de comprimento; as folhas ocorrem aglomeradas no ápice do estipe, dando um aspecto plumoso à copa; os folíolos são alternos e distribuídos de forma desigual ao longo da raque; o pecíolo apresenta muitos acúleos, densamente dispostos (Lorenzi et al., 2010).

A macaúba é uma madeira moderadamente pesada, dura e de longa durabilidade, e tem sido utilizada na criação de abelhas em troncos, como na construção de colmeias, porém de uso mais restrito. É empregada em construções rurais, na confecção de ripas, calhas para água. As folhas além de forrageiras fornecem fibras têxteis para confecção de redes e linhas de pescar. O fruto é a parte mais

importante da planta, sendo a polpa consumida *in natura*, ou usada para extração de gordura comestível; a amêndoa fornece óleo claro com qualidades semelhantes ao de oliveira (Lorenzi, 2002). Em função de suas várias aplicabilidades, esta espécie é tida como de alta potencialidade para geração de renda (Negrelle et al., 2004). Atualmente, a exploração da macaúba é realizada de forma extrativista, aproveitando os povoamentos nativos dessa planta. Para a exploração industrial, faz-se necessário a substituição da atividade extrativista por cultivos racionais e sustentáveis (Motoike et al., 2011).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma consulta a Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUAS da UFPB, que com base na Lei nº 11.794 de 8 de outubro de 2008, através do Art. 2º, ressalta que a submissão do projeto de pesquisa fica condicionada apenas aos animais das espécies classificadas como filo Chordata, subfilo Vertebrata, não se aplicando aos invertebrados.

3.1. Local de estudo e período

O estudo foi realizado no meliponário do sítio Riacho das Facas, situado no município de Areia/PB, com as coordenadas geográficas: latitude de $-06^{\circ}55'22.22760''$ sul, longitude $-35^{\circ}36'44.21160''$ e altitude de 333m, sendo a região caracterizada como microrregião do Brejo Paraibano (Figura 3).

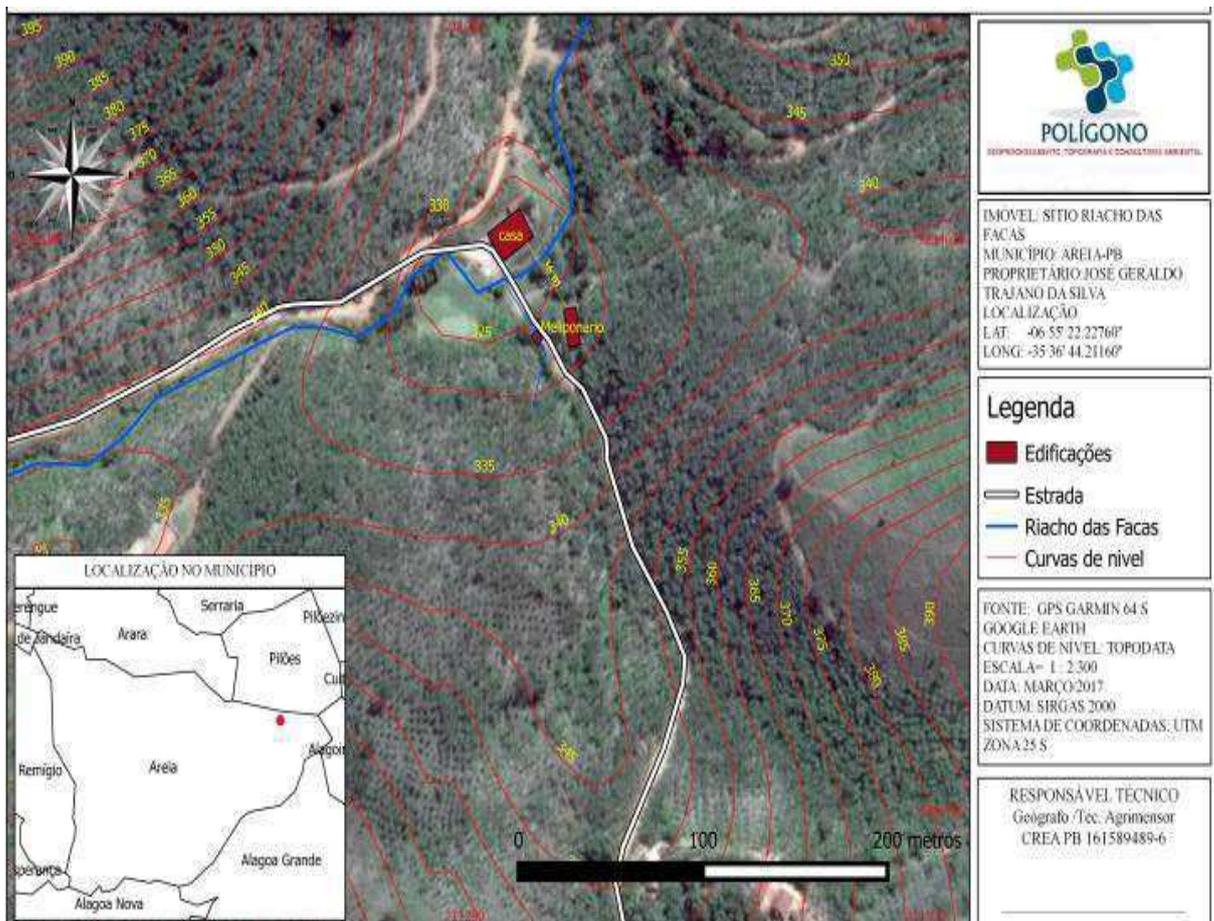


Figura 3. Mapa de localização do meliponário Riacho das Facas e coordenadas geográficas, Areia-PB.

De acordo com a classificação climática Köppen-Geiger, o clima é classificado como As, ou seja, tropical semi-úmido (AESAs, 2011). As temperaturas médias anuais variam de $26,0^{\circ}\text{C}$ a $18,0^{\circ}\text{C}$, apresentando uma distribuição pluviométrica anual

irregular de 1415,6 mm. A vegetação é formada por florestas subcaducifólica e caducifólica, próprias das áreas agrestes (Menezes et al, 2014; Lima, 2017).

A pesquisa foi dividida em duas etapas: a primeira feita entre novembro de 2017 a julho de 2018, com a construção, povoamento das colmeias e implantação dos equipamentos, e a segunda de agosto de 2018 a janeiro de 2019, que compreendeu o registro e aquisição da temperatura interna das colônias na área do ninho, da temperatura das superfícies externas das colmeias, aquisição dos dados climáticos da região e a avaliação dos índices biométricos e produtivos das colônias.

3.2. *Espécie de abelha e características construtivas do meliponário*

Foram utilizadas colônias da abelha *Melipona scutellaris*, conhecida como Uruçu Nordeste, para a doação de favos de cria madura no povoamento das 32 colmeias experimentais. As colônias-mãe foram selecionadas, visualmente, no meliponário, tendo como critérios a quantidade de discos de crias e disponibilidade de alimento (pólen e mel).

O meliponário apresenta orientação Norte-Sul, com predominância do cultivo de bananeiras no entorno. Consiste em um galpão, tendo nas extremidades paredes com portas de acesso de 2,10 x 0,80 m em ambos os lados. Abriga 228 colmeias de abelhas sem ferrão da espécie *Melipona scutellaris*. A área interna é composta por 20 pilares de alvenaria laterais, onde está apoiado o telhado o qual possui cobertura de telhas cerâmica paulista, assentadas em estrutura (treliça) de madeira, com 37,9% de inclinação em duas águas e beirais de 1,40m. Os pilares têm como função servir de apoio para as colmeias que estão dispostas sobre caibros, totalizando um número de 60 prateleiras ao longo de todo galpão. A instalação possui uma área de 16,42 x 6,65 m, com pé-direito de 2,95 m e corredor central de 2,52 m de largura, apresentando 109,18 m² de área construída e 109,72 m² de área coberta. A ventilação no interior da instalação ocorre através das aberturas laterais de 2,95x 2,50 m posicionados nas direções Leste-Oeste. Entre uma coluna e outra, estão instaladas as prateleiras que servem de suporte para as colmeias. Cada vão é composto por cinco prateleiras com capacidade para trinta colmeias. Ao todo, o meliponário tem a capacidade para abrigar 360 colmeias (Figura 4).

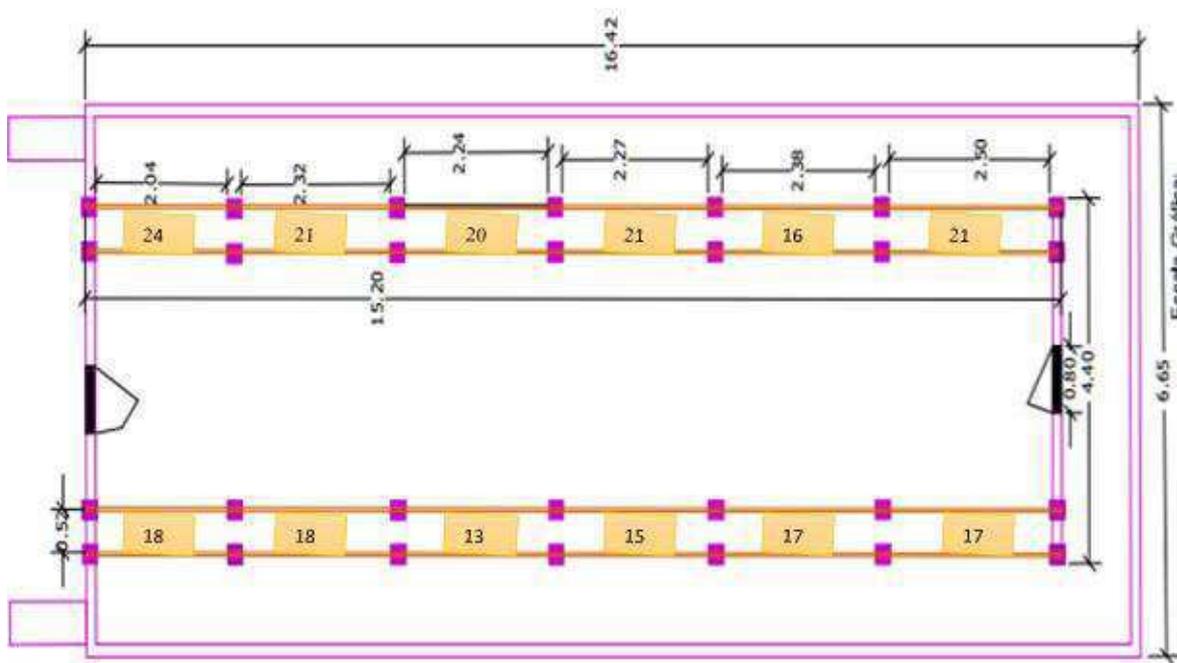


Figura 4. Planta baixa do meliponário com a distribuição das colmeias por estante na escala de 1/80.

3.3 Delineamento experimental

Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) e esquema fatorial de $3 \times 2 \times 2$, compreendendo 3 tipos de colmeias (pinus, macaúba e tronco de macaúba), com 8 repetições, sendo distribuídas nos 2 lados do galpão (direito e esquerdo) em 2 alturas nas prateleiras (0,80 e 1,23 metros) (Figura 5).

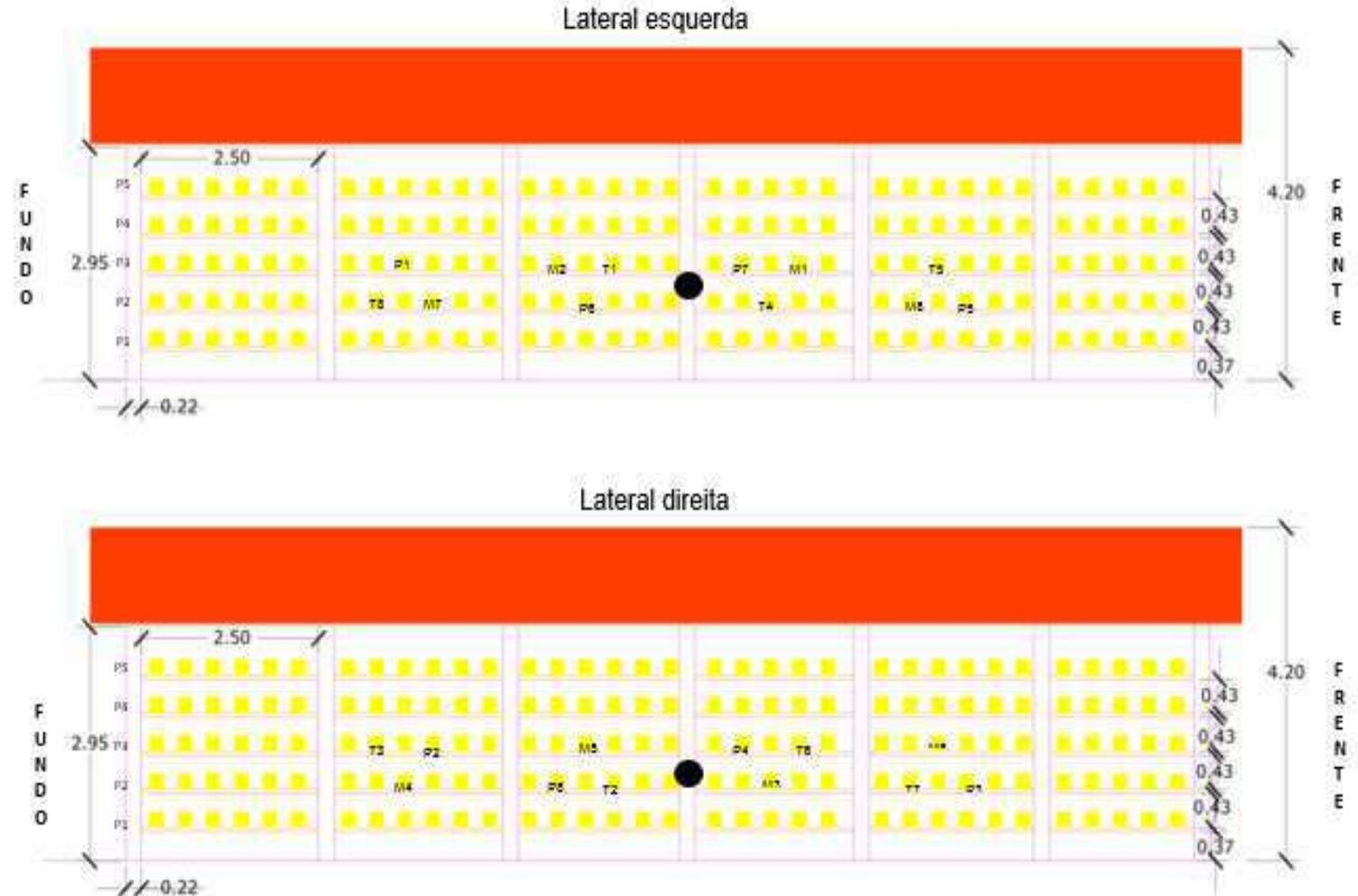
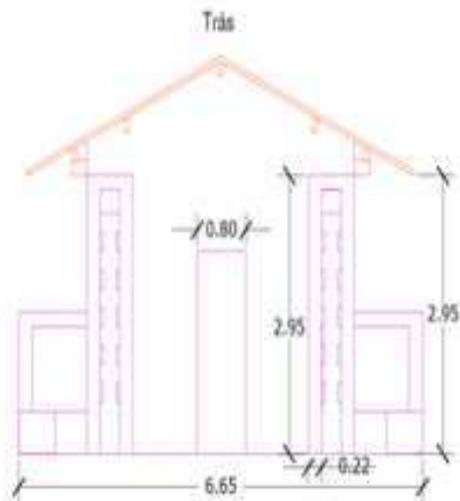
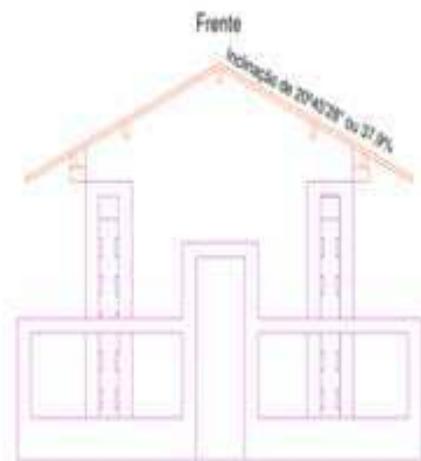


Figura 5. Planta do meliponário com vistas laterais e distribuição dos tratamentos e globos negros. Onde, P- colméias de Pinus, M - colmeias de Macaúba, T - troncos de Macaúba e repetições (1,2,3,4,5,6,7,8) e Globo Negro ●

3.4. Procedimentos experimentais

3.4.1. Modelo e dimensões da colmeia adotada para a pesquisa

O modelo adotado para construção das colmeias foi o Nordestino, com as seguintes dimensões de largura, altura e comprimento: 20 x 20 x 60 cm, com parede de madeira de 2,0 cm espessura, compreendendo um volume de 24 litros da colmeia completa. A escolha por esse modelo se deu em função da predominância dele no meliponário, e também, pela opção do uso de tronco de macaúba. Foram selecionados troncos com medidas aproximadas de 20cm de diâmetro e 60 cm de comprimento, nos quais foram feitas adaptações com a colocação de dobradiças na tampa e aldravas, com a finalidade de facilitar o manejo (Figura 6).

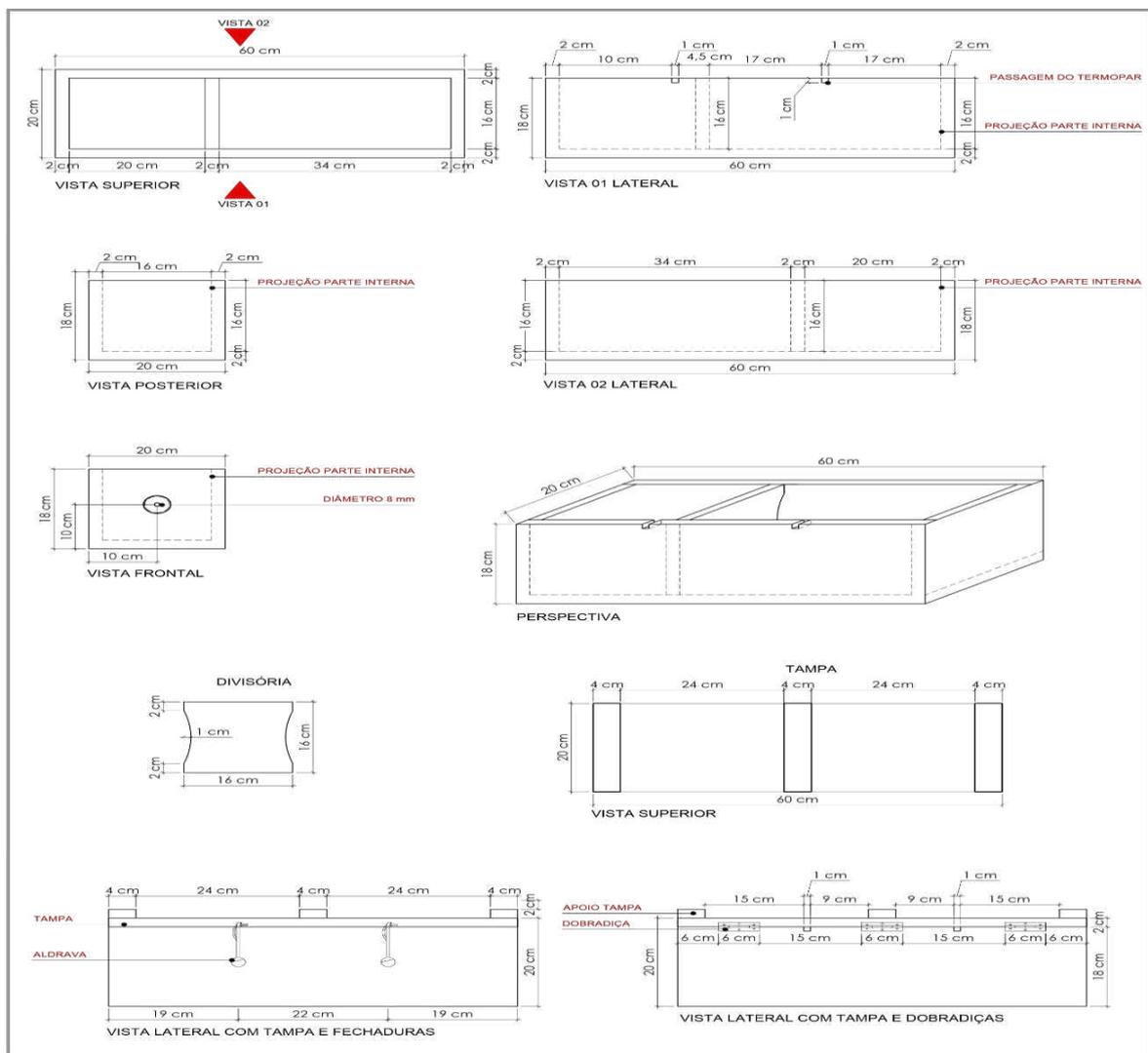


Figura 6. Layout com medidas externas, internas e componentes da colmeia modelo Nordestino.

