



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



JOSE NUNES DE OLIVEIRA NETO

**PLATAFORMA IOT PARA AMBIÊNCIA APÍCOLA NAS CONDIÇÕES DO  
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Campina Grande - PB  
Novembro – 2022

JOSE NUNES DE OLIVEIRA NETO

**PLATAFORMA IOT PARA AMBIÊNCIA APÍCOLA NAS CONDIÇÕES DO  
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

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

**Orientadores:** Prof. DSc. José Wallace Barbosa do Nascimento  
Prof. DSc. Aline Costa Ferreira

Campina Grande - PB  
Novembro – 2022

O48p

Oliveira Neto, Jose Nunes de.

Plataforma IOT para ambiência apícola nas condições do semiárido brasileiro / Jose Nunes de Oliveira Neto. - Campina Grande, 2022.

167 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2022.

"Orientação: Prof. Dr. José Wallace Barbosa do Nascimento, Profa. Dra. Aline Costa Ferreira."

Referências.

1. Apicultura. 2. Temperatura Interna – Colonias *Apis mellifera*. 3. Termorregulação. 4. Abelhas Africanizadas. I. Nascimento, Wallace Barbosa do. II. Ferreira, Aline Costa. III. Título.

CDU 638.1(043)

JOSE NUNES DE OLIVEIRA NETO

**PLATAFORMA IOT PARA AMBIÊNCIA APÍCOLA NAS CONDIÇÕES DO  
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

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

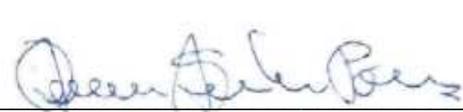
**Banca Examinadora**

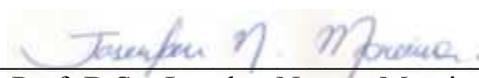
  
\_\_\_\_\_  
Prof. DSc. José Wallace Barbosa do Nascimento  
Orientador – CCT/UAEmat/ UFCG

  
\_\_\_\_\_  
Profª. D.Sc. Aline Costa Ferreira  
Coorientadora – CCTA/UAGRA/UFCG

  
\_\_\_\_\_  
Prof. D.Sc. Patrício Borges Maracajá  
Examinador Externo– INSA

  
\_\_\_\_\_  
Profª. D.Sc. Aline Carla de Medeiros  
Examinadora Externa– SEECT/PB E GVAA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. D.Sc. Daniel Santiago Pereira  
Examinador Externo – EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL/BRASIL

  
\_\_\_\_\_  
Prof. D.Sc. Joserlan Nonato Moreira  
Examinador Externo – IFPB-SOUSA



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



**ATA DA DEFESA PARA CONCESSÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA DE PROCESSOS, REALIZADA EM 17 DE NOVEMBRO DE 2022.**

Candidato(a): José Nunes de Oliveira Neto

**Comissão Examinadora: Professores Drs:** José Wallace Barbosa do Nascimento (UFPG - Orientador) José Wallace Barbosa do Nascimento (UFPG - Orientador), Aline Costa Ferreira (UFPG - Orientadora) Aline Costa Ferreira (UFPG - Orientadora), Patrício Borges Maracajá (UFPG - Examinador Externo) Patrício Borges Maracajá (UFPG - Examinador Externo), Aline Carla de Medeiros (SEECT - Examinadora Externa) Aline Carla de Medeiros (SEECT - Examinadora Externa), Joserlan Nonato Moreira (IFPB - Examinador Externo) Joserlan Nonato Moreira (IFPB - Examinador Externo), Daniel Santiago Pereira (EMBRAPA - PA - Examinador Externo) Daniel Santiago Pereira (EMBRAPA - PA - Examinador Externo).

José Wallace Barbosa do Nascimento

**Título:** Plataforma de Avaliação da Ambiência Apícola de Produção de Mel no Semiárido Brasileiro 17 de novembro de 2022 14:00 Laboratório de Construção Rurais e Ambiência- UFPG "Plataforma de Avaliação da Ambiência Apícola de Produção de Mel no Semiárido Brasileiro"

**Horário e Local da defesa:** 17 de novembro de 2022, às 14:00 horas, Laboratório de Construção Rurais e Ambiência- UFPG.

Em sessão pública, após exposição de 50 minutos, o candidato foi arguido oralmente pela Comissão Examinadora, tendo demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema de sua tese sendo "APROVADO". Face a Aprovação declara o Presidente da Banca Examinadora José Wallace Barbosa do Nascimento, achar-se o(a) candidato(a) legalmente habilitado(a) a receber o grau de Doutor no domínio da Engenharia de Processos, cabendo a Universidade Federal de Campina Grande providenciar a expedição do Diploma a que o mesmo faz jus. Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata, que é assinada por mim, Maria de Fátima David Sousa, secretária, e pelos membros da Comissão Examinadora. Campina Grande, 17 de novembro de 2022.

Maria de Fátima David Sousa (Secretária)

Professores Drs:

José Wallace Barbosa do Nascimento (UFPG - Orientador)

Aline Costa Ferreira (UFPG - Orientadora)

Patrício Borges Maracajá (UFPG - Examinador Externo)

Aline Carla de Medeiros (SEECT - Examinadora Externa)

7



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



Joscelan Nonato Moreira (IFPB - Examinador Externo)

Daniel Santiago Pereira (EMBRAPA - PA - Examinador Externo)

OBS: NA DEFESA DA TESE, A COMISSÃO AVALIADORA DELIBEROU PELA MUDANÇA DO TÍTULO PARA: PLATAFORMA IOT PARA AMBIÊNCIA AGRÍCOLA NAS CONDIÇÕES DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.

MARTA DE FÁTIMA DAVID SOUSA  
SECRETÁRIA DO PPGEP.

## AGRADECIMENTOS

Para percorrer um longo caminho com tranquilidade é preciso fé, vontade constante de seguir, e apoio, principalmente nos trechos mais cansativos, e isso não me faltou, por isso chego bem, com tranquilidade e mente sadia, com imensa gratidão a todas as pessoas que conquistaram comigo a realização desse grande sonho.

Agradeço primeiro e infinitamente a Deus por essa conquista tão almejada, por ter me mantido na fé, sempre encantado com sua graça e misericórdia, por ter me encorajado a se portar sempre sereno em todos os momentos, pela saúde a mim concedida, pelo escudo de proteção colocado sobre mim sempre. Com Deus nada nos desencoraja!

Aos meus avós paternos, Jose Nunes de Oliveira e Maria Nunes de Souza, ambos (*in memoriam*), as primeiras pessoas a me fazerem acreditar na realização dos sonhos. A Jonas Nunes de Souza e Francisca Nunes Diniz de Souza (*in memoriam*), meus pais, pela vida e por tudo que me proporcionaram, pois cada um de seus atos foram exemplos de vida que carrego e procuro repassar para minhas filhas.

A Gleycia Sousa Cardoso, minha companheira, que esteve comigo durante todo o percurso, deixando de ter a devida atenção nos momentos que dediquei exclusivamente ao desenvolvimento da pesquisa.

Às minhas filhas, Alice de Lavor Nunes e Júlia Nunes de Lavor, pelo amor, carinho e paciência pelo tempo que deixei de lhes dedicar em virtude dos estudos. Espero que minha vida acadêmica, de alguma forma incentive suas formações educacionais.

Aos meus irmãos Antônio Nunes, Maria Santa, Salvina Nunes e aos meus tios Antonino e Maria Nunes por viverem com dignidade, me fazendo orgulhoso de nossas vidas e da coragem que cada um demonstra na luta por seus objetivos.

Aos meus orientadores, Prof. Jose Wallace Barbosa do Nascimento e Prof<sup>a</sup>. Aline Costa Ferreira, por acreditarem em mim, pelas ideias compartilhadas e pelas contribuições na conquista desse grande sonho, pelo incentivo, coragem, apoio e dedicação, a vocês minha eterna gratidão!

Ao Prof. Jose Jefferson da Silva Nascimento, por todo apoio, força e contribuição para que a pesquisa pudesse ser realizada da melhor forma possível. Muito obrigado!

Aos professores Joserlan Nonato Moreira e Daniel Santiago Pereira, pelas relevantes contribuições prestadas para o desenvolvimento desse trabalho, pelo incentivo, encorajamento, apoio e dedicação.

Agradecimentos especiais ao Prof. Patrício Borges Maracajá, à Profª. Aline Carla de Medeiros e a Maria Fátima David Dantas, que acreditaram em mim desde o dia em que nos conhecemos, no ano de 2016, sempre estiveram juntos comigo na luta por objetivos, projetos e sonhos, incentivando e apoiando de forma incomparável. Gratidão enorme por tudo!

Ao professor e Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Prof. DSc. Gilson, pela atenção e pelo apoio prestado durante todo o curso.

Aos professores da Pós-Graduação em Engenharia de Processos pelos relevantes ensinamentos.

Aos amigos Michel da Silva e Maicon Gonzaga da Silva, que se dedicaram diuturnamente a apoiar o desenvolvimento da pesquisa, sem os quais ela não teria ocorrido no tempo e da forma esplêndida como ocorreu.

Aos colegas de doutorado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, pelo apoio, força, incentivo, amizade e parceria ao longo da caminhada.

Aos apicultores Francisco Cristovão e Bibi pela orientação prestada, assim como pela disponibilidade de conhecimentos e da estrutura do Apiário disponibilizados para apoio à pesquisa.

A todos os funcionários da UFCG, pela amizade e presteza que nos dedicaram durante todo o curso.

A todos os meus e minhas colegas de trabalho, das Delegacias de Polícia Federal em Patos/PB e Juazeiro do Norte/Ce, pela compreensão nos momentos que precisei estar ausente para que pudesse me dedicar aos estudos acadêmicos. Destaque para os colegas APFs André Deccache, Clayton Sette, Guilherme Delgado, Valderi e Patric, assim como Emanuel (Júnior), vigilante, que prestaram apoio relevante ao desenvolvimento da pesquisa,

Aos amigos Ednaldo, Francisco José, Luis, Leonardo, Ricardo, João, Cosmo e Laurentino, que dividiram essa caminhada de perto comigo, pelo apoio, pela mão amiga, por ter me auxiliado nos momentos difíceis e pela felicidade de ter a amizade de vocês.

A Francisco Alves do Carmo, sua esposa Alice e sua filha Ana Paula, que estiveram juntos comigo, trabalhando, apoiando e incentivando durante toda a pesquisa. Vocês foram bem mais que amigos, uma verdadeira família!

Aos meus alunos, que foram fonte de força e inspiração, me fortalecendo, sobretudo nos momentos de mais dificuldades.

Agradeço a todos as pessoas que dividiram momentos comigo durante essa caminhada, contribuíram para a realização desta pesquisa e para a efetivação deste sonho.

*“Só o amor é capaz de criar nas sociedades humanas a ordem que o instinto estabeleceu há milhares de anos no mundo das formigas e das abelhas”.*

*(Alexis Carrel)*

## SUMÁRIO

RESUMO .....	iv
ABSTRACT .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	vi
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....	vii
LISTA DE TABELAS .....	viii
LISTA DE GRÁFICOS .....	x
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 JUSTIFICATIVA .....	3
1.2 OBJETIVOS .....	5
1.2.1 Geral .....	5
1.2.2 Específicos.....	5
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	6
2.1 APICULTURA NO BRASIL .....	6
2.2 PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DO MEL BRASILEIRO .....	8
2.3 TERMORREGULAÇÃO NAS COLMEIAS .....	10
2.4 UTILIZAÇÃO DE MICROCONTROLADORES NA APICULURA .....	13
2.4.1 Plataforma Arduino .....	13
2.4.2 Utilização de Arduino em Pesquisas na Apicultura .....	15
2.4.3 Microcontrolador ESP 8266 Node MCU .....	16
2.5 CIÊNCIA E TECNOLOGIA NA CONSTITUIÇÃO FEDERAL DE 1988 .....	16
3. METODOLOGIA .....	18
3.1 INSTALAÇÃO DO APIÁRIO .....	18
3.1.1 Área de estudo .....	18
3.2 INÍCIO DO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	22
3.2.1 Delineamento do Estudo.....	22
3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	23

3.3.1 Levantamento bibliográfico .....	23
3.3.2 Programação dos Microcontroladores .....	24
3.3.3 Instalação e Funcionamento da Plataforma .....	25
3.3.4 Coleta e análise de dados .....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
4.1 DA INSTALAÇÃO DOS SENSORES DE TEMPERATURA E UMIDADE NAS 10 COLMEIAS POVOADAS .....	30
4.2 DA CONSTRUÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS .....	31
4.2.1 Dados registrados pelas estações meteorológicas em 20/03/2022. ....	31
4.2.2 Dados registrados pelas estações meteorológicas em 20/04/2022 .....	32
4.3 DA INTEGRAÇÃO DA PLATAFORMA IOT AO SERVIDOR E AO TELEGRAM .....	34
4.4 DO MAPEAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDADE NA AMBIÊNCIA DE UMA COLMEIA NÃO POVOADA (TESTEMUNHA) .....	37
4.4.1 Análise de Temperaturas mínima, máxima, média e oscilação da temperatura na colmeia 11(testemunha).....	38
4.4.2 Análise de umidades máxima, mínima e média, assim como sua respectiva amplitude na colmeia 11 (testemunha). ....	41
4.5 DO MAPEAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDADE NO AMBIENTE DE INSTALAÇÃO DO APIÁRIO EXPERIMENTAL .....	45
4.5.1 Mapeamento de Temperaturas mínima, máxima, média e oscilação da temperatura no ambiente do apiário .....	45
4.5.2 Análise de umidades máxima, mínima e média, assim como sua respectiva amplitude no ambiente do apiário. ....	47
4.6 DA COMPARAÇÃO ENTRE AS TEMPERATURAS E UMIDADES MÁXIMA, MÍNIMA, MÉDIA E DA AMPLITUDE TÉRMICA DA COLMEIA 11(TESTEMUNHA) COM AS REGISTRADAS NO AMBIENTE EXTERNO .....	49
4.6.1 Análise comparativa de Temperaturas máxima, mínima, média e amplitude térmica da colmeia 11(testemunha) com o ambiente externo. ....	49

4.6.2 Análise comparativa de umidades máxima, mínima, média e amplitude da umidade da colmeia 11(testemunha) com o ambiente externo .....	51
4.7 DA CAPACIDADE DA <i>APIS MELLIFERA</i> EM MANTER SUA AMBIÊNCIA COM TERMORREGULAÇÃO ADEQUADA.....	53
4.7.1 Da oscilação da temperatura e da umidade no interior de uma colmeia não povoada durante 24 horas. ....	53
4.7.2 Análise de temperatura e umidade com suas respectivas amplitudes (oscilações) nas colmeias 1 a 10. ....	78
4.7.3 Análise comparativa da temperatura com sua respectiva amplitude (oscilação) nas colmeias 1 a 10, com a colmeia testemunha e com o ambiente .....	109
4.7.4 Acompanhamento da termorregulação nas colmeias 1 A 10 nos meses chuvosos (janeiro a março de 2022).....	114
4.7.5 ACOMPANHAMENTO DA UMIDADE NAS COLMEIAS 1 A 10 NOS MESES SECOS (OUTUBRO A DEZEMBRO DE 2021) .....	119
4.7.6 ACOMPANHAMENTO DA UMIDADE NAS COLMEIAS 1 A 10 NOS MESES CHUVOSOS (JANEIRO A MARÇO DE 2022) .....	124
4.8 DA IDENTIFICAÇÃO DA ZONA DE CONFORTO TÉRMICO MANTIDA PELAS COLÔNIAS DE <i>APIS MELLIFERA</i> NAS COLMEIAS .....	129
4.8.1 Determinação dos limites mínimo e máximo de temperatura da zona de conforto térmico no ninho da abelha <i>Apis mellifera L.</i> .....	131
4.8.2 Determinação dos limites mínimo e máximo de umidade da zona de conforto térmico no ninho da abelha <i>Apis mellifera L.</i> .....	133
4.8.3 Da Aplicação de Análises e testes de Estatística Experimental .....	135
4 CONCLUSÕES .....	141
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	142
6 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS .....	142
7 REFERÊNCIAS .....	142
APÊNDICE – ARTIGO SOBRE ANÁLISE ECONÔMICA DA PLATATORMA .....	147

OLIVEIRA NETO, Jose Nunes de. **Plataforma IOT para Ambiência Apícola nas condições do Semiárido Brasileiro**. 2022. 167 fls. Campina Grande: Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande, 2022. Tese (doutorado).

## RESUMO

A apicultura começou a ser desenvolvida no Brasil em 1839 com a chegada da *Apis mellifera mellifera* (alemã), no entanto, passados mais de cem anos da introdução dessa subespécie, ainda não havia uma boa produtividade, o que só veio a ocorrer a partir de 1957 com o surgimento de um poli-híbrido denominado abelhas africanizadas, decorrente de cruzamentos naturais da subespécie europeia com a africana. Em 2013, o valor da produção de mel no Brasil foi de 316 milhões de reais. A temperatura interna das colônias de *Apis mellifera* é um fator de alta relevância para a saúde e o bem-estar dessas abelhas, de forma que o limite aceitável de temperatura entre 33 a 36 °C permite o pleno desenvolvimento das crias, assim como das demais atividades que as abelhas exercem. Este trabalho objetivou desenvolver uma plataforma com microcontroladores conectados a sensores para viabilizar a automação da avaliação da ambiência apícola no semiárido brasileiro. A pesquisa foi realizada com 10 colmeias de *Apis mellifera*, situadas em um Apiário Experimental instalado na localidade denominada Cachoeira Alta, na zona rural do município de Iguatu-Ce. Foram realizados 11 tratamentos, com a utilização de 10 colmeias povoadas e uma sem abelhas, denominada testemunha. O tratamento colmeia testemunha demonstrou que o intervalo de temperaturas registrado pela colmeia sem abelhas no período de outubro de 2021 a março de 2022 foi de 24,4 a 36°C, Já os 10 tratamentos com colmeias povoadas resultaram na identificação de um intervalo de temperaturas entre 32,9 a 35,5 °C. No período de outubro a dezembro de 2021, as abelhas precisaram desenvolver mecanismos tanto para resfriar sua ambiência como para aquecer, a depender do período do dia, já no período de janeiro a março de 2022, só foi preciso aquecer sua área nidificada para manter termorregulação adequada. A plataforma foi integrada a um servidor na internet para enviar os dados coletados e ao telegram para alertar leituras de dados fora do padrão pré-estabelecido na programação.

**Palavras-chave:** Apicultura. Temperatura interna. Termorregulação. Africanizadas.

OLIVEIRA NETO, Jose Nunes de. **Development of a Platform with Microcontrollers to Evaluate the Beekeeping Environment of Honey Production in the Brazilian Semiarid Region: Iguatu-Ce.** 2022. 167 pages Campina Grande: Postgraduate in Process Engineering, Federal University of Campina Grande, 2022. Thesis (PhD).

### ABSTRACT

Beekeeping began to be developed in Brazil in 1839 with the arrival of *Apis mellifera mellifera* (German). 1957 with the emergence of a polyhybrid called Africanized bees, resulting from natural crosses of the European and African subspecies. In 2013, the value of honey production in Brazil was 316 million reais. The internal temperature of *Apis mellifera* colonies is a highly relevant factor for the health and well-being of these bees, so that the acceptable temperature range between 33 and 36 °C allows the full development of the offspring, as well as other activities that bees do. This work aimed to develop a platform with microcontrollers connected to sensors to enable the automation of the evaluation of the beekeeping environment in the Brazilian semiarid region. The research was carried out with 10 hives of *Apis mellifera*, located in an Experimental Apiary installed in the locality called Cachoeira Alta, in the rural area of the municipality of Iguatu-Ce. Eleven treatments were carried out, using 10 populated hives and one without bees, called a control. The control hive treatment showed that the temperature range recorded by the hive without bees in the period from October 2021 to March 2022 was from 24.4 to 36°C, while the 10 treatments with populated hives resulted in the identification of a range of temperatures between 32.9 to 35.5°C. In the period from October to December 2021, the bees needed to develop mechanisms both to cool their environment and to warm up, depending on the time of day, in the period from January to March 2022, it was only necessary to heat their nesting area to maintain thermoregulation. proper. The platform was integrated with an internet server to send the collected data and with the telegram to alert data readings outside the pre-established standard in the schedule.

**Keywords:** Beekeeping. Internal temperature. Thermoregulation. Africanized.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Placa Arduino Uno e cabo USB.....	14
Figura 02 - Localização do município de Iguatu, Ceará (mapa).....	19
Figura 03 - Localização geográfica inicial do Apiário Experimental (imagem de (satélite).....	19
Figura 04 - Apiário Experimental instalado para a realização da pesquisa.....	20
Figura 05 - Centro de Comando e Controle do Apiário Experimental instalado no Sítio Cachoeira Alta.....	21
Figura 06 - Quadro de ninho de colmeia Langstroth com mel, crias e pólen.....	22
Figura 07 - Quadro de ninho de colmeia Langstroth com crias.....	22
Figura 08 - Sensor DHT 21 inserido entre os quadros 5 e 6, no centro da colmeia.....	25
Figura 09 - Painéis fotovoltaicos, controlador de carregamento de bateria e baterias estacionárias.....	26
Figura 10 - Tomada para energia com base para aterramento, Estabilizador <i>Microsol</i> , Fonte chaveada de 10 amperes, <i>Hub</i> com doze saídas, Cabo <i>cat 5</i> na cor branca, Conector <i>Intelbrás</i> e Carregador para celular <i>Samsung</i> original.....	26
Figura 11 - Shield base de alimentação para ESP 8266 NODEMCU, Módulo WI-FI ESP 8266 NODEMCU V3 (CH340), Sensor DHT 21 de temperatura e umidade e Jumper fio Dupont conector para ESP 8266 <i>male female</i> 100 cm.....	27
Figura 12 - Sensor de Radiação Ultravioleta modelo ML 8511 e Anemômetro digital com Biruta eletrônico.....	27
Figura 13 - Tela da página de consulta dos dados de temperatura e umidade nas 10 colmeias em 07/02/2022 às 12:01:00.....	28
Figura 14 - Tela de consulta aos dados de temperatura e umidade na colmeia 01 em 01/02/2022 das 00:00:00 às 0:05:00.....	28
Figura 15 - Print da página inicial do servidor com os dados gerados pela plataforma.....	34
Figura 16 - Print da tela do aplicativo <i>telegram</i> informando que houve leitura de umidade fora dos parâmetros indicados.....	35
Figura 17 - Print da tela do aplicativo <i>telegram</i> informando que houve leitura de temperatura fora dos parâmetros indicados.....	36
Figura 18 - Print da tela do aplicativo <i>telegram</i> informando que a colmeia 08 não conseguiu coletar temperatura e umidade e solicitando verificar o que motivou.....	37

**LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

% - Símbolo de porcentagem  
A – Ampere  
Abr – Abreviação de abril  
Amb – Abreviação de ambiente  
Amp – Abreviação de amplitude  
ANAVA – Análise de Variância  
CCC – Centro de Comando e Controle  
CCD - Desordem do Colapso da Colônia (Colony Collapse Disorder)  
CE – Ceará  
CF - Constituição Federal  
Cm - Abreviação de centímetro  
Dez – Abreviação de dezembro  
Fev – Abreviação de fevereiro  
Fig. – Figura  
Jan – Abreviação de Janeiro  
Kg - Abreviação de quilograma  
Km – Abreviação de quilômetro  
Km/h – Quilômetro por hora  
Km<sup>2</sup> - Abreviação de quilômetro quadrado  
m – Abreviação de metro  
m<sup>2</sup> - Abreviação de metro quadrado  
Mar – Abreviação de março  
mW - Miliwatts  
mW/c m<sup>2</sup> - MiliWats por centímetro quadrado  
Nov – Abreviação de novembro  
° - Grau  
°C – Grau celcius  
Osc – Abreviação de oscilação  
Out – Abreviação de outubro  
SD – Secure Digital  
Temp – Abreviação de temperatura  
UFERSA - Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Um – Abreviação de umidade  
V –Volts  
W – Watts

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Dados que representam o comportamento da temperatura ao longo do ano, com valores calculados a partir de uma série de dados observados em um período de 30 anos.....	12
Tabela 02 - Dados registrados pelas Estações 01 e 02 em 20/03/2022.....	31
Tabela 03 - Dados registrados pelas Estações 01 e 02 em 20/04/2022.....	32
Tabela 04 - Temperaturas mínima, máxima, média e oscilação da temperatura registradas na colmeia 11 (testemunha) nos meses de outubro de 2021 a março de 2022.....	38
Tabela 05 - Médias das temperaturas mínima, máxima, média e oscilação da temperatura registradas na colmeia 11 (testemunha) em seis meses (outubro de 2021 a março de 2022) .....	38
Tabela 06 - Umidades mínima, média e máxima, assim como a amplitude da umidade registradas na colmeia 11 (testemunha), de outubro de 2021 a março de 2022.....	41
Tabela 07 - Médias das umidades mínima, máxima, média e amplitude da umidade registradas na colmeia 11 (testemunha), em 6 meses (outubro/2021 a março/2022) .....	42
Tabela 08 - Temperaturas mínima, máxima, média e oscilação da temperatura registradas no ambiente do apiário nos meses de out/2021 a março de 2022.....	46
Tabela 09 - Médias das temperaturas mínima, máxima e média registradas no ambiente do apiário em seis meses (outubro de 2021 a março de /2022) .....	46
Tabela 10 - Médias das umidades mínima, máxima, média e amplitude da umidade registradas no ambiente do apiário nos dias 22 de outubro de 2021, 27 de novembro de 2021, 22 de dezembro de 2021, 22 de janeiro de 2022, 20 de fevereiro de 2022 e 20 de março de 2022.....	48
Tabela 11 - Médias das umidades mínima, máxima, média e amplitude da umidade registradas no ambiente do apiário, em 6 meses (outubro de 2021 a março de 2022) .....	48
Tabela 12 - Médias de temperaturas máxima, mínima, média e amplitude térmica da colmeia 11 (testemunha) e do ambiente do apiário, no período de 22 de outubro de 2021 a 20 de março de 2022.....	50
Tabela 13 - Médias de umidades máxima, mínima, média e oscilação da umidade na colmeia 11 (testemunha) e no ambiente do apiário, no período de out/2021 a mar/22.....	51
Tabela 14 - Temperaturas e umidades registradas na colmeia 11(testemunha), em 22/10/21.....	54
Tabela 15 - Temperaturas e umidades registradas na colmeia 11(testemunha), em 27/11/21.....	58
Tabela 16 - Temperaturas e umidades registradas na colmeia 11(testemunha), em 22/12/21.....	62
Tabela 17 - Temperaturas e umidades registradas na colmeia 11(testemunha), em 22/01/21.....	66
Tabela 18 - Temperaturas e umidades registradas na colmeia 11(testemunha), em 20/02/22.....	70
Tabela 19 - Temperaturas e umidades registradas na colmeia 11(testemunha), em 20/03/22.....	74
Tabela 20 - Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 1 e na colmeia testemunha, nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022.....	79
Tabela 21 - Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 2 e na colmeia 11 (testemunha), nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022.....	82
Tabela 22 - Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 3 e na colmeia 11 (testemunha), nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022.....	85
Tabela 23 - Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 4 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022.....	88
Tabela 24 - Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 5 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022.....	91