3.4.2. Aquisição das madeiras e construção das colméias

As colmeias foram construídas utilizando como base o Layout com as medidas externas, internas e componentes indicados para a colmeia de modelo nordestino. Sendo então, construídas 16 colmeias com os dois tipos de madeira, em que 8 colmeias foram com madeira comercial de pinus (*Pinus sp.*), 8 com madeira de macaúba (*Acronomia aculeata*), e adquiridos juntos ao meliponicultor 8 troncos de macaúba. As colmeias foram identificadas com o uso de plaquetas, indicando o tipo de madeira seguido por numeração (Figura 7).

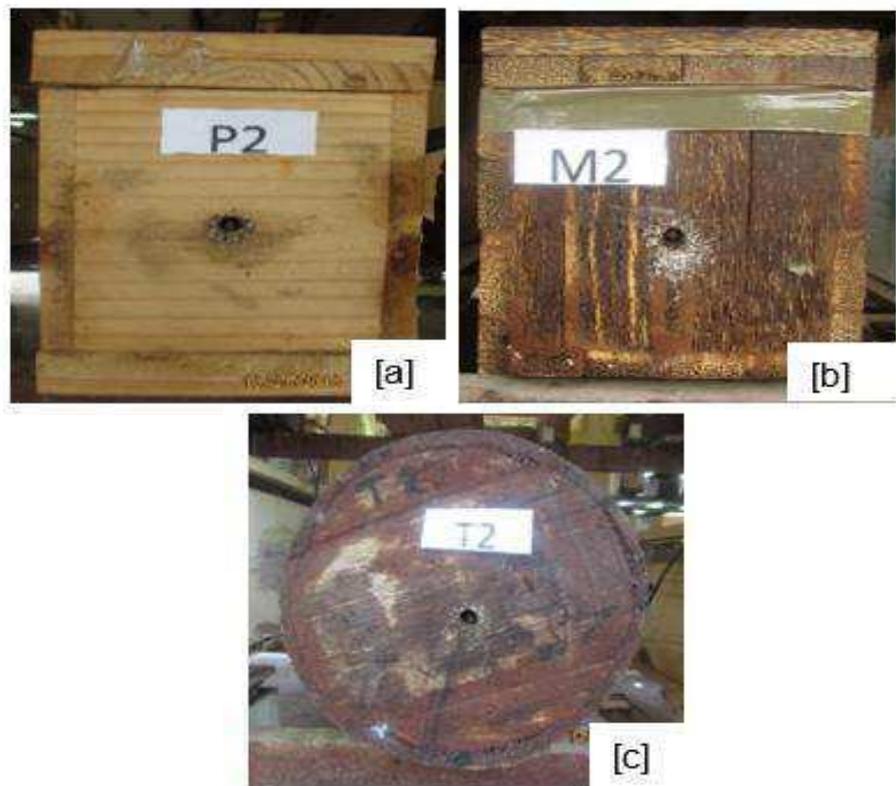


Figura 7. Colmeias experimentais [a] Pinus; [b] macaúba e [c] tronco de macaúba identificadas.

3.4.3. Determinação das propriedades físicas e térmicas da madeira de pinus e macaúba

Foram retiradas amostras das madeiras de pinus e macaúba no tamanho de 1,5m de comprimento por 0,3m de largura, seguindo as diretrizes da NBR 7190 (1997), para a determinação das propriedades físicas (umidade e densidade) e térmicas (condutividade térmica e resistência térmica), sendo as análises para determinação da umidade e densidade realizadas no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente (LaCRA) no campus da UFCG. A determinação da condutividade térmica e resistência

térmica foi realizada no Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas (LABEME) do Centro de Tecnologia da UFPB.

A madeira de pinus para a construção das colmeias racionais, foi conseguida através de compra direta em marcenaria do município de Esperança (PB), não sendo possível a identificação da origem e espécie utilizada. Já a madeira de macaúba, proveniente da remoção de macaúbeiras para o plantio da cultura de bananeiras, município de Areia, com autorização prévia do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), foi obtida a partir da doação.

3.4.3.1. Determinação do teor de umidade e densidade básica

Para a caracterização da umidade das amostras de pinus e macaúba, utilizou-se o teste descrito no item 5 do anexo B, da NBR 7290 (1997) no Laboratório de Construções Rurais e Ambientais – UFCG.

O teor de umidade foi determinado através da caracterização simplificada, utilizando seis corpos-de-prova (Figura 8) de cada tipo de madeira, com seção transversal retangular, de 2 cm x 3 cm e comprimento, ao longo das fibras de 5 cm, como indicado na Figura 8.

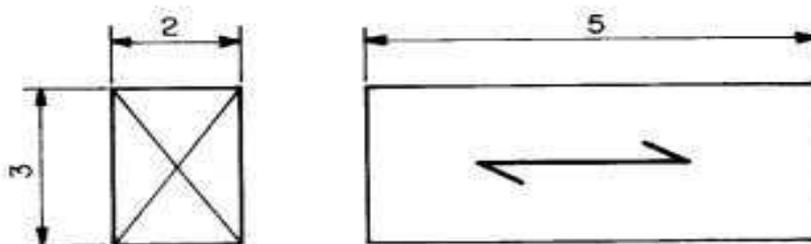


Figura 8. Especificações do Corpo de prova para determinação do teor de umidade e densidade da madeira (medidas em centímetro).

Fonte: ABNT NBR 7190/1997.

A figura 9 apresenta a massa inicial (m_i) do corpo-de-prova com exatidão de 0,01g, por meio de uma balança de precisão.

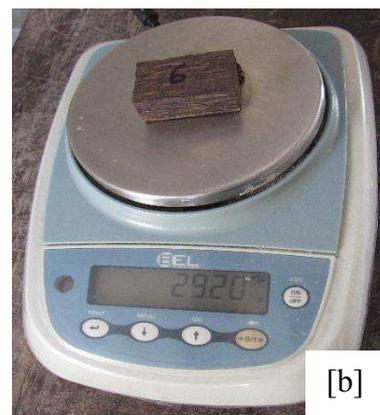


Figura 9. Identificação e pesagem dos corpo-de-prova [A] Corpo-de-prova de pinus e macaúba [B] Determinação da massa do corpo de prova para ensaio do teor de umidade e densidade básica.

Após a determinação da massa inicial, os corpos de prova foram colocados na estufa com circulação e renovação de ar, modelo SL-102/480 – da marca SOLAB com temperatura máxima $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Durante a secagem, a massa dos corpos-de-prova foi verificada a cada 6 h, até que ocorresse uma variação entre medidas consecutivas, menor ou igual a 0,5% da última massa medida (Figura 10).



Figura 10. Corpos-de-prova na estufa com circulação e renovação de ar, modelo SL-102/480 – da marca SOLAB.

Conhecida a massa seca (m_s), a umidade foi determinada pela expressão:

$$U (\%) = \frac{m_i - m_s}{m_s} \times 100 \quad (1)$$

onde:

m_i é a massa inicial da madeira, em gramas;

m_s é a massa da madeira seca, em gramas.

As amostras de pinus e macaúba foram submersas em água (Figura 11), até que atingissem massa constante com variação máxima de 0,5%, em relação a medida anterior. O volume saturado (V_{sat}) foi alcançado pelas dimensões finas do corpo-de-prova, através de paquímetro digital (Figura 12) com precisão de 0,1 mm, modelo Stainless Hardened. Para a massa seca (m_s) se seguiu o mesmo procedimento utilizado para determinação do teor de umidade.



Figura 11. Corpos-de-prova saturados para determinação da densidade básica
Fonte: Da autora



Figura 12. Determinação das dimensões dos corpos de prova com paquímetro para determinação da densidade.
Fonte: Da autora

Assim, a densidade básica (ρ_{bas}) foi determinada pela seguinte expressão;

$$\rho_{bas} = \frac{m_s}{V_{sat}} \quad (2)$$

Onde:

M_s é a massa seca da madeira, em quilogramas;

V_{sat} é o volume da madeira saturada, em metros cúbicos.

3.4.3.2. Determinação da condutividade térmica e da resistência térmica

A determinação da condutividade e resistência térmica foi efetuada no Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas (LaBEME), do Centro de tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, *campus* I. Adotou-se o método fluximétrico em regime estacionário, de acordo com a NBR 15220-5 (2005). Para determinar a condutividade térmica e resistência térmica das amostras de madeira de pinus e macaúba, foi utilizado o Condutímetro K30 (Figura 13).



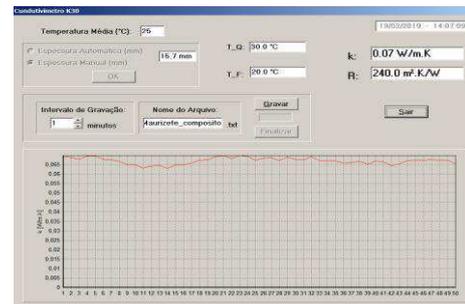
[a]



[b]



[c]



[d]

Figura 13. Análise da condutividade e resistência térmica. [a] Condutímetro K30 conectado ao computador; [b] Vista frontal do Condutímetro K30; [c] Corpo-de-prova da madeira de Macaúba em preparação para análise; [d] programa de calibração, leitura e armazenamento dos dados.

O estudo da condutividade e resistência térmica está prescrito pela ABNT: Projeto 02:135.17-001/1 (2003) - Desempenho térmico de edificações – Parte 4, que contém as orientações para a medição da resistência e condutividade térmica. O método se aplica para a medição, em regime permanente, da resistência térmica e da condutividade térmica de materiais sólidos ou granulares, compactados ou não, nas seguintes faixas:

- a) resistência térmica (R) acima de 0,02 m²K/W;
- b) condutividade térmica (l) abaixo de 2 W/(m.K).

- Condutividade térmica: quociente do fluxo de calor pelo gradiente de temperatura nos corpos-de-prova, conforme a seguinte expressão:

$$\lambda = \frac{q/A}{\Delta T/e} \quad (3)$$

Onde: q é o fluxo de calor por condução através de um corpo-de-prova de espessura “e” e área “A”, em regime permanente, sujeita a uma diferença de temperatura ΔT entre as faces, calculada pela expressão:

$$q = \frac{\lambda \cdot A}{e} \Delta T \quad (4)$$

- Resistência térmica: valor obtido pela expressão:

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (5)$$

Neste ensaio, utilizaram-se amostras planares das madeiras, tendo por base a medição do fluxo de calor e a diferença de temperatura entre as faces da amostra, submetidas ao gradiente térmico, definido no equipamento. As amostras das placas de madeiras apresentaram as seguintes dimensões: 30 cm x 30 cm (largura x comprimento); sendo as espessuras iguais a 2,0 cm para a placa de pinus e para a placa de macaúba (Figura 14).

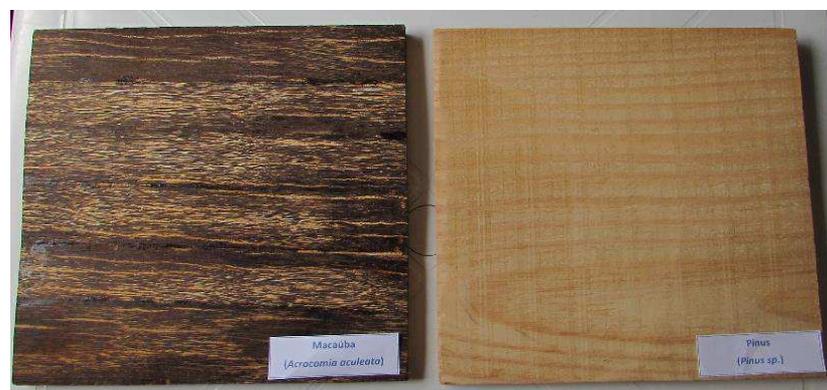


Figura 14. Corpos-de-prova usado na determinação da condutividade térmica e resistência térmica da madeira de *Pinus* e Macaúba.

3.4.3.3. Povoamento das colmeias

O povoamento das colmeias e dos troncos ocorreu entre fevereiro e março de 2018, pelo método da doação de favos. Trata-se de um método tradicional, que consiste em uma “colônia-mãe” ceder de dois a quatro favos de cria madura de coloração amarelada, para o povoamento de uma caixa nova ou “colônia-filha”. A cria madura contém abelhas prestes a nascer e, portanto, proporcionou o estabelecimento mais acelerado do trabalho das operárias na caixa nova. Vinte dias após a divisão, tempo suficiente para a formação de uma nova rainha, a colônia-filha foi alimentada, recebendo potes de alimento de outras colônias.

Após 45 dias do processo de povoamento, foram avaliados os seguintes caracteres nas colônias recém-formadas: quantidade de potes de alimento construídos; presença de rainha fisogástrica; quantidade de discos e células de cria construídas, presença de involucro de cera entorno dos favos de cria, e de batume revestindo total ou parcialmente as paredes entre a caixa e a tampa. Nos casos em que a família não demonstrou bom desenvolvimento, foi usada mais uma colônia como doadora de campeiras, favos e alimento. Confirmado o desenvolvimento das famílias, foram alocadas nas prateleiras, de acordo com o delineamento experimental estabelecido.

3.4.3.4. Registro das temperaturas no ninho

Para o monitoramento da temperatura no interior das colônias (área do ninho), foram utilizados 32 sensores DHT22, conectados diretamente a uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e placa única, projetada com um microcontrolador Atmel AVR, com suporte de entrada/saída embutido com uma linguagem de programação padrão, com microcontrolador ATmega 2560, o qual possui 54 portas digitais.

O datalogger foi programado para realizar coletas dos dados instantâneos da temperatura na periferia do ninho das 32 colmeias, durante intervalos de 15 min e, posteriormente, foram obtidos os dados médios para cada hora, durante o transcorrer das 24 h em todo o período experimental (148 dias) (Figura 15).

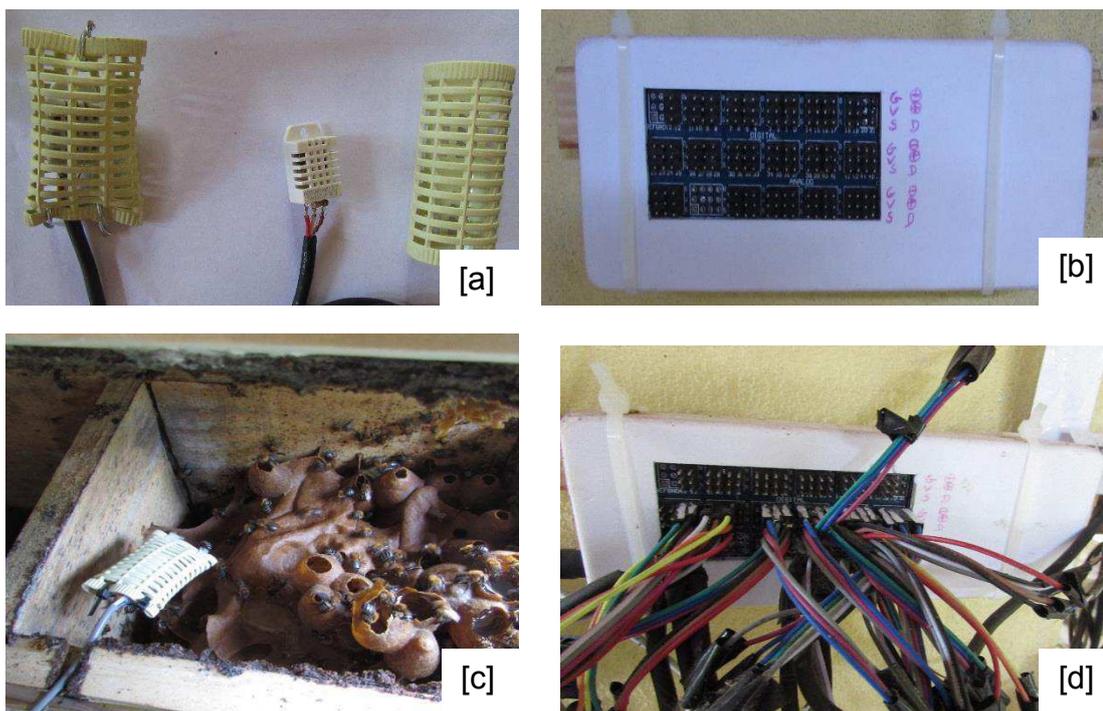


Figura 15. Instrumento usados na coleta das temperaturas no ninho [a] sensores DHT22; [b] microcontrolador ATmega 2560; [c] Sensor dentro de gaiola para na área de ninho e [d] portas digitais com sensores conectados.

Utilizando o programa Microsoft Excel foram calculados os valores médios, máximos e mínimos (horários, diários e mensais), de todos os dados de temperatura do ninho e do ambiente externo. A partir dos valores máximos e mínimos diários, foi estabelecida a amplitude térmica da superfície do ninho das colmeias experimentais, em relação a distribuição em cada lado do meliponário (direito e esquerdo) e as alturas das colmeias ($A1=0,80$ cm e $A2= 123$ cm). O gradiente térmico da superfície do ninho das colmeias experimentais, foi determinado a partir da diferença entre as temperaturas médias diária do período experimental e a temperatura ambiente, sendo esta última obtida através de registros diários da estação meteorológica de Areia/PB.

3.4.3.5. Registro das variáveis ambientais e da temperatura e umidade no interior do meliponário

O registro das variáveis ambientais (temperaturas, umidade relativa do ar, ponto de orvalho, velocidade do vento, radiação e chuvas) da cidade de Areia, foi fornecido por meio da Estação Meteorológica Automática de Areia/PB, tornando possível determinar as temperaturas médias, mínimas, máximas e a amplitude térmica do

período experimental (148 dias).

Para caracterização do ambiente interno do meliponário (Figura 15), foram confeccionados dois globos negros a partir de esferas plásticas com 15 cm de diâmetro, onde foram inseridos sensores DHT 22 conectados a um microcontrolador, para a coleta da T_g e, posteriormente, calculado o índice de temperatura globo negro e umidade (ITGU) por meio da equação proposta por Buffington et al. (1981) conforme Equação 6.

$$ITGU = T_g + 0,36 T_o + 41,5 \quad (6)$$

Em que:

T_g - Temperatura de globo negro ($^{\circ}\text{C}$);

T_o - Temperatura do ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$).

A *Carga Térmica de Radiação* (CTR) foi calculada pela equação proposta por Esmay (1979):

$$CTR = \sigma (TRM)^4 \quad (7)$$

Em que:

CTR – carga térmica de radiação (W/m^2);

σ – constante de Stefan Boltzmann = $5,67 \cdot 10^{-8}$ (K^{-4});

TRM – temperatura radiante média (K).

Vinculado a Equação 7:

$$TRM = 100 \cdot \{ [2,51 \cdot Vv^{0,5} \cdot (T_g - T_{bs}) + (T_g/100)^4]^{0,25} \} \quad (8)$$

Em que:

T_g - Temperatura de globo negro (K);

T_{bs} - Temperatura de bulbo seco (K);

V_v - Velocidade do vento (m/s).

3.4.3.6. Respostas biométrica e produtivas das colônias

A avaliação dos parâmetros biométricos e produtivos, tem sido aplicada nos

estudos dos sistemas de produção das espécies de abelhas, estabelecendo comparações através de medidas do número e tamanho de potes de mel, volume dos potes de mel, estimativa da produção de mel, quantidade e tamanho dos favos de cria, estimativa da população, entre outros parâmetros, possibilitando indicar o desempenho produtivo das colônias durante o período experimental (Figura 16).

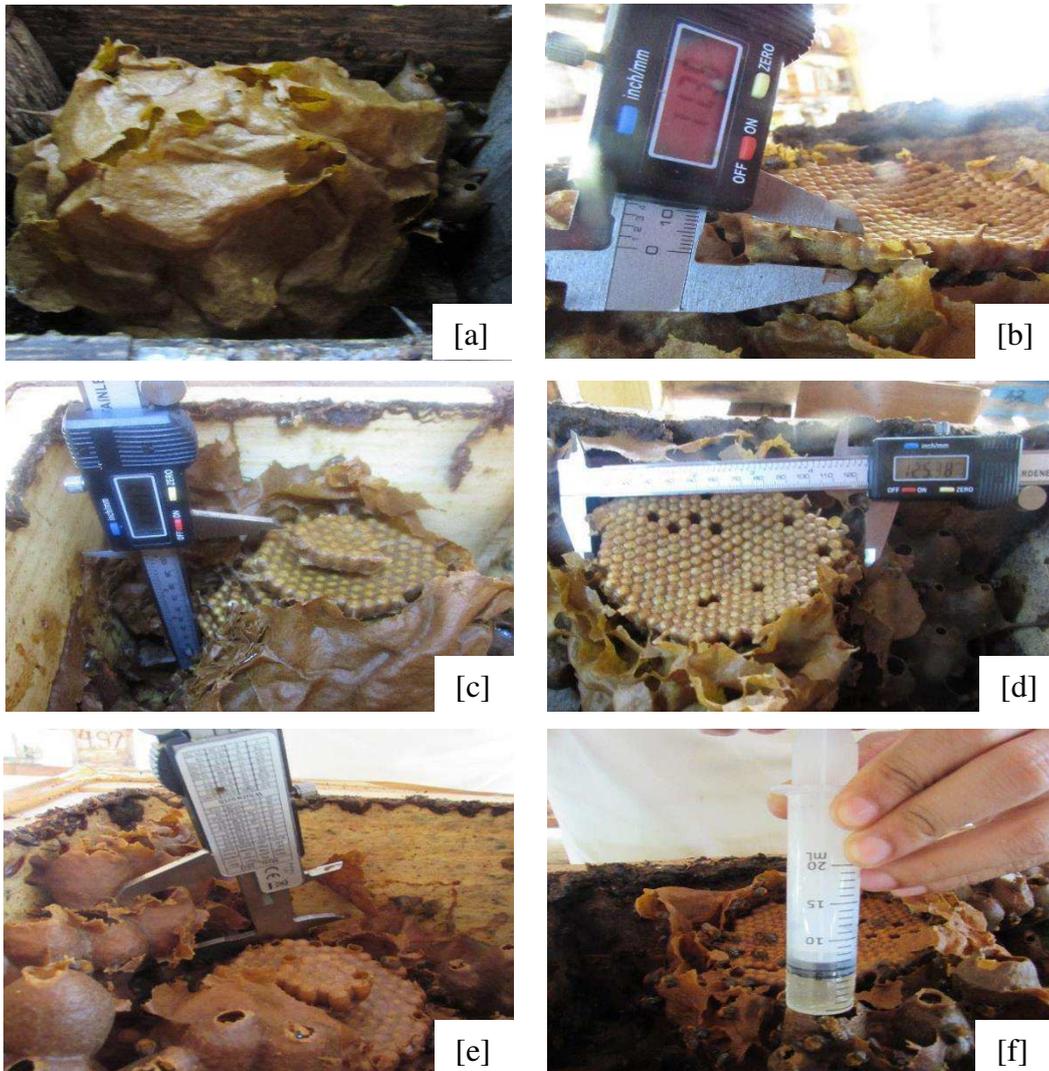


Figura 16. Processo de mensuração da produção e biometria: [a] contagem do involucro de cera envolvendo as crias; [b] Altura de célula de cria; [c] Altura dos favos de cria; [d] Diâmetro dos favos de cria; [e] Altura do pote de mel; [f] Volume do pote de mel.

Foram realizadas quatro coletas com intervalos de 30 dias, consistindo na avaliação de cada colônia submetidas aos diferentes tratamentos, sendo considerados os seguintes parâmetros: tamanho e volume dos potes de mel (TPM e VPM), estimativa da produção de mel (PME), número de favos (NF), diâmetro médio dos favos (DM), altura dos favos (HF), altura das células de cria (HC), número de crias (NC), número de invólucro de cera nas crias (ICC) e Estimativa da População (POP).

A metodologia aplicada para a realização das coletas se baseou nos estudos dos parâmetros biométricos e produtivos realizados por Alves et al. (2012); Brito et al. (2013) e Lima et al. (2017). As coletas foram iniciadas sempre no mesmo horário (07h30min), sendo as medições aferidas com o auxílio de um paquímetro digital modelo 150mm, com faixa de medição de 0,01-150 mm e erro de 0,03mm. Para o volume do mel foram utilizadas seringas descartáveis graduadas em até 20 ml. Nesse estudo, foi computado pelo método de contagem simples o número de invólucros de cera que envolvem os discos de crias.

Para a avaliação das características produtivas, foram computadas as dimensões da altura e diâmetro dos potes de mel fechados (n=5/colônia), sendo as medidas tomadas com paquímetro digital, posteriormente, foi determinado o tamanho médio dos potes por mês em cada colônia. O volume de mel nos potes operculados (n = 05/colônia) foi conseguido através da sucção do conteúdo dos potes com seringas de 20 ml. A produção média de mel foi estimada para cada colmeia, através da contagem dos potes operculados, multiplicando o número obtido pelo volume médio de potes de mel encontrados a cada coleta de campo.

A estimativa da população de cada colônia foi alcançada através de metodologia adaptada por Aidar (1996), para abelhas *Melipona scutellaris*, que consiste no número médio de células de cria por centímetro de favo, sendo este determinado a partir da equação 9:

$$NC = DM \times NF \times k \quad (9)$$

Onde,

NC = número de células de cria

DM = diâmetro médio dos favos de cria

NF = número de favos

k = 27 constante do número de células por área (número de células/diâmetro de favo) para espécie *Melipona scutellaris*.

Dessa forma, a estimativa da população (POP) foi obtida segundo a fórmula de Ihering (1932).

$$POP = (NC + NC / 2) \quad (10)$$

Onde,

NC = número de células de crias existentes na colônia.

3.4.3.7. Registro termográfico das colmeias e das fachadas do meliponário

Com o uso de uma câmera termográfica da marca FLIR- modelo TG165, com precisão de $\pm 0,15$ °C amplitude térmica de -25 a 380 °C e intervalo de espectro infravermelho de 8 a 14 μm , foram realizadas leituras térmicas das faces externas (laterais direita e esquerda; frontal e posterior) de cada colmeia fechada e das fachadas do meliponário, identificando assim as diferenças de temperaturas. Também foram feitas cinco coletas, consistindo em duas coletas em outubro de 2018, uma em dezembro de 2018 e duas em janeiro de 2019. Cada coleta foi repetida a cada três horas, sendo realizadas às 07h30min, 10h30min e 13h30min, respectivamente.

3.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram avaliados por meio de análise de variância, as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, através do procedimento GLM (*General Linear Model*), e foram estimadas as correlações de Pearson entre todas as variáveis utilizando-se o PROC CORR do SAS® (2013).

Após a padronização, um teste de análise multivariada foi realizado após as recomendações previamente estabelecidas por Sneath e Sokal (1973), a fim de alocar os animais em grupos, de acordo similaridade e assim, verificar a capacidade discriminante do original variável. A análise de componentes principais (PCA) permitiu a avaliação de variância global, descrevendo a variação entre os diferentes grupos e possibilitando identificar as variáveis com maior poder discriminatório entre grupos. A PCA foi realizada pelo procedimento PRINCOMP SAS (2013).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Propriedades das madeiras

A análise das madeiras permitiu observar que não houve variação entre as madeiras testadas para o teor de umidade, no entanto, para a densidade e resistência térmica ocorreu uma maior variação entre as madeiras de pinus e macaúba (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados médios do teor de umidade, densidade básica, condutividade térmica e resistência térmica das amostras de Pinus e Macaúba.

Propriedades	Unidades	Espécies	
		Pinus (<i>Pinus sp.</i>)	Macaúba (<i>Acrocomia aculeata</i>)
Teor de umidade	(%)	12,56	12,14
Densidade básica	(g/cm ³)	0,63	0,93
Condutividade térmica	(W/m k ⁻¹)	0,13	0,13
Resistência térmica	(m ² .k/W)	133,18	120,71

Manriquez (2012) afirma que a umidade, a massa específica, os tipos de água presente na madeira, contração e inchamento, são os principais fatores que afetam principalmente as propriedades físicas da madeira. Já Rezende et al. (1995), verificaram que a densidade da madeira está intimamente ligada ao seu teor de umidade, por consequência das variações de massa e de volume. Sabe-se também, que a retratibilidade total da madeira aumenta com sua densidade, sendo importante relacionar essas duas propriedades (POTULSKI, 2010)

Comparando os dados obtidos com os do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1989), verifica-se que as madeiras apresentam densidade básica, de acordo com a classificação, sendo elas: moderadamente pesada (0,56-0,75) e pesada (0,76-0,95) para o *Pinus SP.* e *Acrocomia aculeata*, respectivamente. O resultado da densidade básica determinada nesse estudo está na faixa da densidade encontrada por Ballarin e Palma (2003) de 0,36 g/cm³ para o lenho juvenil e 0,68 g/cm³ para o lenho adulto de *Pinus caribaea*. Já o *Pinus elliottii* apresenta densidade básica de 0,40 g/cm³.

Em se tratando da condutividade térmica, as madeiras apresentaram valores

similares, indicando que a quantidade de fluxo de calor conduzido através das colmeias, submetidas a temperatura ambiente foram semelhantes. Quanto a resistência térmica a pinus apresentou valor um pouco mais elevada do que a macaúba.

O tipo de madeira e a espessura apropriada são variáveis importantes a serem consideradas na construção das colmeias, uma vez que esta deve proporcionar isolamento térmico, proteção de ventos e chuvas (Jesus, 2017).

Em regiões que necessitem reduzir ou elevar a temperatura interna da colmeia, podem utilizar como estratégia, a escolha de uma espessura de madeira que atenda a necessidade termorreguladora da colônia e adequada a temperatura local. A Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina-Epagri (2017), sugere que a espessura da madeira é um elemento fundamental a ser considerado na construção, pois pode evitar oscilações demasiadas de temperatura dentro da colmeia, oferecendo maior conforto térmico.

O mesmo foi observado por Jesus (2017) em Florianópolis, usando madeiras de *Pinus elliotti*, para colmeias de *Plebeia droryana*, aumentando de 2,5 para 4,7 cm a espessura da caixa, verificando assim, que o isolamento com maior espessura manteve menor variabilidade da umidade (2%) e menor oscilação da temperatura (10%), em relação a espessura recomendada na literatura (2,5cm).

Apesar de não se encontrar pesquisas voltadas para a análise das propriedades das madeiras, que serão utilizadas na construção de colmeias, se entende que conhecer essas propriedades é muito importante, se consideramos que as abelhas melíponas, para manterem a temperatura interna em seus ninhos apropriada ao crescimento populacional da colônia, utilizam como estratégia a escolha do local de nidificação. Além disso, a durabilidade natural da madeira também deve ser levada em consideração nessa escolha, principalmente se ficar exposta ao ar.

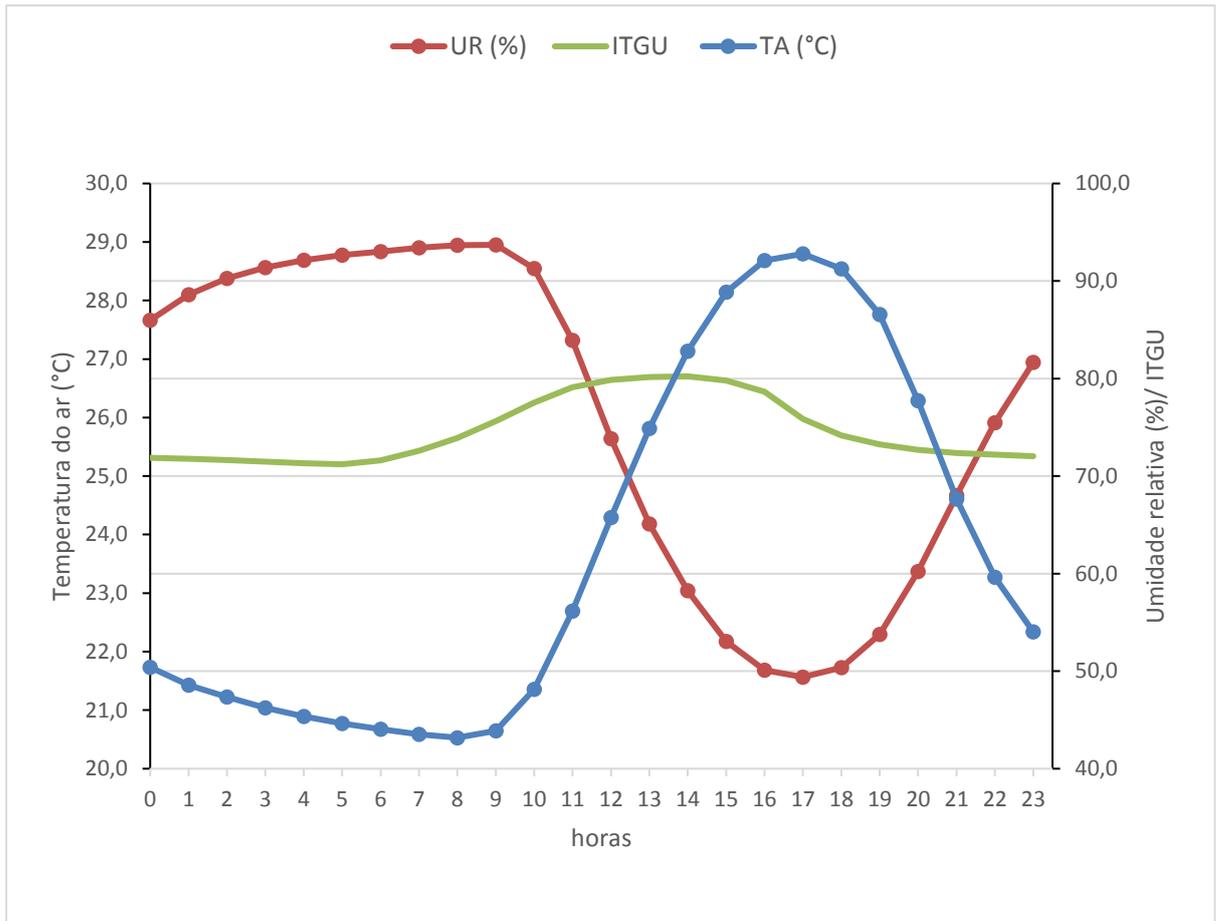


Figura 17. Comportamento da temperatura do ar, umidade relativa do ar e do índice de temperatura de globo negro e umidade nas instalações do meliponário durante o período experimental (agosto de 2018 a janeiro de 2019), Areia/PB.

4.2 Variáveis ambientais no interior do meliponário

Percebe-se que o valor da temperatura ambiente (TA) e umidade relativa do ar (UR), são praticamente constantes nas primeiras nove horas do dia. A partir das 9h ocorre um crescimento na TA e decréscimo na UR, respectivamente (Figura 17).

A TA apresentou valor mais elevado (28,8 °C) às 17h e o mais baixo às 8h (20,5°C), com amplitude térmica de 8,3 °C. A UR atingiu o valor mais elevado às 9h (93,7%) e mais baixo (49,4%) às 17h. O ITGU alcançou valores mais elevados (80,2) entre às 13h e 14h e mais baixo (71,2) às 5h. Não houveram diferenças significativas ($P>0,05$) para ITGU entre os lados (direito e esquerdo) do meliponário.

Durante a pesquisa, foi observado nos pontos das instalações, onde ocorria maior incidência a radiação solar sobre as colmeias, pois na medida em que a temperatura do ambiente se elevava as abelhas de algumas colmeias aglomeravam-se em forma de nuvens na área externa do meliponário, em frente as colmeias sempre entre às 10h e 16h, nos pontos das instalações onde sucedeu maior incidência de radiação solar sobre as colmeias.

Silva et al. (1990) expõem que o mais importante nas instalações é diminuir o balanço de energia entre o animal e o meio, até um limite de otimização, sendo a CTR um dos principais componentes do balanço energético de um animal, e sua avaliação fundamental no estudo da definição do meio ambiente. O sombreamento pode reduzir de 30 a 50% a carga de calor sobre os animais (Baccari Jr., 2001), enquanto, a redução da CTR pela cobertura das instalações pode ser superior a 50% (Turco, 1993).

Tavares (2012) avaliou a termorregulação em colônias de *Apis* em ambiente de sombra e sol, utilizando índices de conforto térmico (ITGU e CTR), encontrou a CTR de colmeias expostas ao sol no valor de 725 ± 182 W/m², e para as colmeias em ambiente sombreados o valor de 563 ± 53 W/m². Demonstrando, dessa maneira, que para cada 1°C de diferença de temperatura, as abelhas ao sol perdem calor numa taxa de 225,52 W/m², enquanto que as abelhas sob cobertura natural perdem calor numa taxa de 107,50 W/m², ou seja, o sombreamento natural favoreceu a termorregulação interna das colônias de *Apis mellifera* e a CTR é o melhor indicador da termorregulação nesses insetos.

4.3. Temperaturas na área do ninho

As variações da temperatura média diária da TA e da área do ninho nas colmeias experimentais de pinus, macaúba e tronco estão contidas na Tabela 3. Onde visualiza-se que a temperatura média, mínima e máxima ambiental em torno do meliponário ficaram abaixo dos valores do interior das colmeias experimentais na superfície do ninho.

Entre as temperaturas registradas na área do ninho, verifica-se que a temperatura média para as colmeias em relação aos lados do galpão e as diferentes alturas nas prateleiras, foram maiores que a temperatura externa. Já a temperatura máxima na superfície do ninho, acontece entre 15h e 16h, enquanto a temperatura mínima por volta das 5h e 6h.

Quando comparadas as médias da temperatura máxima e mínima, entre os tratamentos, a amplitude térmica teve uma variação de 5,0 °C a 10 °C, enquanto a amplitude térmica da temperatura ambiente (externa) apresentou valor de 8,3 °C. Observou-se que o menor valor de temperatura registrado na área do ninho foi de 22,9°C e o maior de 34,2°C, resultado semelhante ao verificado por Correia et al., (2017), nos estudos sobre termorregulação de colônias de *Melipona ebúrnea* em colmeia racional e em tronco de árvores. Os autores identificaram ainda, que a *M. ebúrnea* manteve a temperatura do ninho em ocos de árvores na faixa de 22,5°C a 34,5°C, e o ninho em colmeia comercial teve temperaturas entre 21,3°C a 32,7°C estando a temperatura ambiente entre 16,6°C a 34,2°C, verificando que no oco de árvore a temperatura se apresentou mais elevada do que a colmeia e a temperatura ambiente.

Tabela 3. Temperaturas (média, mínima, máxima, amplitude térmica) registradas durante o período experimental de seis meses (agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro/2018 e janeiro/2019) em colônias de *Melipona scutellaris* instaladas no município de Areia-PB.