Tabela 25 - Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 5 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022.....	94
Tabela 26 - Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 7 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022.....	97
Tabela 27 - Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 8 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022.....	100
Tabela 28 - Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 9 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022.....	103
Tabela 29 - Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 10 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022.....	106
Tabela 30 - Temperaturas mínima, máxima e média das colmeias povoadas (1 a 10) e na colmeia testemunha, em 22/10/2021.....	109
Tabela 31 - Temperaturas mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10) e na colmeia testemunha, em 27/11/2021.....	111
Tabela 32 - Temperaturas mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10) e na colmeia testemunha, em 22/12/2021.....	112
Tabela 33 - Temperaturas mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10) e na colmeia testemunha, em 22/01/2022.....	115
Tabela 34 - Temperaturas mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10), na colmeia testemunha e no ambiente em 20/02/2022.....	116
Tabela 35 - Temperaturas mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10), na colmeia testemunha e no ambiente em 20/03/2022.....	118
Tabela 36 - Umidades mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10), na colmeia testemunha em 22/10/2022.....	120
Tabela 37 - Umidades mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10), na colmeia testemunha em 27/11/2022.....	121
Tabela 38 - Umidades mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10) e na colmeia testemunha em 22/12/2022.....	123
Tabela 39 - Umidades mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10) e na colmeia testemunha em 22/01/2022.....	125
Tabela 40 - Umidades mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10), na colmeia testemunha e no ambiente em 20/02/2022.....	126
Tabela 41 - Umidades mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10), na colmeia testemunha e no ambiente, em 20/03/2022.....	128
Tabela 42 - Médias das umidades mínima, máxima, média e oscilação entre temperatura mínima e máxima das colmeias povoadas (1 a 10), em 6 meses (out/2021 a mar/2022).....	131
Tabela 43 - Médias das umidades mínima, máxima, média e oscilação entre umidades mínima e máxima das colmeias povoadas (1 a 10), em 6 meses (out/2021 a mar/2022).....	133
Tabela 44 - Análise de variância e teste Tukey para 12 tratamentos com 6 repetições (temperatura e umidade) .....	135
Tabela 45 - Aplicação da análise de variância e do teste Tukey para verificar diferença entre as colheitas 01 e 02.....	137
Tabela 46 - Anova e teste Tukey para verificação da diferença entre tratamentos no período das colheitas.....	139

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Evolução da produção de mel no Brasil de 1999 a 2009 (Kg).....	9
Gráfico 02 – Média das temperaturas do ambiente externo e das colônias <i>Apis mellifera</i> (Hymenoptera: Apidae) em todos os tratamentos num período de 24 horas, 2016.....	11
Gráfico 03 -- Temperaturas, umidades, direção do vento, velocidade do vento, radiação UV e dados pluviométricos registrados nas estações 01 e 02 em 20/03/2022.....	32
Gráfico 04 - Temperaturas, umidades, direção do vento, velocidade do vento, radiação UV e dados pluviométricos registrados nas estações 01 e 02 em 20/04/2022.....	33
Gráfico 05 - Médias de temperatura, umidade, direção do vento, velocidade do vento, radiação UV e mm de chuva registradas pelas estações 01 e 02 em 20/03/2022 e 20/04/2022 no ambiente do apiário.....	33
Gráfico 06 - Temperaturas mínima, máxima e média registradas na colmeia 11 (testemunha) de outubro/2021 a março/2022 (três meses secos e três meses chuvosos) e a média do semestre.....	39
Gráfico 07 - Umidades mínima, máxima e média registradas na colmeia 11, de outubro de 2021 a março de 2022 (três meses secos e três meses chuvosos) e a média do semestre.....	43
Gráfico 08 - Médias das umidades mínima, máxima, média e oscilação da umidade, registradas nos meses de outubro a dezembro de 2021 e a média desse trimestre.....	44
Gráfico 09 - Médias das umidades mínima, máxima, média e oscilação da umidade, registradas nos meses de janeiro a março de 2022 e a média desse trimestre.....	44
Gráfico 10 - Temperaturas mínima, máxima e média registradas no ambiente do apiário, de outubro de 2021 a março de 2022 e a média do semestre.....	47
Gráfico 11 - Médias das umidades mínima, máxima, média e oscilação da umidade (%), registradas nos meses de out/21 a mar/22, no ambiente do apiário e a média desse semestre...	49
Gráfico 12 - Médias de temperaturas mínima, máxima, média e amplitude térmica da colmeia 11 (testemunha) e do ambiente do apiário, no período de 20 de fevereiro a 20 de abril de 2022.....	50
Gráfico 13 - Médias de umidades mínima, máxima, média e oscilação da umidade (%) na colmeia 11 (testemunha) e no ambiente do apiário, no período de 20 de fevereiro a 20 de abril de 2022.....	52
Gráfico 14 -Variação da temperatura na colmeia 11 (testemunha) em 22/10/2021.....	55
Gráfico 15 - Temperaturas e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas e na colmeia testemunha, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 22 de outubro de 2021.....	56
Gráfico 16 - Variação da umidade na colmeia 11(testemunha) em 22/10/2021.....	57
Gráfico 17 - Umidades e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas e na colmeia testemunha, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 22 de outubro de 2021.....	58
Gráfico 18 - Variação da temperatura na colmeia 11 (testemunha) em 27/11/2021.....	59
Gráfico 19 - Temperaturas e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas e na colmeia testemunha, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 27 de novembro de 2021.....	60
Gráfico 20 - Oscilação da umidade na colmeia 11(testemunha) em 27/11/2021.....	61
Gráfico 21 - Umidades e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas e na colmeia testemunha, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 27 de novembro de 2021.....	62
Gráfico 22 - Variação da temperatura na colmeia 11 (testemunha) em 22/12/2021.....	63

Gráfico 23 - Temperaturas e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas e na colmeia testemunha, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 22 de dezembro de 2021.....	64
Gráfico 24 - Variação da umidade na colmeia 11 (testemunha) em 22/12/2021.....	65
Gráfico 25 – Umidades e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas e na colmeia testemunha, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 22 de dezembro de 2021.....	66
Gráfico 26 - Variação da temperatura na colmeia 11 (testemunha) em 22/01/2022.....	67
Gráfico 27 - Temperaturas e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas e na colmeia testemunha, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 22 de janeiro de 2022.....	68
Gráfico 28 - Variação da umidade na colmeia 11 (testemunha) em 22/01/2022.....	69
Gráfico 29 - Umidades e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas e na colmeia testemunha, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 22 de janeiro de 2022.....	70
Gráfico 30 - Variação da temperatura na colmeia 11 (testemunha) em 20/02/2022.....	71
Gráfico 31 - Temperaturas e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas, na colmeia testemunha e no ambiente, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 20 de fevereiro de 2022.....	72
Gráfico 32 - Variação da umidade na colmeia 11 (testemunha) em 20/02/2022.....	73
Gráfico 33 - Umidades e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas, na colmeia testemunha e no ambiente, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 20 de fevereiro de 2022.....	74
Gráfico 34 - Variação da temperatura na colmeia 11 (testemunha) em 20/03/2022.....	75
Gráfico 35 - Temperaturas e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas, na colmeia testemunha e no ambiente, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 20 de março de 2022.....	76
Gráfico 36 - Variação da umidade na colmeia 11 (testemunha) em 20/03/2022.....	77
Gráfico 37 - Umidades e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas, na colmeia testemunha e no ambiente, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 20 de março de 2022.....	78
Gráfico 38 - Temperaturas registradas na colmeia 1 e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022.....	80
Gráfico 39 - Umidades registradas na colmeia 1 e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022.....	81
Gráfico 40 - Temperaturas registradas na colmeia 2 e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022.....	83
Gráfico 41 - Umidades registradas na colmeia 2 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022.....	84
Gráfico 42 - Temperaturas registradas na colmeia 3 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022.....	86
Gráfico 43 - Umidades registradas na colmeia 3 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022.....	87
Gráfico 44 - Temperaturas registradas na colmeia 4 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022.....	89
Gráfico 45 - Umidades registradas na colmeia 4 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022.....	90
Gráfico 46 - Temperaturas registradas na colmeia 5 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022.....	92
Gráfico 47 - Umidades registradas na colmeia 5 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), de out/2021 a mar/2022.....	93
Gráfico 48 - Temperaturas registradas na colmeia 6 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022.....	95
Gráfico 49 - Umidades registradas na colmeia 6 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), de out/2021 a mar/2022.....	96

Gráfico 50 - Temperaturas registradas na colmeia 7 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022.....	98
Gráfico 51 - Umidades registradas na colmeia 7 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), de out/2021 a mar/2022.....	99
Gráfico 52 - Temperaturas registradas na colmeia 8 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022.....	101
Gráfico 53 - Umidades registradas na colmeia 8 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), de out/2021 a mar/2022.....	102
Gráfico 54 - Temperaturas registradas na colmeia 9 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022.....	104
Gráfico 55 - Umidades registradas na colmeia 9 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), de out/2021 a mar/2022.....	105
Gráfico 56 - Temperaturas registradas na colmeia 10 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022.....	107
Gráfico 57 - Umidades registradas na colmeia 10 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), de out/2021 a mar/2022.....	108
Gráfico 58 - Temperaturas mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da temperatura na colmeia testemunha e nas dez colmeias povoadas, em 22/10/2021.....	110
Gráfico 59 - Temperaturas mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da temperatura na colmeia testemunha e nas dez colmeias povoadas, em 27/11/2021.....	112
Gráfico 60 - Temperaturas mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da temperatura na colmeia testemunha e nas dez colmeias povoadas, em 22/12/2021.....	114
Gráfico 61 - Temperaturas mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da temperatura na colmeia testemunha e nas dez colmeias povoadas, em 22/01/2022.....	115
Gráfico 62 - Temperaturas mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da temperatura na colmeia testemunha, no ambiente e nas dez colmeias povoadas, em 20/02/2022.....	117
Gráfico 63 - Temperaturas mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da temperatura na colmeia testemunha, no ambiente e nas dez colmeias povoadas, em 20/03/2022.....	119
Gráfico 64 - Umidades mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da umidade na colmeia testemunha, e nas dez colmeias povoadas, em 22/10/2022.....	121
Gráfico 65 - Umidades mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da umidade na colmeia testemunha, e nas dez colmeias povoadas, em 27/11/2022.....	122
Gráfico 66 - Umidades mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da umidade na colmeia testemunha, e nas dez colmeias povoadas, em 22/12/2022.....	124
Gráfico 67 - Umidades mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da umidade na colmeia testemunha, e nas dez colmeias povoadas, em 22/01/2022.....	126
Gráfico 68 - Umidades mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da umidade na colmeia testemunha, no ambiente e nas dez colmeias povoadas, em 20/02/2022.....	127
Gráfico 69 - Umidades mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da umidade na colmeia testemunha, no ambiente e nas dez colmeias povoadas, em 20/03/2022.....	129
Gráfico 70 - Médias de temperatura mínima, máxima, média e a oscilação de temperatura, com dados dos seis meses pesquisados, das 10 colmeias, para determinação da zona de conforto térmico no ninho da apis mellifera L.....	132
Gráfico 71 - Médias de umidade mínima, máxima, média e a oscilação de umidade, com dados dos seis meses pesquisados, das 10 colmeias, para determinação da zona de conforto térmico no ninho da apis mellifera L.....	134

## 1 INTRODUÇÃO

A *Apis mellifera* é uma espécie de abelha natural da Europa, parte da Ásia e da África, que foi introduzida no Brasil em 1839 por determinação do Imperador D. Pedro II, visando a utilização da cera na fabricação de velas para ofícios religiosos, bem como o aproveitamento do mel (WIESE, 2000).

Além da produção de cera, mel, pólen, própolis, geleia real e apitoxina, pesquisadores apontam a polinização como sendo a grande e principal contribuição de uma colônia de *Apis mellifera* (NOGUEIRA-COUTO; COUTO, 2006).

Até 2001 a exportação de mel pelo Brasil era pouco significativa, apresentando um extraordinário crescimento em 2002, quando o mercado apícola de mel movimentou cerca de 650 milhões de dólares, o que foi motivado pela crescente preferência dos consumidores por produtos naturais. Fatores como a biodiversidade da flora, a rusticidade das abelhas e as características do clima colocaram o país em situação privilegiada no fornecimento desse produto (IBGE apud SEBRAE, 2011).

Para que ocorra o pleno desenvolvimento das crias, assim como das demais atividades que a *Apis mellifera* exerce na colmeia, ela precisa manter em seu ninho, um gradiente de temperatura adequado. Independentemente da temperatura externa, a área de cria da colmeia é mantida entre 33 e 36°C, ideal para o desenvolvimento das crias. Temperaturas acima ou abaixo dessa faixa podem provocar o aumento da mortalidade das crias ou causar defeitos físicos nas asas ou noutras partes do corpo das abelhas recém-nascidas (EMBRAPA, 2007).

Temperaturas acima de 40°C podem amolecer e quebrar os favos de cera cheios de mel (LOPES et al., 2008).

De acordo com Andrade, Maracajá e Medeiros (2017) a umidade relativa ideal na colmeia se concentra em torno dos 40%, de forma que se ela aumentar muito, com a evaporação do néctar, as operárias imediatamente provocarão uma corrente de ar para o interior da colmeia, na tentativa de diminuí-la.

As próprias abelhas percebem a anormalidade da temperatura e da umidade na colmeia. Para diminuir a temperatura interior passam a abanar as asas com movimentos rápidos para espalhar gotas de água pelos favos, se distanciam dos favos e se aglomeram do lado de fora da caixa, além de se posicionarem na entrada do ninho, movimentando suas asas, para direcionar uma corrente de ar para o interior da colmeia, resfriando a colmeia e auxiliando na evaporação da umidade do néctar (ANDRADE; MARACAJÁ; MEDEIROS, 2017).

Quando a necessidade é aumentar a temperatura no interior da colmeia, as abelhas se aglomeram em cachos, e se a temperatura continuar caindo, as operárias aumentam sua taxa de metabolismo, provocando vibrações dos músculos do tórax para gerar calor, também atuam trocando de posição, de forma que as localizadas no centro vão para as extremidades e vice e versa (ANDRADE, MARACAJÁ; MEDEIROS, 2017).

Se mesmo diante de tantas tentativas, a manutenção da termorregulação adequada no interior da colmeia não for possível, há uma drástica redução na produção de mel e as abelhas passam a usá-lo apenas para sobreviver. Se a situação extrema persistir, as larvas começam a morrer e as abelhas abandonam a colmeia (DINIZ, 1990 apud ALMEIDA; GONÇALVES, 2008). Experimentos realizados na Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) em Mossoró/RN comprovam que quando a temperatura no interior do ninho atinge 41 °C as abelhas abandonam (enxameação por abandono), mesmo na presença de crias e rainhas (GONÇALVES; DOMINGOS, 2014).

Uma forma de possibilitar ao apicultor uma atuação no sentido de minimizar os efeitos dessas adversidades climáticas é propiciando meios baratos e eficazes para que ele possa fazer um acompanhamento de temperatura e umidade registradas no Apiário, para assim saber como e quando interferir visando adequar temperaturas e umidades ideais ao desenvolvimento da colônia e à produção melífera. Segundo (MELO et al., 2016), o mapeamento de apiários é fundamental para a produção apícola.

A utilização de tecnologias em atividades produtivas é assegurada pela Constituição Federal brasileira, que vai além do incentivo ao seu uso, passando a fomentá-la. O art. 187 da Constituição Federal de 1988 destaca que a política agrícola deve primar pelo incentivo à pesquisa e à tecnologia.

O Congresso Nacional vem reformando a Constituição de forma a contemplar os avanços tecnológicos e inseri-los em todos os meios de produção. Dessa forma, em 2015, por meio da emenda constitucional nº 85, inseriu um capítulo na Constituição Federal denominado “Da Ciência, Tecnologia e Inovação” (EC 85/2015).

Proporcionar meios de acesso à ciência, à tecnologia, à pesquisa e à inovação é competência comum à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios (Art. 23, V da CF/1988).

Em 2005, surgiu na Itália o conceito de Arduino, desenvolvido por pesquisadores que objetivavam criar um dispositivo capaz de controlar projetos/protótipos e que fosse barato, funcional e fácil de programar, para possibilitar uma construção bem menos dispendiosa do que outros sistemas disponíveis no mercado (MELO; BARANIUK, 2012).

O Arduino é uma plataforma de computação física (são sistemas digitais ligados a sensores e atuadores, que permitem construir sistemas que percebam a realidade). É muito similar a um computador comum, mas parte do conceito de hardware e software livre e está aberto para uso e contribuição de toda sociedade (MELO; BARANIUK, 2012).

Desde 2014, está no mercado o microcontrolador ESP8266, que é produzido pela empresa chinesa *Expressif Systems*. O ESP8266-NodeMCU possui placa de Wi-Fi integrada, de forma a não necessitar de outro equipamento para possibilitar interação e comunicação de dados e utiliza a programação da IDE do Arduino (JESUS et al., 2021).

Algumas pesquisas desenvolvidas nos últimos anos mostram o potencial dos microcontroladores para o desenvolvimento de projetos similares ao desenvolvido nessa tese. Nesse sentido, podem ser citados os projetos: Medidas da Banda de Frequências Audível pelas Abelhas do Mel, no qual o Arduino foi utilizado para gerenciar um contador de abelhas (COSTA, 2017); e Módulo de Monitorio Apícola, onde o Arduino foi usado para controlar sensores de temperatura e umidade (ÁVILA; REYES, 2012).

O mapeamento do apiário consistirá no levantamento, registro e disponibilização de dados referentes a características presentes no ambiente e na ambiência interna das colmeias, para possibilitar um melhor conhecimento da atividade apícola, assim como tornar possível a intervenção para melhoramento das condições reprodutivas e da produção melífera. No que se refere à necessidade de maiores informações sobre características inerentes ao ambiente do apiário, Rambo, Félix e Silveira (2018) dispõem que “a ausência de informações concretas e de confiança são grandes limitantes para o setor da apicultura, sendo necessário obter conhecimento técnico científico na área para melhorar o sistema de produção tendo em vista uma maior produtividade”.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O mapeamento de características inerentes à atividade apícola possibilita ao apicultor um melhor conhecimento de sua atividade, das dificuldades encontradas e dos fatores que contribuem para que sua produção não seja satisfatória. A partir do conhecimento dos obstáculos ocasionados pelos fatores climáticos, os proprietários de Apiários podem adotar medidas no sentido de buscar uma melhor termorregulação do seu ambiente de produção.

A inovação apresentada é a criação de uma plataforma com a utilização de microcontroladores no acompanhamento de temperatura, umidade, radiação solar, assim como velocidade e direção do vento na ambiência dos apiários, de forma a propiciar uma análise que

possibilite a tomada de medidas para adequar a termorregulação dentro das colmeias. Estes equipamentos desempenham importantes papéis na automação do apiário, possibilitando o registro automático de dados relevantes à reprodução das abelhas e à produção de mel, como temperatura e umidade, além de possibilitar o registro de dados que tornam possível entender o comportamento das abelhas na termorregulação, assim como poder informar ao apicultor, em tempo real e em qualquer lugar, a necessidade de implementação de medidas saneadoras das ocorrências adversas verificadas.

A pesquisa em epígrafe representa uma alternativa de acompanhamento da apicultura com baixo custo, mas com possibilidades amplas de obtenção de dados relevantes ao progresso da atividade, contribuindo para sua aplicação prática e podendo melhorar significativamente a renda de apicultores em regiões quentes como o semiárido.

A presente pesquisa também tem forte viés de proteção ao Meio Ambiente, tendo em vista que visa proteger as abelhas para que elas possam reproduzir melhor e conseqüentemente produzir mais mel e, são as abelhas as responsáveis por polinizar cerca de 73% das espécies vegetais cultivadas em todo o mundo (FREITAS, 2003), além de contribuírem com a polinização de aproximadamente 30% das plantas que são utilizadas na alimentação humana (SANTOS; RIBEIRO, 2009).

Outra importante característica da Apicultura é o fato dela constituir uma atividade naturalmente sustentável. No aspecto econômico gera renda para os apicultores, no âmbito social utiliza mão de obra familiar no campo, contribuindo para a diminuição do êxodo rural e, no plano ecológico constitui uma atividade realizada sem a necessidade de desmatamento (SANTOS; RIBEIRO 2009).

Nesse contexto, a pesquisa proposta é original no sentido de incorporar a tecnologia dos microcontroladores no mapeamento de Apiários, obtendo dados que poderão subsidiar o apicultor de informações que lhes possibilite desenvolver um planejamento a médio e longo prazos, consistente na adoção de medidas que proporcionem uma melhor adequação da ambiência do apiário às necessidades físicas e biológicas das abelhas, em determinados períodos do ano, mapeados como mais críticos.

Essa pesquisa também representa um eminente instrumento de desenvolvimento social e econômico, ao promover a proteção das abelhas e ampliar o interesse por sua criação, refletindo em melhoramento da renda do apicultor, na fixação do homem em seu ambiente inicial, no crescimento do comércio, no fornecimento de produtos naturais para servir à saúde da população e na melhoria da polinização das flores, implicando no melhoramento da vegetação local.

A pesquisa também se justifica por seu caráter inovador, ao levar ao campo uma tecnologia barata, capaz de ser operada por pessoas não especialistas na área tecnológica e capaz de revolucionar a atividade apícola, racionalizando o seu desenvolvimento, além de representar o cumprimento de um mandado constitucional imposto ao Estado, no sentido de dar tratamento prioritário à pesquisa científica, voltada predominante para a solução dos problemas brasileiros e para o desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional (Art. 218, § 1º e § 2º da CF/1988).

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Geral

Desenvolver uma plataforma IOT para otimizar a avaliação da ambiência apícola nas condições do semiárido brasileiro, no que tange às variáveis temperatura, umidade, radiação UV, direção e velocidade do vento.

### 1.2.2 Específicos

- Utilizar sensores de temperatura e umidade conectados a microcontroladores, na área de cria de dez colmeias de *Apis mellifera*, para registrar e armazenar dados referentes a temperatura e umidade em Apiário experimental, instalado na localidade Cachoeira Alta, na zona rural do município de Iguatu, Ceará;
- Construir estações meteorológicas, com a utilização de pluviômetro e sensores de temperatura, umidade, Radiação Ultravioleta e Anemômetro com Biruta conectados a microcontroladores;
- Promover a integração da plataforma IOT com um servidor na nuvem para armazenamento e disponibilização dos dados registrados e com o telegram para enviar informações relevantes sobre a necessidade de intervenção nas colmeias;
- Verificar as temperaturas mínima, máxima, média, bem como sua oscilação em uma colmeia sem a presença de abelhas (colmeia testemunha), no período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022);
- Verificar as temperaturas mínima, máxima, média, bem como sua oscilação em uma colmeia sem a presença de abelhas (colmeia testemunha), no período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022).

- Verificar a capacidade de termorregulação da *Apis mellifera* L, a partir de uma análise de variância, bem como da aplicação do teste tukey com dados de temperaturas e umidades registrados no interior das dez colmeias povoadas, da colmeia não povoada e do ambiente do Apiário;
- Identificar a zona de conforto térmico mantida pelas colônias de *Apis mellifera* nas colmeias, a partir de dados de temperatura e umidade registrados no período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022) em dez colmeias povoadas;

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 APICULTURA NO BRASIL

As abelhas da espécie *Apis mellifera*, cujo nome científico é *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758), são do gênero *Apis*, família *Apidae*, superfamília *Apoidea*, subordem *Apócrita*, ordem *Hymenoptera*, classe *Insecta*, filo *Arthropoda*, reino *Animalia* (HORTO BOTÂNICO, 2020).

Essas abelhas, também denominadas abelhas do reino, foram introduzidas no Brasil em 1839, por determinação do imperador D. Pedro II, visando a utilização da cera na fabricação de velas para os ofícios religiosos, além do aproveitamento do mel. Esses insetos são nativos da Europa, de parte da Ásia e da África. São abelhas sociais, muito úteis ao homem (WIESE, 2000).

As primeiras abelhas da subespécie *Apis mellifera* introduzidas no Brasil, em 1839, no Rio de Janeiro, foram da subespécie *Apis mellifera mellifera* (alemã). No período compreendido entre 1870 e 1900, outras subespécies de *Apis mellifera* europeias foram introduzidas na região sul do Brasil, como as italianas (*Apis mellifera ligustica*), e as austríacas (*Apis mellifera carnica*) (CLARKE et al., 2002; PINTO et al., 2005 apud DANIEL et al., 2016).

Passados mais de cem anos da introdução dessas subespécies europeias, ainda não havia uma boa produtividade, pois as abelhas não se adaptaram bem à região neotropical, levando à busca de um processo de melhoramento genético, que ocorreu em 1956, com a importação de rainhas de abelhas da subespécie africana *Apis mellifera scutellata*. Essas rainhas da subespécie africana, foram introduzidas em colônias localizadas no município de Rio Claro, São Paulo (CLARKE et al., 2002; PINTO et al., 2005 apud DANIEL et al., 2016).

No ano seguinte, houve a enxameação de vinte e seis colônias de abelhas africanas, ocasionando cruzamentos naturais dessas abelhas com as das subespécies europeias, originando

um poli-híbrido denominado abelhas africanizadas (CLARKE et al., 2002; PINTO et al., 2005 apud DANIEL et al., 2016).

O surgimento dessa população poli-híbrida, também é retratado por Oliveira e Cunha (2005) ao relatarem que:

... vinte e seis enxames com suas respectivas rainhas, escaparam e cruzaram com as demais subespécies de abelhas melíferas europeias aqui introduzidas no século XIX: a italiana *Apis mellifera ligustica*; a alemã *Apis mellifera mellifera* e a austríaca *Apis mellifera carnica*. Com isso surgiram populações poli-híbridicas denominadas africanizadas, com predominância de características das abelhas africanas, tais como a grande capacidade de enxamear e a rusticidade.

As abelhas africanizadas apresentaram muitas características inerentes à *Apis mellifera scutellata* (abelhas africanas), como maior defensividade, melhor capacidade para enxamear, boa resistência a doenças, rusticidade e maior produtividade. Essas características impulsionaram o crescimento da população dessas abelhas, contribuindo significativamente para impulsionar o fortalecimento da apicultura brasileira (CLARKE et al., 2002; PINTO et al., 2005 apud DANIEL et al., 2016).

Com o surgimento das abelhas africanizadas, que teve sua criação facilitada pelo desenvolvimento de técnicas adequadas ao seu manejo, foi possível ampliar a geração de emprego e renda, possibilitando uma significativa contribuição para a prevenção do êxodo rural. A apicultura brasileira evoluiu e passou a desempenhar uma importância fundamental na produção agrícola, proporcionando a manutenção dos ecossistemas terrestres por meio da polinização realizada pelas abelhas (WOLF, 2007).

A evolução da Apicultura precisa ocorrer com qualidade, contando com um controle, inclusive normativo, que possibilite um desenvolvimento racional, embasado em pesquisas científicas que orientem a instalação de Apiários, sua localização, as condições que possibilitem um desenvolvimento adequado das abelhas e ações para sua preservação, pois elas são responsáveis pela polinização de centenas de espécies de árvores frutíferas em todo o mundo (BALBINO; BINOTO; SIQUEIRA, 2015).

De acordo com Balbino, Binoto e Siqueira (2015), “só nos Estados Unidos da América, 40% das colmeias desapareceram”, ocasionando o fenômeno denominado Desordem do Colapso da Colônia (Colony Collapse Disorder – CCD).

No Brasil, esse índice de abandono é ainda maior. Uma pesquisa realizada com apicultores dos municípios de Pau dos Ferros, Marcelino Vieira, Francisco Dantas e Doutor Severiano, ambos localizados na Região do Alto Oeste Potiguar, Estado do Rio Grande do

Norte, Brasil, aponta que a taxa média de abandono de enxames, nos quatro municípios é de 55,53 % (HOLANDA NETO et al, 2015).

Para Holanda Neto et al (2015), fatores do Meio Ambiente como temperatura, umidade relativa do ar e insolação têm influência comprovada em diversas pesquisas, sobre o comportamento de colônias de abelhas africanizadas.

É perceptível o crescimento de uma conscientização sobre a importância da qualidade ambiental e alimentar, o que vem desencadeando a procura por um estilo de vida saudável. As abelhas podem suprir essas duas necessidades humanas, pois além de produzirem um alimento saudável, que se apresenta como alternativa alimentar em substituição a alimentos desencadeadores de doenças, são responsáveis pela polinização de diversas plantas utilizadas na alimentação humana (BALBINO; BINOTO; SIQUEIRA, 2015).

Corroborando essa tese, Balbino, Binoto e Siqueira (2015) afirmam que “as abelhas são muito importantes para a polinização das plantas silvestres e para as culturas produzidas, que com certeza, provocarão alterações na qualidade de vida das futuras gerações”.

A abelha *Apis mellifera* é a única espécie mundialmente disponível em larga escala para uso na polinização, sendo, por isso, considerada de fundamental importância para a agricultura. Seus serviços na polinização foram estimados em 9,5% do valor da agricultura no ano de 2005 (FONSECA et al, 2012).

De acordo com a literatura de Fonseca et al, (2012):

As abelhas melíferas foram até recentemente as mais usadas em serviços de polinização, pois, por causa de suas características, sempre foram consideradas as mais eficientes, principalmente na polinização de plantas cultivadas. Estima-se que seu valor como polinizadoras seja muito maior do que como produtoras de mel, milhares de euros são movimentados a cada ano em função dos serviços de polinização realizados por elas na Comunidade Europeia e nos Estados Unidos.

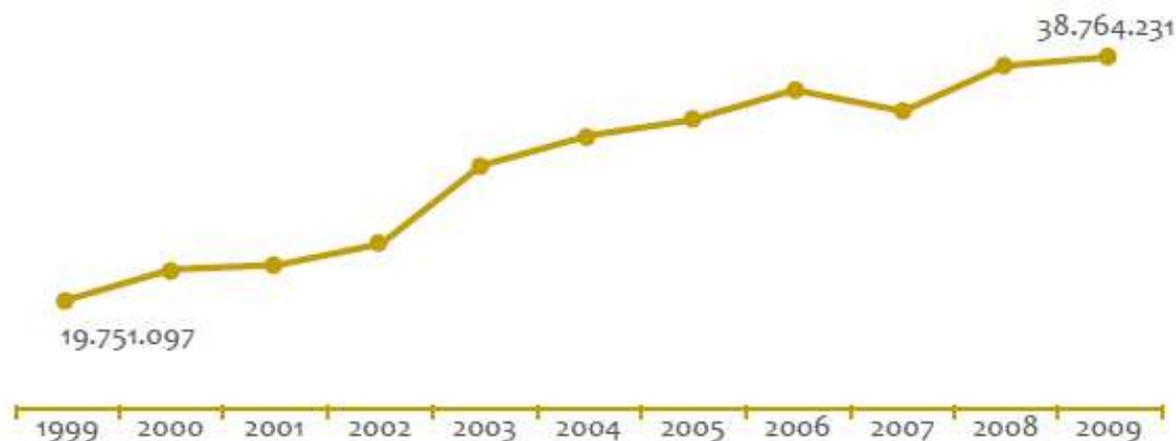
O autor sedimenta a tese de que o valor da *Apis mellifera* como polinizadora supera sua importância como produtora de mel, sendo ainda, importante ressaltar o valor dessa atividade não apenas no aspecto econômico, mas principalmente na proteção do ecossistema.

## 2.2 PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DO MEL BRASILEIRO

No Brasil, a apicultura vem crescendo expressivamente a cada ano. Segundo dados do IBGE, apud SEBRAE (2011), o país alcançou a produção de 38 mil toneladas em 2009, estimulado principalmente pelo crescimento da demanda externa, que cresceu

exponencialmente com o fim do embargo para o mel brasileiro pela comunidade Europeia em 2008, que reinsereu o Brasil em um mercado mundial de 12 bilhões de euros.

O Gráfico 1 a seguir ressalta a evolução da produção de mel no Brasil em 10 anos:



**Gráfico 1 – Evolução da produção de mel no Brasil de 1999 a 2009 (kg)**

Fonte: IBGE, 2011 – Elaborado pelo SEBRAE/PE, 2011

A tendência de crescimento apontada pelos últimos levantamentos do IBGE até 2009 indica que a Apicultura brasileira deve permanecer entre as mais produtivas do mundo nos próximos anos.

A produção de mel no país gera cifras milionárias. Pires et al. (2016) destacam que “em 2013, o valor da produção de mel no Brasil foi de 316 milhões de reais”.

Os produtores brasileiros tendem a ser beneficiados pela crescente busca atual por produtos orgânicos, tendo em vista o diferencial no tipo de abelha aqui cultivada, que por ser mais resistente a doenças torna desnecessária a utilização de defensivos, antibióticos e acaricidas (SEBRAE, 2011).

Apesar da grande expansão, dados veiculados no Boletim Setorial do Agronegócio – Apicultura, SEBRAE, Recife, 2011 mostram que “um levantamento da Apis aponta a pouca utilização tecnológica e o baixo nível de organização como barreiras para um melhor aproveitamento da Apicultura, indicando um potencial ainda maior da atividade nos próximos anos”.

### 2.3 TERMORREGULAÇÃO NAS COLMEIAS

As principais dificuldades encontradas pelas abelhas *Apis mellifera*, para se desenvolverem e produzirem bem, são a escassez de alimentos (néctar e pólen), que se acentua nos períodos de entressafra, e os fatores climáticos, sobretudo a temperatura e a umidade, que normalmente destoam da faixa de termorregulação necessária para o seu pleno desenvolvimento. Esses problemas, que vão do aparecimento de doenças à morte das abelhas, ocasionam uma série de entraves à vida desses insetos e conseqüentemente à produção melífera (BARROS; KADRI; KALUSKI, 2016).

A temperatura interna das colmeias de *Apis mellifera* é um fator de alta relevância para a saúde e o bem-estar dessas abelhas e, pode ter significativa repercussão na produção de mel.

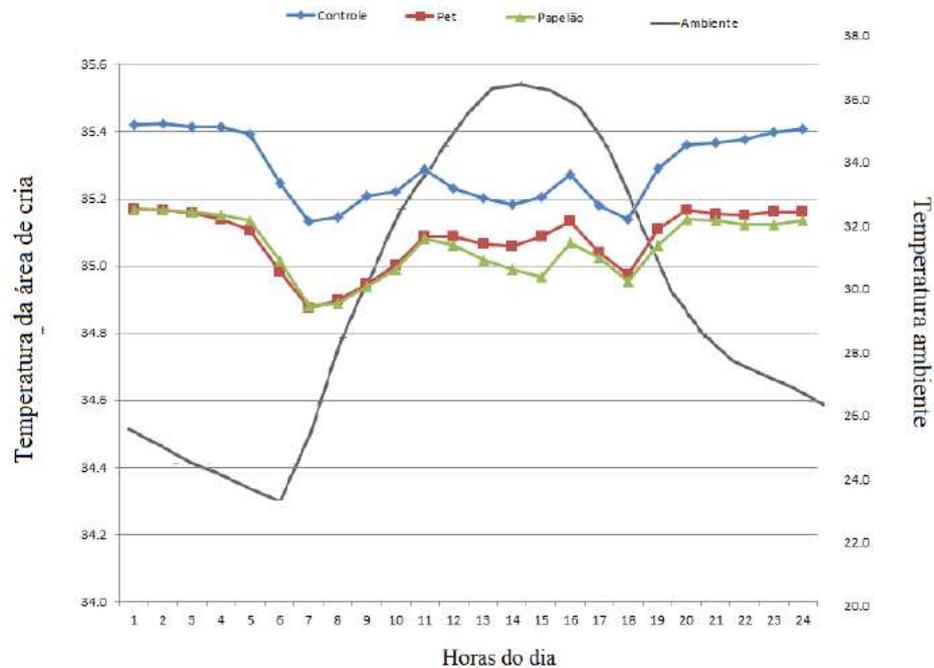
Para Mendes, et al., (2017), o limite aceitável de temperatura entre 33 e 36 °C permite o pleno desenvolvimento das crias, assim como das demais atividades que as abelhas exercem.

As abelhas *Apis mellifera* mantêm a temperatura interna do ninho dentro de limites aceitáveis. Independente das temperaturas registradas no ambiente externo, elas conseguem manter na colônia, a temperatura dentro do intervalo de 33 a 36 °C, com média de 34,5 °C (RAMBO; FÉLIX; SILVEIRA, 2018).

Em pesquisa realizada na região semiárida do Estado do Rio Grande do Norte, Mendes, et. al., (2017) observaram que mesmo diante da elevada amplitude térmica no ambiente externo, as abelhas *Apis mellifera* mantiveram a temperatura dentro dos limites considerados padrão, variando entre 33 e 36 °C:

Verificou-se que as colônias mantiveram-se em uma faixa constante de temperatura (Figura 1), apesar da grande amplitude térmica do ambiente externo (Tabela 2), estando entre os limites do padrão considerado, variando entre 33 a 36 °C (WINSTON, 2003). A temperatura interna da colônia entre os limites apresentados por Winston (2003) garante o pleno desenvolvimento de todas as atividades exercidas pela colônia, haja vista que temperaturas acima de 37 °C interrompem a metamorfose larval e ultrapassando os 40 °C podem amolecer os favos carregados de mel, provocando seu colapso (SEELEY, 2006).

Mendes, et. al., (2017), a partir de experimento realizado em Apiário no município de Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, apresentou conforme dados mostrados no Gráfico 2, abaixo, como as abelhas mantiveram sua ambiência dentro de limites aceitáveis, mesmo diante de grande amplitude térmica:



**Gráfico 2 – Média das temperaturas do ambiente externo e das colônias *Apis mellifera* (hymenoptera: apidae) em todos os tratamentos num período de 24 horas, 2016**

Fonte: Mendes et al., (2017)

Os autores citados por Mendes, et. al., (2017), nessa pesquisa, ressaltam a importância de se possibilitar às abelhas uma ambiência saudável, que lhes possibilitem manter uma adequada termorregulação das colmeias sem precisar abdicar muito de seu trabalho na produção de mel. A necessidade de que as abelhas desviem excessivamente sua atividade produtiva para atuarem na termorregulação da ambiência, diminui significativamente a capacidade produtiva, além de ocasionar outras consequências que em médio prazo podem resultar no abandono do ninho, pois, temperaturas acima de 37 °C interrompem a metamorfose larval e caso ultrapassem os 40 °C podem amolecer os favos de mel.

Outra pesquisa que reforça a tese de que as abelhas trabalham visando manter a temperatura interna da colmeia em um patamar ideal ao seu desenvolvimento adequado é a realizada no município de Areia, localizado na microrregião brejo paraibano, onde buscando verificar o comportamento térmico das caixas de resíduos de EVA e de madeira, constatou-se que a média de temperatura das caixas com a presença de abelhas manteve-se em torno de 34°C (SOARES et al., 2010).

De acordo com Domingos (2017), “o controle de temperatura em *Apis mellifera*, é realizado pelas próprias abelhas através de ajustes comportamentais de forma a manter a temperatura em níveis ótimos, dentro de uma faixa térmica entre 33 e 36° C”. Essa autora ainda dispõe que esse controle é fundamental para o desenvolvimento das crias, que em temperaturas

inapropriadas teriam seu desenvolvimento afetado, de forma a comprometer uma saudável vida adulta das abelhas.

Lopes et al., (2011) dispõem que “na área de cria do ninho, as temperaturas são mantidas em 30-35°C”, de forma que “temperaturas acima de 36°C, por longo tempo, podem afetar, severamente, a metamorfose da cria”. Os autores ainda enfatizam que temperaturas acima de 40°C podem levar ao amolecimento e a conseqüente quebra dos favos de mel.

Holanda Neto et al., (2015) ressaltam que “a maioria dos estudos tem sido conduzida em regiões onde as temperaturas baixas são, frequentemente, o fator limitante, o que não se aplica à região nordeste, onde as condições climáticas são bastante diferenciadas”, no entanto, mesmo em pesquisas realizadas na região nordeste, em clima semiárido, apresentando altas temperaturas, é interessante investigar tanto os efeitos produzidos por temperaturas altas quanto baixas, sobre o desenvolvimento e a produção das abelhas *Apis mellifera*, pois o gradiente de temperatura que elas procuram manter em sua ambiência (33° - 36°C) é superior à média de temperatura, e inclusive à temperatura máxima verificada na maioria dos municípios nordestinos que apresentam clima semiárido.

Observando o comportamento da temperatura ao longo do ano, na cidade de Iguatu-CE, Tabela 1, a seguir, verifica-se que mesmo a temperatura máxima anual registrada, encontra-se abaixo da temperatura máxima considerada adequada para a ambiência interna da colmeia.

**Tabela 1 – Dados que representam o comportamento da temperatura ao longo do ano, com valores calculados a partir de uma série de dados observados num período de 30 anos**  
COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA AO LONGO DO ANO EM IGUATU-CE

Meses	Temperatura mínima em °C	Temperatura máxima em °C
Janeiro	23°	33°
Fevereiro	23°	32°
Março	23°	31°
Abril	23°	31°
Maio	22°	31°
Junho	21°	31°
Julho	20°	32°
Agosto	21°	33°
Setembro	22°	35°
Outubro	23°	35°
Novembro	23°	35°
Dezembro	24°	35°

**Fonte:** climatempo.com.br/climatologia/973/Iguatu-CE (2020) – Adaptado pelo autor.

A falta de informações concretas e confiáveis constitui limites enormes para o desenvolvimento da apicultura. É necessário investir na obtenção de conhecimento técnico

científico, sobretudo no tocante à termorregulação das colmeias, para que se consiga uma significativa melhoria no sistema de produção de mel (RAMBO; FÉLIX; SILVEIRA, 2018).

Pesquisadores já vêm percebendo a necessidade de mensurar a temperatura das colmeias, para poder adotar medidas que impulsionem a produção melífera.

Rambo, Félix e Silveira (2018) conduziram um estudo na Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, no Campus Universitário de Pontes e Lacerda-MT, utilizando termômetro químico de temperatura interna: “foram utilizadas seis colmeias do tipo Langstroth identificadas cada uma por numeração crescente de 1 a 6, para mensurar as temperaturas das colmeias com escala de -10 a +60 °C”.

Estudos como esse se mostram fundamentais para gerar conhecimentos capazes de subsidiar ações destinadas à melhoria da ambiência das abelhas e proporcionar uma série de benefícios econômicos e socioambientais.

Diante da evolução tecnológica, faz-se necessário que se busque utilizar nessas pesquisas, tecnologias atuais e economicamente acessíveis, para possibilitar aos apicultores uma maior otimização de tempo e recursos na busca pelo aumento da produtividade.

Em uma pesquisa desenvolvida para caracterizar o nível tecnológico dos apicultores do Estado do Rio de Janeiro, Ponciano et al. (2013) afirmaram que a produção do Estado no início da década de 1980 era de aproximadamente 45 toneladas, chegando no final da mesma década a 368 toneladas de mel por ano. Os autores atribuem essa expansão à difusão de tecnologia pelos órgãos de extensão rural, que possibilitou a utilização adequada do manejo por grande parte dos apicultores.

## 2.4 UTILIZAÇÃO DE MICROCONTROLADORES NA APICULURA

### 2.4.1 Plataforma Arduino

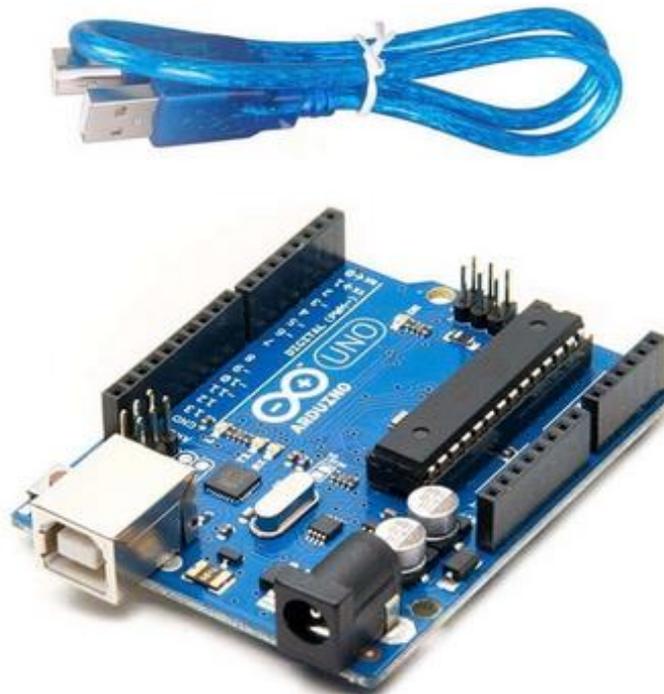
Em 2005 na Itália, Massimo Banzi e David Cuartielles elaboraram uma plataforma de prototipagem em eletrônica denominada Arduino, com o objetivo de facilitar o desenvolvimento de projetos, dos mais simples aos mais complexos. Essa plataforma possibilita o controle de diversos componentes eletrônicos, como sensores, motores, leds, dentre uma série de outros (HACHOUCHE, 2019).

O Arduino é uma miniplataforma de computação que controla sensores e atuadores, de modo a perceber a realidade e responder com ações físicas, de acordo com uma programação livre que utiliza a linguagem C/C++, conforme explicam (MELO e BARANIUK, 2012):

Arduino é uma plataforma de computação física (são sistemas digitais ligados a sensores e atuadores, que permitem construir sistemas que percebam a realidade e respondem com ações físicas), baseada em uma simples placa de Entrada/Saída micro controlada e desenvolvida sobre uma biblioteca que simplifica a escrita da programação em C/C++. O Arduino pode ser usado para desenvolver artefatos interativos stand-alone ou conectados ao computador através de Adobe Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data ou SuperCollider.

Uma grande vantagem do Arduino, é que todo material disponibilizado pelo fabricante é de código aberto (open source), inclusive o projeto eletrônico das placas, sendo permitida a utilização e reprodução sem restrição sobre os direitos autorais dos idealizadores do projeto. Apenas são registrados e protegidos por direitos autorais, o nome Arduino, o logotipo e o design gráfico de suas placas (HACHOUCHE, 2018).

O Arduino é uma plataforma de computação física, o que significa a construção de sistemas interativos físicos mediante o uso de software e hardware que integrados podem sentir e responder ao mundo analógico. Na prática, normalmente o termo se refere a desenhos de projetos ou objetos que utilizam sensores ou microcontroladores para traduzir entradas analógicas a sistemas baseados em software, ou controlar dispositivos eletromecânicos diversos ou mesmo outro hardware. Esta plataforma pode ser alimentada tanto por uma conexão USB como por um conector de alimentação, conforme mostrado na Figura 1, a seguir:



**Figura 1 - Placa Arduino uno e cabo USB**  
**Fonte:** Eletrogate (2019)

#### 2.4.2 Utilização de Arduino em Pesquisas na Apicultura

O Arduino, que apresenta viabilidade econômica, técnica e operacional, tem sido uma solução para a otimização de pesquisas desenvolvidas com a utilização de sensores para captação e registro de dados como os referentes a temperatura e umidade.

Ávila e Reyes, (2012) desenvolveram um trabalho de conclusão de curso no Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica da Faculdade de Engenharia da Universidade Nacional da Colômbia, intitulado Módulo de Monitoreo Apícola, utilizando o Arduino para o monitoramento de colmeias de *Apis mellifera*, referente a dados de temperatura e umidade.

Esse trabalho objetivou verificar as variáveis críticas e seus intervalos adequados tendo como requisitos os parâmetros estabelecidos para a apicultura, determinar a escolha de sensores apropriados para cada variável investigada, desenvolver um sistema para registro e armazenamento dos dados coletados no interior da colmeia, assim como sua exibição em tempo real e a implementação das estruturas para a localização dos sensores dentro da colmeia.

Outro importante trabalho desenvolvido com a utilização de Arduino foi feito por (COSTA, 2017), com o título: Medida da Banda de Frequências Audível pelas Abelhas do Mel. Trata-se de uma Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança, Portugal, para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Industrial, onde foi usado um sensor contador de abelhas, para realizar um estudo sobre a audição das abelhas, buscando encontrar uma frequência capaz de afastar a abelha pelo som ou um som ameaçador, com o objetivo de desenvolver um dispositivo capaz de as repelir.

Um trabalho mais complexo e muito relevante realizado com a utilização da tecnologia Arduino foi desenvolvido por (DUTRA e DANTAS, 2016), em Dissertação de Mestrado Profissional em Engenharia de Software, com o título BEEHIVEIOR Sistema de Monitoramento de Colmeia de Produção Apícola, no qual, com a utilização do Arduino, desenvolveu uma ferramenta capaz de monitorar variáveis da colmeia como temperatura e umidade, enviando os dados coletados via internet ou através da transferência dos dados armazenados localmente em cartão de memória e exibir esses valores na forma de gráficos e tabelas, no aplicativo web.

Esse projeto foi desenvolvido buscando criar soluções abertas, tanto em relação ao hardware utilizado como nos softwares desenvolvidos. Primou pela utilização de materiais recicláveis para preservar o meio ambiente, utilizou hardware economicamente acessível no monitoramento das colmeias e desenvolveu um software de fácil configuração, tornando fácil o uso.

### 2.4.3 Microcontrolador ESP 8266 Node MCU

Desde 2014, está no mercado o microcontrolador ESP 8266, que é produzido pela empresa chinesa Expressif Systems. Devido ao pouco tempo de comercialização ainda é bem restrita a literatura sobre ele (OLIVEIRA; MOREIRA; LIMA, 2017).

O microcontrolador ESP 8266 tem baixo custo, utiliza a programação da IDE do Arduino e possui Wi-Fi integrado, de forma a não necessitar de outro equipamento para possibilitar a comunicação de dados, o que torna viável sua utilização neste tipo de projeto (OLIVEIRA; MOREIRA; LIMA, 2017).

Segundo Peixoto (2021), a placa ESP 8266 NodeMCU pode ser programada na linguagem C/C++, pela IDE do arduino. Ela possui portas de entrada e saída onde o sensoriamento e a atuação são realizados, dispondo de acesso à internet.

De acordo com Peixoto (2021), as principais características do ESP 8266 NodeMCU são: Processador 32 bits RISC Xtensa L106; Frequência 80 Mhz a 160 Mhz; Memória RAM 64 KB para dados; Memória Flash 4MB; Wifi IEEE 802.11 b/g/n wifi; Canal Analógico 1 porta de entrada, 10 bits e; 9 portas digitais (tensão 3,3 V, corrente máxima 15 mA).

## 2.5 CIÊNCIA E TECNOLOGIA NA CONSTITUIÇÃO FEDERAL DE 1988

De acordo com os ditames da atual Constituição Federal brasileira, cabe ao Estado proporcionar meios de acesso à tecnologia, à pesquisa e à inovação, tendo a Carta Magna classificado essa tarefa como competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, conforme dispõe o Art. 23, V, da CF/88, “Art. 23. É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios: ...V - proporcionar os meios de acesso à cultura, à educação, à ciência, à tecnologia, à pesquisa e à inovação; ...”.

Quanto à competência para legislar sobre tecnologia, pesquisa, desenvolvimento e inovação, esta é concorrente entre a União, os Estados e o Distrito Federal, segundo disciplina o Art. 24, IX da CF/88, “Art. 24. Compete à União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar concorrentemente sobre: ... IX - educação, cultura, ensino, desporto, ciência, tecnologia, pesquisa, desenvolvimento e inovação; ...”.

O acesso à tecnologia e à inovação é tão prestigiado pela CF/88 que as vedações à transposição, ao remanejamento ou à transferência de recursos de uma categoria de programação para outra ou de um órgão para outro, sem prévia autorização legislativa, é

excetuado no âmbito das atividades de ciência e tecnologia, que poderão ocorrer mediante ato do poder executivo, pela força do Art. 167, VI, § 5º da CF/88, que dispõe:

Art. 167. São vedados:... VI - a transposição, o remanejamento ou a transferência de recursos de uma categoria de programação para outra ou de um órgão para outro, sem prévia autorização legislativa;... § 5º A transposição, o remanejamento ou a transferência de recursos de uma categoria de programação para outra poderão ser admitidos, no âmbito das atividades de ciência, tecnologia e inovação, com o objetivo de viabilizar os resultados de projetos restritos a essas funções, mediante ato do Poder Executivo, sem necessidade da prévia autorização legislativa prevista no inciso VI deste artigo.

Ao tratar da política agrícola, a constituição brasileira enfatiza a necessidade de se levar em conta o incentivo à pesquisa e à tecnologia, conforme dispõe seu Art. 187, III:

A política agrícola será planejada e executada na forma da lei, com a participação efetiva do setor de produção, envolvendo produtores e trabalhadores rurais, bem como dos setores de comercialização, de armazenamento e de transportes, levando em conta, especialmente: ... III - o incentivo à pesquisa e à tecnologia;

A inclusão de um capítulo na Constituição Federal de 1988, pela Emenda Constitucional 85/2015 denominado Da Ciência, Tecnologia e Inovação, mostra a importância que a inovação tecnológica, proporcionada pelo desenvolvimento da ciência, tem ganhado nos setores produtivos, galgando proteção constitucional.

O capítulo IV da CF/88, Da Ciência, Tecnologia e Inovação, foi instituído pela Emenda Constitucional 85/2015, dispondo nos artigos 218, 219, 219-A e 219-B, que:

Art. 218. O Estado promoverá e incentivará o desenvolvimento científico, a pesquisa, a capacitação científica e tecnológica e a inovação. § 1º A pesquisa científica básica e tecnológica receberá tratamento prioritário do Estado, tendo em vista o bem público e o progresso da ciência, tecnologia e inovação. § 2º A pesquisa tecnológica voltará preponderantemente para a solução dos problemas brasileiros e para o desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional. § 3º O Estado apoiará a formação de recursos humanos nas áreas de ciência, pesquisa, tecnologia e inovação, inclusive por meio do apoio às atividades de extensão tecnológica, e concederá aos que delas se ocupem meios e condições especiais de trabalho. § 4º A lei apoiará e estimulará as empresas que invistam em pesquisa, criação de tecnologia adequada ao País, formação e aperfeiçoamento de seus recursos humanos e que pratiquem sistemas de remuneração que assegurem ao empregado, desvinculada do salário, participação nos ganhos econômicos resultantes da produtividade de seu trabalho. § 5º É facultado aos Estados e ao Distrito Federal vincular parcela de sua receita orçamentária a entidades públicas de fomento ao ensino e à pesquisa científica e tecnológica. § 6º O Estado, na execução das atividades previstas no caput estimulará a articulação entre entes, tanto públicos quanto privados, nas diversas esferas de governo. § 7º O Estado promoverá e incentivará a atuação no exterior das instituições públicas de ciência, tecnologia e inovação, com vistas à execução das atividades previstas no caput. Art.

219. O mercado interno integra o patrimônio nacional e será incentivado de modo a viabilizar o desenvolvimento cultural e socioeconômico, o bem-estar da população e a autonomia tecnológica do País, nos termos de lei federal. Parágrafo único. O Estado estimulará a formação e o fortalecimento da inovação nas empresas, bem como nos demais entes, públicos ou privados, a constituição e a manutenção de parques e polos tecnológicos e de demais ambientes promotores da inovação, a atuação dos inventores independentes e a criação, absorção, difusão e transferência de tecnologia. Art. 219-A. A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios poderão firmar instrumentos de cooperação com órgãos e entidades públicos e com entidades privadas, inclusive para o compartilhamento de recursos humanos especializados e capacidade instalada, para a execução de projetos de pesquisa, de desenvolvimento científico e tecnológico e de inovação, mediante contrapartida financeira ou não financeira assumida pelo ente beneficiário, na forma da lei. Art. 219-B. O Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) será organizado em regime de colaboração entre entes, tanto públicos quanto privados, com vistas a promover o desenvolvimento científico e tecnológico e a inovação. § 1º Lei federal disporá sobre as normas gerais do SNCTI. § 2º Os Estados, o Distrito Federal e os Municípios legislarão concorrentemente sobre suas peculiaridades.

A EC 85/2015 incumbiu o Estado (União, Estados, Distrito Federal e Municípios) na obrigação de incentivar a pesquisa, a capacitação científica e tecnológica e a inovação, dando inclusive tratamento prioritário, visando à solução de problemas e o desenvolvimento do sistema produtivo do país.

Uma importante previsão dessa emenda constitucional foi facultar aos Estados e ao Distrito Federal a vinculação de parcela de sua receita orçamentária às entidades públicas de fomento ao ensino e à pesquisa científica e tecnológica, assim como o estímulo à articulação entre entes públicos e privados nas diferentes esferas de governo.

### **3. METODOLOGIA**

A metodologia apresentada neste trabalho encontra-se estruturada em duas etapas: a instalação do apiário e o desenvolvimento da pesquisa.