Tratamentos	Posição no meliponário	Altura da Prateleira	Temperaturas			Amplitude Térmica
			Média	Min	Máx	
Colmeia de pinus	Lado direito	A1	26,4	24,2(05-06h)	30,0 (15h)	5,8
		A2	27,7	25,2 (06h)	30,2 (15h)	5,0
	Lado esquerdo	A1	27,7	25,1 (06h)	32,4 (15h)	7,3
		A2	27,5	24,9 (06h)	30,7 (15h)	5,8
Colmeia de macaúba	Lado direito	A1	26,9	24,7 (06h)	30,1 (15h)	5,4
		A2	26,3	23,7 (05h)	30,2 (15h)	6,5
	Lado esquerdo	A1	27,1	23,8 (05h)	34,2 (15h)	10,4
		A2	26,5	22,9 (05h)	33,2 (16h)	10,3
Tronco de macaúba	Lado direito	A1	26,3	23,7 (06h)	29,7 (15h)	6,0
		A2	27,3	24,7 (05-06h)	31,4 (15h)	6,7
	Lado esquerdo	A1	27,0	24,1 (05h)	32,5 (15h)	8,4
		A2	26,6	23,4 (05h)	32,6 (16h)	9,2
Temperatura Ambiente			23,8	20,5 (08h)	28,8 (17h)	8,3

A1=altura de 80 cm; A2 = 123 cm

Estudos como de Torres et al. (2007) e Sung et al., (2008), indicam que a temperatura considerada ótima para incubação da cria em espécies de abelhas sem ferrão está entre 28 e 36°C, mantendo a área de cria dentro dessa faixa. Roldão (2011) diz que a temperatura na área do ninho para *Melipona scutellaris*, pode variar entre 22,5°C e 31,5°C. Ferreira (2014) constatou que a *Melipona subnitida* apresenta um ótimo desenvolvimento quando a temperatura na área de cria se mantém na faixa de 27°C a 33°C.

Roldão (2015), estudando o impacto da temperatura no desenvolvimento de cria da *Melipona scutellaris*, considera que a temperatura de 32°C não causa nenhuma deficiência a cria, todavia, observou que as crias submetidas às temperaturas de 28°C e 30°C apresentam baixo desenvolvimento, taxa de mortalidade alta e desenvolvimento longo, percebendo, posteriormente, que a temperatura tende a se manter elevada na área de cria, mesmo recebendo influência da temperatura do ambiente externo.

Nota-se que nas colmeias experimentais de pinus, macaúba e tronco de macaúba distribuídas do lado direito e esquerdo, nas alturas de 80 cm e 123 cm as colônias mantiveram temperatura média na faixa dos 26,3°C a 27,7°C. Essa variação de temperatura, na superfície do ninho das colmeias experimentais, demonstra que a *Melipona scutellaris* mantém sua colônia em relativa amplitude térmica elevada, mesmo quando há variações na temperatura ambiente, no entanto, deve-se considerar que o processo termorregulatório pode estar sendo influenciado não só pela ação do ambiente externo, mas também por outros fatores como: posicionamento do meliponário, altura das colmeias, exposição das colmeias ao sol por tempo prolongado, tempo de nidificação e maior frequência no manejo para as coletas dos dados.

Diferente das abelhas *Apis mellifera*, que conseguem controlar a temperatura interna do ninho dentro de uma faixa térmica entre 33°C a 36°C, através da produção de calor metabólico, aquecendo ou resfriando as variações da temperatura no interior do ninho, as abelhas melíponas não possuem essa capacidade de regular ativamente o ambiente do ninho, são dependentes do local de nidificação e da estrutura do ninho, como por exemplo, o involucro de cera que envolve a área de cria e que ajuda a reter calor para as crias em desenvolvimento (Jones e Oldroyd, 2007).

Seeley (2006) ressalta que as abelhas possuem uma faixa de tolerância ao calor menor para valores acima do ótimo do que para valores abaixo dele. Nesse estudo houve efeito significativo ($P < 0,05$) para os materiais das colméias, pinus, macaúba e

tronco de macaúba nas temperaturas de ninho (Tabela 4).

Tabela 4. Temperatura do ninho em colmeias confeccionadas com diferentes tipos de material, considerando os lados do meliponário, altura das colmeias e meses de coleta em colônias de *Melipona scutellaris*.

Efeito	Temperatura do ninho (°C)	Coefficiente de variação (%)
<i>Material da colméia (M)</i>		
Pinus	27,28±2,58a	9,46
Macaúba	26,79±3,07b	11,49
Tronco de macaúba	26,87±2,87b	10,68
<i>Lado (L) do meliponário</i>		
Direito	27,06±3,09a	11,45
Esquerdo	26,90±2,59a	9,64
<i>Altura (A) das colmeias</i>		
0,80 m	26,98±2,83a	10,48
1,23 m	26,98±2,88a	10,71
<i>Mês (ME) de coleta</i>		
Agosto	25,04±2,41d	9,63
Setembro	25,81±2,71c	10,50
Outubro	27,20±2,76b	10,14
Novembro	27,79±2,59a	9,33
Dezembro	27,92±2,63a	9,42
Janeiro	28,12±2,57a	9,15
Valor de P		
Material da colméia		<.0001
Lado das colmeias		0,0837
Altura das colmeias		0,9575
Mês de coleta		<.0001
ME*M		0,1058
ME*L		0,1505
ME*A		0,1914
M*L		0,9077
M*A		<.0001
L*A		<.0001
ME*M*L		0,0102
ME*M*A		0,9392
ME*L*A*		0,876,3
M*L*A		<.0001
ME*M*L*A		0,9914

^{a,b} Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

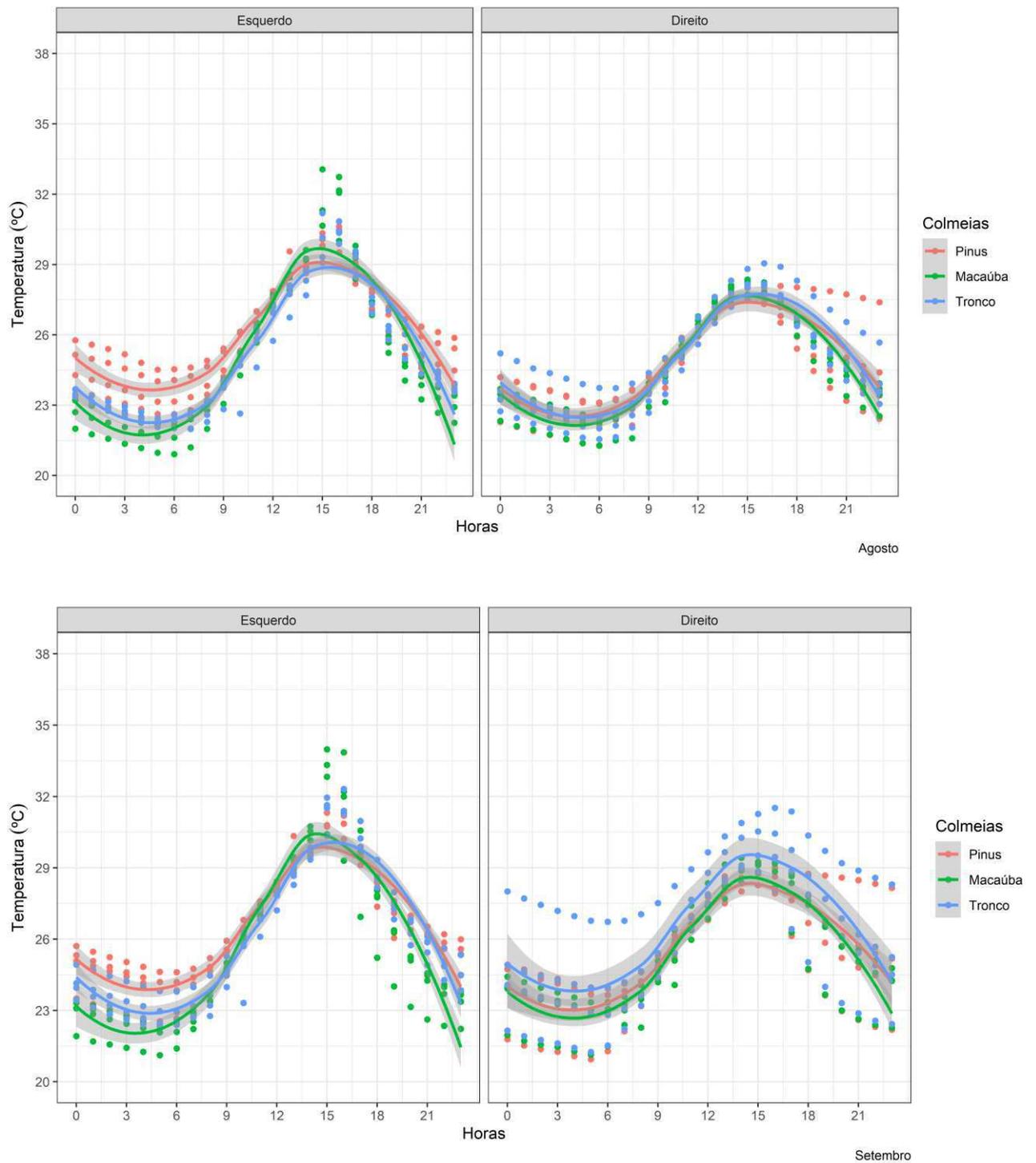
Com relação ao efeito da temperatura dos ninhos em diferentes lados e alturas, verifica-se que não teve efeito relevante ($P>0,05$). Quando comparadas as temperaturas dos ninhos com os meses, Se constatou efeito significativo ($P<0,05$), sendo que nos meses de agosto, setembro e outubro apresentaram temperaturas médias menores e estatisticamente diferentes entre si, enquanto em novembro, dezembro e janeiro, a

temperatura obteve maiores médias. Existindo também efeito de interação para: M*A; L*A e M*L*A (P<.0001) e para ME*M*L (P= 0,0102).

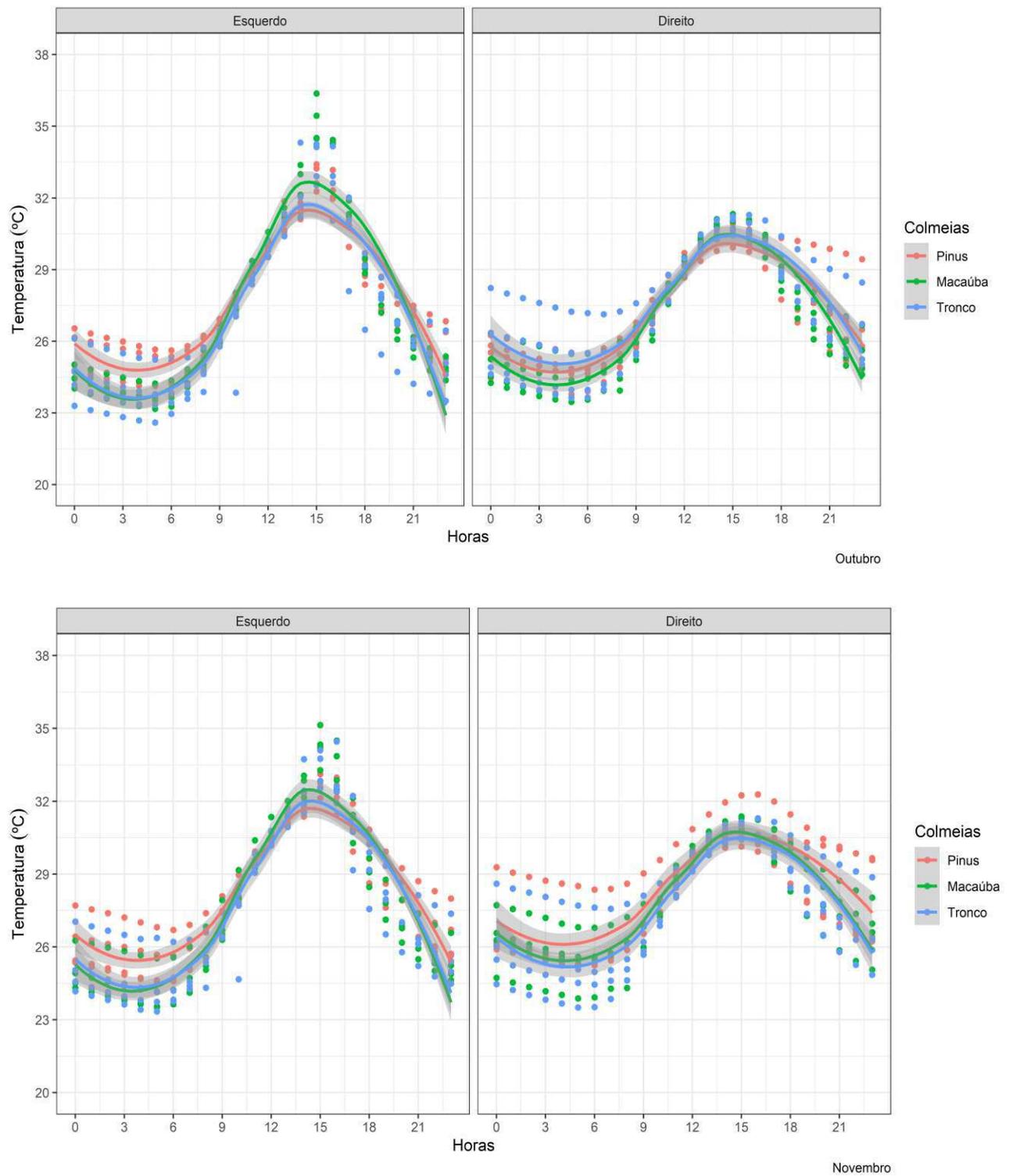
Pode-se considerar que o material usado na construção das colmeias, o local e altura em que foram alocadas e o período do ano, com suas especificidades climáticas, formam um conjunto de fatores determinantes para o desenvolvimento de colônias de *Melipona scutellaris* em sistema de criação racional, convergindo com as exigências da espécie no processo de nidificação em condições ambientais, tendo em vista que, o efeito isolante da madeira reduz as variações de temperatura no ninho se comparado com a temperatura ambiente.

A menor temperatura na região dos discos de cria, pode estar relacionada com a menor movimentação das abelhas adultas na região da cria, em função do aumento da atividade interna e externa na colônia no início da manhã, quando há maior frequência de abelhas mais jovens nesta região e menor ocorrência de população (Loli, 2008).

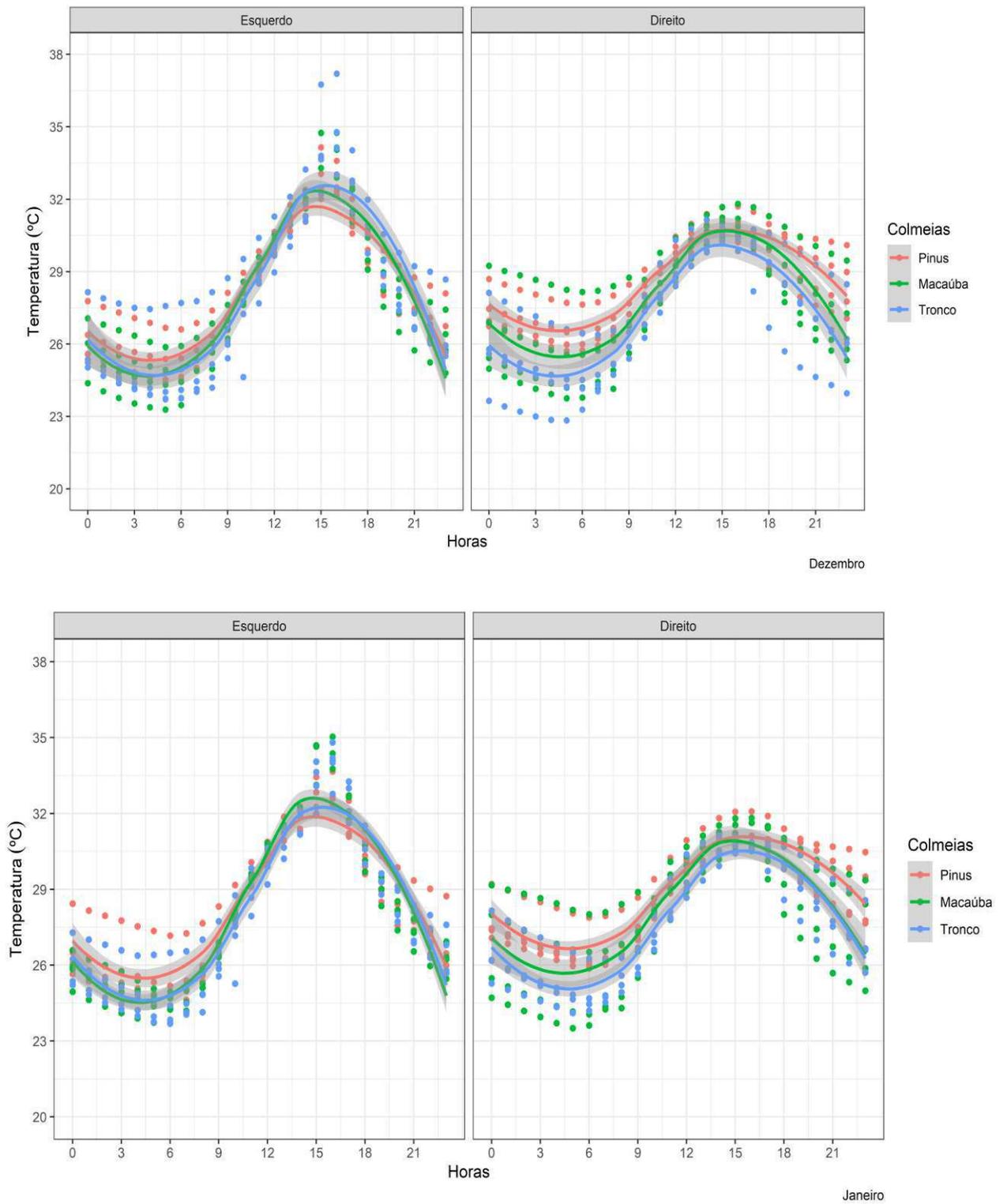
No presente estudo, se averiguou que a temperatura na área de cria foi mantida na faixa de 26° a 34°C, variando ao longo dos meses, em relação aos lados esquerdo e direito do meliponário e ao material usado nas colmeias. No lado direito a temperatura dos ninhos sofreu menor efeito de amplitude ao longo do dia, em relação ao lado esquerdo como pode ser observado nas Figuras (18,19 e 20).



Figuras 18. Comportamento das temperaturas médias diárias registradas nas colônias experimentais de *Melipona scutellaris* nos dois lados do Meliponário (1 - esquerdo e 2 - direito) em agosto e setembro.



Figuras 19. Comportamento das temperaturas médias diárias registradas nas colônias experimentais de *Melipona scutellaris* nos dois lados do Meliponário (1 - esquerdo e 2 - direito) em outubro e novembro de 2018.



Figuras 20. Comportamento das temperaturas médias diárias registradas nas colônias experimentais de *Melipona scutellaris* nos dois lados do Meliponário (1- esquerdo e 2- direito) em dezembro/18 e janeiro/19.

Essa diferença entre o comportamento das temperaturas dos ninhos nas colmeias experimentais, pode ser explicada através do estudo solar, tendo em vista a constância e intensidade da radiação solar sobre a fachada oeste (lado esquerdo) ao longo do dia, sugerindo que as colmeias distribuídas nesse lado são mais influenciadas pelo efeito da radiação solar, elemento que pode afetar o microclima interno das colmeias para perda e produção de calor, e como consequência, causará efeito sobre o desenvolvimento e desempenho reprodutivo dessas abelhas.

As abelhas são capazes de viver em uma pequena faixa de temperatura, ao criá-las artificialmente é indispensável fornecer um ambiente adequado para que ocorra a produção satisfatória dos subprodutos, assim como a reprodução. Apesar de outras áreas internas nas colmeias (parede, periferia dos potes) não terem sido medidas, sendo sugestivo para estudos futuros, conclui-se que a temperatura ambiente influenciou na temperatura na área do ninho, tendo em vista o período do ano e a disposição do meliponário no terreno.