#### **3.1 INSTALAÇÃO DO APIÁRIO**

##### **3.1.1 Área de estudo**

A pesquisa foi desenvolvida em um apiário construído especificamente para sua realização, denominado Apiário Experimental, instalado no Sítio Cachoeira Alta, situado no

Distrito de José de Alencar, município de Iguatu, Ceará, coordenadas  $6^{\circ}26'27.79''\text{S}$  e  $39^{\circ}11'13.75''\text{O}$ , com elevação de 284 m, ficando a 130 m (cento e trinta metros) das águas de um Açude, Figuras 2 e 3.

O município de Iguatu possui cerca de 103.074 habitantes, conforme previsão do IBGE para o ano de 2020, área territorial de 992.208 km<sup>2</sup>, índice de desenvolvimento humano de 0,677 e a economia da cidade é baseada predominantemente na agropecuária.



**Figura 2 – Localização do município de Iguatu, Ceará (mapa)**  
**Fonte: IBGE (2020)**



**Figura 3 – Localização geográfica do apiário experimental (imagem de satélite)**  
**Fonte: Adaptado de Google Earth (2021)**

O Apiário Experimental foi instalado com 10 colmeias do tipo langstroth, Figura 4, dispostas em 2 colunas paralelas, distribuídas em uma área de 76,8 m<sup>2</sup>. A distância entre colmeias na mesma coluna é de 3,5m e a distância entre colunas é de 4m. No centro do Apiário fica localizado o Centro de Comando e Controle da pesquisa, Figura 05, onde ficam instalados uma tomada de energia elétrica, um estabilizador, uma fonte chaveada de 10 amperes, dois microcontroladores, um roteador e um Hub, dispostos nessa localização para minimizar as distâncias entre a energia utilizada e os sensores de temperatura/umidade conectados a microcontroladores, de forma que a maior distância entre o Centro de Comando e Controle e os microcontroladores é aproximadamente 9 m e 30 cm (nove metros e trinta centímetros).



**Figura 4 – Apiário experimental instalado para realização da pesquisa**  
**Fonte:** Autor (2020)

As colmeias (ninhas e melgueiras) foram todas fabricadas com madeira louro canela, pela Serraria São Francisco (Francisco Aleksandro Lima Pinheiro-ME), CNPJ 72.164.197/0001-05, situada na Travessa Manoel Cândido da Silva, 250, Centro, Solonópole, Ceará, para que pudessem ter características bem similares, como tipo de madeira, peso e dimensões.

As colmeias foram pintadas em sua parte externa, primeiro com tinta à base d'água na cor verde e depois com tinta esmalte sintético na cor verde limão, e numeradas sequencialmente de 1 a 10. Elas foram pesadas (ninhas), apresentando os seguintes dados: colmeia 1= 13,2 kg; colmeia 2= 12,9 kg; colmeia 3= 13,1 kg; colmeia 4= 12,6 kg; colmeia 5= 12,6 kg; colmeia 6= 12,8 kg; colmeia 7= 12,9 kg; colmeia 8= 12,3 kg; colmeia 9= 12,7 kg e; colmeia 10= 13,2 kg.

Para o povoamento das colmeias foram utilizadas abelhas capturadas em localidades próximas ao Apiário, todas instaladas naturalmente na vegetação. A Figura 5 ilustra o centro de comando e controle do apiário experimental instalado no sítio Cachoeira Alta.



**Figura 5 – Centro de comando e controle do apiário experimental instalado no sítio Cachoeira Alta**  
**Fonte: Autor (2021)**

As 10 (dez) colmeias utilizadas na pesquisa foram povoadas no período de setembro a novembro de 2020. A Plataforma IOT para Avaliação da Ambiência Apícola nas condições do Semiárido Brasileiro, só foi instalada no mês de outubro de 2021, quando todas as colmeias já estavam estabilizadas, com os 10 (dez) quadros completos com crias, pólen e mel, conforme Figuras 6 e 7 a seguir.



**Figura 6 - Quadro de ninho de colmeia Langstroth com mel, crias pólen.**  
Fonte: Autor (2022)



**Figura 7 - Quadro de ninho de colmeia Langstroth com crias**  
Fonte: Autor (2022)

### 3.2 INÍCIO DO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

#### 3.2.1 Delineamento do Estudo

A pesquisa é essencialmente quantitativa, com análise de dados visando descrever a capacidade de termorregulação da ambiência interna da colmeia pela *Apis mellifera*, visando identificar os limites mínimo e máximo de sua zona de conforto térmico.

Foram realizadas duas colheitas de mel no primeiro semestre de 2022, a primeira no dia 18 de fevereiro de e a segunda no dia 28 de maio. Os dados coletados nos períodos das coletas foram quantificados e registrados para possibilitar a análise de variância de forma a verificar se houve diferença significativa relacionada às variáveis e às colheitas.

### 3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.3.1 Levantamento bibliográfico

O primeiro procedimento metodológico utilizado foi uma pesquisa bibliográfica em livros, teses, dissertações e artigos científicos oriundos de estudos realizados sobre temas relacionados à termorregulação por abelhas *Apis mellifera* e a utilização de plataforma IoT, visando dessa forma, ampliar a compreensão do tema desta pesquisa.

Para iniciar o registro de temperaturas e umidades na ambiência interna das colmeias foi esperado o período de aproximadamente um ano a contar da conclusão de seu povoamento que ocorreu em novembro de 2020, para que as colônias pudessem se estabilizarem e ficarem em condições de reprodução e produção satisfatórias.

Para investigar a capacidade de termorregulação da abelha *Apis mellifera* e identificar a zona de conforto térmico que ela consegue manter em sua nidificação na colmeia, foram realizados diferentes tratamentos, sendo dez tratamentos com os dados coletados nas colmeias com colônias, numeradas de 1 a 10, um tratamento referente aos dados obtidos em uma colmeia sem abelhas, denominada de colmeia testemunha e um outro tratamento relacionado aos dados ambientes.

Com o objetivo de validar os resultados obtidos com os dados estatísticos, foi realizada a análise de variância e utilizado o teste Tukey.

A partir da análise comparativa das temperaturas e umidades registradas no interior das colmeias povoadas, da colmeia não povoada e do ambiente, foram gerados gráficos, para mostrar a capacidade de termorregulação da *Apis mellifera L.* demonstrada nos períodos seco e chuvoso.

Foi feita análise da produção em cada colmeia, assim como dos dados de cada variável coletados pela Plataforma no período próximo às colheitas para verificar se houve diferença significativa entre as colheitas e também em relação às variáveis.

A Plataforma com microcontroladores foi programada para informar quando qualquer dos microcontroladores registrassem temperaturas abaixo de 32,9 °C e/ou acima de 35,5 °C na ambiência interna das colmeias ou apenas em alguma delas, para possibilitar o

acompanhamento do comportamento das abelhas nessas condições, por meio de observações pontuais na colmeia e registros de imagens internas e externas.

Para a coleta de dados foi feita observação periódica das colmeias, mas os principais dados foram coletados pelos sensores conectados a microcontroladores com programação específica para atender aos objetivos dessa pesquisa.

### 3.3.2 Programação dos Microcontroladores

Na programação dos microcontroladores foram utilizadas a linguagem e a IDE (Integrated Development Environment) do Arduino, o programa é livre, disponível gratuitamente no site do Arduino, compatível com as plataformas Windows, Linux e Mac OS X. Conforme (McRoberts, 2011) a IDE permite que se escreva um programa de computador, ou seja, um conjunto de instruções passo a passo do que o sistema irá realizar, que foi instalado no microcontrolador.

Os microcontroladores receberam programação que operacionalizou o envio de dados coletados nas colmeias e no ambiente (temperatura, umidade, radiação UV, velocidade e direção do vento) ao servidor, a cada minuto, durante todo o período pesquisado.

Foi utilizado um notebook, conectado à internet para acessar o site do Arduino, o [www.arduino.org](http://www.arduino.org), baixar o programa, e realizar a programação dos microcontroladores, de forma a propiciar a interação com o ambiente de pesquisa, habilitando a plataforma de microcontroladores para o registro e armazenamento dos dados coletados em um servidor com acesso pela internet, o <https://termonline.com.br/Colmeia/index.php>, em seguida, foi feito upload do programa para os ESP 8266 Node MCU com a utilização de um cabo USB.

Foram utilizadas placas Node MCU com ESP 8266, conectadas a sensores DTH 21 de temperatura e umidade, inseridos nos centros dos dez ninhos, entre os quadros 5 e 6 das dez colmeias povoadas, assim como na colmeia sem a presença de abelhas, para a realização da coleta de dados de temperatura e umidade, Figura 8 a seguir.



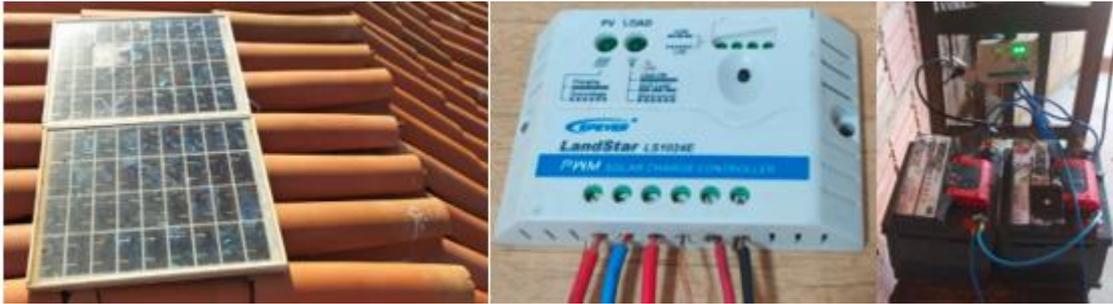
**Figura 8 - Sensor dht 21 inserido entre os quadros 5 e 6, no centro da colmeia**  
**Fonte:** Autor (2022)

Para evitar a propolização dos sensores e a possível interferência em seu funcionamento, eles foram revestidos por invólucros de resina transparente e em forma de tela, para não haver isolamento térmico.

Além do monitoramento das colmeias povoadas e sem abelhas, realizado por onze microcontroladores, foram utilizadas mais duas placas Node MCU com ESP 8266 em duas estações, sendo uma para monitoramento de radiação ultra violeta e a outra para monitorar temperatura e umidade no ambiente externo, além de velocidade e direção do vento, com a utilização de um Sensor de Radiação Ultravioleta do tipo ML8511 e um Anemômetro eletrônico com indicador de direção do vento e Biruta, respectivamente.

### 3.3.3 Instalação e Funcionamento da Plataforma

A Plataforma IOT desenvolvida nessa pesquisa foi alimentada com energia fotovoltaica gerada no ambiente do Apiário, com a utilização de dois painéis fotovoltaicos de 50W, um controlador de carga Pwm 10 A, 12/24 V – epever Landstar Ls1024E e duas baterias estacionárias 12V – 7A, Figura 9 a seguir.



**Figura 9 - Painéis fotovoltaicos, controlador de carregamento de bateria e baterias estacionárias**

Fonte: Autor (2022)

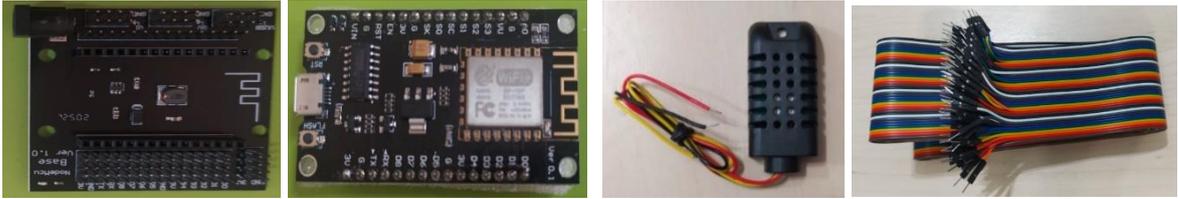
Para a integração da Plataforma IOT com o servidor e com o telegram é necessário a presença de internet no local. Para isso foi contratado um servidor de internet via rádio.

Os equipamentos utilizados no desenvolvimento da Plataforma foram treze módulos Wi-Fi ESP8266 NodeMCU V3 (CH340), treze shield base de alimentação para ESP 8266 NodeMCU, 12 sensores DHT 21 de temperatura/umidade, jumper fio dupont conector para ESP 8266 male female 100 cm, um sensor de radiação ultravioleta modelo ML8511, um anemômetro digital com biruta eletrônico, uma tomada para energia com base para aterramento, um estabilizador, uma fonte chaveada de 10 amperes, um Hub com doze saídas, cabo branco cat5, 24 conectores Intelbrás, um carregador para celular samsung original e um servidor na nuvem acessável pelo endereço eletrônico <https://termonline.com.br/Colmeia/leituras.php>, Figuras 10 a 12 seguintes.



**Figura 10 - Tomada para energia com base para aterramento, estabilizador microsól, fonte chaveada de 10 amperes, hub com doze saídas, cabo CAT 5 na cor branca, conector Intelbrás e carregador para celular Samsung original**

Fonte: Autor (2022)



**Figura 11 - Shield base de alimentação para esp8266 nodemcu, módulo Wi-Fi esp8266 nodemcu v3 (ch340), sensor dht 21 de temperatura/umidade e jumper fio dupont conector para ESP 8266 male female 100 cm**

Fonte: Autor (2022)



**Figura 12 - Sensor de radiação ultravioleta modelo ml8511 e anemômetro digital com biruta eletrônico**

Fonte: duto.mercadolivre.com.br (2022)

A partir da análise de uma fonte chaveada e de um *shield* base de alimentação para ESP 8266 NodeMCU, queimados durante a utilização nessa pesquisa, foi observada a presença de rãs mortas eletrocutadas no interior desses equipamentos, por isso foi confeccionada uma vestimenta feita de tela fina transparente, para evitar que as rãs acessassem o interior das fontes, de forma que após a adoção dessa medida não houve mais perda de fonte, nem de *shield* base de alimentação.

Os treze microcontroladores ESP 8266 Node MCU receberam programação para gerir o registro de temperatura, umidade, radiação ultra violeta, direção e velocidade do vento, a cada minuto, nas vinte e quatro horas do dia, assim como enviar via Wi-Fi para um servidor na nuvem, possibilitando a geração de planilhas dos dados armazenados.

Além da conexão da Plataforma com o servidor na nuvem, foi feita uma integração do sistema com o aplicativo Telegram, de forma que sempre que não houver um registro programado para ocorrer ou se for registrado dado indicado na programação como fora dos parâmetros considerados normais, uma mensagem será enviada informando e explicando a situação registrada.

### 3.3.4 Coleta e análise de dados

A plataforma contém 13 ESP 8266 NodeMCU, que controlam doze sensores DHT 21 (temperatura e umidade), um sensor de radiação ultravioleta modelo ML8511 e um Anemômetro eletrônico com indicador de direção do vento e Biruta, enviando os dados registrados por todos os sensores e pelo anemômetro, minuto a minuto, para o servidor, que salva no banco de dados e possibilita a visualização atual dos dados enviados, assim como a geração de planilhas de dados por períodos, conforme as Figuras 13 e 14 a seguir.

Colmeia	Temperatura	Umidade	Data / Hora
Colmeia 04	35.3°C	61%	07/02/2022 12:01:00
Colmeia 03	34.4°C	71%	07/02/2022 12:01:00
Colmeia 09	33.2°C	67%	07/02/2022 12:01:00
Colmeia 07	33.4°C	64%	07/02/2022 12:01:00
Colmeia 01	33.0°C	65%	07/02/2022 12:01:00
Colmeia 08	33.4°C	66%	07/02/2022 12:01:00
Colmeia 11	31.9°C	74%	07/02/2022 12:01:00
Colmeia 05	34.8°C	72%	07/02/2022 12:01:00

**Figura 13 - tela da página de consulta aos dados de temperatura e umidade nas 10 colmeias em 07/02/2022 às 12:01:00**

Fonte: Autor (2022)

Responsável: Nunes

Data: 01/02/2022



#### Temperatura e umidade das colmeias

Colmeia	Data	Temperatura	Umidade
Colmeia 01	01/02/2022 00:00:00	34.4°C	65%
Colmeia 01	01/02/2022 00:01:00	34.5°C	63%
Colmeia 01	01/02/2022 00:02:00	34.5°C	66%
Colmeia 01	01/02/2022 00:03:00	34.6°C	62%
Colmeia 01	01/02/2022 00:04:00	34.6°C	63%
Colmeia 01	01/02/2022 00:05:00	34.6°C	63%

**Figura 14 - Tela de consulta aos dados de temperatura e umidade na colmeia 01 em 01/02/2022 das 00:00:00 às 00:05:00**

Fonte: Autor (2022)

Cada sensor DHT 21 gera cinquenta páginas em pdf de dados de temperatura e umidade a cada 24 horas, totalizando 600 páginas diárias. Os dados registrados no ambiente, temperatura, umidade, radiação ultravioleta, direção e velocidade do vento são armazenados em uma mesma planilha, com geração de 50 páginas em formato pdf por dia.

Diante da dificuldade para mostrar uma análise detalhada de todos os dados gerados, optou-se por escolher os dados coletados a cada hora, de um dia de cada mês, a partir de outubro de 2021, para fazer uma análise dos dados de temperatura e umidade coletados nas colmeias 1 a 10, que são povoadas, assim como os dados registrados pela colmeia 11 (colmeia testemunha), que é uma colmeia não povoada, onde não há a termorregulação pelas abelhas, tendo sido adotada a mesma forma para os dados das estações. Também foram registrados os dados pluviométricos dos meses da pesquisa.

Os dados de cada colmeia, 1 a 10, foram analisados juntamente com os dados da colmeia 11, denominada de testemunha, e das estações, para robustar a obtenção de informações sobre a termorregulação pela *Apis mellifera* no Semiárido Brasileiro.

Nas colmeias povoadas, foi observado que umas tem mais quadros de cria e conseqüentemente mais abelhas, sendo essas as colmeias que apresentaram melhor termorregulação de sua ambiência interna, considerando o parâmetro 33 a 36 °C.

A colheita de mel foi feita de forma individualizada, quantificando-se a produção obtida por cada colmeia objeto da pesquisa.

Os dados registrados pelo sensor localizado no ambiente do Apiário possibilitaram identificar os horários, dias e meses do ano em que a temperatura na região do Apiário foi equivalente à zona de conforto térmico, necessária no interior da colmeia.

O acompanhamento em tempo real de temperatura e umidade registrados em cada colmeia permitiu mesmo sem o contato direto com as colmeias, saber quais delas estavam correndo risco de serem extintas pelo abandono da colônia, por não conseguirem termorregular de forma satisfatória sua ambiência.

Os dados coletados de temperatura e umidade foram tabulados e apresentados com a utilização de recursos computacionais e estatísticos, com a elaboração de índices, tabelas, quadros e gráficos de forma a apresentar de forma racional os resultados obtidos.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados desse trabalho serão apresentados e discutidos em sequência correlata aos objetivos específicos.

#### 4.1 DA INSTALAÇÃO DOS SENSORES DE TEMPERATURA E UMIDADE NAS 10 COLMEIAS POVOADAS

Foram utilizados 10 (dez) sensores DHT 21 conectados a microcontroladores ESP 8266 Node MCU, no centro dos ninhos de 10 (dez) colmeias, para registrar temperaturas e umidades a cada minuto e enviar ao servidor. Os microcontroladores ESP 8266 Node MCU ficaram acondicionados em uma caixa pequena de madeira, acoplada nas laterais das colmeias.

Embora os dados de temperatura e umidade registrados no interior das colmeias utilizados nessa pesquisa sejam de um período de seis meses, a coleta de dados com esses sensores ocorreu por um período de 13 meses e nenhum deles apresentou problema de funcionamento.

Uma providência tomada para evitar que as abelhas propolizassem os sensores e pudessem interferir em seu funcionamento foi encamisá-los com tela de fibra de vidro, de forma a evitar o acesso direto aos sensores, conforme mostrado em figura constante no capítulo Material e Métodos.

Quanto aos microcontroladores ESP 8266 Node MCU, que permaneceram no Apiário no período de outubro de 2021 a novembro de 2022, conectados aos shields base de alimentação, apenas duas dessas bases apresentaram problemas e precisaram ser substituídas. Foi verificado que os danos às respectivas bases foram ocasionados por rãs que se aglomeraram junto aos seus circuitos elétricos.

Para evitar a ocorrência desse tipo de dano, todos os ESP 8266 com as shield base de alimentação foram revestidos com telas de nylon, que não mais permitiram o contato das rãs com os circuitos e conseqüentemente não houve mais nenhum dano aos equipamentos.

Os sensores DHT 21 funcionaram adequadamente no interior das dez colmeias, no período da pesquisa, tendo possibilitado a coleta dos dados necessários à realização da pesquisa, sem ocasionar custo de manutenção.

Foram realizadas pesquisas bibliográficas a partir de artigos científicos localizados por plataformas de buscas, não tendo sido encontrada nenhuma pesquisa que utilizou o sensor DHT 21 (temperatura e umidade) no interior de colmeias, já em relação à utilização do Microcontrolador ESP 8266 Node MCU, ele foi utilizado para monitorar temperatura e umidade internas (caixas racionais) e externas (ambiente), em Meliponário, no período de quatro dias no primeiro semestre de 2020 por (Mesquita et. al., 2020).

## 4.2 DA CONSTRUÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS

Neste trabalho também foi possível desenvolver duas Estações meteorológicas para monitorar dados de variáveis no ambiente do Apiário Experimental, sendo a Estação 01 destinada a registrar Radiação UV e a Estação 02, para fazer os registros de temperatura, umidade, direção e velocidade do vento no ambiente do Apiário. Visando proporcionar uma melhor caracterização meteorológica do período pesquisado foi instalado um pluviômetro para registrar a quantidade de água resultante das chuvas na região do Apiário Experimental.

As placas microcontroladoras NodeMCU ESP 8266, utilizadas nas Estações meteorológicas, ficaram acondicionadas dentro do Centro de Comando e Controle (CCC) da pesquisa, situado no centro do Apiário Experimental. O sensor de Radiação UV foi colocado sobre o CCC, o sensor DHT 21 na frente do CCC e o anemômetro digital com Biruta eletrônica fixado em um suporte de cano localizado a dois metros do CCC na direção sul.

As Estações funcionaram normalmente durante o período da pesquisa, não apresentando qualquer problema, nem danos em seus equipamentos.

Realizadas pesquisas em artigos científicos disponíveis nas plataformas de buscas, não foram encontrados relatos de Estações meteorológicas similares às dessa pesquisa instaladas em Apiários.

Desenvolvidas as Estações, foram selecionados dados registrados em dois meses, de todas as variáveis monitoradas, para caracterizar as variações verificadas no período.

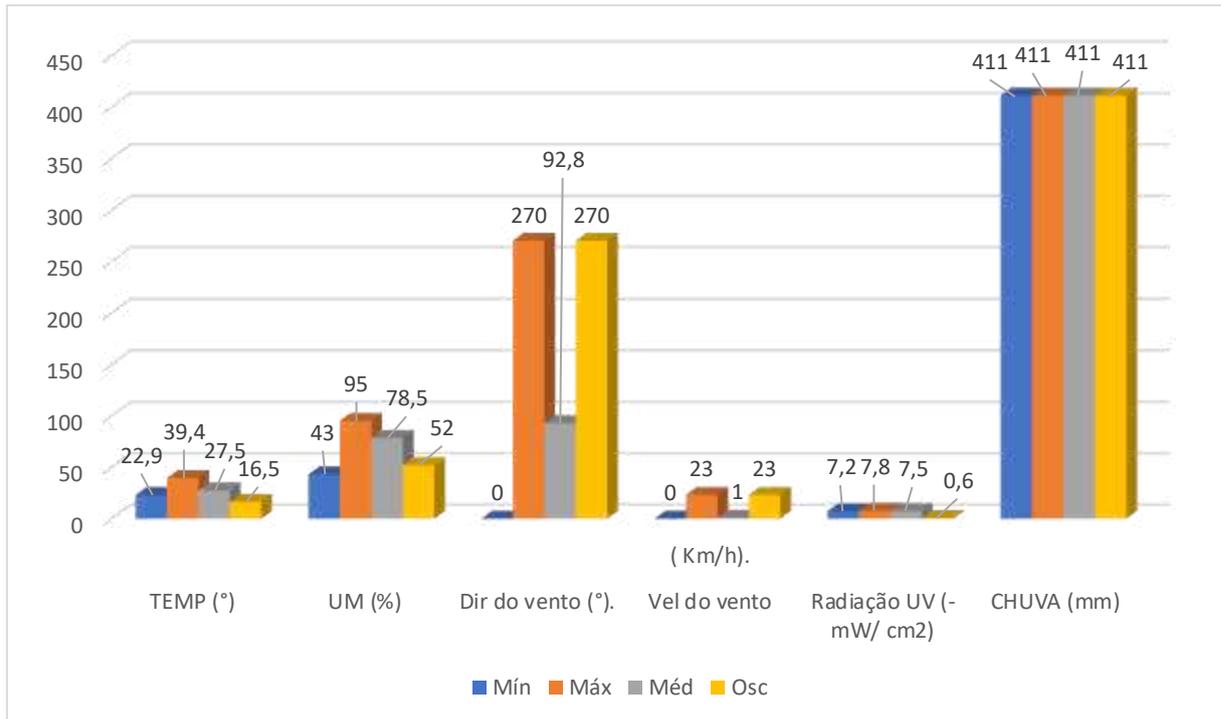
### 4.2.1 Dados registrados pelas estações meteorológicas em 20/03/2022.

A Tabela 2 e o Gráfico 3 a seguir contêm e demonstram os dados das duas estações registrados no dia 20 de março de 2022, mostrando que a temperatura ambiente oscilou entre 22,9 e 39,4 °C; a umidade relativa do ar oscilou entre 43,0 e 95,0 %, que a velocidade do vento foi de no máximo 23,0 km/h e que a direção do vento se manteve na maioria do tempo em 90°, apresentando média de 92,8°.

**Tabela 2 – Dados registrados pelas estações 01 e 02 em 20/03/2022**

<b>DADOS DAS ESTAÇÕES EM 20/03/2022.</b>						
	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>Direção do vento (°)</b>	<b>Velocidade do vento (km/h).</b>	<b>Radiação UV (mW/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Chuvas (mm)</b>
<b>Mínima</b>	22.9°C	43.0%	0°	0.0 km/h	-7.2 mW/cm <sup>2</sup>	411 mm
<b>Máxima</b>	39.4°C	95.0%	270°	23.0 km/h	-7.8 mW/cm <sup>2</sup>	411 mm
<b>Média</b>	27.5°C	78.5%	92.8°	1.0 km/k	-7.5 mW/cm <sup>2</sup>	411 mm
<b>Oscilação</b>	16,5°C	52.0%	270°	23.0 km/h	0.6 mW/cm <sup>2</sup>	411 mm

**Fonte:** Autor (2022)



**Gráfico 3 – Temperaturas, umidades, direção do vento, velocidade do vento, radiação UV e dados pluviométricos registrados nas estações 01 e 02 em 20/03/2022**  
**Fonte: Autor (2022)**

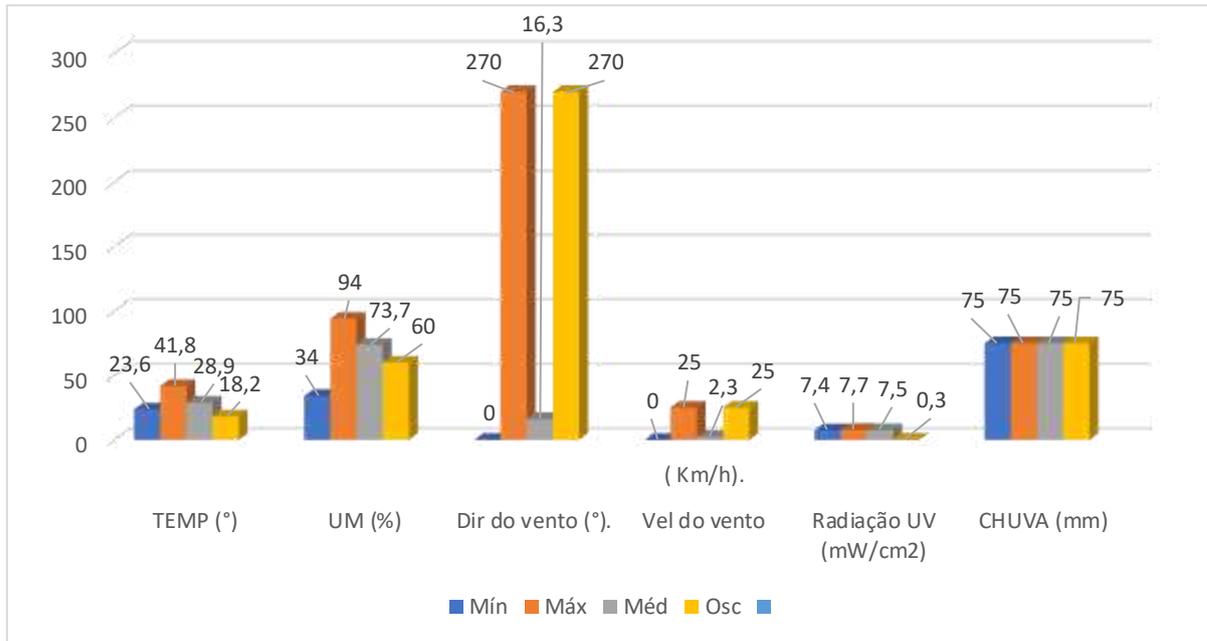
#### 4.2.2 Dados registrados pelas estações meteorológicas em 20/04/2022

A Tabela 3 abaixo contém os dados das duas estações registrados no dia 20 de abril de 2022, demonstrados pelo Gráfico 4, com a temperatura ambiente oscilando entre 23,6 e 41,8 °C; a umidade relativa do ar entre 34,0 e 94,0 %, velocidade do vento máxima atingindo 25,0 km/h, mudança na direção do vento em relação aos dados do mês de março, passando a se manter mais tempo em 0°, com média de 16,3°, enquanto em março se manteve mais em 90°.

**Tabela 3 – Dados registrados pelas estações 01 e 02 em 20/04/2022**

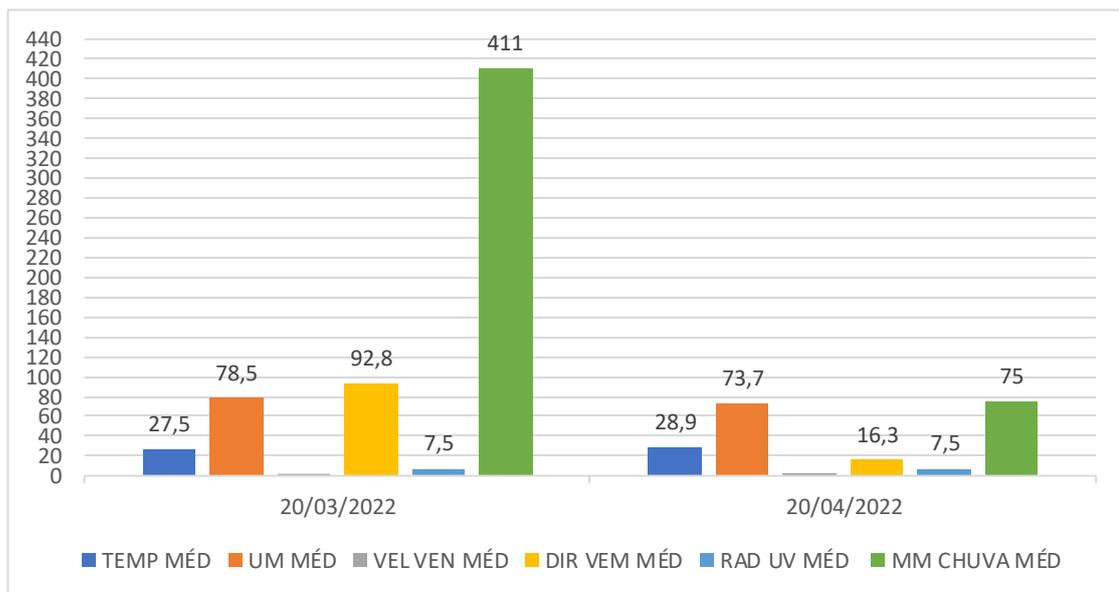
DADOS DAS ESTAÇÕES EM 20/04/2022.						
	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Direção do vento (°)	Velocidade do vento (km/h).	Radiação UV (mW/cm <sup>2</sup> )	Chuvas (mm)
<b>Mínima</b>	23,6°C	34,0%	0°	0,0 km/h	-7,4 mW/cm <sup>2</sup>	75 mm
<b>Máxima</b>	41,8°C	94,0%	270°	25,0 km/h	-7,7 mW/cm <sup>2</sup>	75 mm
<b>Média</b>	28,9°C	73,7%	16,3°	2,3 km/h	-7,5 mW/cm <sup>2</sup>	75 mm
<b>Oscilação</b>	18,2°C	60,0%	270°	25 km/h	0,3 mW/cm <sup>2</sup>	75 mm

**Fonte: Autor (2022)**



**Gráfico 4 – Temperaturas, umidades, direção do vento, velocidade do vento, radiação UV e dados pluviométricos registrados nas estações 01 e 02 em 20/04/2022**  
**Fonte: Autor (2022)**

O Gráfico 5 a seguir, elaborado com os dados médios de temperatura, umidade, direção do vento, velocidade do vento, radiação UV e mm de chuva nos meses de março e abril de 2022, mostram como ocorreu a evolução desses dados meteorológicos no ambiente do Apiário no período.



**Gráfico 5 – Médias de temperatura, umidade, direção do vento, velocidade do vento, radiação UV e mm de chuva registradas pelas estações 01 e 02 em 20/03/2022 e 20/04/2022 no ambiente do apiário**  
**Fonte: Autor (2022)**

A partir dos dados registrados nas estações meteorológicas no período de março a abril de 2022, demonstrados no gráfico 05 acima, observa-se que a temperatura média no ambiente sempre se manteve abaixo da zona de conforto térmico necessária nas colmeias.

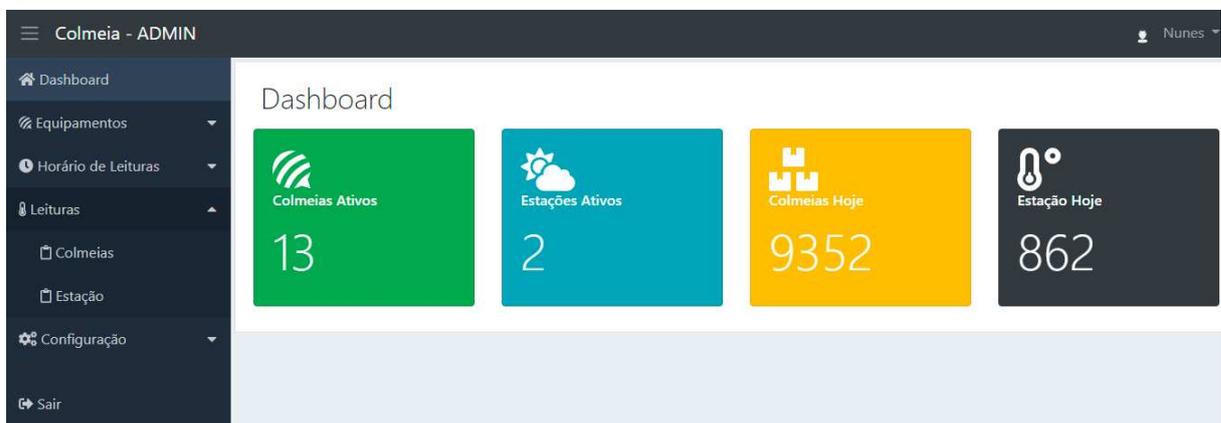
A quantidade de chuvas no local foi muito irregular nos meses pesquisados e a direção do vento mudou significativamente de um mês para o outro, o que indica a necessidade de uma análise no sentido de reposicionamento periódico das colmeias de forma a evitar que os alvados fiquem direcionados para recebimento direto do vento e, dessa forma, facilitar a atuação das abelhas no aquecimento de seu ninho

Os dados da pesquisa descartam a tese de que a alta temperatura constitua um problema enfrentado pelas abelhas na termorregulação, e aponta um problema até então pouco pesquisado que é o relacionado a baixas temperaturas dificultando a termorregulação pela *Apis mellifera* L.

#### 4.3 DA INTEGRAÇÃO DA PLATAFORMA IOT AO SERVIDOR E AO TELEGRAM

Os treze microcontroladores ESP 8266 Node MCU receberam programação para gerir o registro de temperatura, umidade, radiação ultra violeta, direção e velocidade do vento, a cada minuto, nas vinte e quatro horas do dia, assim como enviar via Wi-Fi para um servidor na nuvem através de código Arduino, possibilitando o acesso por aplicativo ou endereço eletrônico, de forma online, para leituras de dados e geração de planilhas dos dados armazenados.

O acesso aos dados armazenados no servidor na nuvem, ocorre pelo endereço eletrônico <https://termonline.com.br/Colmeia/leituras.php> com a utilização de login e senha de acesso, conforme Figura 15, a seguir.

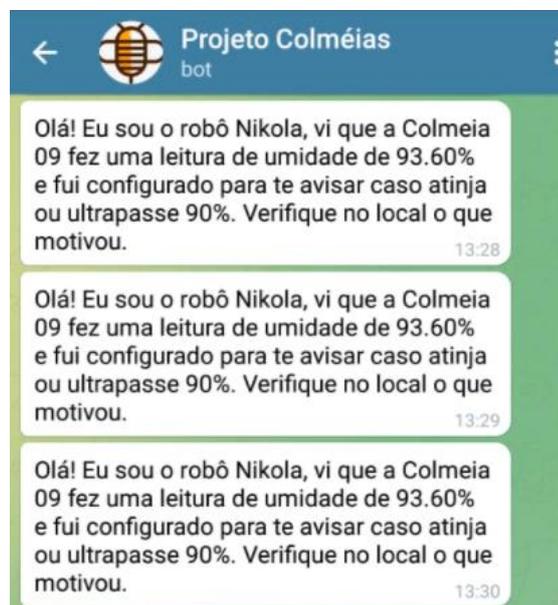


**Figura 15 – Print da página inicial do servidor com os dados gerados pela plataforma**  
Fonte: Autor (2022)

Na Plataforma Web, figura acima, desenvolvida nessa pesquisa, tem-se um painel de controle com informações referentes ao total de colmeias e estações ativas, assim como referentes ao total de leituras recebidas no dia atual.

Outras funcionalidades disponíveis na Plataforma são as referentes a Equipamentos, onde o usuário pode adicionar novas colmeias ou estações, assim como listar as já adicionadas para realizar edição; Horário de leituras, para poder mudar os horários de leituras e envio dos dados ao servidor; Leituras, dos dados das colmeias e das estações, com a possibilidade de gerar relatórios de dados por colmeia ou por estação e por período determinado; além de Configurações, onde pode ser editado o intervalo entre leituras e os usuários do Telegram habilitados a receber mensagens do Sistema.

Além da conexão da Plataforma com o servidor na nuvem, foi feita uma integração do sistema com o aplicativo Telegram, de forma que sempre que não houver um registro programado para ocorrer ou se for registrado dado indicado na programação como fora dos parâmetros considerados normais, uma mensagem será enviada informando e explicando a situação registrada, conforme pode ser observado na Figura 16, a seguir.



**Figura 16 – Print da tela do aplicativo telegram informando que houve leitura de umidade fora dos parâmetros indicados**

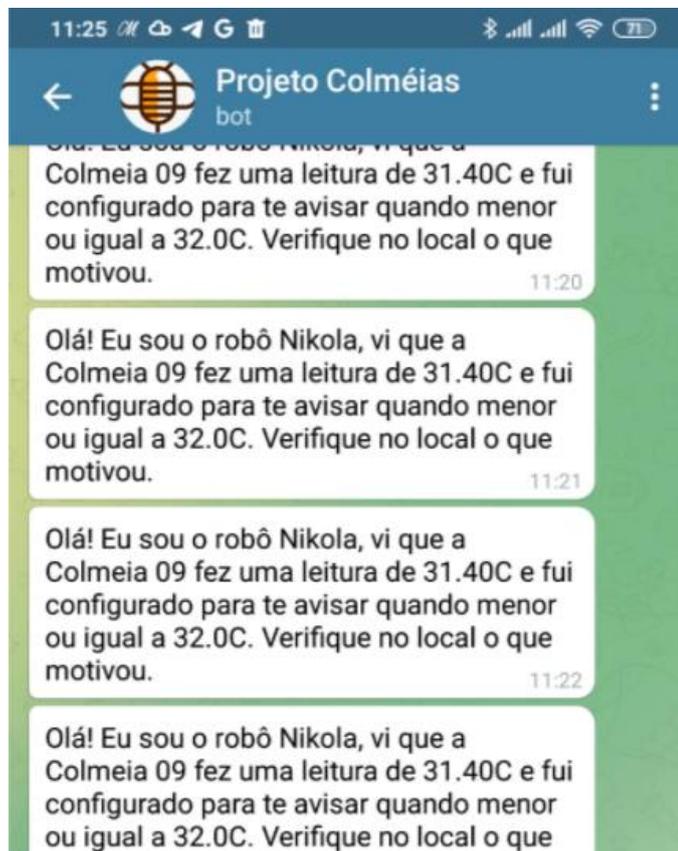
**Fonte:** Autor (2022)

Na Fig. 16 acima, o microcontrolador que estava configurado para informar quando houvesse registro de umidade inferior a 40% ou superior a 90%, enviou mensagem para o telegram alertando que a umidade registrada naquele momento, 13:28 horas do dia 06/01/2022

foi de 93.60% e o alerta continua sendo enviado até o minuto em que a umidade passe a se enquadrar no parâmetro configurado, que no caso foi de 40% a 90%.

Cumprе informar que foram usados esses dados como parâmetro, 40% a 90%, porque nesse momento do trabalho ainda não havia sido identificado o intervalo entre umidade mínima e máxima que as abelhas *Apis mellifera* mantêm no interior de uma colmeia, que é de 54,4% a 72,7 %.

Na Figura 17 a seguir, o microcontrolador que estava configurado para informar quando houvesse registro de temperatura inferior a 33°C e/ou superior a 36°C, enviou mensagem para o Telegram alertando que a temperatura registrada na colmeia 09 naquele instante, 11:25 horas, foi de 31.0°C e o alerta continua sendo enviado até o minuto em que a temperatura na ambiência interna dessa colmeia passar a se enquadrar no parâmetro configurado, que foi de 33°C a 36°C.

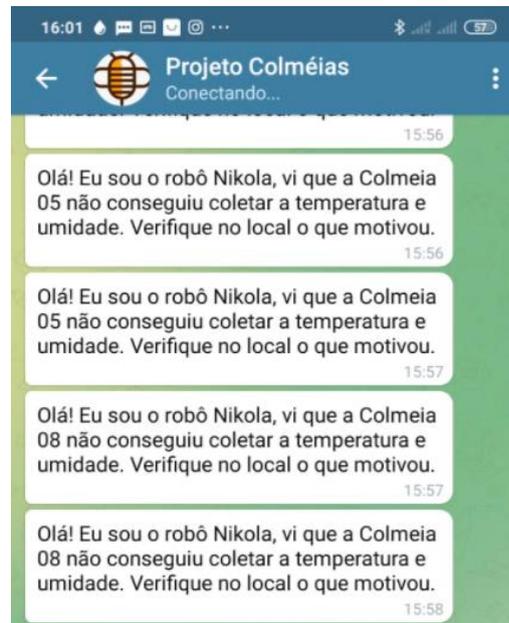


**Figura 17 – Print da tela do aplicativo telegram informando que houve leitura de temperatura fora dos parâmetros indicados**

**Fonte:** Autor (2022)

Se em determinado minuto, alguma colmeia não enviar ao servidor os dados de temperatura ou umidade, o ESP 8266 também enviará para o telegram a informação de que

determinada colmeia não conseguiu coletar os dados, como ocorreu com as mensagens a seguir mostradas, na Figura 18.



**Figura 18 – Print da tela do aplicativo telegram informando que a colmeia 08 não conseguiu coletar a temperatura e umidade e solicitando verificar o que motivou**  
**Fonte:** Autor (2022)

As integrações da Plataforma com o servidor na nuvem, assim como com o aplicativo Telegram não apresentaram falha em seu funcionamento durante toda a pesquisa.

#### 4.4 DO MAPEAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDADE NA AMBIÊNCIA DE UMA COLMEIA NÃO POVOADA (TESTEMUNHA)

A Plataforma desenvolvida com microcontroladores conectados a sensores DHT 21 e integrada a um servidor por meio da internet permitiu o armazenamento de dados de temperatura e umidade registrados em 11 colmeias, sendo as colmeias 1 a 10 povoadas com abelhas da espécie *Apis mellifera L.* e a colmeia 11, aqui denominada de (testemunha), sem abelhas, para possibilitar entender a ação das abelhas na termorregulação de sua ambiência interna, definir limites mínimo e máximo da zona de conforto térmico no interior da colmeia, assim como a possível contribuição da colmeia na termorregulação realizada pela colônia de abelhas.

Para chegar a esses resultados foi feita análise comparativa das temperaturas registradas na ambiência do ninho das abelhas com o ambiente sem a ação termorregulatória das abelhas (colmeia 11) e com o ambiente externo.

#### 4.4.1 Análise de Temperaturas mínima, máxima, média e oscilação da temperatura na colmeia 11(testemunha).

Para proporcionar um melhor entendimento do comportamento termorregulatório da abelha estudada, primeiro foi realizada uma análise do registro de temperaturas e umidades em uma colmeia sem a presença de abelhas, denominada nesse trabalho de colmeia testemunha, assim como no ambiente do Apiário.

Na colmeia 11(testemunha), onde não houve ação termorregulatória das abelhas, as temperaturas registradas pelo sensor DHT 21 apresentaram uma amplitude térmica elevada. No ambiente do apiário, embora a oscilação da temperatura tenha sido similarmente alta, apresentou diferenças em determinados momentos no período de 24 horas.

Na Tabela 4 a seguir, tem-se as temperaturas mínima, máxima e média, assim como a oscilação da temperatura na colmeia 11 (testemunha), nos dias 22 de outubro de 2021, 27 de novembro de 2021, 22 de dezembro de 2021, 22 de janeiro de 2022, 20 de fevereiro de 2022 e 20 de março de 2022.

**Tabela 4 – Temperaturas mínima, máxima, média e oscilação da temperatura registradas na colmeia 11 (testemunha) nos meses de outubro de 2021 a março de 2022**

TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NA COLMEIA 11 (testemunha).			
	22/10/2021	27/11/2021	22/12/2021
TEMPERATURA MÍNIMA	24,7°C	25,8 °C	25,3°C
TEMPERATURA MÁXIMA	38,8°C	38,8°C	39,3°C
TEMPERATURA MÉDIA	30,3°C	31,3°C	31,5°C
AMPLITUDE TÉRMICA (OSC)	14,1°C	13,0°C	14,0°C
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NA COLMEIA 11 (testemunha).			
	22/01/2022	20/02/2022	20/03/2022
TEMPERATURA MÍNIMA	24,0°C	24,7°C	22,1°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35,6°C	34,0°C	29,7°C
TEMPERATURA MÉDIA	28,0°C	27,1°C	24,8°C
AMPLITUDE TÉRMICA (OSC)	11,6°C	9,3°C	7,6°C

**Fonte:** Autor (2022)

Na Tabela 5 tem-se a média semestral de temperaturas mínima, máxima e média, assim como da oscilação da temperatura registradas na colmeia 11, no período de outubro de 2021 a março de 2022, compreendendo 3 meses secos (outubro a dezembro) e três meses chuvosos (janeiro a março).

**Tabela 5 – Médias das temperaturas mínima, máxima, média e oscilação da temperatura registradas na colmeia 11 (testemunha) em seis meses (outubro de 2021 a março de 2022)**

MÉDIAS DAS TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NA COLMEIA 11 (testemunha) EM 6 MESES (OUT/21 A MAR/22).	
MÉDIA DA TEMP MÍNIMA	24,4 °C
MÉDIA DA TEMP MÁXIMA	36,0 °C
MÉDIA DA TEMP MÉDIA	28,8 °C

Fonte: Autor (2022)

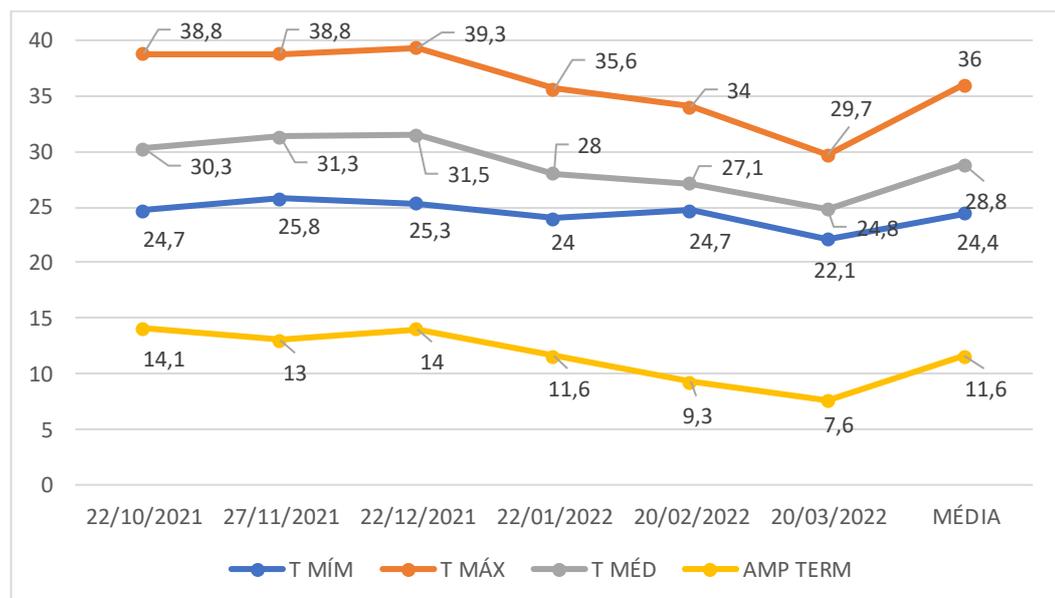
Os dados acima revelam que o maior problema enfrentado pelas abelhas no que se refere a manter sua ambiência com termorregulação adequada não é em relação à temperatura máxima, que em média não ultrapassa o que é suportável pela colônia, tendo em vista apresentar média de 36,0°C, pois segundo Mendes, et. al., (2016) é considerado padrão os limites 33 a 36 °C, que permite o pleno desenvolvimento das crias.

Quanto à média da temperatura mínima, ela se apresenta bem abaixo do limite padrão 33 a 36 °C, indicado nas pesquisas de (MENDES, et. al., 2016), (RAMBO; FÉLIX; SILVEIRA, 2018) e (DOMINGOS, 2017).

Conforme pode ser observado nos dados das tabelas acima, no quarto trimestre de 2021, a diferença entre as temperaturas mínima e máxima registradas na colmeia livre da termorregulação das abelhas, foi em média de 13,7°C, sendo 14,1°C no dia 22 de outubro de 2021, 13 °C no dia 27 de novembro de 2021 e 14 °C no dia 22 de dezembro de 2021.

Já no primeiro trimestre de 2022, essa amplitude térmica diminuiu, de 13,7 °C para 9,5 °C, indicando que o período de chuvas favorece a termorregulação pelas abelhas no que tange à baixa amplitude térmica necessária.

Os dados apresentados no Gráfico 6, abaixo, mostram que a partir do mês de janeiro há uma redução constante das temperaturas mínima, máxima e média assim como da amplitude térmica, na colmeia sem a termorregulação realizada pelas abelhas.



**Gráfico 6 - Temperaturas mínima, máxima e média registradas na colmeia 11 (testemunha) de out/21 a mar/22 (três meses secos e três meses chuvosos) e a média do semestre**

Fonte: Autor (2022)

De acordo com as médias de temperaturas mínima (24,4 °C) e máxima (36,0 °C) registradas na colmeia não povoada, mostradas no gráfico 06 acima, referente ao semestre analisado (outubro/2021 a março/2022), percebe-se que a necessidade de atuação da *Apis mellifera L.* para manter a zona de conforto térmico é no sentido de elevar a temperatura em seu ninho, só precisando baixar a temperatura, excepcionalmente, em raros períodos do dia e apenas nos meses da estação seca.

Conforme pode ser observado, à medida que vai chegando o período chuvoso, a diferença entre as temperaturas mínima e máxima vai sendo reduzida, indicando um momento que facilita a ação termorregulatória das abelhas *Apis mellifera*.

O intervalo com as temperaturas mínima, máxima e média, resultantes das médias de dados registrados nos seis meses, outubro de 2021 a março de 2022, foi de 24,4 a 36°C, com 28,8°C sendo a temperatura mantida por mais tempo no período, no interior da colmeia sem abelhas.

Esse intervalo não se mostra satisfatório na orientação dos apicultores, pois diverge do intervalo ocorrido nos meses sem chuvas, assim como do que foi registrado nos meses chuvosos, por isso se faz necessário considerar separadamente os intervalos com as médias de cada período, seco e chuvoso.

Nos meses com pouca incidência de chuvas, outubro a dezembro de 2021, o intervalo de temperaturas registradas foi de 25,2 a 38,9°C, tendo a temperatura se mantido por mais tempo em 31°C, já no período de chuvas, janeiro a março de 2022, esse intervalo de temperaturas foi de 23,6 a 33,1°C, com a temperatura se mantendo por mais tempo em 26,6°C.

Os resultados obtidos, comparados com a zona de conforto térmico mantida pelas abelhas na colmeia, identificada a partir dos dados registrados nessa pesquisa, 32,9 a 35,5°C, indicam que no período da entressafra, outubro a dezembro, as abelhas *Apis mellifera* precisam atuar desenvolvendo mecanismos tanto para aquecer como para resfriar sua ambiência, a depender do período do dia.

Já no período chuvoso, janeiro a março de 2022, o intervalo de temperaturas obtido com a média dos dados registrados aponta que em todo o período as abelhas só precisaram desenvolver mecanismos de aquecimento da colmeia.

4.4.2 Análise de umidades máxima, mínima e média, assim como sua respectiva amplitude na colmeia 11 (testemunha).

No início dessa pesquisa, buscou-se informações tanto sobre a temperatura ideal para a reprodução e o desenvolvimento das colônias de *Apis mellifera* L., quanto sobre a umidade adequada. Quanto à temperatura adequada, foram encontradas diversas informações baseadas em pesquisas bem fundamentadas, o que possibilitou iniciar esse trabalho já tendo por base parâmetros a serem confirmados ou refutados.

Para Mendes (2016), os limites mínimo e máximo aceitáveis de temperatura na área de nidificação da *Apis mellifera* L. são 33 e 36 °C. De acordo com Rambo; Félix e Silveira (2018), as abelhas conseguem manter na colônia, a temperatura dentro do intervalo de 33 a 36 °C. Lopes et al., (2011) dispõem que “na área de cria do ninho, as temperaturas são mantidas em 30-35°C”, de forma que “temperaturas acima de 36°C, por longo tempo, podem afetar, severamente, a metamorfose da cria”. A Embrapa (2017) também se posicionou no sentido de que temperaturas abaixo de 33°C ou acima de 36 °C podem provocar o aumento da mortalidade das crias ou causar defeitos físicos nas asas ou noutras partes do corpo das abelhas recém-nascidas.

No que se refere aos limites de umidade necessários para que uma colônia de *Apis mellifera* L. obtenha um pleno desenvolvimento, não foram localizadas informações em pesquisas científicas capazes de fundamentar tais limites, mas apenas a afirmação sem dados comprobatórios de que a umidade relativa ideal da colmeia se concentra em torno dos 40% (ANDRADE; MARACAJÁ; MEDEIROS, 2017).