Roubik e Peralta (1983) avaliaram a temperatura na área de cria de *Melipona rufiventris* e *Melipona Subnitida*, e verificaram que a massa larval gera calor e mantém a temperatura na faixa de 31° a 32°C, sendo também observado por Roldão (2011) com *Melipona scutellaris*, em que indivíduos imaturos dentro das células de cria são capazes de armazenar energia e liberar quando necessário, sugerindo que o invólucro de cera que envolve os discos de cria funciona apenas como um isolamento térmico adicional que amortece as oscilações da temperatura. Jones e Oldroyd (2007), afirmam que o invólucro que envolve a área de cria, em diversas espécies de abelhas sem ferrão, seria a principal estrutura que mantém o calor nesta área, resultando em temperaturas maiores e constantes dos que as atingidas nas demais áreas do ninho.

4.4. Registro termográfico das faces externas das colmeias

Observa-se que não houve efeito significativo ($P > 0,05$), para o tipo de material usado na construção das colmeias e nas alturas em que estas estavam distribuídas no meliponário. Com relação aos lados do meliponário e superfícies (frontal, lado direito, lado esquerdo e posterior) estudadas das colmeias, verifica-se efeito expressivo ($P < 0,05$). Independente de se adotar a altura das colmeias de 80 ou 123 cm, as superfícies apresentam o mesmo comportamento térmico, diante das condições ambientais avaliadas (Tabela 5).

Tabela 5. Termografia das colmeias, considerando material da colmeia, lado do meliponário, altura das colmeias e superfície das colméias.

Efeito	Termografia das colméias (°C)	CV (%)
<i>Material da colméia (M)</i>		
Pinus	29,19±3,36a	11,52
Macaúba	29,93±12,93a	43,20
Tronco	29,17±3,33a	11,40
<i>Lado (L) do meliponário</i>		
Direito	28,79±2,91b	10,12
Esquerdo	30,08±10,83a	35,99
<i>Altura (A) das colmeias</i>		
0,80 m	29,59±10,74a	36,31
1,23 m	29,27±3,32a	11,35
<i>Superfícies (S) externas das colmeias</i>		
Frontal	30,54±3,94a	12,93
Lado Direito	29,77±14,72ab	49,43
Lado Esquerdo	28,97±3,08b	10,64
Posterior	28,44±3,03b	10,66
<i>Valor de P</i>		
Material da colméia	0,2371	
Lado do meliponário	0,0020	
Altura da colmeia	0,4400	
Superfície da colmeia	0,0021	
M*L	0,3490	
M*A	0,4201	
M*S	0,5762	
L*A	0,1739	
L*S	0,1630	
A*S	0,5755	
M*L*A	0,5079	
M*L*S	0,5031	
M*A*S*	0,5291	
L*A*S	0,5314	
M*L*A*S	0,5596	

^{a,b} Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

CV = Coeficiente de variação

Os dados termográficos da superfície frontal das colmeias experimentais apresentaram maior temperatura, já para as superfícies laterais os valores de temperatura foram diferentes, tendo maior temperatura na superfície do lado direito em relação à superfície do lado esquerdo. Estatisticamente as superfícies frontais foram semelhantes à superfície direita, sendo diferentes entre a superfície esquerda e posterior. Além disso, houve interação significativa entre lado do meliponário e as superfícies das colmeias (P=0,0156). A termografia infravermelha contribui no conhecimento sobre a termorregulação em função das alterações térmicas no ninho

(Stewart et al., 2005; Kotrba et al., 2007), além de ser uma opção para identificar as condições ambientais e sua influência no comportamento animal, promovendo o diagnóstico de suas condições em determinadas temperaturas de forma menos invasiva, muito utilizada na produção animal (Roberto, 2014).

Embora a instalação avaliada possua características construtivas (pé direito e inclinação do telhado) dentro de dimensões apropriadas (Figura 5), o lado externo do meliponário apresenta características ambientais diferentes, consistindo em alta e densa cobertura vegetal do lado direito e baixa e rala cobertura vegetal do lado esquerdo.

Essas diferenças da temperatura entre os lados do meliponário e as superfícies externas da colmeias, também podem ser explicadas pelo fato das colmeias distribuídas no lado esquerdo do meliponário sofrerem influência da radiação solar em maior intensidade ao longo do dia, em virtude do posicionamento solar no período do estudo (equinócio de primavera e solstício de verão), atingindo as superfícies das faces direita das colmeias (Figura 21) .

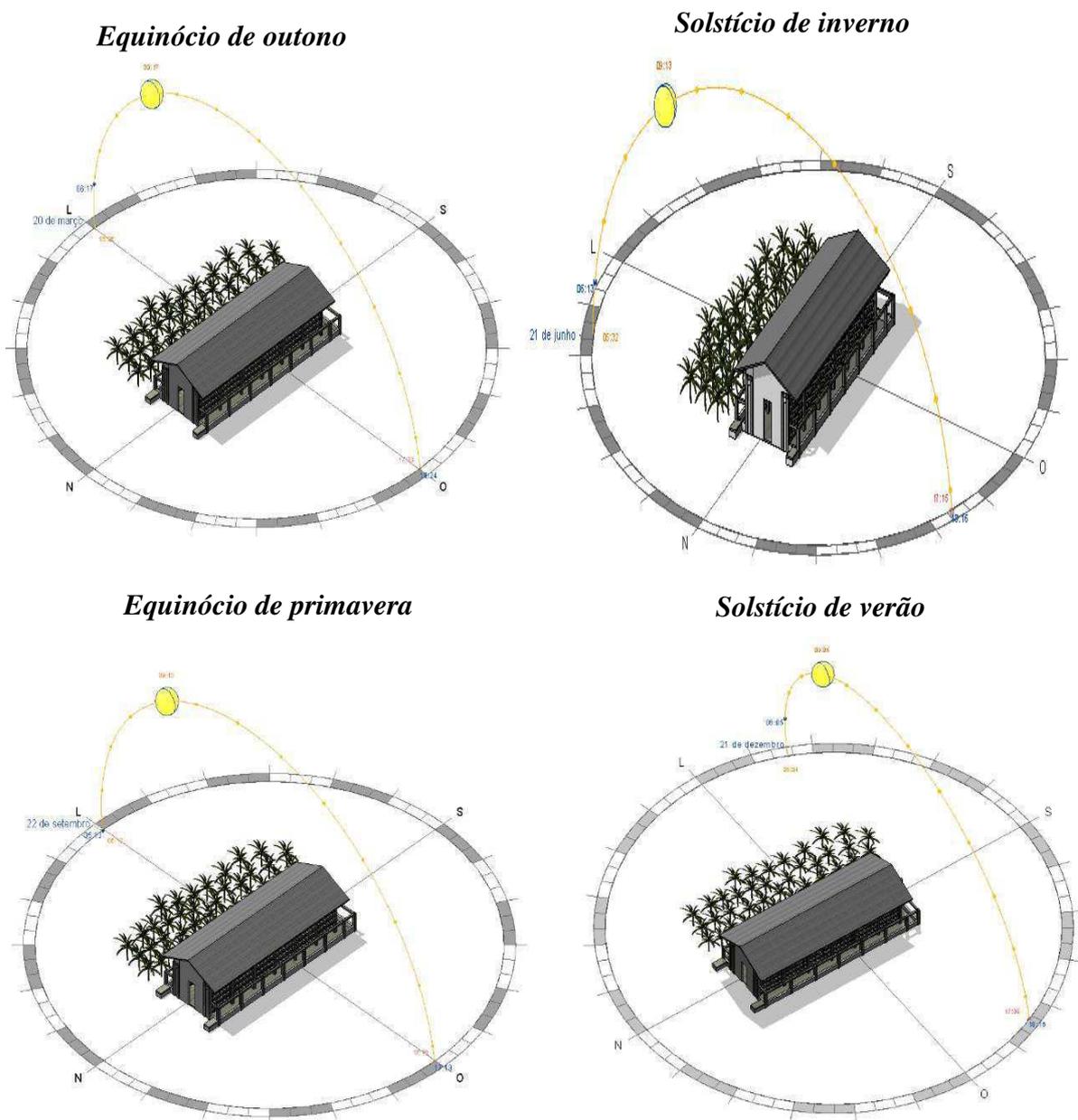


Figura 21. Estudo Solar do meliponário em relação ao seu posicionamento às 9h da manhã.
 Fonte: Elaborado por Yokiny Chanti Cordeiro Pessoa em julho de 2017.

A Figura 22, representa grupos de imagens termográficas da área externa do Meliponário e de uma colmeia experimental de macaúba, com seus respectivos valores e horários de coleta. As imagens sugerem um aumento da temperatura ao longo do dia sobre o meliponário que reflete diretamente nas colmeias, causando uma nítida elevação na temperatura superficial nas colmeias, podendo então ser considerado como um instrumento auxiliar na avaliação de processos termorregulatório em abelhas sem ferão.

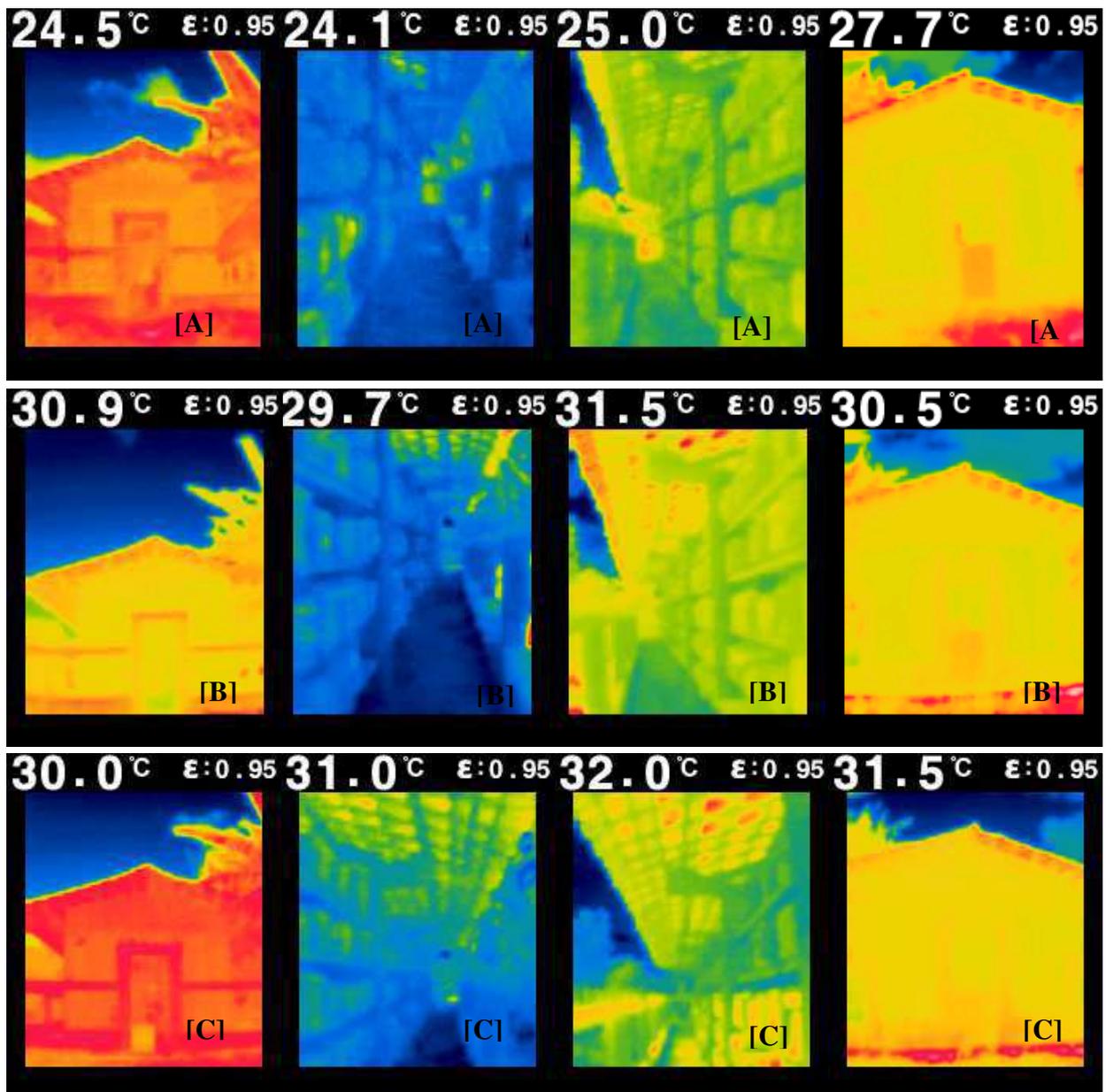


Figura 22. Imagens termográficas das fachadas do meliponário coletadas às [A] 7:33, [B] 10:33 e [C] 13:33 horas no mês de outubro de 2018. Visão externa das fachadas do meliponário da esquerda para direita, onde: Frontal (Sul), lateral direita (Leste), lateral esquerda (Oeste), fundo (Norte), Riacho das facas – Areia/PB. Fonte: Da autora.

A partir do estudo solar complementados pelos termogramas, identificou-se que, a fachada norte apresenta pequena faixa de sombra durante toda a manhã e à tarde no verão (22 dezembro), com sol se pondo a sudoeste. No inverno (21 junho) incidência de radiação solar durante todo o dia, com sol se pondo a noroeste, no outono (20 março) e primavera (22 setembro) há maior incidência de radiação solar durante todo o dia, com o sol se pondo a oeste.

A fachada sul apresenta incidência de radiação solar durante todo o dia no verão, com sol se pondo a sudoeste; no inverno apresenta pequena faixa de sombra durante toda manhã e início da tarde, até às 14h com o sol se pondo a noroeste. No outono e primavera, há maior incidência de radiação solar durante todo o dia com o sol se pondo a oeste. Na fachada leste há plantação permanente de bananeiras com promoção de sombra constante, e com isso, o sol não incide diretamente no espaço interno do meliponário durante o verão, inverno, primavera e outono. Na fachada oeste ocorre sombra no início da manhã até as 10h, a partir das 11h e durante toda tarde há grande incidência de radiação solar no verão com sol se pondo a sudoeste. Durante o inverno apresenta sombra no início da manhã até as 10h, e a partir das 11h e durante toda tarde há grande incidência de radiação solar no inverno com o sol se pondo a noroeste as 17:15h. Na primavera e outono, apresenta sombra no início da manhã até às 10h, a partir das 11h e durante toda a tarde há grande incidência de radiação solar com o sol se pondo à oeste.

Com o estudo da insolação observa-se que as fachadas da orientação sul, norte e oeste são as mais críticas, por receberem maior insolação e não possuem nenhum tipo de proteção externa com vegetação de médio e grande porte. Como consequência, ocorre maior efeito da temperatura sobre a superfície das colmeias no lado esquerdo do meliponário, durante o período experimental. Com base na análise dos dados obtidos, se sugere proteção nas fachadas, seja pela adição de sombrite ou pelo plantio de vegetações, evitando que as superfícies das colmeias sejam afetadas com a radiação solar direta.

Lopes et al. (2011) investigaram que, nas abelhas *Apis* o sombreamento arbóreo propicia desenvolvimento mais rápido da área de cria. Sombra (2013) avaliou colmeias de *Apis* na sombra e expostas diretamente ao sol. As colônias na sombra apresentam uma estimativa média de produção de mel, em torno de 45% maior que nas colônias expostas ao sol, demonstrando também que a falta de sombreamento se reflete no baixo desenvolvimento da colônia.

4.5. Avaliação das características produtivas de mel

Nos resultados obtidos para as características de produção de mel observou-se que NPM (número de potes de mel), TPM (tamanho de potes de mel), VPM (volume dos potes de mel) e PME (produção média de mel) não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as colméias de pinus, macaúba e tronco de macaúba (Tabela 6). Quando comparadas às características produtivas em relação aos meses de coleta, verifica-se que não existiu diferença significativa ($P > 0,05$) para o NPM, TPM, VPM e PME.

Alves (2010), percebeu em colônias de *Melipona scutellaris* que o NPM e o TPM são características da produção de mel de maior correlação com relação as gerações parentais, F1 e F2 e, que os potes de maior tamanho possibilitam um maior acúmulo de mel reduzindo o espaço ocupado, promovendo um menor consumo de mel pelas operárias na produção de cera, aumentando o volume de mel acumulado e assim, refletindo na produção final. Além disso, o tamanho dos potes de mel é uma importante ferramenta para dimensionar a altura e tamanho das melgueira, e facilitar a colheita evitando gasto de energia pelas operárias ao utilizar maior quantidade de cerume para construção de potes.

Não foram observadas diferenças relevantes ($P > 0,05$) ao comparar as características produtivas (NPM, TPM, VPM e PME) das colônias nas colmeias de pinus, macaúba e tronco de macaúba distribuídas nos dois lados do meliponário (esquerdo e direito) e nas duas alturas (0,80 e 1,23).

Tabela 6. Média, desvio padrão e coeficiente de variação das características produtivas avaliadas em colônias de *Melipona scutellaris* nidificadas em colmeias de diferentes madeiras, no meliponário Riacho das Facas, Areia/PB.

Variáveis	NPM (unidade)	TPM (mm)	VPM (mL)	PME (mL)
<i>Material da colméia (MAT)</i>				
Pinus	9,38±4,20a	15,44±3,41a	6,80±1,54a	62,43±30,30a
CV (%)	44,71	22,08	22,62	48,54
Macaúba	9,65±5,39a	17,88±3,49a	7,53±0,99a	72,82±44,24a
CV (%)	55,93	19,52	13,22	60,75
Tronco	9,80±4,90a	16,64±3,61a	6,94±1,75a	82,83±54,70a
CV (%)	50,02	21,68	25,22	66,05
<i>Mês de Coleta (MÊS)</i>				
Setembro	9,13±4,24a	14,92±3,48a	7,14±1,57a	61,69±33,61a
CV (%)	46,47	23,26	21,94	54,48
Outubro	11,71±4,54a	16,56±3,16a	7,36±1,63a	76,40±40,53a
CV (%)	38,77	19,07	22,13	53,05
Dezembro	8,94±5,53a	16,29±3,90a	6,87±1,40a	70,82±50,15a
CV (%)	61,83	23,96	20,33	70,81
Janeiro	8,17±3,79a	19,15±3,73a	6,92±1,30a	77,62±46,23a
CV (%)	46,36	14,24	18,72	59,56
<i>Lado (L)</i>				
Esquerdo	9,09±4,10a	16,01±3,50a	7,31±1,41a	67,56±42,03a
CV (%)	45,09	21,83	19,40	62,21
Direito	10,17±5,44a	17,33±3,63a	6,84±1,50a	75,56±43,20a
CV (%)	53,53	20,95	21,98	57,18
<i>Altura (A)</i>				
0,80	9,64±4,48a	16,60±3,27a	7,34±1,29a	69,27±39,56a
CV (%)	46,42	19,70	17,61	57,11
1,20	9,50±5,11a	16,71±3,97a	6,75±1,62a	73,58±46,54a
CV (%)	53,79	23,74	24,05	63,25
Valor de P				
MAT	0,381	0,112	0,230	0,423
MÊS	0,381	0,178	0,751	0,813
L	0,490	0,106	0,209	0,655
A	0,802	0,536	0,206	0,413
MAT*MÊS	0,695	0,875	0,658	0,954
MAT*L	0,237	0,152	0,860	0,319
MAT*A	0,294	0,843	0,712	0,913
MÊS*L	0,706	0,631	0,066	0,919
MÊS*A	0,511	0,870	0,913	0,608
L*A	0,495	0,932	0,992	0,964
MAT*MÊS*L	0,808	0,961	0,624	0,739
MAT*MÊS*A	0,871	0,224	0,322	0,799
MAT*L*A	0,603	0,565	0,679	0,892
MÊS*L*A	0,517	0,277	0,340	0,982
MAT*MÊS*L*A	0,674	0,519	0,545	0,921

NPM= Número de potes de mel; TPM= Tamanho dos potes de mel; VPM= Volume dos potes de mel; PME=Produção de mel;

^{a,b} letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Ao analisar isoladamente o material (MAT) das colmeias (madeiras) em relação às carac-

terísticas produtivas, verifica-se que não houve efeito significativo ($P > 0,0001$) para as características avaliadas. Como também não houve efeito de interação entre MAT* MÊS, MAT*L, MAT*A, MÊS*A, L*A, para as características estudadas. Já para MÊS*L houve efeito de interação para o VPM ($=0,066$).