Esse trabalho, por meio de um monitoramento minuto a minuto, durante um longo período, em dez colmeias povoadas, uma colmeia testemunha (não povoada) e no ambiente do apiário, procurou mostrar as médias de umidades máxima, mínima, média e a amplitude de umidade observadas nas colmeias povoadas, no ambiente externo e também na área nidificada da colmeia.

Na Tabela 6, a seguir, tem-se as umidades mínima, máxima e média, assim como a amplitude da umidade nos dias 22 de outubro de 2021, 27 de novembro de 2021, 22 de dezembro de 2021, 22 de janeiro de 2022, 20 de fevereiro de 2022 e 20 de março de 2022, registradas na colmeia 11(testemunha).

**Tabela 6 - Umidades mínima, média e máxima, assim como a amplitude da umidade registradas na colmeia 11 (testemunha), de outubro de 2021 a março de 2022**

UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NA COLMEIA 11			
	22/10/2021	27/11/2021	22/12/2021
UMIDADE MÍNIMA	36,0%	39,0%	38,0%

UMIDADE MÁXIMA	56,0%	53,0%	52,0%
UMIDADE MÉDIA	46,6%	45,3%	43,9%
<b>AMPLITUDE DA UMIDADE</b>	<b>20,0%</b>	<b>14,0%</b>	<b>14,0%</b>
<b>UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NA COLMEIA 11</b>			
	22/01/2022	20/02/2022	20/03/2022
UMIDADE MÍNIMA	58,0%	69,0%	89,0%
UMIDADE MÁXIMA	74,0%	76,0%	100,0%
UMIDADE MÉDIA	65,6%	71,1%	94,7%
<b>AMPLITUDE DA UMIDADE</b>	<b>16,0%</b>	<b>7,0%</b>	<b>11,0%</b>

**Fonte:** Autor (2022)

Os dados da tabela 06, referentes ao quarto trimestre do ano de 2021 e ao primeiro trimestre do ano de 2022, mostram uma variação da umidade em colmeia não termorregulada pelas abelhas, em um período de vinte e quatro horas, de 16% em média, em relação ao quarto trimestre de 2021, sendo 20 % no dia 22 de outubro de 2021, 14 % no dia 27 de novembro de 2021 e 14 % no dia 22 de dezembro de 2022.

Já em relação ao primeiro trimestre de 2022, a variação da umidade na colmeia 11 (testemunha), sem termorregulação das abelhas, em períodos de 24 horas, é em média 11,3 %, 4,7% menor em relação aos meses do período seco, sendo 16% no dia 22 de janeiro de 2022, 7% no dia 20 de fevereiro de 2022 e 11% no dia 22 de março de 2022.

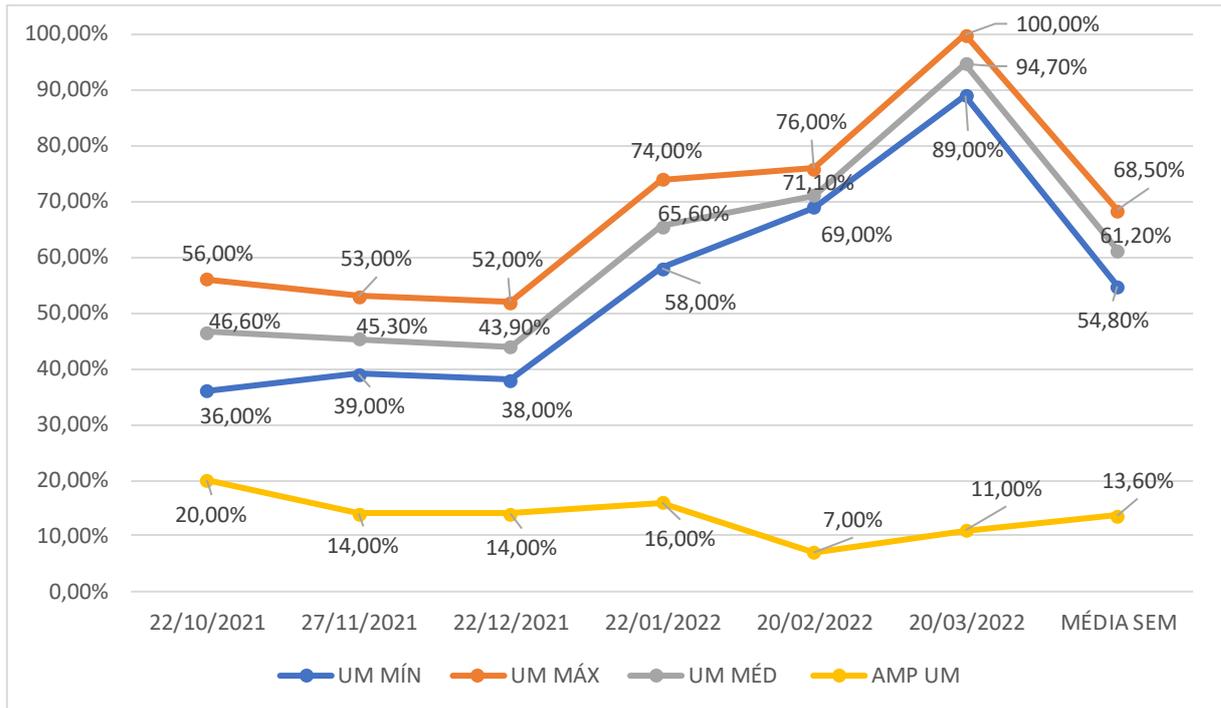
Na Tabela 7 tem-se a média semestral de umidades mínima, máxima, média e amplitude da umidade registradas na colmeia 11(testemunha), no período de outubro de 2021 a março de 2022, compreendendo 3 meses secos (outubro a dezembro) e três meses chuvosos (janeiro a março).

**Tabela 7 - Médias das umidades mínima, máxima, média e amplitude da umidade registradas na colmeia 11 (testemunha), em 6 meses (outubro/2021 a março/2022)**

MÉDIAS DAS UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA, MÉDIA E AMPLITUDE DA UMIDADE REGISTRADAS NA COLMEIA 11 (TESTEMUNHA) DO APÍÁRIO EM 6 MESES (OUT/21 A MAR/22).	
MÉDIA DA UMID MÍNIMA	54,8 %
MÉDIA DA UMID MÁXIMA	68,5 %
MÉDIA DA UMID MÉDIA	61,2 %
AMPLITUDE TÉRMICA	13,6 %

**Fonte:** Autor (2022)

Os dados apresentados no Gráfico 7, a seguir, mostram que a partir do final do Mês de dezembro até o final do mês de março houve uma elevação constante e significativa das umidades mínima, média e máxima, mas não houve aumento da amplitude da umidade, que apresentou leve queda nos meses chuvosos de janeiro a março de 2022.



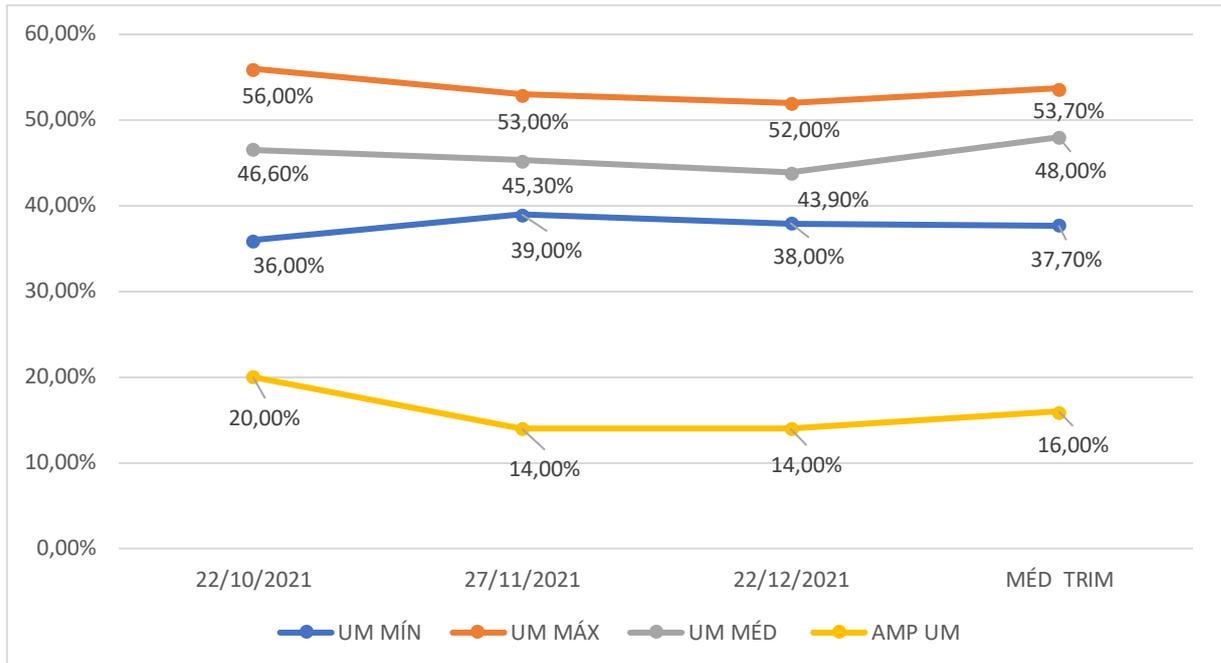
**Gráfico 7 - Umidades mínima, máxima e média registradas na colmeia 11, de outubro de 2021 a março de 2022 (três meses secos e três meses chuvosos) e a média do semestre**  
**Fonte: Autor (2022)**

O Gráfico 7 acima, retrata as umidades mínima, máxima, média e a amplitude de umidade registradas em colmeia não povoada, mês a mês, de outubro de 2021 a março de 2022, incluindo três meses do período considerado seco no semiárido, Iguatu, Ceará e três meses considerados pertencentes ao período de chuvas.

Pela média aritmética dos seis meses pesquisados, é possível aferir que a umidade em colmeia não povoada variou entre 54,8 a 68,5 %.

Como há grande diferença nas umidades registradas entre os meses secos e chuvosos, entendeu-se necessário verificar também as médias de cada trimestre, que estão apresentadas nos Gráficos 8 e 9 a seguir.

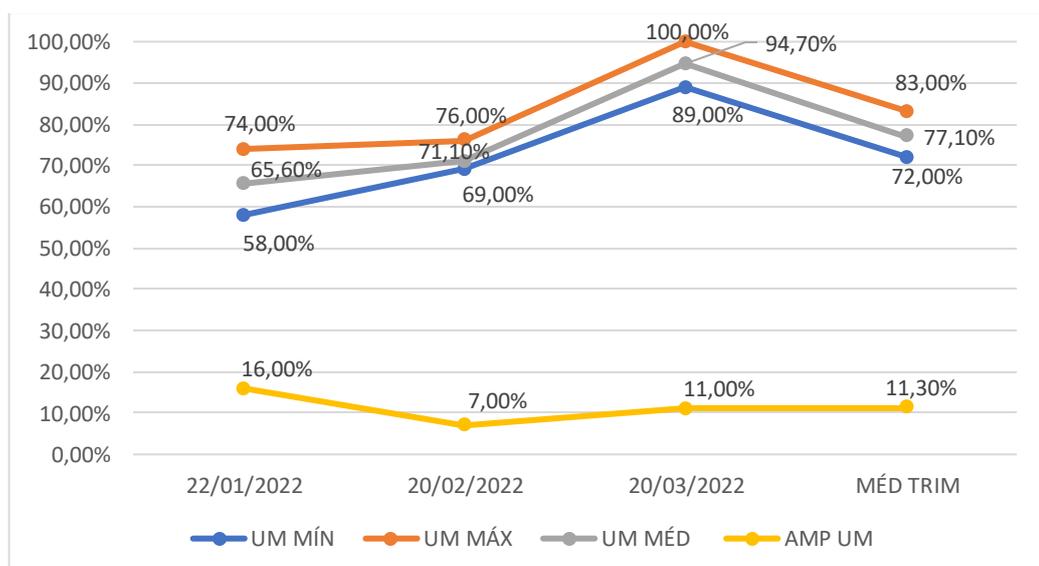
No Gráfico 8 abaixo, tem-se as médias obtidas a partir dos dados de umidades registrados nos meses de outubro a dezembro de 2021.



**Gráfico 8 - Médias das umidades mínima, máxima, média e oscilação da umidade, registradas nos meses de outubro a dezembro de 2021 e a média desse trimestre**  
**Fonte: Autor (2022)**

De acordo com o Gráfico 8, acima, a umidade variou nos meses de outubro a dezembro de 2021, em média, entre 37,7 e 53,7 %, com amplitude de umidade média de 16 %, tendo se mantido na maioria do tempo em 48 %.

Já o Gráfico 9 abaixo, contém as médias obtidas a partir dos dados de umidades registrados nos meses de janeiro a março de 2021.



**Gráfico 9 - Médias das umidades mínima, máxima, média e oscilação da umidade, registradas nos meses de janeiro a março de 2022 e a média desse trimestre**  
**Fonte: Autor (2022)**

De acordo com o Gráfico 9, a umidade variou nos meses de janeiro a março de 2022, em média, entre 72 % a 83 %, com amplitude de umidade média de 11,3 %, indicando que nos meses chuvosos há uma menor amplitude de umidade, que na presente pesquisa foi inferior, em 4,7 %, em relação aos meses de outubro a dezembro.

A partir da análise dos dados coletados nos meses com pouca incidência de chuvas (secos) com os dados registrados nos meses de janeiro a março, percebe-se que devido à grande diferença de umidades nos dois períodos, o intervalo obtido com as médias de dados dos seis meses não reflete a realidade do período seco nem do período chuvoso, sendo necessário considerar as médias de cada período separadamente.

Dessa forma, tem-se no período seco, conforme dados obtidos nos meses de outubro a dezembro de 2021, em colmeia sem termorregulação, umidades relativa do ar oscilando no intervalo de 37,7 % a 53,7 %, com maior incidência de registros de 48 %, ao passo que no período de chuvas (janeiro a março de 2022), o intervalo de umidades registradas na colmeia testemunha foi de 72 % a 83 %, tendo 77,1 % como o dado mais registrado no período.

Desse modo, observou-se que a umidade média registrada no período chuvoso (77,1 %), foi superior à umidade média verificada nos meses secos (48 %), em 29,1%. Como a média de umidades do semestre foi de 61,2 %, conforme gráfico 07, ela difere significativamente das médias dos dois períodos.

#### 4.5 DO MAPEAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDADE NO AMBIENTE DE INSTALAÇÃO DO APIÁRIO EXPERIMENTAL

Com as estações meteorológicas integradas à plataforma foi possível monitorar também as temperaturas e umidades registradas no ambiente do apiário, possibilitando verificar se há diferença significativa entre os dados ambiente e os registrados na colmeia sem ação termorregulatória das abelhas, a colmeia 11 (testemunha).

##### 4.5.1 Mapeamento de Temperaturas mínima, máxima, média e oscilação da temperatura no ambiente do apiário

Na Tabela 8, seguinte, tem-se as temperaturas mínima, máxima, média, assim como a amplitude térmica de temperatura no ambiente do apiário nos dias 22 de outubro de 2021, 27 de novembro de 2021, 22 de dezembro de 2021, 22 de janeiro de 2022, 20 de fevereiro de 2022 e 20 de março de 2022, registradas no ambiente do apiário.

**Tabela 8 - Temperaturas mínima, máxima, média e oscilação da temperatura registradas no ambiente do apiário nos meses de out/2021 a março de 2022**

TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NO AMBIENTE DO APIÁRIO.			
	22/10/2021	27/11/2021	22/12/2021
TEMPERATURA MÍNIMA	22,7 °C	22,9 °C	24,2 °C
TEMPERATURA MÁXIMA	45,9 °C	45,2 °C	44,2 °C
TEMPERATURA MÉDIA	31,8 °C	32,5 °C	32,8 °C
AMPLITUDE TÉRMICA (OSC)	23,2 °C	22,3 °C	20,0 °C
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NO AMBIENTE DO APIÁRIO.			
	22/01/2022	20/02/2022	20/03/2022
TEMPERATURA MÍNIMA	22,9 °C	24,3 °C	21,9 °C
TEMPERATURA MÁXIMA	40,6 °C	39,7 °C	39,4 °C
TEMPERATURA MÉDIA	29,5 °C	27,1 °C	27,5 °C
AMPLITUDE TÉRMICA (OSC)	17,7 °C	15,4 °C	17,5 °C

**Fonte:** Autor (2022)

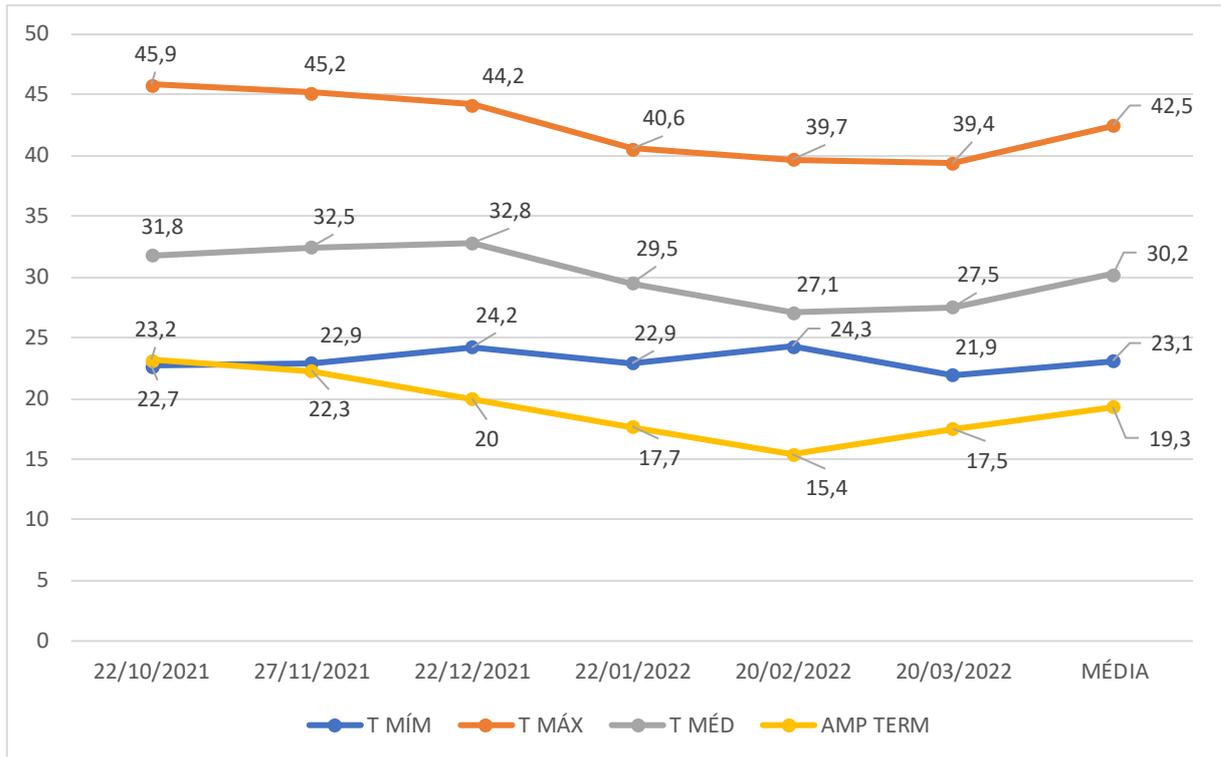
Na Tabela 9 a seguir, tem-se a média das médias de temperaturas mínima, máxima, média e amplitude térmica registradas no ambiente do apiário, no período de 22 de outubro de 2021, 27 de novembro de 2021, 22 de dezembro de 2021, 22 de janeiro de 2022, 20 de fevereiro de 2022 e 20 de março de 2022.

**Tabela 9 - médias das temperaturas mínima, máxima e média registradas no ambiente do apiário em seis meses (outubro de 2021 a março de /2022)**

MÉDIAS DAS TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NO AMBIENTE DO APIÁRIO EM 3 MESES (FEV A ABR/22).	
MÉDIA DA TEMP MÍNIMA	23,1 °C
MÉDIA DA TEMP MÁXIMA	42,5 °C
MÉDIA DA TEMP MÉDIA	30,2 °C
AMPLITUDE TÉRMICA	19,3 °C

**Fonte:** Autor (2022)

No Gráfico 10 a seguir, tem-se a evolução das temperaturas mínima, máxima, média e da amplitude térmica, nos meses de outubro de 2021 a março de 2022, assim como suas médias nesse semestre, no ambiente do Apiário.



**Gráfico 10 - Temperaturas mínima, máxima e média registradas no ambiente do apiário, de outubro de 2021 a março de 2022 e a média do semestre**

Fonte: Autor (2022)

De acordo com as médias de temperaturas mínima (23,1 °C) e máxima (42,5 °C) no ambiente externo, mostradas no gráfico 10 acima, referente ao semestre analisado, percebe-se que elas são incompatíveis com a zona de conforto térmico necessária no ninho da colmeia, que é de 33 a 36 °C, (MENDES, et. al., 2016), (RAMBO; FÉLIX; SILVEIRA, 2018), (DOMINGOS, 2017) e 32,9 a 35,5 conforme identificado nesse trabalho, o que torna necessária a termorregulação das abelhas, com atuação tanto para elevar como para reduzir a temperatura do ninho a depender do período do dia.

4.5.2 Análise de umidades máxima, mínima e média, assim como sua respectiva amplitude no ambiente do apiário.

Outra possibilidade resultante da integração das estações meteorológicas à plataforma foi poder monitorar as umidades registradas no ambiente do apiário, possibilitando verificar se há diferença significativa entre a umidade ambiente e a registrada na colmeia sem ação termorregulatória das abelhas, a colmeia 11 (testemunha).

Na Tabela 10 seguinte, tem-se as umidades mínima, máxima e média, assim como a amplitude da umidade no ambiente do apiário nos dias 22 de outubro de 2021, 27 de novembro

de 2021, 22 de dezembro de 2021, 22 de janeiro de 2022, 20 de fevereiro de 2022 e 20 de março de 2022, assim como suas médias, registradas no ambiente do apiário.

**Tabela 10 - Médias das umidades mínima, máxima, média e amplitude da umidade registradas no ambiente do apiário nos dias 22 de outubro de 2021, 27 de novembro de 2021, 22 de dezembro de 2021, 22 de janeiro de 2022, 20 de fevereiro de 2022 e 20 de março de 2022**

UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NO AMBIENTE DO APIÁRIO			
	22/10/2021	27/11/2021	22/12/2021
UMIDADE MÍNIMA	26,00	21,00	32,00
UMIDADE MÁXIMA	87,00	84,00	65,00
UMIDADE MÉDIA	47,30	46,20	44,00
AMPLITUDE DA UMIDADE	61,00	63,00	23,00
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NA COLMEIA 11			
	22/01/2022	20/02/2022	20/03/2022
UMIDADE MÍNIMA	54,00	42,00	43,0 %
UMIDADE MÁXIMA	86,00	96,00	95,0 %
UMIDADE MÉDIA	68,00	81,00	78,50%
AMPLITUDE DA UMIDADE	32,00	54,00	52,0 %

**Fonte:** Autor (2022)

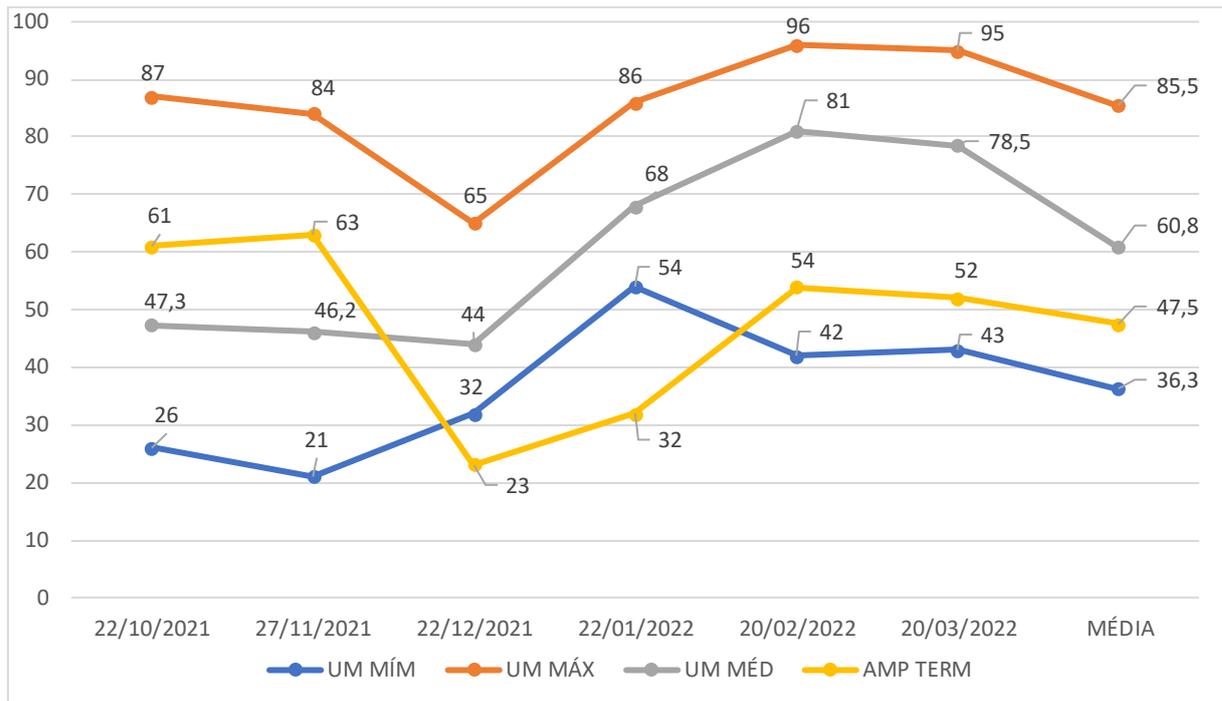
Na Tabela 11 seguinte tem-se a média das médias de umidades mínima, máxima, média e amplitude da umidade registradas no ambiente do apiário, no período de 22 de outubro de 2021 a 20 de março de 2022.

**Tabela 11 - Médias das umidades mínima, máxima, média e amplitude da umidade registradas no ambiente do apiário, em 6 meses (outubro de 2021 a março de 2022)**

MÉDIAS DAS UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NO AMBIENTE DO APIÁRIO EM 6 MESES (OUT/2021 A MAR/22).	
MÉDIA DA UMIDADE MÍNIMA	36,3 %
MÉDIA DA UMIDADE MÁXIMA	85,5 %
MÉDIA DA UMIDADE MÉDIA	60,8 %
AMPLITUDE DA UMIDADE	47,5 %

**Fonte:** Autor (2022)

No Gráfico 11 a seguir, tem-se a evolução das umidades mínima, máxima, média e da amplitude da umidade, no ambiente, nos meses de outubro de 2021 a março de 2022, assim como suas médias nesse semestre.



**Gráfico 11 - Médias das umidades mínima, máxima, média e oscilação da umidade (%), registradas nos meses de out/21 a mar/22, no ambiente do apiário e a média desse semestre**

Fonte: Autor (2022)

De acordo com o Gráfico 11 acima, que representa os dados de umidades mínima, máxima, média e a amplitude de umidade registrados nos meses de outubro de 2021 a março de 2022, a umidade ambiente no semiárido, Iguatu, Ceará, variou em média entre 36,3 a 85,5 %, com amplitude de aproximadamente 47,5 %.

#### 4.6 DA COMPARAÇÃO ENTRE AS TEMPERATURAS E UMIDADES MÁXIMA, MÍNIMA, MÉDIA E DA AMPLITUDE TÉRMICA DA COLMEIA 11 (TESTEMUNHA) COM AS REGISTRADAS NO AMBIENTE EXTERNO

As pesquisas realizadas na literatura pertinente não localizaram dados de temperaturas nem de umidade referentes à ambiência em uma colmeia sem a presença de abelhas, o que motivou essa pesquisa a coletar esses dados e compará-los com os dados registrados no ambiente do Apiário.