Entende-se que, as colônias de *Melipona scutellaris* não tiveram as variáveis produtivas do mel influenciadas pelo tipo de material usado na confecção das colmeias, pelo lado e altura em que estavam distribuídas no Meliponário, e pelo efeito do mês em que houve a coleta. Nesse sentido, é importante considerar que a menor ou maior produção de mel está diretamente relacionada a disponibilidade de florada no raio de voo, que necessita de número expressivo de operárias campeiras, durante o período de coleta de néctar (Evangelista-Rodrigues et al., 2008 e Pires et al., 2017), sendo que na área onde se encontra localizado o Meliponário, a predominância vegetal concentra-se na monocultura da bananeira, encontrando em menor quantidade a presença de outros vegetais, como: abacateiro, cajueiro, mangueira, macaúba, cajá, jaqueira, sabiá, coqueiro, espinheiro preto, aroeira,, ingá, oliveira, jatobá, sucupira, mutamba jenipapo, goiabeira, vassourinha de botão, urucum, entre outras herbáceas.

Brito et al. (2013), sugerem que as características produtivas e biométricas sofrem o efeito entre diferentes gerações de *Melipona* em uma mesma colônia. Sendo a temperatura o agente climático que mais afeta diretamente o metabolismo dos insetos, também influenciará no desenvolvimento das crias, que quando sobrevivem as variações extremas da temperatura no ninho, apresentam deficiências morfológicas, fisiológicas ou comportamentais na fase adulta. E como consequência, pode-se supor que essas alterações acarretam resultados negativos para produção de mel e outros subprodutos da colmeia.

De acordo com Pereira et al. (2011), os fatores externos influenciam os meliponíneos na construção dos potes de mel em diferentes tamanhos. Além disso, Alves (2010) considera que o tamanho dos potes de mel é uma importante ferramenta para dimensionar a altura e o tamanho das colmeias, evitando gasto de energia pelas operárias ao utilizar maior quantidade de cerume para construção dos potes. No entanto, Becker (2014), pesquisando as *Melipona interrupta*, verificou que em dias com temperaturas elevadas, dias quentes ($>30^{\circ}\text{C}$) as abelhas perdem eficiência com gastos energéticos, fornecendo ventilação dentro das colônias, enquanto que em dias frios ($<26^{\circ}\text{C}$), constroem invólucros de cera para armazenar calor, garantindo a regulação térmica nas colmeias, afetando, dessa forma, o desempenho das operárias na construção de potes para armazenamento de alimentos e na atividade de forrageamento.

4.6. Avaliação das características biométricas do ninho

Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre os materiais das colmeias de pinus, macaúba e tronco de macaúba. Também não foi observado diferenças estatísticas para as características biométricas estudadas, entre os lados do meliponário (direito e esquerdo) e nas alturas (0,80 e 1,23) onde estavam distribuídas as colmeias (Tabela 7).

Observou-se efeito relevante ($P < 0,05$) para as características DM e ICC entre os meses de setembro, dezembro e janeiro. Uma provável explicação para a diferença no diâmetro médio dos favos de cria (DM), entre os meses de estudo pode ser atribuída a dois fatores, sendo o primeiro a influência da temperatura no interior do ninho e a disponibilidade de florada, que determina uma maior coleta de recursos (pólen e néctar) pelas operárias, sendo estes recursos utilizados para a produção de cria.

A análise isolada do material (MAT) das colmeias (madeiras) em relação às características biométricas, demonstrou que houve efeito significativo ($P < 0,0909$) para NF. Verificou-se também efeito para DM ($P < 0,00010$) e ICC ($P < 0,0015$) entre os MESES. Se constatou efeito expressivo para HC ($P < 0,0981$) em relação ao LADO (L). E, observou-se ainda, efeito de interação entre MÊS*L*A, para a característica HF ($P < 0,00997$).

Percebe-se com isso, que o material usado na construção das colmeias, o mês em que foi realizado as coletas, o lado e altura em que as colmeias estavam dispostas, em consonância com a temperatura ambiental, formam um conjunto de fatores que de alguma forma influenciam nas características biométricas e produtivas da colônia.

Oliveira et al. (2015), avaliaram parâmetros genéticos da abelha *Melipona quadrifasciata* com base nas características produtivas e biométricas, e concluíram que para esse tipo de estudo as características; NPM, LPM, VPM, APM, NPP, APP, DPP, PM, NDC, LDC, DDC e POP, podem ser utilizados também como critérios de seleção em programas de melhoramento da espécie.

Tabela 7. Média, desvio padrão e coeficiente de variação das características biométricas avaliadas em colônias de *Melipona scutellaris* nidificadas em colmeias de diferentes madeiras, no meliponário Riacho das Facas, Areia/PB.

Variáveis	DM (mm)	HF (mm)	HC (mm)	NF (unidade)	NC (unidade)	ICC (unidade)
<i>Material da colméia (MAT)</i>						
Pinus	85,09±13,21a	103,82±28,92a	11,36±0,31a	10,71±2,80a	271,04±103,20a	2,82±0,72a
CV (%)	15,53	27,86	2,77	26,18	38,08	26,62
Macaúba	77,27±16,82a	101,35±29,43a	11,44±0,37a	9,86±2,28a	227,12±85,17a	3,04±0,84a
CV (%)	21,77	29,03	3,19	23,10	37,50	27,61
Tronco	77,13±17,73a	104,38±39,70a	11,60±0,41a	11,65±2,40a	262,82±100,29a	2,95±0,80a
CV (%)	22,99	38,04	3,51	20,58	38,17	27,26
<i>Mês de Coleta (MÊS)</i>						
Setembro	73,47±14,33c	94,20±6,35a	11,39±0,27a	9,30±2,34a	336,33±137,01a	3,65±0,61a
CV (%)	19,51	27,98	2,39	25,20	40,73	16,63
Outubro	72,41±13,11c	102,62±33,80a	11,44±0,31a	10,66±2,80a	216,33±83,23a	2,50±0,51c
CV (%)	18,10	32,94	2,73	26,26	38,65	20,52
Dezembro	86,19±13,75b	104,38±35,03a	11,52±0,50a	11,44±1,98a	250,33±109,95a	2,85±0,81b
CV (%)	15,95	33,56	4,38	17,36	43,92	28,52
Janeiro	91,67±16,47a	112,51±32,56a	11,48±0,37a	11,38±2,70a	289,39±73,68a	2,50±0,51c
CV (%)	17,97	28,94	3,27	23,50	25,46	20,52
<i>Lado (L) do meliponário</i>						
Esquerdo	79,94±17,50a	97,61±33,79a	11,49±0,34a	10,43±2,59a	251,27±104,99a	3,05±0,73a
CV (%)	21,89	34,62	3,02	24,84	41,78	23,98
Direito	78,84±14,60a	108,72±29,19a	11,42±0,39a	10,87±2,59a	259,32±88,78a	2,80±0,83a
CV (%)	18,29	26,84	3,48	23,78	34,24	29,75
<i>Altura (A) da colméia</i>						
0,80 cm	81,38±15,71a	108,35±31,34a	11,46±0,39a	10,83±2,45a	263,77±101,25a	2,88±0,78a
CV (%)	19,31	28,92	3,44	22,60	38,38	27,13
1,20 cm	78,10±16,89a	97,31±31,98a	11,45±0,35a	10,48±2,74a	243,50±92,45a	3,00±0,79a
CV (%)	21,63	32,86	3,05	26,16	37,97	26,42
<i>Valor de P</i>						
MAT	0,2438	0,9159	0,4431	0,0909	0,5188	0,5811
MÊS	0,0010	0,4123	0,2708	0,1985	0,4455	0,0015
L	0,3999	0,1223	0,0981	0,7105	0,4330	0,2553
A	0,3974	0,7999	0,9560	0,9683	0,7422	0,5921
MAT*MÊS	0,4831	0,7074	0,3694	0,9091	0,5262	0,2217
MAT*L	0,3828	0,1930	0,1112	0,8604	0,8584	0,7234
MAT*A	0,1762	0,1838	0,3247	0,4531	0,3317	0,0395
MÊS*L	0,4839	0,1134	0,2045	0,1335	0,4992	0,7934
MÊS*A	0,1306	0,2568	0,1268	0,9916	0,7657	0,1618
L*A	0,9840	0,3024	0,2273	0,4824	0,5369	0,9145
MAT*MÊS*L	0,3839	0,4548	0,3050	0,6915	0,4403	0,2010
MAT*MÊS*A	0,6293	0,1829	0,0976	0,9747	0,9822	0,9183
MAT*L*A	0,3350	0,7459	0,0873	0,1433	0,3433	0,3968
MÊS*L*A	0,8257	0,0997	0,6753	0,5029	0,6397	0,3935
MAT*MÊS*L*A	0,9425	0,2056	0,2568	0,7636	0,9704	0,8004

DM=diâmetro médio do favo de cria; HF=altura dos favos; HC= altura das células; NF=número de favos; NC=número de crias; ICC=invólucro de cera nas crias; ^{a,b} letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Não foi observada correlação significativa de HC com nenhuma das características avaliadas ($P > 0,01$ e $P > 0,05$). Com base nas correlações das variáveis produção e biométricas das colônias de *Melipona scutellaris*, é possível perceber que a variável número de potes de mel (NPM) apresentou maior correlação com TPM, PME, DM, HF, NF, NC e POP, seguido por tamanho de potes de mel (TPM) com: VPM, PME, DM, NC e POP (Tabela 8).

A PME mostrou correlação significativa com DM, HF, NC e POP, já o NC teve correlação apenas com a POP, enquanto a população está diretamente correlacionada com o DM, HF, NC. Foram obtidos valores de correlação positivos e significantes que variaram de 0,20 a 1,00.

Faquinello et al. (2013) obtiveram valores positivos (0,19 a 0,93) e negativos (-0,36 a -0,19). O NPM apresentou o mesmo valor da correlação para NC e POP, iguais a 0,56, sendo assim, quanto maior o NPM maior a quantidade de crias (NC) produzidas, aumentando, a POP da colônia pelo maior nascimento de abelhas, devido à maior quantidade de células presentes no maior número de discos de cria.

A construção de discos de cria, pode ser influenciada por vários fatores, incluindo a densidade populacional e a presença de uma rainha (Alves et al., 2009). Quando ocorre oferta de alimento, há um aumento no tamanho dos potes de mel e pólen para um maior armazenamento (Evangelista-Rodrigues et al., 2008). A importância do número de indivíduos se refere ao fato de que, normalmente, em colônias populosas, existem muitas campeiras que coletam mais recursos em épocas de floradas, possibilitando a defesa contra inimigos e a manutenção de temperatura adequada para o desenvolvimento das crias (Faquinello et al., 2013). A NPM também teve alta correlação com TPM e HF (0,54) e com DM e NF (0,53), como também com PME (0,82), porém teve baixa correlação com VPM (0,34).

Houve correlação positiva entre o NPM produzido e o DM (0,53). O aumento do número de discos de cria, pressupõe um aumento no número de indivíduos na colônia e, com isso, uma intensificação na construção de potes para o armazenamento dos produtos (Evangelista-Rodrigues et al., 2008). A PME teve alta correlação com NPM (0,82), TPM (0,77), VPM (0,60), DM (0,54), NC e POP (0,53), HF (0,51) e NF (0,49). A formação de potes com largura e profundidade maiores, reduz o espaço ocupado e diminuem o consumo de mel pelas operárias na produção de cera, o que leva a uma maior quantidade de mel produzida, revelando que a produção de mel está diretamente ligada ao número e volume de potes de mel (Alves et al., 2012).

Os estudos com *Apis mellifera* demonstraram que a PME é influenciada pela POP (Szabo & Lefkovitch, 1989). Alves et al. (2012) e Faquinello et al. (2013) não encontraram correlação entre a POP e a PME para a espécie *Melipona scutellaris*. No nosso trabalho, encontramos correlação (0,53), porém tivemos outras correlações maiores, confirmando a influência de outras características na produção de mel pelas abelhas melíponas.

Tabela 8. Correlação das variáveis de produção e biométricas das colônias de abelha *Melipona scutellaris* em colméias construídas com diferentes tipos de madeira

Variáveis	TPM	VPM	PME	DM	HF	HC	NF	NC	POP
NPM	0,54**	0,34**	0,82**	0,53**	0,54**	0,09	0,53**	0,56**	0,56**
TPM	-	0,57**	0,77**	0,51**	0,36**	0,02	0,37**	0,49**	0,49**
VPM	-	-	0,60**	0,26**	0,22**	0,17	0,20**	0,20**	0,20**
PME	-	-	-	0,54**	0,51**	0,07	0,49**	0,53**	0,53**
DM	-	-	-	-	0,53**	-0,02	0,54**	0,76**	0,76**
HF	-	-	-	-	-	0,09	0,99**	0,68**	0,68**
HC	-	-	-	-	-	-	-0,04	-0,01	-0,01
NF	-	-	-	-	-	-	-	0,69**	0,69**
NC	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00**
POP	-	-	-	-	-	-	-	-	-

NPM= Número de potes de mel; TPM= Tamanho dos potes de mel; VPM= Volume dos potes de mel; PME=Produção de mel; DM=diâmetro médio do favo de cria; HF=altura dos favos; HC= altura das células; NF=número de favos; NC=número de crias; de 32 colônias de *Melipona scutellaris*.

** significativo a 0,001; * Significativo a 0,05

A população de *Melipona scutellaris* apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) para o MAT usado na construção das colmeias (Figura 23). A colmeia de pinus e o tronco de macaúba não demonstraram diferenças estatísticas entre si, mas foram estatisticamente diferentes da colmeia de macaúba.

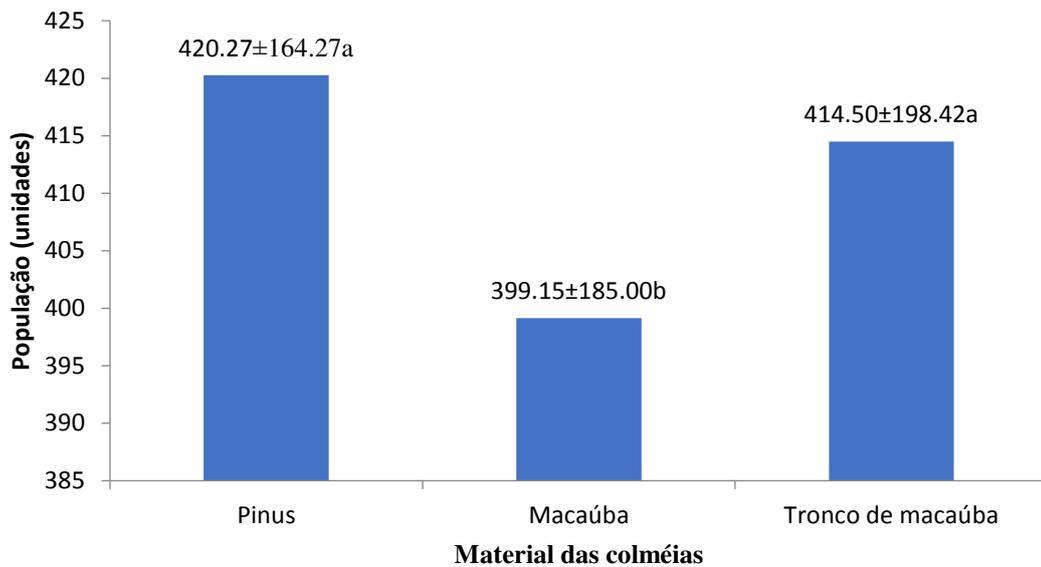


Figura 23. Média e desvio padrão das estimativa da população de abelhas *Melipona scutellaris* criadas em colméias confeccionadas com diferentes tipos de madeira.

Diante do exposto, considera-se que o número dos indivíduos, incluindo imaturos, jovens e adultos, está diretamente relacionado a disponibilidade de alimento (néctar e pólen), sendo a produção da colmeia, dependente desses dois fatores (população e disponibilidade de alimento). Nesse sentido, pode-se afirmar que os fatores citados anteriormente, incluindo o efeito da temperatura ambiental sobre as colmeias, podem ter influenciando no crescimento populacional das colmeias experimentais.

Para Brito et al. (2013), o número de indivíduos configura um fator de extrema importância, sendo a população estimada (POP), considerando a quantidade total de ovos, larva, e adultos, relacionando diretamente com as características de disco de cria e influenciada pela disponibilidade de alimento, néctar e pólen. Considerando que as colônias populosas, apresentam maior número de campeiras que coletam mais recursos em épocas de floradas, além de possibilitar a defesa e a manutenção de temperatura adequada ao desenvolvimento das crias.

A população mínima estimada no presente estudo foi de 33 indivíduos no mês de setembro/2018 e a máxima de 1815,8 indivíduos no mês de janeiro/2019, em colmeia de usual. Contudo, observa-se que todas as colmeias experimentais mantiveram um crescimento gradativo ao longo do estudo, com algumas perdas, que foram atribuídas, principalmente, ao manejo consecutivo para o levantamento produtivo e biométrico (Figuras 24, 25 e 26).

Evangelista-Rodrigues et al. (2008), avaliaram que abelhas *Melipona scutellaris* nidificadas em caixas de mesmas dimensões e em um mesmo local apresentam crescimento diferente, sendo que as dimensões e o número de potes de alimento variam conforme sua utilização pela colônia. Todavia, estudos sobre a evasão de operárias de *Melipona scutellaris* realizado por Nunes-Silva et al. (2107), indica que durante o manejo repetitivo ou desnecessário, ocorre a diminuição gradual do número de indivíduos da colônia, com perda de 83,3% das abelhas, levando a diminuição da produtividade e até mesmo a morte da colônia.

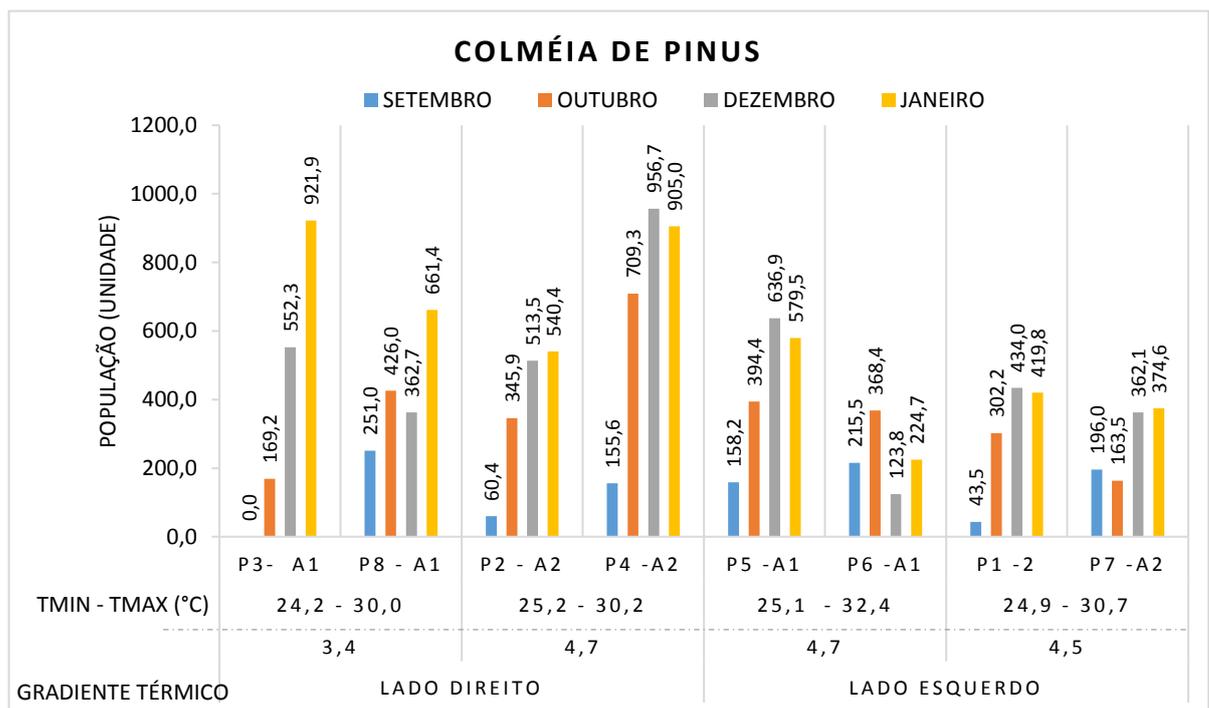


Figura 24 - Estimativa da população, Temperaturas mínima e máxima do ninho e o gradiente térmico para a colmeia experimental (P- colmeia Pinus) e suas respectivas repetições (1,2,3,4,5,6,7,8), considerando a distribuição quanto aos lados direito e esquerdo do meliponário e os períodos de coleta.

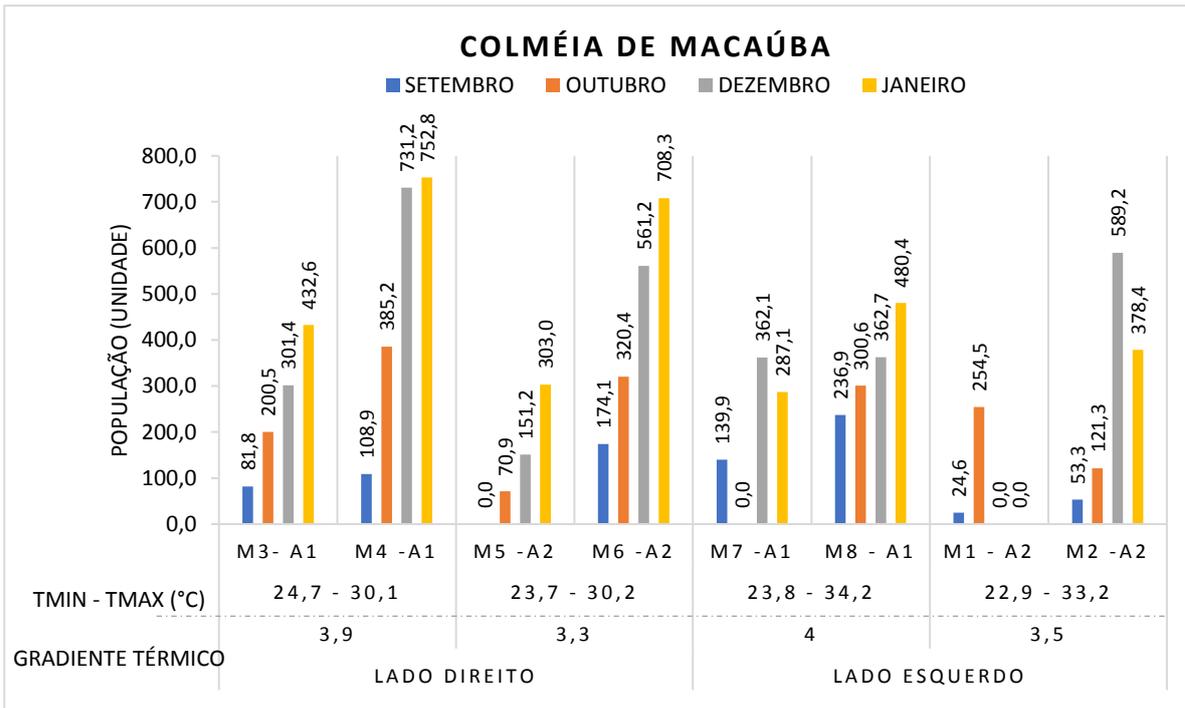


Figura 25 - Estimativa da população, Temperaturas mínima e máxima do ninho e o gradiente térmico para a colméia experimental (M-colmeia de macaúba) e suas respectivas repetições (1,2,3,4,5,6,7,8), considerando a distribuição quanto aos lados direito e esquerdo do meliponário e os períodos de coleta.

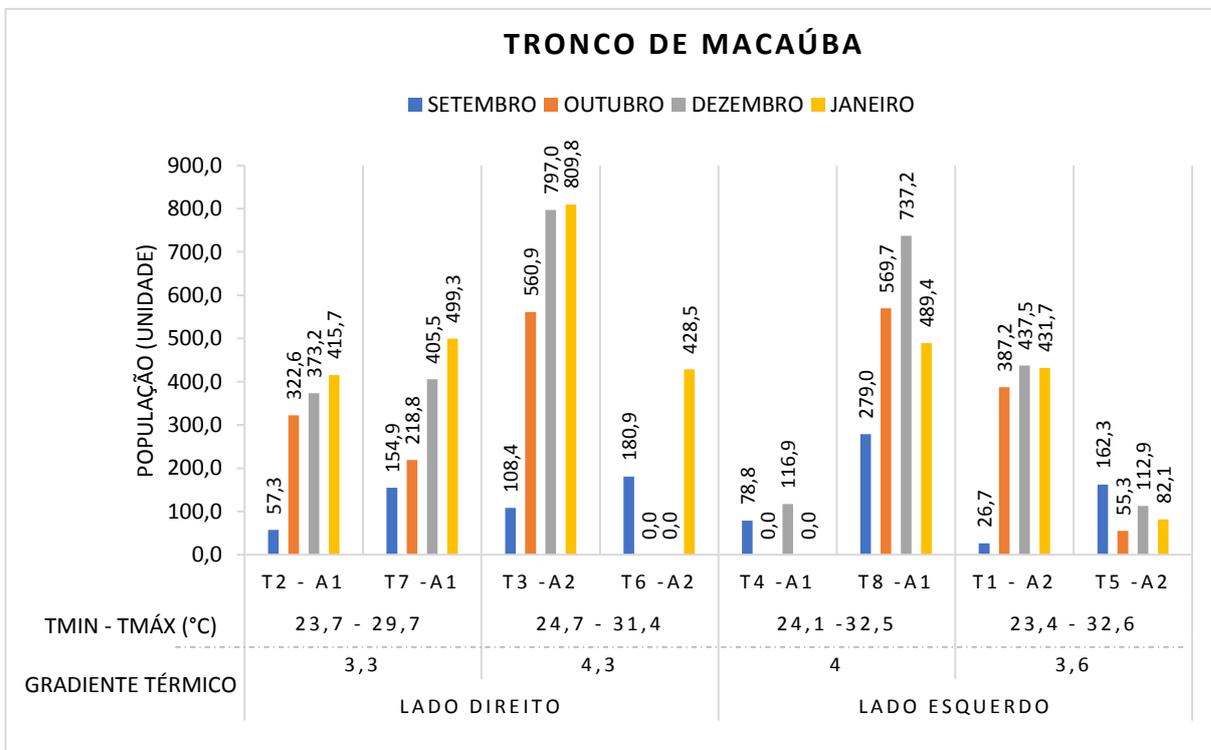


Figura 26 - Estimativa da população, Temperaturas mínima e máxima do ninho e o gradiente térmico para a colméia experimental (T- tronco de macaúba) e suas respectivas repetições (1,2,3,4,5,6,7,8), considerando a distribuição quanto aos lados direito e esquerdo do meliponário e os períodos de coleta.

Segundo Seely (2006), o desenvolvimento rápido da cria conduz ao crescimento rápido da colônia e assim, a recuperação rápida do tamanho da colônia, sempre que uma colônia tenha diminuído. Além disso, deve-se considerar que o desempenho de crescimento se deve, principalmente, a capacidade da abelha em identificar diferenças de pequenas temperaturas, a partir de 0,25°C (Winston, 2003), e que imaturos de *Melipona scutellaris* (Roldão, 2011) são capazes de produzir 0,6°C de calor. Portanto, a velocidade de desenvolvimento é afetada de inúmeras formas, em especial, pela temperatura ambiente.

Roldão (2008), identificou o impacto da temperatura no desenvolvimento de crias de *Melipona scutellaris*, em estufa com temperaturas variando entre 29,5 °C e 30,8°C. Verificou ainda, que o tempo de desenvolvimento da cria (ovo até a emergência) foi de aproximadamente 55 dias com um índice de mortalidade de 32% de todas as células da periferia.

Pesquisas sobre a evasão de operárias de *Melipona scutellaris*, realizadas por Nunes-Silva et al. (2007) indicam que durante o manejo repetitivo ou desnecessário, ocorre a diminuição gradual do número de indivíduos da colônia, com perda de 83,3% das abelhas, levando a diminuição da produtividade e até mesmo a morte da colônia. Evangelista-Rodrigues et al. (2008), investigaram que abelhas *Melipona scutellaris* nidificadas em caixas de mesmas dimensões, em um mesmo local, apresentam crescimento diferente, sendo que as dimensões e o número de potes de alimento variam conforme a utilização pela colônia.

4.7 Análise Multivariada

Os resultados obtidos para os componentes principais, seus respectivos autovalores e as porcentagens da variância explicada e acumulada por esses componentes, são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Componentes principais, autovalores (λ_i), a porcentagem da variância explicada pelos componentes (VCP) e a porcentagem da variância explicada pelos componentes acumulada (VCP acumulado) das características de carcaça de caprinos.

Componentes principais	λ_i	VCP (%)	VCp acumulada (%)
CP1	7,09	64,50	64,50
CP2	1,73	15,77	80,28

Dos 11 componentes principais gerados, os dois primeiros foram selecionados por apresentarem variação acumulada de 80%. O primeiro componente explicou 64,50% da variação acumulada, ao passo que, juntamente, com o segundo passou para 80,28% da variação acumulada. Finco et al. (2012) utilizaram a técnica de multivariada para características físicas e químicas do mel, e necessitaram de 5 componentes principais para explicar 86,19% da variação dos seus dados. Gomes et al. (2016), analisando com qualidade do mel, observaram que foram necessários três componentes principais para explicar 76,78% da variação total dos dados. Dessa forma, se pode constatar que a técnica de PCA utilizada foi satisfatória para os dados desse estudo.

A análise de componentes principais é utilizada para redução do conjunto de variáveis originais, com menor perda possível de explicação da variação total. Procura-se redistribuir a variação observada nos eixos originais, de forma a se obter um conjunto de eixos ortogonais não correlacionados. Este tipo de análise, tem sido utilizado para explicação das relações estruturais entre medidas morfométricas de animais, produção e também no descarte de variáveis, sendo as variâncias da maioria dos componentes baixas, tornando-as passíveis de descarte (Khatree e Naik, 2000).

Na Tabela 10, é possível verificar as variáveis que mais contribuíram para explicar a variação total, pois são aquelas que apresentaram maiores coeficientes de ponderação (autovetores) dentro dos dois primeiros componentes.

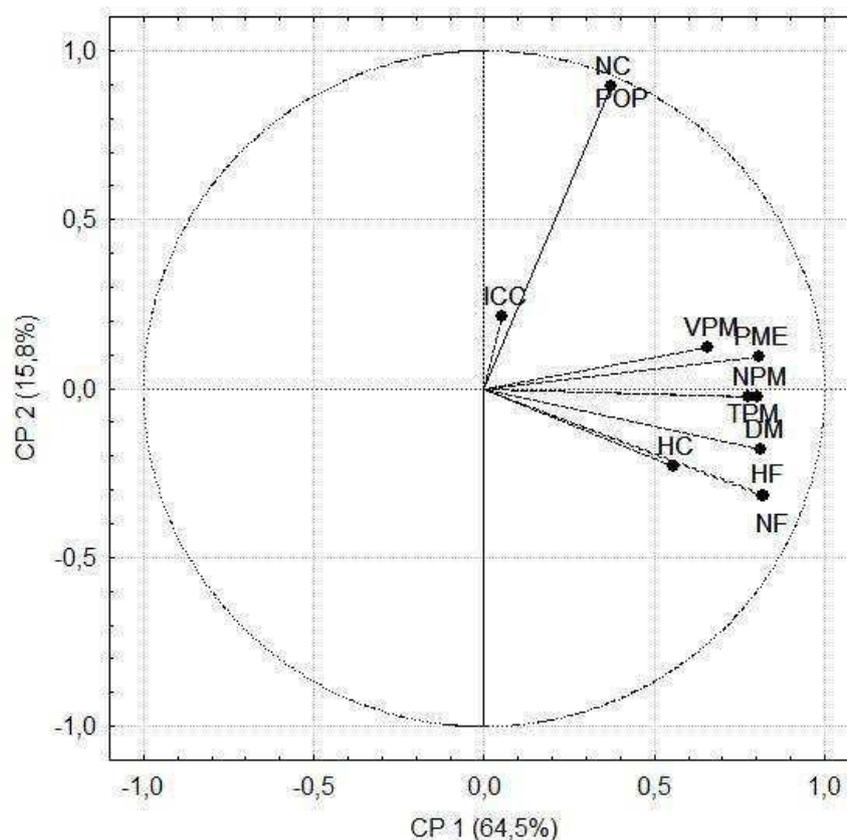
Tabela 10. Coeficientes de ponderação dos três primeiros componentes mais importantes para explicar a variação total das 11 variáveis originais

Variáveis	CP1	CP2
Número de potes de mel (unidade)	0,8065	0,0698
Tamanho de potes de mel (mm ³)	0,7850	0,0646
Volume dos potes de mel (mL)	0,6943	0,1749
Produção de mel (mL)	0,9110	0,1366
Diâmetro dos favos de cria (mm)	0,4736	0,0773
Altura dos favos (mm)	0,4344	-0,0279
Altura das células (mm)	0,0147	0,0871
Número de favos (unidade)	0,4250	-0,0297
Número de crias (unidade)	0,1953	0,9598
População (unidade)	0,1953	0,9598
Invólucro de cera nas crias (unidade)	-0,3398	0,3787

Os dois primeiros componentes principais explicam 80,28% da variação total das variáveis avaliadas. As características com maiores coeficientes de ponderação, em valor absoluto, no primeiro componente, foram produção de mel (0,91), número de potes de mel (0,80) e tamanho dos potes de mel (0,78), caracterizando CP1 como um índice para a determinação da produção de mel das abelhas. No segundo componente, as variáveis número de crias e população apresentaram os mesmos coeficientes de ponderação (0,95), indicando que CP2 é caracterizado como biométricas.

Das 11 variáveis analisadas, observa-se que 5 representaram melhor os dois componentes principais e que explicam a variação de todas as variáveis analisadas. Almeida et al. (2015) ressaltaram que as medidas biométricas e morfométricas, bem como os índices zootécnicos e de desempenho animal são importantes para a caracterização fenotípica de grupos raciais, indispensáveis ao melhoramento do plantel, ao conhecimento da conformação dos indivíduos, ao estabelecimento da relação entre conformação e funcionalidade. Ao se mensurar muitas características, sendo estas aleatórias e fortemente associadas entre si, torna-se possível a utilização de técnicas multivariadas, com o intuito de reduzir a dimensionalidade do conjunto de informações geradas, de modo a testar o efeito desejado para um conjunto menor de variáveis, mas que detém informação relevante dos dados (Fernandes Junior et al., 2013).

As variáveis localizadas mais distantes do ponto zero dos eixos X e Y (Figura 27), são consideradas as mais importantes para explicar a variação total dos dados.



NPM= Número de potes de mel; TPM= Tamanho dos potes de mel; VPM= Volume dos potes de mel; PME=Produção de mel; DM=diâmetro médio do favo de cria; HF=altura dos favos; HC= altura das células; NF=número de favos; NC=número de crias

Figura 27. Gráfico dos escores para as 11 variáveis.

Partindo da análise do gráfico 24, nota-se dois grupos bem distintos, o NC e POP, formando um grupo distante do centro e distante das outras variáveis, e um grupo maior formado pelas demais variáveis, mas com PME, NPM e TPM mais distante do ponto zero do que as demais. Isolado no centro está o ICC, mostrando que sua variação é mínima comparada com as demais.

A utilização de técnicas multivariadas, permite prever o quantitativo de componentes principais utilizados para explicar o percentual da variação total das medidas utilizadas. Neste sentido, o estudo da análise de componentes principais (ACP) com os dados morfométricos obtidos nas *Meliponas scutellaris*, possibilita analisar quais variáveis explicam melhor a variação total em relação aos compostos originais, simplificando o conjunto de dados, através da eliminação de informações redundantes em razão da correlação entre as variáveis (Almeida et al., 2015).

5. CONCLUSÕES

O efeito isolante da madeira reduz as variações de temperatura no ninho se comparado com as temperaturas ambiente.

As colônias de *Melipona scutellaris* tiveram as variáveis produtivas do mel influenciadas pelo tipo de material usado na confecção das colmeias, pelo lado e altura em que estas estavam distribuídas no Meliponário, e o efeito do mês em que houve a coleta.

O tipo de madeira usado na construção da colméia, o local e altura onde será instalada e o período do ano, formam um conjunto de fatores determinantes para o desenvolvimento da colônia de *Melipona scutellaris* em sistema de criação comercial.

Apesar de algumas perdas de colônias, atribuídas ao manejo consecutivo para o levantamento produtivo e biométrico, as colônias nidificadas nas colmeias experimentais mantiveram um crescimento gradativo ao longo do estudo.

A análise de componentes principais foi eficiente na redução da dimensionalidade do conjunto de dados, uma vez que dois componentes não correlacionados entre si foram suficientes para explicar cerca de 80% da variação total das 11 variáveis originais. As variáveis PME, NPM, TPM, NC e POP foram as mais importantes entre os dois componentes selecionados e deverão permanecer nos futuros estudos.

Ademais, conclui-se que os estudos com a *Melipona scutellaris* em criações comerciais necessitam de maior investigação quanto aos índices de conforto térmico, ao efeito das instalações onde estão abrigadas as colônias, e não apenas aos tipos de colmeias onde estas estão nidificadas, com necessária ampliação nos estudos do efeito da temperatura em sistemas de criação racional da espécie

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e a Universidade Federal da Paraíba (UFPB), pelo apoio em prol da realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa, 2011. Disponível em < <http://geo.aesa.pb.gov.br> > Acesso: 10 out. 2016.
- Aidar, D.S. A mandaçaia: biologia de abelhas, manejo e multiplicação artificial de colônias de *Melipona quadrifasciata* Lep. (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 161p. 2010.
- Almeida, J.C.S., Figueiredo, D.M., Boari, C.A., Paixão, M.L., Sena, J.A.B.S., Barboas, J.L., Ortêncio, M.O., Moreira, K.F. Desempenho, medidas corporais, rendimentos de carcaça e cortes, e qualidade de carne em cordeiros alimentados com resíduos da agroindústria processadora de frutas. Semina: Ciências Agrárias, v.36, n.1, p.541-556, 2015.
- Almeida, D. H. de; Molina, J. C.; Almeida, T. H. de; Calil Junior, C.; Alves, A. C. L. Determinação do teor de umidade e densidade básica pra espécies de Pinus e Eucalipto. Revista Científica Eletrônica da FAIT, São Paulo, 2014. Disponível em: < http://fait.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/pdf >. Acesso em: 01/02/2018
- Alves, R.M.O. Avaliação de parâmetros biométricos e produtivos para seleção de colônias da Abelha Uruçu (*Melipona scutellaris* Latreille, 1811). 2010. 104p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Bahia, 2010.
- Alves, R.M.O., Carvalho, C.A.L., Faquinello, P., Ledo, C.A.S., Figueiredo, L. Parâmetros biométricos e produtivos de colônias de *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae) em diferentes gerações. Magistra, v. 24, p.105- 111, 2012.
- Amano, K., Nemoto, T., Heard, T. A. What are stingless bees and how to use a crop pollinators? A review. Japan Agricultural Research Quarterly, v.34, n.3, p.183-190, 2000.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7190: Projeto de estrutura de madeira. Rio de Janeiro, 1997. Disponível em: www.abnt.org.br/.../3680-revisao-da-norma-para-projetos-de-estruturas-de-madeira Acesso: 06 de maio de 2017.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 15.220: Desempenho térmico de edificações – Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo Método Fluximétrico. Rio de Janeiro, 2005.