##### 4.6.1 Análise comparativa de Temperaturas máxima, mínima, média e amplitude térmica da colmeia 11 (testemunha) com o ambiente externo.

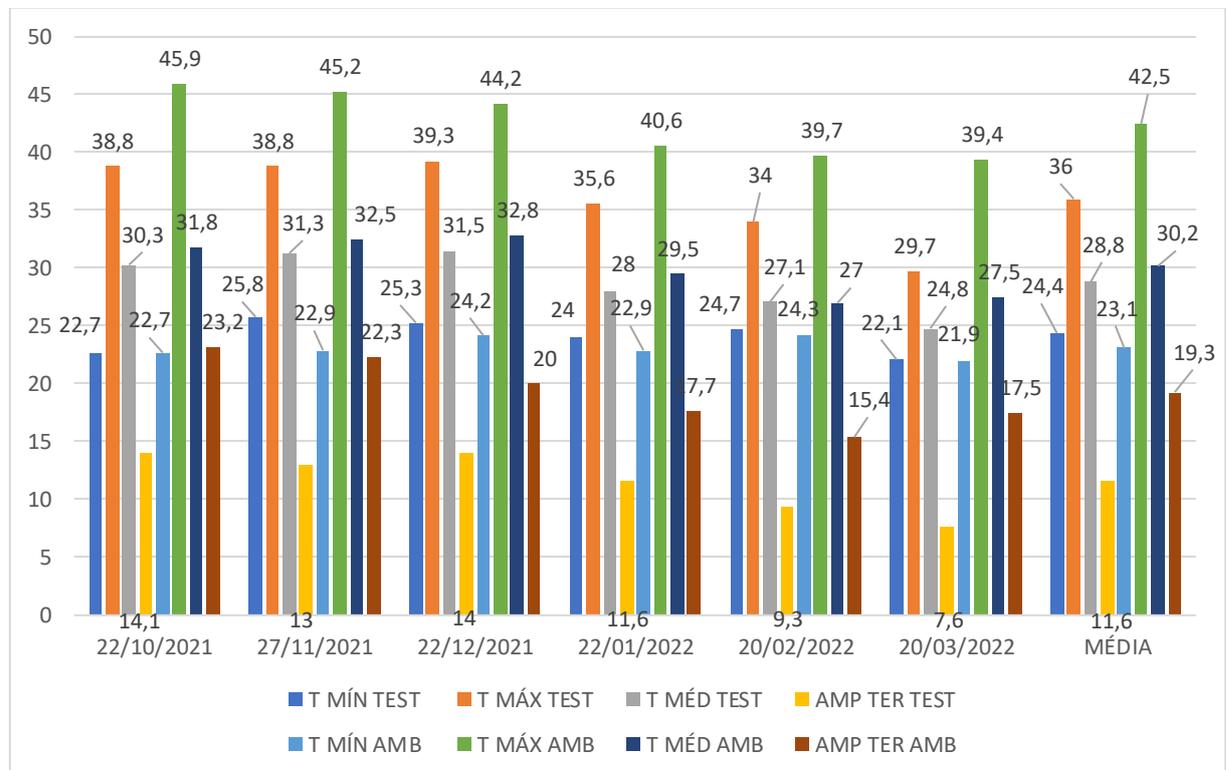
A partir da comparação dos dados registrados na colmeia 11 (testemunha) com os dados do ambiente externo, Tabela 12 e Gráfico 12, a seguir, no período de outubro de 2021 a

março de 2022, verifica-se que a própria colmeia Langstroth já contribui para a adequação da zona de conforto térmico no ninho das abelhas.

**Tabela 12 - Médias de temperaturas máxima, mínima, média e amplitude térmica da colmeia 11 (testemunha) e do ambiente do apiário, no período de 22 de outubro de 2021 a 20 de março de 2022**

DATAS	22/10/2021	27/11/2021	22/12/2021	22/01/2022	22/02/2022	22/03/2022	MÉDIA
T MÍN TEST	24,7°C	25,8 °C	25,3°C	24,0°C	24,7 °C	22,1 °C	24,4 °C
T MÁX TEST	38,8°C	38,8°C	39,3°C	35,6°C	34 °C	29,7 °C	36,0 °C
T MÉD TEST	30,3°C	31,3°C	31,5°C	28,0°C	27,1 °C	24,8 °C	28,8 °C
AMP TER TEST	14,1°C	13,0°C	14,0°C	11,6°C	9,3 °C	7,6 °C	11,6 °C
T MÍN AMB	22,7 °C	22,9 °C	24,2 °C	22,9 °C	24,3 °C	21,9 °C	23,1 °C
T MÁX AMB	45,9 °C	45,2 °C	44,2 °C	40,6 °C	39,7 °C	39,4 °C	42,5 °C
T MÉD AMB	31,8 °C	32,5 °C	32,8 °C	29,5 °C	27,1 °C	27,5 °C	30,2 °C
AMP TER AMB	23,2 °C	22,3 °C	20,0 °C	17,7 °C	15,4 °C	17,5 °C	19,3 °C

Fonte: Autor (2022)



**Gráfico 12 - Médias de temperaturas mínima, máxima, média e amplitude térmica da colmeia 11 (testemunha) e do ambiente do apiário, no período de 20 de fevereiro a 20 de abril de 2022**

Fonte: Autor (2022)

De acordo com Gráfico 12, acima, observa-se que a média da amplitude térmica no ambiente do apiário, no período de 22 de outubro de 2021 a 20 de março de 2022, foi 7,7 °C superior à amplitude térmica na colmeia não povoada, indicando que a colmeia langstroth contribui significativamente para a redução da amplitude térmica, indicando dessa forma contribuir com a ação termorregulatória das abelhas.

A média de temperatura média registrada no ambiente do apiário também é superior à média da temperatura média registrada na colmeia sem a presença de abelhas, porém em apenas 1,4 °C.

No tocante às médias de temperaturas máximas, a das registradas no ambiente do apiário é maior do que a das registradas na colmeia testemunha, superando-a significativamente em 6,5 °C.

Quanto às médias de temperaturas mínima, ocorre o inverso, de forma que a média no ambiente do apiário é inferior à média obtida na colmeia 11 (testemunha), que não conta com a presença de abelhas para termorregular, sendo 1,3 °C inferior à média aferida na colmeia 11(testemunha).

Pela análise e discussão dos dados registrados no mesmo período, na colmeia testemunha e no ambiente do apiário, percebe-se que a colmeia langstroth tem influência perceptível na regulação da temperatura interna, mantendo a menor temperatura registrada acima da temperatura ambiente, a maior temperatura bem abaixo da maior temperatura observada no ambiente, além de comprimir significativamente a amplitude térmica.

#### 4.6.2 Análise comparativa de umidades máxima, mínima, média e amplitude da umidade da colmeia 11(testemunha) com o ambiente externo

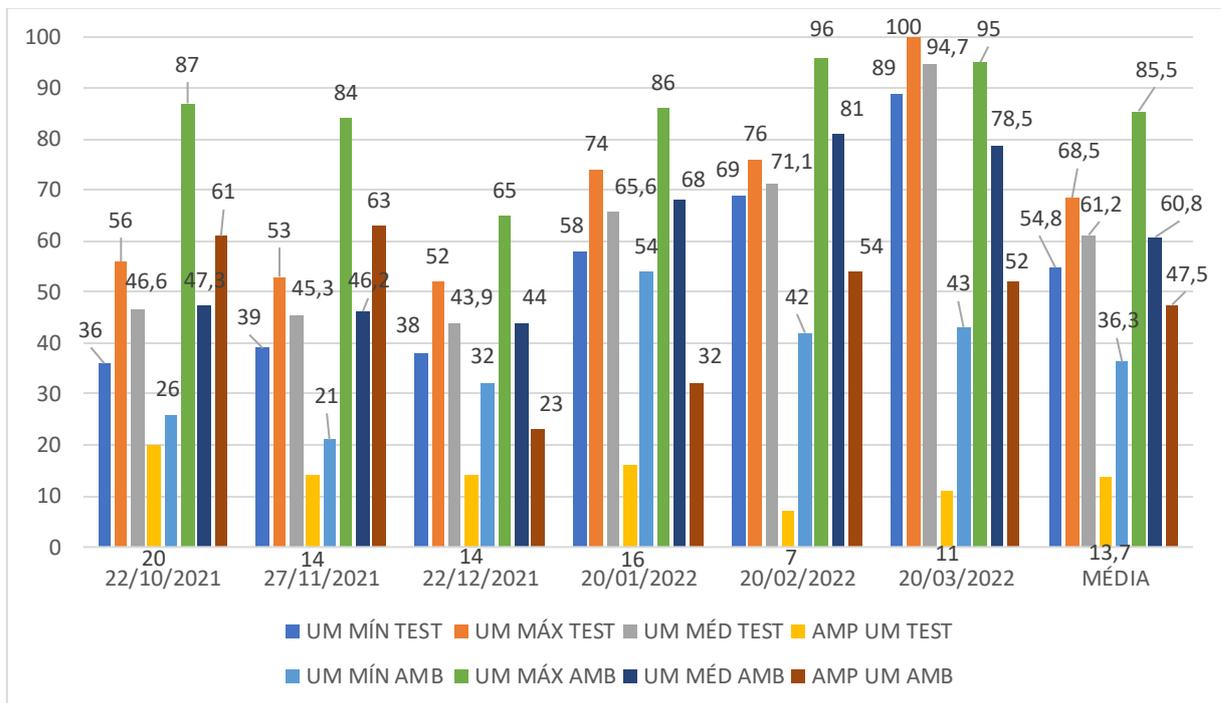
A partir da comparação dos dados registrados na colmeia 11 (testemunha) com os dados do ambiente externo, Tabela 13 e Gráfico 13, a seguir, no período de outubro de 2021 a março de 2022, verifica-se que a própria colmeia Langstroth já contribui para a redução da amplitude da umidade.

**Tabela 13 - Médias de umidades máxima, mínima, média e oscilação da umidade na colmeia 11 (testemunha) e do ambiente do apiário, no período de out/2021 a mar/22**

DATAS	22/10/2021	27/11/2021	22/12/2021	22/01/2022	22/02/2022	22/03/2022	MÉDIA
UM MÍN TEST	36,0%	39,0%	38,0%	58,0%	69,0%	89,0%	54,8%
UM MÁX TEST	56,0%	53,0%	52,0%	74,0%	76,0%	100,0%	68,5%

UM MÉD TEST	46,6%	45,3%	43,9%	65,6%	71,1%	94,7%	61,2%
AMP UM TEST	20,0%	14,0%	14,0%	16,0%	7,0%	11,0%	13,7%
UM MÍN AMB	26,00 %	21,00 %	32,00%	54,00%	42,00 %	43,0 %	36,3%
UM MÁX AMB	87,00 %	84,00 %	65,00%	86,00%	96,00%	95,0 %	85,5%
UM MÉD AMB	47,30 %	46,20 %	44,00%	68,00%	81,00%	78,50%	60,8%
AMP UM AMB	61,00%	63,00%	23,00%	32,00%	54,00 %	52,0 %	47,5%

Fonte: Autor (2022)



**Gráfico 13 - Médias de umidades mínima, máxima, média e oscilação da umidade (%) na colmeia 11 (testemunha) e no ambiente do apiário, no período de 20 de fevereiro a 20 de abril de 2022**

Fonte: Autor (2022)

De acordo com o Gráfico 13, a média da amplitude de umidade no ambiente do apiário, no período de 20 de outubro de 2021 a 20 de março de 2022, 47,5 %, foi 33,8 % superior à amplitude de umidade na colmeia sem abelhas para termorregular, que foi de 13,7 %, indicando que a colmeia langstroth contribui significativamente para a ação termorregulatória das abelhas.

Já a média de umidade média registrada no ambiente do apiário é inferior à média de umidade média registrada na colmeia sem a presença de abelhas, em 0,4 %, de forma que ambas estão dentro dos limites indicados nesse estudo.

No tocante às médias de temperaturas máximas, a das registradas no ambiente do apiário é maior do que a das registradas na colmeia testemunha, superando-a em 17 %, de forma que a umidade da colmeia testemunha está dentro do necessário na ambiência da *Apis mellifera*.

Quanto às médias de umidades mínima, observa-se que a média no ambiente do apiário é inferior à média obtida na colmeia 11 (testemunha), que não conta com a presença de abelhas para termorregular, sendo 18,5 % inferior à média aferida na colmeia 11 (testemunha), que está mais compatível com os limites necessários na ambiência das abelhas.

#### 4.7 DA CAPACIDADE DA *APIS MELLIFERA* EM MANTER SUA AMBIÊNCIA COM TERMORREGULAÇÃO ADEQUADA

Após desenvolver uma Plataforma IOT para avaliação da ambiência apícola, esta pesquisa voltou-se a verificar a capacidade da *Apis mellifera* em manter adequadamente termoregulada a sua ambiência

Para obter melhor clareza nessa verificação, este trabalho seguiu os seguintes passos: 1) analisou a oscilação de temperatura e umidade nas vinte e quatro horas do dia em uma colmeia sem a presença de abelhas (colmeia testemunha); 2) verificou a oscilação de temperatura e umidade nas vinte e quatro horas do dia, no mesmo período no ambiente de instalação do Apiário; 3) observou a oscilação de temperatura e umidade nas vinte e quatro horas do dia em dez colmeias povoadas com abelhas *Apis mellifera* e; 4) comparou as oscilações ocorridas na colmeia testemunha, no ambiente do Apiário e nas dez colmeias povoadas.

4.7.1 Da oscilação da temperatura e da umidade no interior de uma colmeia não povoada durante 24 horas.

Após realizar análise das temperaturas mínima, máxima, média e da oscilação da temperatura e da umidade, registradas na colmeia testemunha no período de outubro de 2021 a março de 2022, foi procedida nova observação com base em temperaturas e umidades registradas a cada hora, nos dias 22 de outubro de 2021, 27 de novembro de 2021, 22 de dezembro de 2021, 22 de janeiro de 2022, 20 de fevereiro de 2022 e 20 de março de 2022.

4.7.1.1 Análise da oscilação de temperaturas e umidades na colmeia 11 (testemunha), a partir de dados coletados a cada hora, no dia 22/10/2021.

Para a análise de dados realizada nessa seção, foram selecionados apenas temperaturas e umidades coletadas a cada hora, de 00:00 a 23:00 horas do dia sob análise.

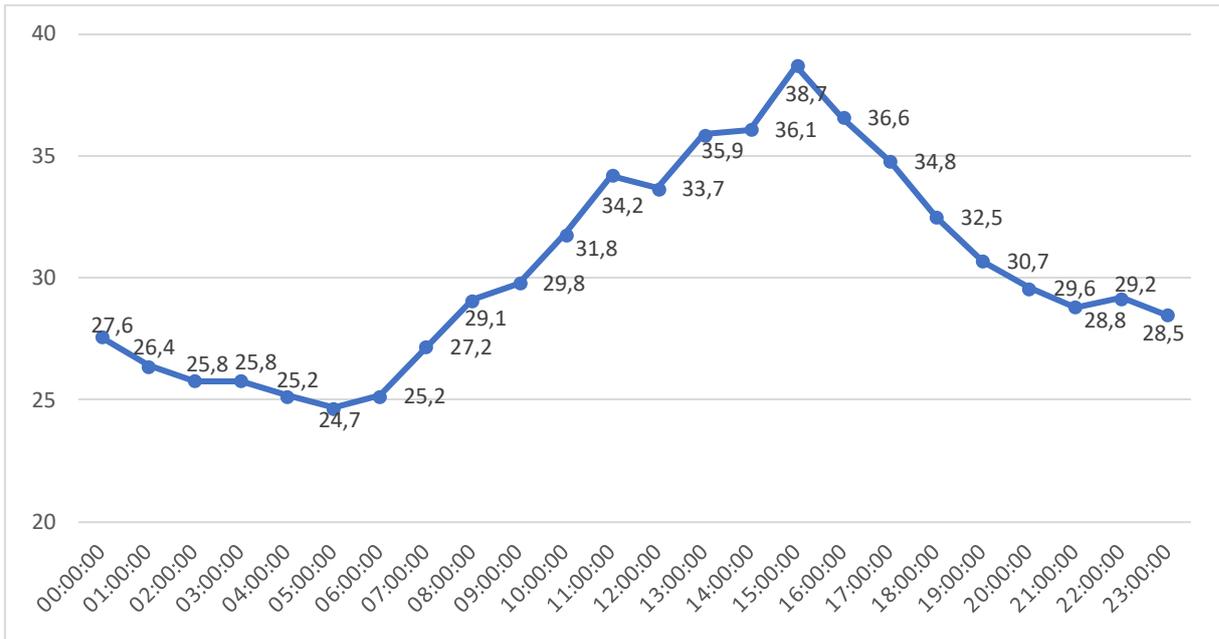
A Tabela 14 a seguir, contém os dados de temperatura e umidade registrados na colmeia 11, que não estava povoada, no dia 22 de outubro de 2021. Os dados constantes na tabela são os registrados a cada hora, totalizando 24 dados de temperatura e 24 dados de umidade.

**Tabela 14 - Temperaturas e umidades registradas na colmeia 11(testemunha), em 22/10/21**

TEMPERATURAS E UMIDADES REGISTRADAS NA COLMEIA 11(testemunha) EM 22/10/21.			
Colmeia	Data	Temperatura	Umidade
11	22/10/2021 00:00:00	27.6 °C	50 %
11	22/10/2021 01:00:00	26.4 °C	49 %
11	22/10/2021 02:00:00	25.8 °C	50 %
11	22/10/2021 03:00:00	25.8 °C	50 %
11	22/10/2021 04:00:00	25.2 °C	52 %
11	22/10/2021 05:00:00	24.7 °C	52 %
11	22/10/2021 06:00:00	25.2 °C	52 %
11	22/10/2021 07:00:00	27.2 °C	55 %
11	22/10/2021 08:00:00	29.1 °C	54 %
11	22/10/2021 09:00:00	29.8 °C	54 %
11	22/10/2021 10:00:00	31.8 °C	52 %
11	22/10/2021 11:00:00	34.2 °C	47 %
11	22/10/2021 12:00:00	33.7 °C	46 %
11	22/10/2021 13:00:00	35.9 °C	42 %
11	22/10/2021 14:00:00	36.1 °C	41 %
11	22/10/2021 15:00:00	38.7 °C	37 %
11	22/10/2021 16:00:00	36.6 °C	37 %
11	22/10/2021 17:00:00	34.8 °C	39 %
11	22/10/2021 18:00:00	32.5 °C	39 %
11	22/10/2021 19:00:00	30.7 °C	41 %
11	22/10/2021 20:00:00	29.6 °C	41 %
11	22/10/2021 21:00:00	28.8 °C	42 %
11	22/10/2021 22:00:00	29.2 °C	49 %
11	22/10/2021 23:00:00	28.5 °C	50 %
<b>Média</b>		<b>30,3 °C</b>	<b>46,6 %</b>
<b>AMP TÉRMICA (OSC)</b>		<b>14,0 °C</b>	<b>18,0 %</b>

**Fonte:** Autor (2022)

No Gráfico 14 abaixo, é possível visualizar as temperaturas registradas, assim como sua oscilação nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 22 de outubro de 2021, possibilitando identificar em que períodos do dia a temperatura se acentua ou é atenuada.



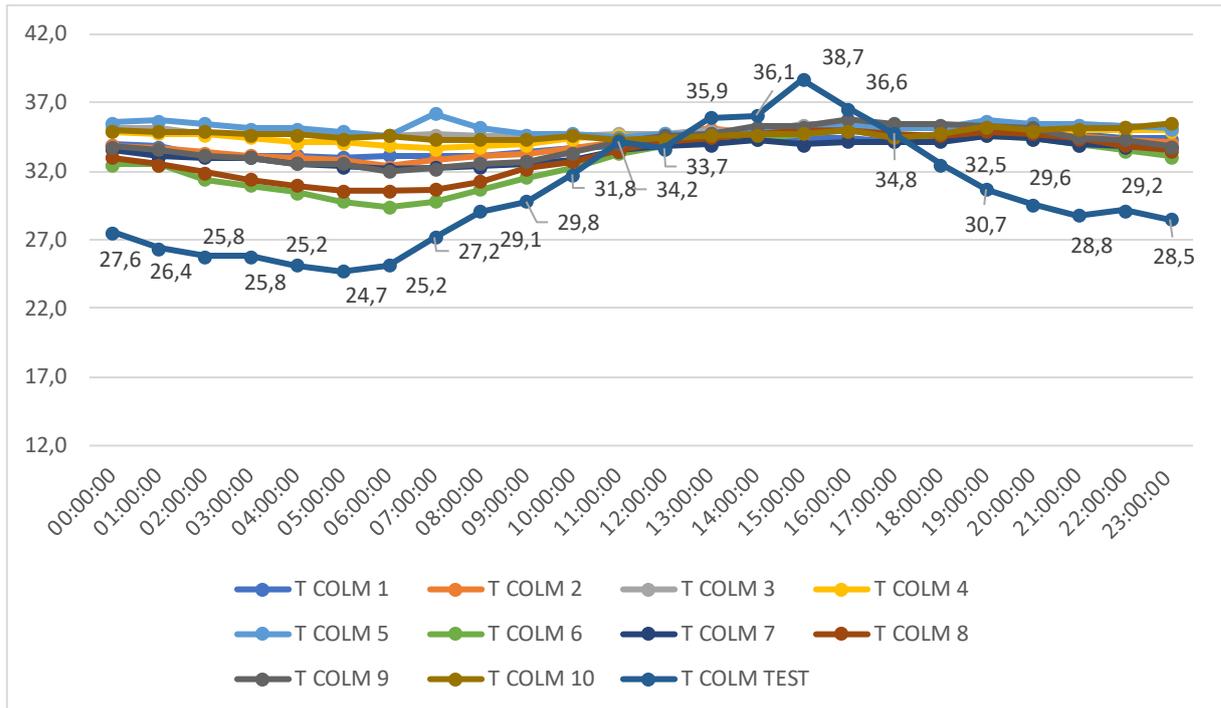
**Gráfico 14 -Variação da temperatura na colmeia 11 (testemunha) em 22/10/2021**

**Fonte:** Autor (2022)

A menor temperatura registrada na colmeia 11 (testemunha) em 22/10/2021 foi de 24,7°C e ocorreu às 06:00 horas. A partir desse momento a temperatura foi sendo elevada de forma contínua até às 16:00 horas, exceto das 12:00 às 13:00 horas, que houve uma queda de 34,2 para 33,7°C.

Às 16:00 horas houve o registro da maior temperatura do dia na colmeia testemunha e a partir desse momento verificou-se um declínio até às 23:00 horas, exceto entre 21:00 e 22:00 horas que houve uma leve elevação da temperatura de 28,8 para 29,2°C.

No Gráfico 15 a seguir, tem-se as temperaturas registradas, assim como sua oscilação nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 22 de outubro de 2021, nas dez colmeias povoadas e na colmeia testemunha, possibilitando a observação de como elas se comportam em colmeias com e sem abelhas.



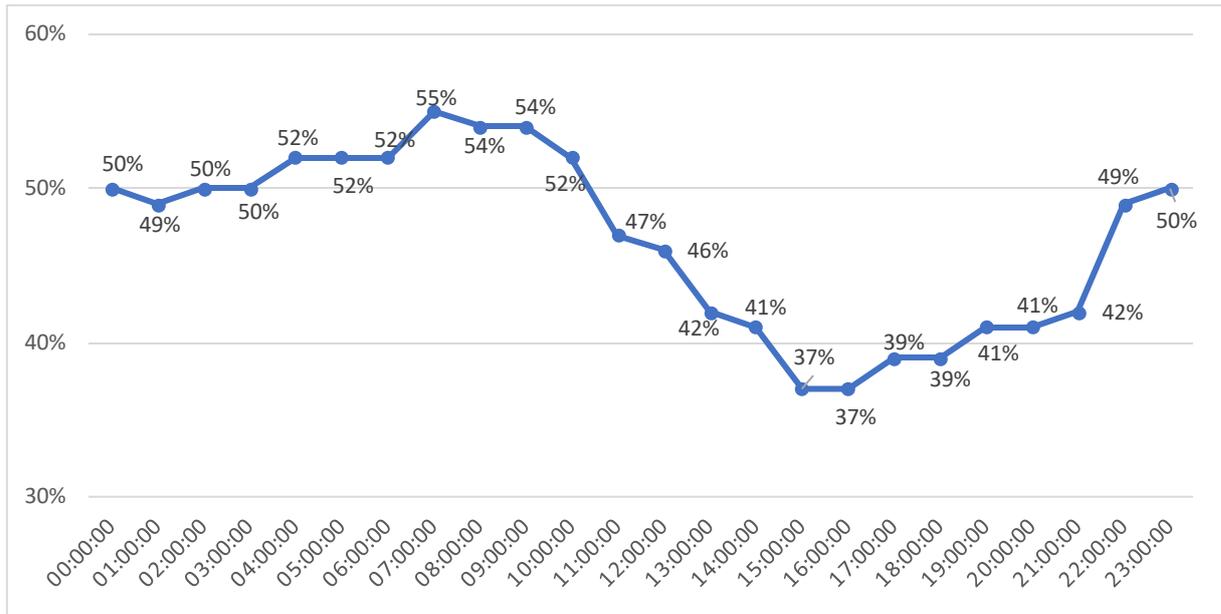
**Gráfico 15 - Temperaturas e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas e na colmeia testemunha, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 22 de outubro de 2021**  
**Fonte:** Autor (2022)

O Gráfico 15 acima mostra que no dia 22 de outubro de 2022, em uma colmeia do tipo langstroth, para adequar a temperatura no ninho à sua zona de conforto térmico, as abelhas precisaram elevar a temperatura nos períodos das 00:00 às 10:30 horas e de 17:21 às 23:59 horas, totalizando 17 horas e 10 minutos, enquanto precisaram baixar a temperatura apenas no período de 12:30 às 16:00 horas, ou seja, durante 03 horas e 30 minutos.

Observa-se ainda que nos intervalos de tempo entre 10:30 e 12:30 horas e de 16:00 às 17:20 horas, a temperatura ambiente esteve compatível com o padrão necessário na colmeia.

De acordo com o Gráfico 12, foi no período das 00:00 às 10:00 horas que as abelhas tiveram mais dificuldades para manter a temperatura dentro dos limites adequados em sua nidificação.

O Gráfico 16 a seguir possibilita a visualização das umidades registradas, assim como sua oscilação nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 22 de outubro de 2021, mostrando em que períodos do dia a umidade se eleva ou é reduzida.

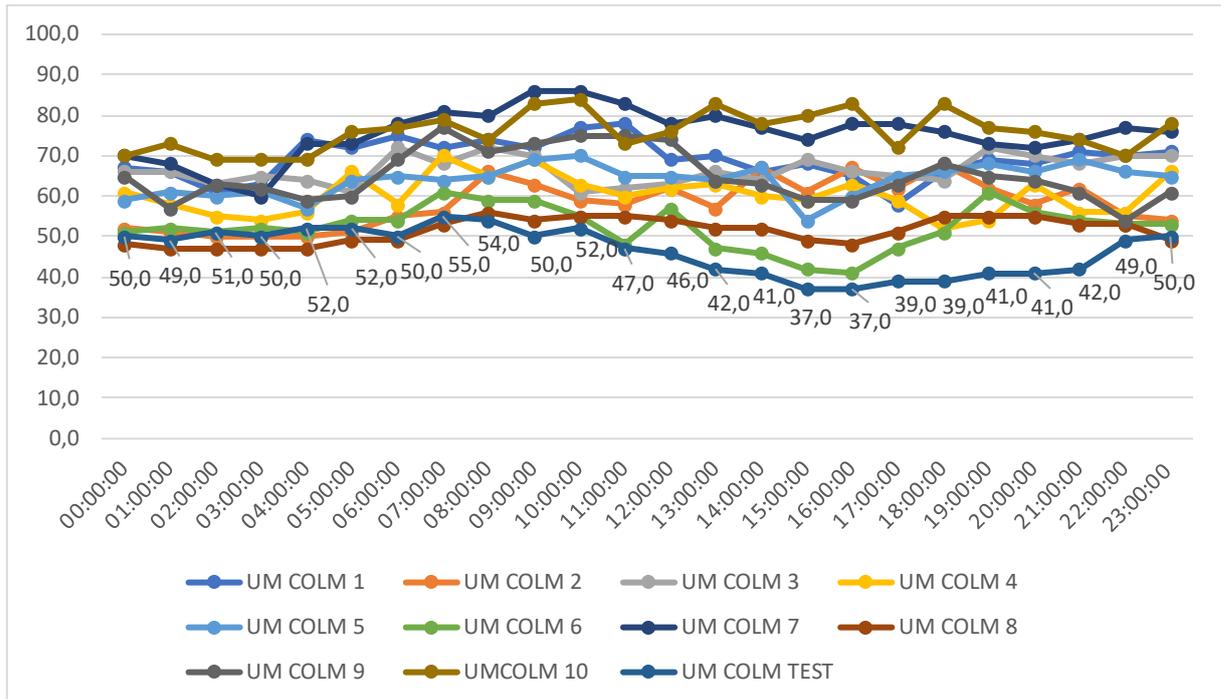


**Gráfico 16 - Variação da umidade na colmeia 11 (testemunha) em 22/10/2021**  
**Fonte: Autor (2022)**

De acordo com os dados mostrados no Gráfico 16, a menor umidade registrada na colmeia 11 (testemunha) em 22/10/2021 foi de 37 % ocorrida às 15:00 e às 16:00 horas. Já a maior umidade registrada foi 55 % e ocorreu às 08:00 horas.