- Auer, C.G., Junior, A.G., Santos, A.F. Cultivo do Pinus. Sistemas de Produção nº 5, novembro de 2005, versão eletrônica. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus>. Acesso em: 06 de maio de 2017.
- Baccari Junior, F. Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes. Londrina: UEL, 2001. 142p.
- Ballarin, A.W., Palma, H.A.L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. Revista Árvore, v.27, n.3, p.371-380, 2003.
- Barillari, C.T., Jankowsky, I.P., Freitas, V.P. Durabilidade da madeira do gênero *Pinus* spp., tratada com CCA tipo A e CCB após 21 anos de exposição em campo de apodrecimento. Floresta, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná- FUPF, Edição Especial, p.87-91, 2002, (Nota Técnica).
- Becker, T. Desenvolvimento de colmeias de abelhas *Melipona interrupta* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Meliponini) sob diferentes temperaturas em condições de laboratório. 2014. 82p. Dissertação (Mestrado em ciências biológicas) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – Universidade Federal do Amazonas (INPA/UFAM), Amazonas, 2014.
- Brito, B.B.P., Faquinello, P., Paula-Leite, M.C., Carvalho, C.A.L. Parâmetros biométricos e produtivos de colônias em gerações de *Melipona quadrifasciata anthidioides*. Archivos de Zootecnia, v.62, n. 238, p.265-273. 2013.
- Buffington, D. E., Collazo-Arocho, A., Canton, G. H., Pitt, D., Thatcher, W. W., Collier, R. J. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. Transaction of the ASAE, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-714, 1981.
- Camargo, R.C.R., Pereira, F.M., Lopes, M.T.R. Meliponário – Localização e Instalação. EMBRAPA Meio-Norte. Teresina-PI. 2006.
- Campos, F.S., Gois, G.C., Carneiro, G.G. Termorregulação colonial em abelhas sem ferrão. PUBVET – Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia, v.4, n. 24, p. 872-878, 2010.
- Cardoso, C.C. Tolerância ao calor em bovinos das raças curraleira pé duro, pantaneira e nelore utilizando imagens termográficas. 2013. 38 p. Monografia (Medicina Veterinária) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2013.
- Carvalho, M.D.F. Temperatura da superfície corpórea e perda de calor por convecção em abelhas (*Apis mellifera*) em uma região semi-árida. 2009, 47 p. Dissertação

- (mestrado em Ciência Animal). Universidade Federal Rural do Semi-árido. Mossoró, 2009.
- Correia, F.C.S., Cordeiro, M.B., Carvalho, Y.K., Peruquetti, R.C. Conforto Térmico em colônias de *Tetragonisca weyrauchi* no município de Rio Branco- Acre. Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR, v.18, n.4, p.237-240, 2015.
- Correia, F.C.S., Peruquetti, R.C., Ferreira, M.G. Termorregulação em colônias de *Melipona eburnea Friese* (Apidae: Meliponina) criadas racionalmente em Rio Branco, Acre. EntomoBrasilis, v.10, n.2, p.112-117, 2017.
- Cortopassi Laurino, M., Nogueira Neto P. Notas sobre bionomia de *Tetragonisca weyrauchi* Schwarz, 1943 (Apidae, Meliponini). Acta Amazonica, v. 33, p. 643-650, 2003.
- Dantas, Maiko Roberto Tavares. Thermogenesis in stingless bees: an approach with emphasis on brood's thermal contribution. Journal of Animal Behaviour Biometeorology, v.4, n.4, p.101-108, 2016.
- Engels, W., Rosenkranz, P., Adler, A., Taghizadeh, T., Lubker, G., Francke, W. Mandibular gland volatiles and their ontogenetic patterns in queen honey bees, *Apis mellifera carnica*. Journal of Insect Physiology, v.43, n. 3, p.307- 320, 1997.
- Esmay, M. L. Principles of animal environment. Westport: AVI Publisher, 1979, 325p
- Evangelista Rodrigues, A., Góis, G.C., Silva, C.M., Darklê, L.S., Souza, D.N., Silva, P.C.C., Alves, E.L., Rodrigues, M.L. Desenvolvimento produtivo de colméias de abelhas *Melipona scutellaris*. Biotemas. v.21, n.01, p. 59-64, 2008.
- Faquinello, P., Brito, B. B. P., Carvalho, C. A. L., Paula-Leite, M. C., Alves, R. M. O. Correlação entre parâmetros biométricos e produtivos em colônias de *Melipona quadrifasciata anthidioides* LEPELETIER (HYMENOPTERA: APIDAE). 2013. Ciência Animal Brasileira, Goiânia, v.14, n.3, p. 312-317.
- França, F.J.N. Modelagem da transferência de calor em madeira de Pinus sp. (Monografia de Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo). 2011.
- Fernandes Junior, G.A., Garcia, D.A., Herrera, L.G.G., Lobo, R.N.B., Lobo, A.M.B.O., Facó, O. Análise multivariada de características de carcaça e qualidade de carne de ovinos. X Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal, SBMA, Uberaba, MG. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/102791/1/aac-Analise-multivariada.pdf>. Acessado em: 14/05/2019.

- Fernandes, L.P., Costa, V.J., Thomas, G.C. Modelagem matemática da secagem de madeira em estufas – fase de aquecimento. Curitiba: Associação Brasileira de Ciência dos Materiais, 12p, 2006.
- Ferreira, N. S. Temperatura colonial e tolerância térmica de *Melipona subnitida*, uma espécie de abelha sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) da caatinga. 2014, 57p. Dissertação (mestrado em Ciência Animal: Ecologia e Conservação no Semiárido) -Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró, 2014.
- Finco, F.D.B.A., Moura, L.L., Silva, I.G. Propriedades físicas e químicas do mel *Apis mellifera* L. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.30, n.3, p. 706-712, 2010.
- Gomes, P.W.P., Souza, R.F., Aplicação da técnica multivariada PCA e HCA em dados físico e químicos de méis produzidos em Soure e Salvaterra, Marajó, PA. 56º Congresso Brasileiro de Química – CBQ, Belém, PA. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2016/trabalhos/10/8852-16254.html>. Acessado em: 14/05/2019.
- Gonzaga, S.R., Palumbo, H.N. Trabalhador na meliponicultura: abelhas indígenas sem ferrão. Curitiba: SENAR-PR, 72p. il., 2004.
- Halcroft, M., R. Spooner-Hart e L. Dollin. A. Australian stingless bees. p. 35-72. In: Vit, P., S.R.M. Pedro & D.W. Roubik (Eds). Pot Honey: A Legacy of Stingless Bees. Springer Verlag; Berlin, Germany. XXVIII 654 p. Heinrich, B., 1979.
- Keeping a cool head: Honeybee thermoregulation. Science, v.205, p.1269-1271. 2013a.
- Halcroft, M.R., Haigh, A.M., Holmes, S.P., Spooner-Hart, R.N. The termal environment of nests of the Australian stingless bee, *Austroplebeia australis*. Insectes Sociaux. v. 60, p. 497-50, 2013b.
- Heinrich, B. Insect thermoregulation. New York: Jonh Wiley e Sons. 328p. 1981.
- Ihering, H.A. Uruçu na Apicultura Nordestina. Chácaras e Quintais. v.46, p.292- 296, 1932.
- Incropera, F.P., Dewitt, D.P. Fundamentos de transferência de calor e de massa. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 645p.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT Sistema de Informações de Madeiras Brasileiras. São Paulo: IPT, 1989. 291p. (Relatório N° 27 078).
- Jarau, S., Van Veen, J.W., Twele, R., Reichle, C., Gonzales, E.H., Aguilar, I., Francke, W., Ayasse, M. Workers make the queens in *Melipona* bees: identification of

- geraniol as a caste determining compound from labial glands of nurse bees. *Journal of Chemical Ecology*, v.36, n.6, p.565-569. 2010.
- Jesus, F. T. Sistema de calefação para ninhos de abelhas sem ferrão com controle e leitura de temperatura interna por sistema remoto. 2017, 75p. Dissertação (mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.
- Jones, F., Plassmann, P. Digital infrared thermal imaging of human skin. *Engineering in Medicine and Biology*, v. 21, p. 41-48, 2002.
- Jones, J. C., Helliwell, P., Beekman, M., Maleszka, R., Oldroyd, B. P. The effects of rearing temperature on developmental stability and learning and memory in the honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of Comparative Physiology*, v.191, p.1121–1129, 2005.
- Jones, J.C., Oldroyd, B.P. Nest thermoregulation in social insects. *Advances in Insect Physiology*, v. 33, p.153-191. 2007.
- Josephson, R. K. Temperature and the mechanical performance of insect muscle. In: *Insect Thermoregulation*. B. Heinrich, ed., Wiley, New York.. p.20-44. 1981.
- Kerr, W. E., Carvalho, G.A., Nascimento, V.A. *Abelha Uruçu - Biologia, Manejo e Conservação*. Belo Horizonte: Fundação Acangaú, Coleção Manejo da Vida Silvestre, n°. 2, 144 p, 1996.
- Kotrba, R., Kunc, P., Gurdil, G.A.K., Pinar, Y., Selvi, K.C. Applications of infrared thermography in animal production. *Journal of the Faculty of Agriculture*. v.22, p.329-336, 2007.
- Lima, M.V., Soares, K.O., Evangelista-Rodrigues, A. Complexo enzimático na alimentação artificial de abelhas africanizadas. *Archivos de zootecnia*, v. 66, n. 255, 2017.
- Loli, D. Termorregulação colonial e energética individual em abelhas sem ferrão *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). 2008, 228p. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- Lopes, L. A. Abelhas sem ferrão em fragmentos preservados de floresta com Araucária em Cambará do Sul, RS, com ênfase em *Melipona bicolor schencki*. 2012, 107 p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2012.
- Lopes, M. T. R., Barbosa, J. M., Vieira Neto, J. M., Pereira, F. M., Camargo, R.C.R,

- Ribeiro, V.Q., Rocha, R. S. Desenvolvimento e qualidade do mel de abelhas *Apis mellifera* instaladas sob diferentes condições de sombreamento. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 26 p. 2009.
- Lopes, M.T.R., Barbosa, A.L., Vieira Neto, J.M., Pereira, F.M., Rodrigues, R.C.C., Ribeiro, V.Q., Souza, B.A. Alternativas de sombreamento para apiários. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 41, n. 3, p. 299-305, 2011.
- Lorenzi, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil, vol 1, 4 ed.. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, p. 381, 2002.
- Lorenzi, H., Noblick, L. R., Kahn, F., Ferreira, E. Arecaceae (Palmeiras). Instituto Plantarum, Nova Odessa. p. 368, 2010.
- May, M.L. Insect thermoregulation. Annu. Review. Entomology. v.24, p.313-349, 1979.
- Martins, C. F., Cortopassi-Laurino, M., Koedman, D., Imperatriz-Fonseca, V.L. Espécies arbóreas utilizadas para nidificação por abelhas sem ferrão na caatinga (Seridó, PB; João Câmara, RN). Biota Neotropical, V.4, n. 2, p. 1-8, 2004.
- Menezes, H.E.A., Medeiros, R. M., Costa Neto, F.A., Cabral, D.E.C., Silva, L.L. Variabilidade da precipitação em Areia - Paraíba, Nrasil, entre 1974 – 2013. IX Congresso de Educação Agrícola Superior –ABEAS - Areia-PB - 27 a 30 de outubro de 2014.
- Michener, C. D. The Meliponini. In: VIT, P.; PEDRO, S. R. M.; ROUBIK, D. H. (Orgs.). Pot-Honey: um legacy of stingless bees. New York: Springer, p. 3-17, 2013.
- Moo Valle, H., Quezada Euán, J.J.G., Navarro, J., Rodriguez Carvajal, L.A. Patterns of intranidal temperature fluctuation for *Melipona beecheii* colonies in natural nesting cavities. Journal of Apicultural Research, v.39, p.3-7, 2000.
- Moreschi, J.C. Propriedades da madeira. 4ª edição – novembro / 2.012 Atualização: setembro de 2.014 - Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR, Curitiba, PR
- Motoike, S. Y., Carvalho, M., Lopes, F. A., Couto, F. A.A. Produção de mudas de macaúba. Boletim Técnico (Acrotech). 2011.
- Negrelle, R.R.B., Pinto, E.C.T., Zaniolo, S.R Subsídios ao entendimento da dinâmica de exploração e comercialização de espécies arbóreas nativas do pantanal matogrossense. In: Congresso Nacional de Botânica, 55, Encontro Regional de Botânicos de MG, BA e ES, 26. Resumos. Viçosa, 2004.

- Nogueira Neto, P. Vida e Criação de Abelhas indígenas sem ferrão. – São Paulo: editora Nogueirapis, 1997. 445 p.
- Nunes Silva, C.G., Coletto-Silva, A., Kerr, W.E. Evasão de operarias de *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera Apidae) durante manejo. Entomologia na Amazônia brasileira / Organizadores: Eloy G. Castellón, B. Ronchi-Teles, R. Ale-Rocha -- Manaus : INPA, 2010. 362 p. : il.
- Oliveira, K.N., Paula-Leite, M.C., Faquinello, P., Carvalho, C.A.L., Lino-Lourenço, D.A., Sampaio, R.B., Santos, E. B. Parâmetros genéticos para características produtivas e biométricas em abelha *Melipona quadrifasciata anthidioides* LEPELETIER. Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.67, n.3, p.819-826, 2015.
- Oliveira, M.A., Aidar, D.S. Efeito da alimentação artificial no crescimento de colônias de *M. seminigra merrillae* (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). Mensagem Doce, v. 89, 2006. Disponível em: <https://www.apacame.org.br/mensagemdoce/89/artigo3.htm> Acessado em: 13/05/2019.
- Pacheco, R.L.F.F., Kerr, W.E. Temperaturas em abelhas da espécie *Melipona compressipes fasciculata*. Ciência e Cultura, v.41, n.5, p. 490-495. 1989.
- Paoliello, C. Análise Biomecânica da Estrutura de Cadeira de Madeira. 2001. 205p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2001.
- Pereira, D.S., Menezes, P.R., Belchior-Filho, V., Souza, A.H., Maracajá, P.B. Abelhas indígenas criadas no rio grande do norte. Acta Veterinaria Brasilica, v.5, n.1, p. 81-91, 2011.
- Pereira, M. F. Construções Rurais. São Paulo: Nobel, 1986.
- Pires, A. P., Pacheco, A., Martorano, L, Socorro, A.L.S., Viana, A.P.S., Diniz, M.C., Galvão, A.T., Moraes, J.R.S. Índices produtivos de abelhas nativas associados à condições ambientais em Arapiuns, Pará. Revista Agroecossistemas. v.9, n. 2, p. 204-222, 2017.
- Posey, D.A., Camargo, J.M.F. Additional Notes on the Classification and Knowledge of Stingless Bees (Meliponinae, Apidae, Hymenoptera) by Kayapó Indians of Gortire, Pará, Brazil. Annals of Carnegie Museum, v. 54, n.8, p. 247-274, 1985.
- Queiroz, C. de, Melo, A. Caracterização das propriedades térmicas da pedra reconstituída com resíduos da extração de quartzito para aplicação em revestimento de fachadas de edifícios. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 15, n. 1. P.

- 136-150, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/reec.v15i1.51039> acessado em: 01/02/2019.
- Roberto, B.V.J., Souza, B.B. Utilização da termografia de infravermelho na medicina veterinária e na produção animal. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. v.2, n.3, p.73-84, 2014.
- Roberts, S. P., Harrison, J. F. Mecanismos of thermal stability during flight in the honey-bee *Apis mellifera*. *The Journal of Experimental Biology*, v.202, n.11, p.1523-1533. 1999.
- Roldão, Y. S. Termorregulação colonial e a influência da temperatura no desenvolvimento da cria em abelhas sem ferrão, *Melipona scutellaris* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). 2011, 107p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.
- Roldão-Sbordoni. Y. Termorregulação em abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini): produção ativa de calor e metabolismo energético. 2015, 109 p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – USP, Ribeirão Preto, 2015.
- Roubik, D. W. Stingless bee nesting biology. *Apidologie*, v. 37, p. 124-143, 2006.
- Roubik, D. W., Peralta, F. J. A. Thermodynamics in nest of two *Melipona* species in Brazil. *Acta Amazonica*. v. 13, n. 2, p.452-66, 1983.
- Sá, P.A.D., Vito, M. Estudo da influência da umidade nas propriedades mecânicas da madeira. UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense. 2014
- Sampaio, C. A. P., Cristani, J., Dubiela, J. A., Boff, C. E., Oliveira, M. A. Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. *Ciência Rural*, v.34, n.3, 2004.
- Seeley, T. D. *Ecologia da Abelha- Um estudo de adaptação na vida social*. (Tradução: Osowski, C. A.) – Porto Alegre: Paixão, 256 p.; Il, 2006.
- Siau, J.F. *Transport processes in wood*. New York: Springer-Varlag, 245p, 1984.
- Silva, I.J.O., Ghelfi Filho, K., Consiglero, F.R. Materiais de cobertura para instalações animais. *Engenharia Rural*, v.1, n.1, p.51-60. 1990.
- Silva, R. G. *Introdução à Bioclimatologia Animal*. Nobel, São Paulo, 2000.
- Sneath, P.H., Sokal, R.R. *Numerical taxonomy: The principles and practice of numerical classification*. San Francisco. W.H. Freeman and Company, 1973.

- Sombra, D. S. Monitoramento do desenvolvimento de colônias de abelhas africanizadas sobre a influência do ambiente sol e sombra na região semiárida do nordeste brasileiro (Mossoró-RN). 2013. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.
- Souza, B.A., Carvalho, C.A.L., Alves, R.M.O. Notas sobre a bionomia de *Melipona asilvai* (Apidae: Meliponini) como subsídio a sua criação racional. *Archivos de Zootecnia*, v.57, p. 53-62, 2008.
- Sotannde, O. A.; Oluyeye, A. O.; Adeogun, P. F.; Maina, S. B. Variation in Wood Density, Grain Orientation and Anisotropic Shrinkage of Plantation Grown *Azadirachta indica*. *Journal of Applied Sciences Research*, v. 6, n.11, p. 1855-1861, 2010.
- Spürgin, A. Apicultura. (Tradução Alexandra Rebelo). Editora Presença, Lisboa, 1ª ed. 1997. 111 p.: il.
- Stewart, M. Webster, JR. Schaefer, AL. Cook, NJ. Scoot, SL. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Animal Welfare*. v.14, p. 319- 325, 2005
- Sung, I.H., Yamane, S., Hozumi, S. Thermal characteristics of nest of the Taiwanese stingless bee *Trigona ventralis hoozana* (Hymenoptera: Apidae). *Zoological Studies*, v. 47, n. 4, p. 417-428, 2008.
- Switanek, M., Crailsheim K., Truhetz, H., Brodschneider, R. Modelling seasonal effects of temperature and precipitation on honey bee winter mortality in a temperate climate. *Science of the Total Environment*, v.579, p.1581-1587, 2017.
- Tautz, J. O fenômeno das Abelhas. Tradução: Gerson Roberto Neumann- Porto Alegre: Artmed, 288p. Il, 2010.
- Tavares, R. F. Termorregulação de colmeias de *Apis mellifera* em ambientes de sol e sombra no semiárido pernambucano. 2012, 48p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.
- Torres, A., Hoffmann, W., Lamprecht, I. Thermal investigations of a nest of the stingless bee *Tetragonisca angustula* Illiger in Colombia. *Thermochimica Acta*. v.458, n. 1, p. 118-123, 2007.
- Turco, S.H.N. Modificações das condições ambientais de verão, em maternidade de suínos. 1993. 58f. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiente) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa.
- Venturieri, G. C. Criação de abelhas indígenas sem ferrão. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 60 p, 2008.

- Villas Bôas, J. Manual Tecnológico: Mel de Abelhas sem Ferrão. Brasília – DF. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). Brasil, 96 p.; il. - (Série Manual Tecnológico). 2012.
- Vollet Neto, A. Biologia térmica de *Scaptotrigona depilis* (Apidae, Meliponini): adaptações para lidar com altas temperaturas. 2010, 97p. Dissertação (mestrado em Entomologia). Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto,/USP, 2011.
- Vollet Neto, A., Menezes, C., Imperatriz Fonseca, V.L. Aquecimento de colmeias de abelhas sem ferrão: vale a pena? Mensagem Doce, v.103, p.16-20, 2009.
- Wiese, H. Apicultura. 2.ed. – Guaíba:Agrolivros, 378 p.: Il, 2005.
- Winston, M. L. A biologia da Abelha. (Tradução: Carlos A. Osowski) – Porto Alegre: Magister, 2003. 276 p.; il.