Das 00:00 horas até às 08:00 horas, a umidade foi oscilando com pequena elevação, atingindo o pico diário que foi 55 %. Continuou oscilando com leve queda até às 10:00 horas e a partir desse momento foi declinando de forma mais brusca até atingir a umidade diária mínima às 15:00 horas. A partir das 16:00 horas voltou a se elevar continuamente atingindo 50 % às 23:00 horas.

O Gráfico 17 a seguir mostra que as umidades registradas na colmeia sem abelhas (testemunha), no dia 22 de outubro de 2021, se mantiveram similares às umidades mantidas nas colmeias povoadas que mantiveram umidades mais baixas, das 00:00 às 07:00 horas e a partir das 08:00 horas passaram a se manter abaixo das umidades mantidas pelas abelhas em seus ninhos.



**Gráfico 17 - Umidades e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas e na colmeia testemunha, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 22 de outubro de 2021**

Fonte: Autor (2022)

4.7.1.2 Análise da oscilação de temperaturas e umidades na colmeia 11 (testemunha), a partir de dados coletados a cada hora, no dia 27/11/2021

Foram tabulados dados de temperaturas e umidades registradas a cada hora, de 00:00 a 23:00 horas do dia 27/11/2021.

A Tabela 15 contém os dados registrados a cada hora na colmeia 11(testemunha) no dia 27 de novembro de 2021.

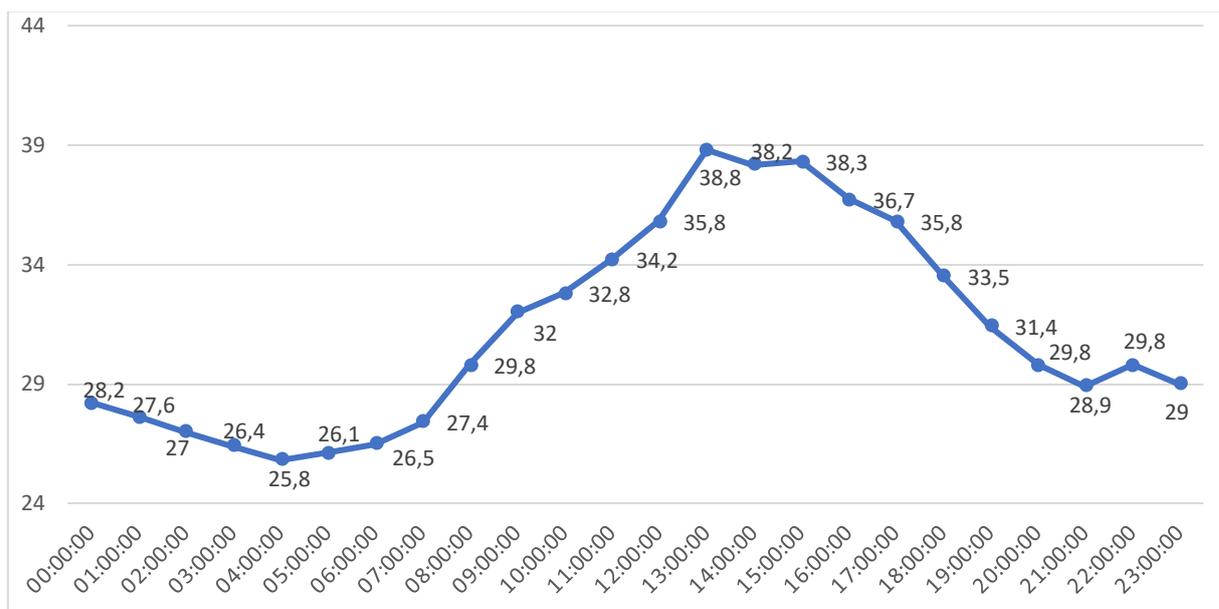
**Tabela 15 - Temperaturas e umidades registradas na colmeia 11(testemunha) em 27/11/21**

TEMPERATURAS E UMIDADES REGISTRADAS NA COLMEIA 11 EM 27/11/21				
Colmeia	Data	Temperatura	Umidade	
11	27/11/2021 00:00:00	28.2 °C	46 %	
11	27/11/2021 01:00:00	27.6 °C	46 %	
11	27/11/2021 02:00:00	27.0 °C	47 %	
11	27/11/2021 03:00:00	26.4 °C	47 %	
11	27/11/2021 04:00:00	25.8 °C	47 %	
11	27/11/2021 05:00:00	26.1 °C	47 %	
11	27/11/2021 06:00:00	26.5 °C	48 %	
11	27/11/2021 07:00:00	27.4 °C	50 %	
11	27/11/2021 08:00:00	29.8 °C	52 %	
11	27/11/2021 09:00:00	32.0 °C	52 %	
11	27/11/2021 10:00:00	32.8 °C	50 %	
11	27/11/2021 11:00:00	34.2 °C	49 %	
11	27/11/2021 12:00:00	35.8 °C	48 %	
11	27/11/2021 13:00:00	38.8 °C	44 %	

11	27/11/2021 14:00:00	38.2 °C	43 %
11	27/11/2021 15:00:00	38.3 °C	41 %
11	27/11/2021 16:00:00	36.7 °C	40 %
11	27/11/2021 17:00:00	35.8 °C	40 %
11	27/11/2021 18:00:00	33.5 °C	40 %
11	27/11/2021 19:00:00	31.4 °C	40 %
11	27/11/2021 20:00:00	29.8 °C	40 %
11	27/11/2021 21:00:00	28.9 °C	40 %
11	27/11/2021 22:00:00	29.8 °C	44 %
11	27/11/2021 23:00:00	29.0 °C	46 %
<b>Média</b>		<b>31.3 °C</b>	<b>45.3 %</b>
<b>AMP TÉRMICA (OSC)</b>		<b>13,0 °C</b>	<b>12 %</b>

Fonte: Autor (2022)

No Gráfico 18, seguinte, é possível visualizar as temperaturas registradas, assim como sua oscilação nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 27 de novembro de 2021, possibilitando identificar o comportamento da temperatura na ambiência dessa colmeia ao longo do dia.



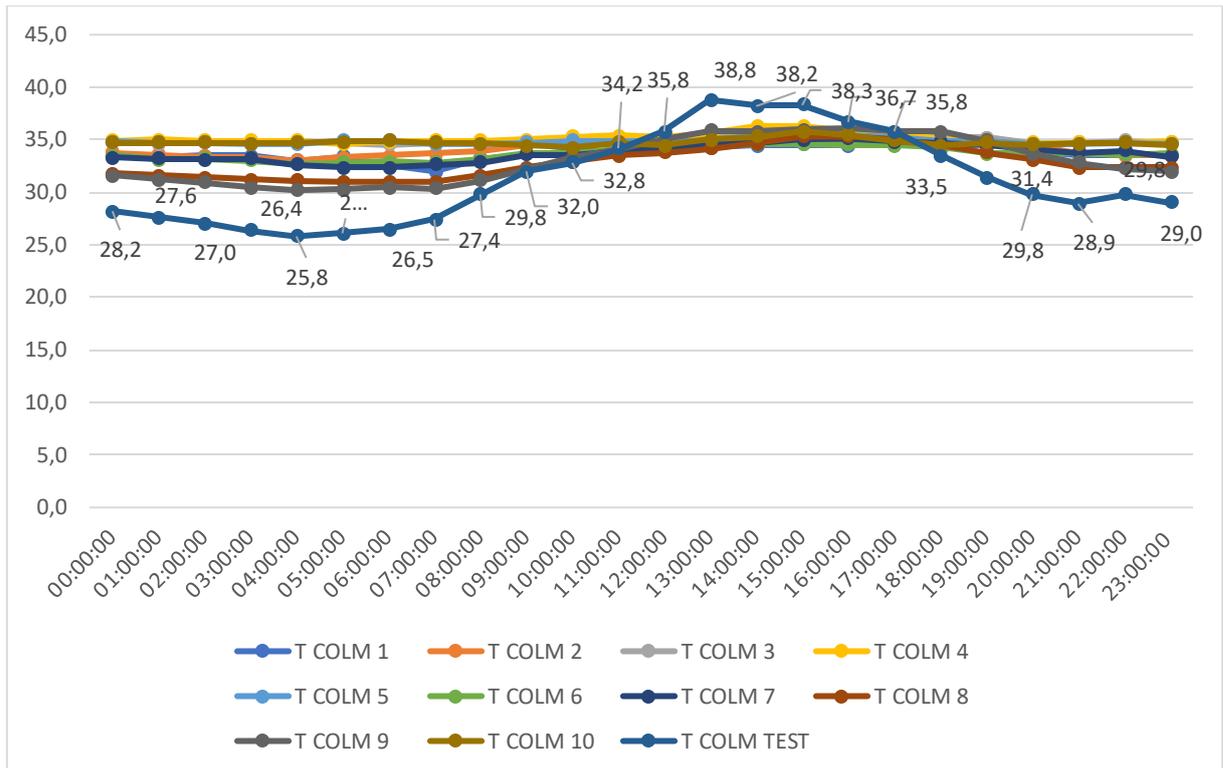
**Gráfico 18 - Variação da temperatura na colmeia 11 (testemunha) em 27/11/2021**

Fonte: Autor (2022)

A menor temperatura registrada na colmeia 11 (testemunha) em 27/11/2021 foi de 25,8 °C ocorrida às 05:00 horas. A partir desse momento a temperatura foi sendo elevada de forma contínua até atingir a máxima temperatura do dia, 38,8 °C às 14:00 horas.

Às 14:00 horas, após registrar a maior temperatura do dia, verifica-se um declínio até às 23:00 horas, exceto entre 15:00 e 16:00 horas que houve uma leve elevação da temperatura de 38,2 para 38,3 °C, e de 21:00 às 22:00 horas que houve elevação da temperatura de 28,9 para 29,8 °C.

O Gráfico 19 a seguir mostra que no dia 27 de novembro de 2022, em uma colmeia do tipo langstroth, para adequar a temperatura no ninho à sua zona de conforto térmico, as abelhas precisaram elevar a temperatura nos períodos de 00:00 às 09:00 horas e de 17:50 às 23:59 horas, totalizando 15 horas e 10 minutos, enquanto precisaram baixar a temperatura apenas no período de 12:00 às 16:00 horas, ou seja, durante 04 horas.

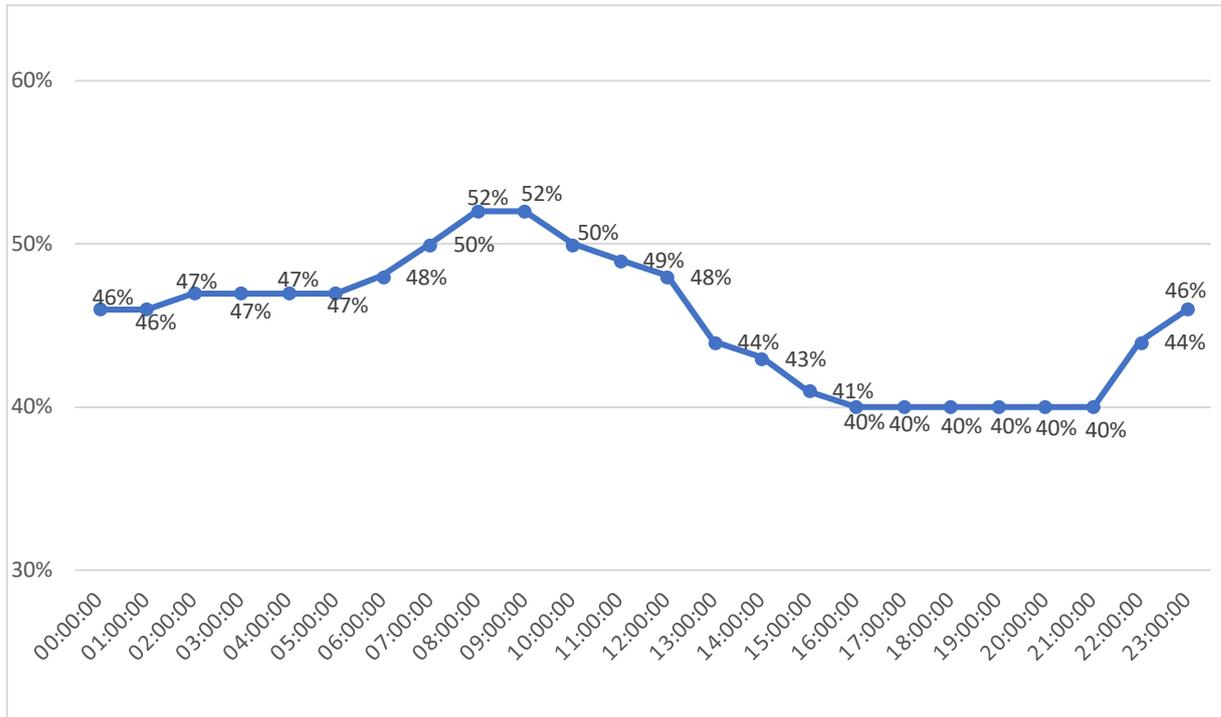


**Gráfico 19 - Temperaturas e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas e na colmeia testemunha, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 27 de novembro de 2021**  
**Fonte: Autor (2022)**

Observa-se ainda que nos intervalos entre 09:00 e 12:00 horas e 16:00 e 17:50 horas, a temperatura da colmeia testemunha esteve compatível com o padrão necessário na colmeia povoada.

De acordo com o Gráfico 19, é no período de 00:00 às 09:00 horas que as abelhas têm mais dificuldades para manter a temperatura dentro dos limites adequados em seu ninho.

O Gráfico 20 a seguir, possibilita a visualização das umidades registradas, assim como sua oscilação nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 27 de novembro de 2021, mostrando em que períodos do dia a umidade se acentua ou é atenuada.



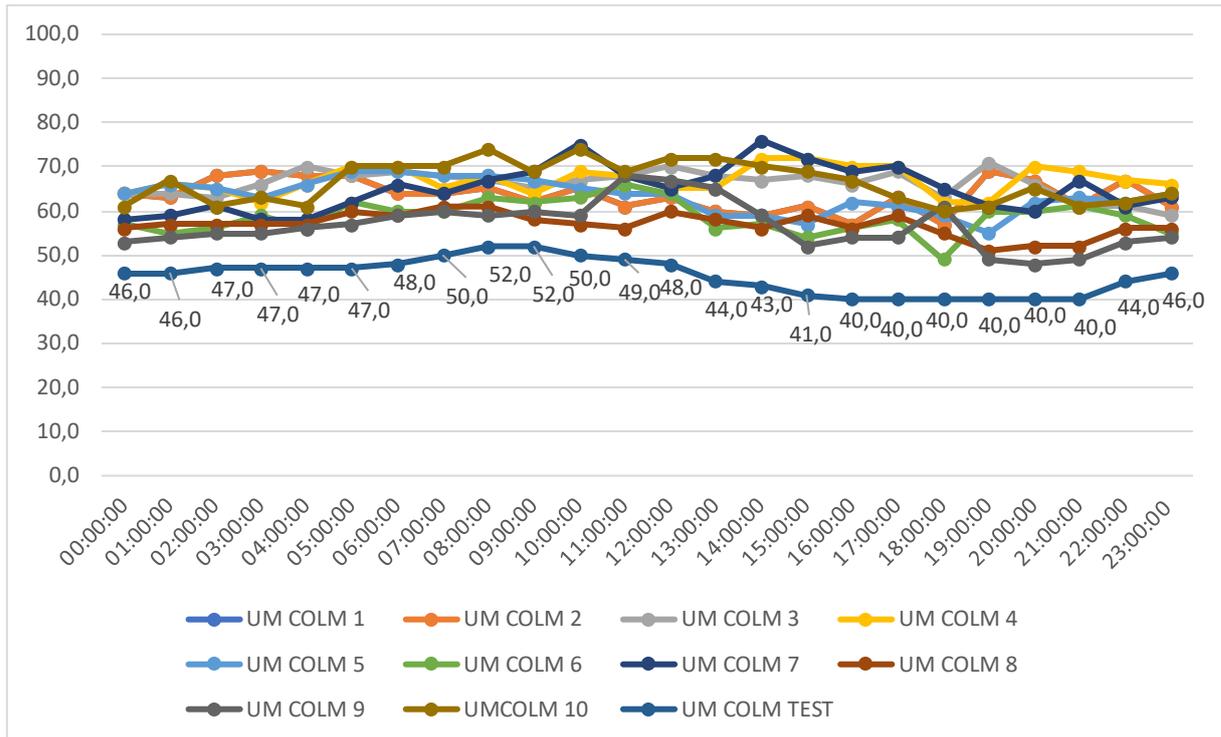
**Gráfico 20 - Oscilação da umidade na colmeia 11(testemunha) em 27/11/2021**

Fonte: Autor (2022)

A menor umidade registrada na colmeia 11 (testemunha) em 27/11/2021 foi de 40 % registrada das 16:00 às 21:00 horas. Já a maior umidade registrada foi 52 % e ocorreu às 08:00 e às 09:00 horas.

Das 00:00 horas até às 09:00 horas, a umidade foi oscilando com pequena elevação, atingindo o pico diário que foi 52 %. Continuou oscilando com leve queda até às 16:00 horas e a partir desse momento foi se elevando de forma eminente até atingir 46 % às 23:00 horas.

O Gráfico 21 a seguir mostra que as umidades registradas na colmeia sem abelhas, no dia 27 de novembro de 2021, ficaram abaixo das umidades mantidas nas colmeias povoadas, durante todas as horas do dia, de forma que as abelhas atuaram todo tempo elevando a umidade nas colmeias.



**Gráfico 21 - Umidades e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas e na colmeia testemunha, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 27 de novembro de 2021**

Fonte: Autor (2022)

4.7.1.3 Análise da oscilação de temperaturas e umidades na colmeia 11 (testemunha), a partir de dados coletados a cada hora, no dia 22/12/2021.

A análise realizada contou com temperaturas e umidades registradas a cada hora, de 00:00 a 23:00 horas do dia 22/12/2021.

A Tabela 16 contém os dados de temperatura e umidade registrados na colmeia 11, nas vinte e quatro horas do dia 22 de dezembro de 2021.

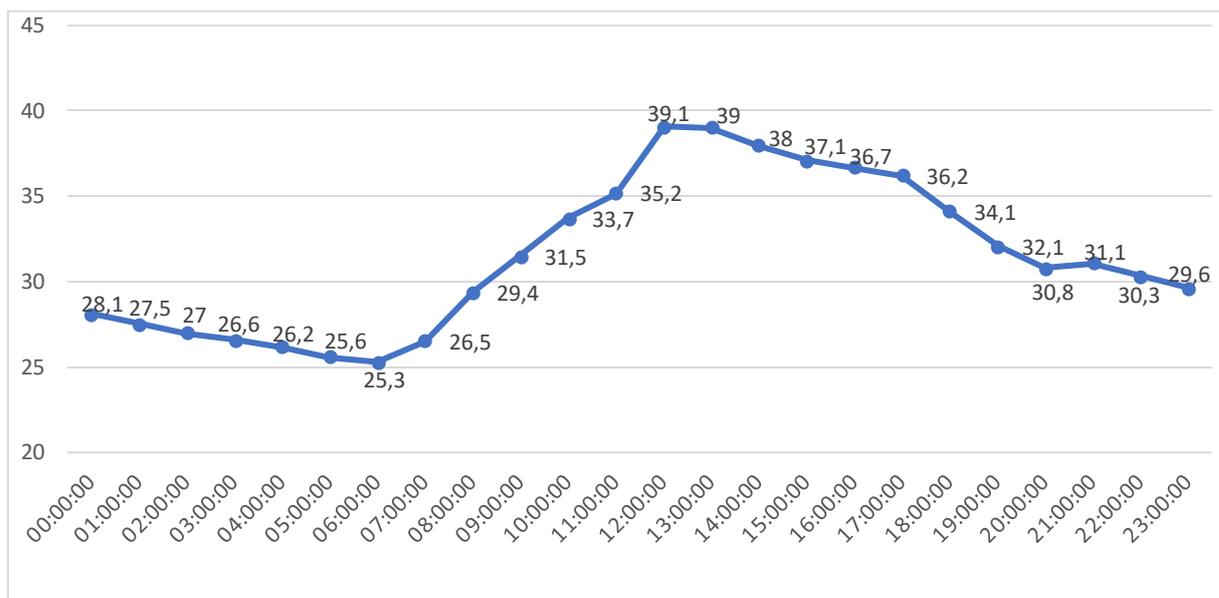
**Tabela 16 - Temperaturas e umidades registradas na colmeia 11(testemunha), em 22/12/21**

TEMPERATURA E UMIDADE REGISTRADAS NA COLMEIA 11 EM 22/12/21				
Colmeia	Data	Temperatura	Umidade	
11	22/12/2021 00:00:00	28.1 °C	44 %	
11	22/12/2021 01:00:00	27.5 °C	44 %	
11	22/12/2021 02:00:00	27.0 °C	45 %	
11	22/12/2021 03:00:00	26.6 °C	45 %	
11	22/12/2021 04:00:00	26.2 °C	46 %	
11	22/12/2021 05:00:00	25.6 °C	47 %	
11	22/12/2021 06:00:00	25.3 °C	48 %	
11	22/12/2021 07:00:00	26.5 °C	49 %	
11	22/12/2021 08:00:00	29.4 °C	52 %	
11	22/12/2021 09:00:00	31.5 °C	52 %	
11	22/12/2021 10:00:00	33.7 °C	49 %	
11	22/12/2021 11:00:00	35.2 °C	48 %	
11	22/12/2021 12:00:00	39.1 °C	45 %	

11	22/12/2021 13:00:00	39,0 °C	42 %
11	22/12/2021 14:00:00	38,0 °C	41 %
11	22/12/2021 15:00:00	37,1 °C	40 %
11	22/12/2021 16:00:00	36,7 °C	39 %
11	22/12/2021 17:00:00	36,2 °C	39 %
11	22/12/2021 18:00:00	34,1 °C	39 %
11	22/12/2021 19:00:00	32,1 °C	38 %
11	22/12/2021 20:00:00	30,8 °C	38 %
11	22/12/2021 21:00:00	31,1 °C	41 %
11	22/12/2021 22:00:00	30,3 °C	42 %
11	22/12/2021 23:00:00	29,6 °C	43 %
<b>Média</b>		<b>31,5 °C</b>	<b>43,9 %</b>
<b>AMP TÉRMICA (OSC)</b>		<b>13,8 °C</b>	<b>14,0 %</b>

Fonte: Autor (2022)

No Gráfico 22 a seguir, é possível visualizar as temperaturas registradas, assim como sua oscilação nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 22 de dezembro de 2021, possibilitando identificar seu comportamento no decorrer do dia.



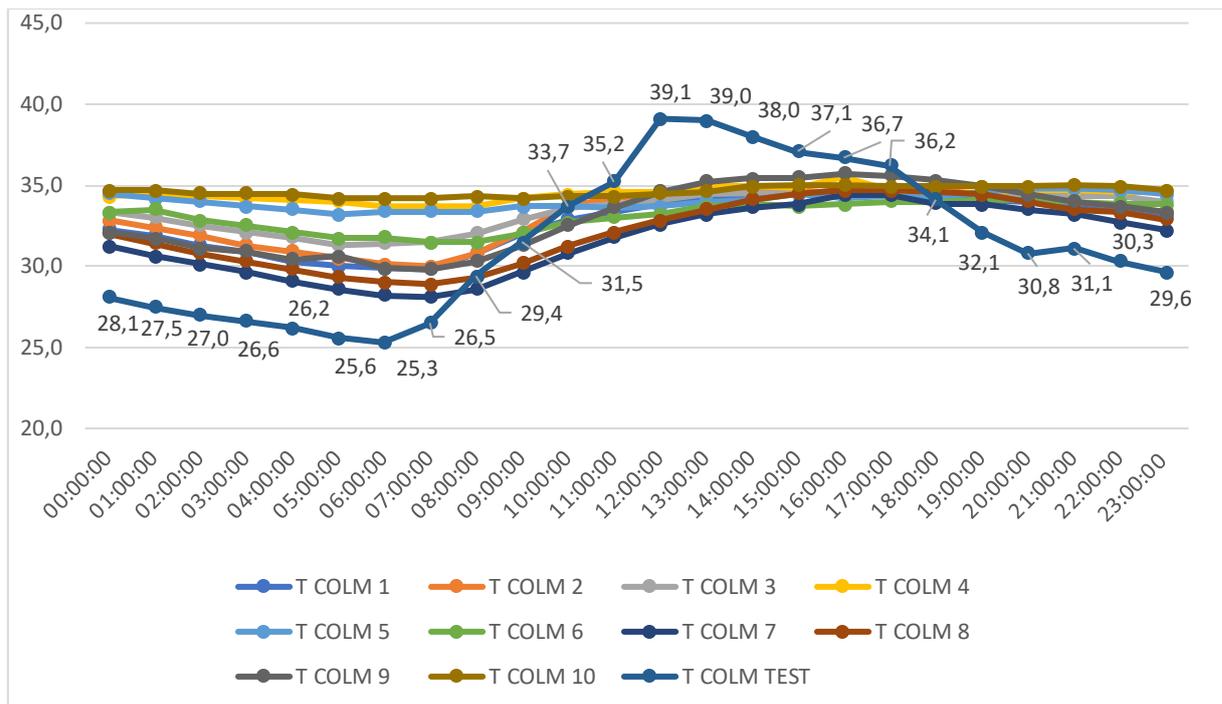
**Gráfico 22 - Variação da temperatura na colmeia 11 (testemunha) em 22/12/2021**

Fonte: Autor (2022)

A menor temperatura registrada na colmeia 11 (testemunha) em 22/12/2021 foi de 25,3 °C ocorrida às 07:00 horas. A partir desse momento a temperatura foi sendo elevada de forma contínua até atingir a máxima temperatura do dia, 39,1 °C, às 13:00 horas.

Às 13:00 horas, após registrar a maior temperatura do dia, verifica-se uma queda constante da temperatura até atingir 29,6 °C às 23:00 horas, exceto entre 20:00 e 21:00 horas que há pequena elevação de 30,8 para 31,1 °C.

O Gráfico 23 a seguir mostra que no dia 22 de dezembro de 2022, em uma colmeia do tipo langstroth, para adequar a temperatura no ninho à sua zona de conforto térmico, as abelhas precisaram elevar a temperatura nos períodos de 00:00 às 07:50 horas e de 18:00 às 23:59 horas, totalizando 13 horas e 50 minutos, enquanto precisaram baixar a temperatura apenas no período de 11:00 às 17:00 horas, ou seja, durante 06 horas.

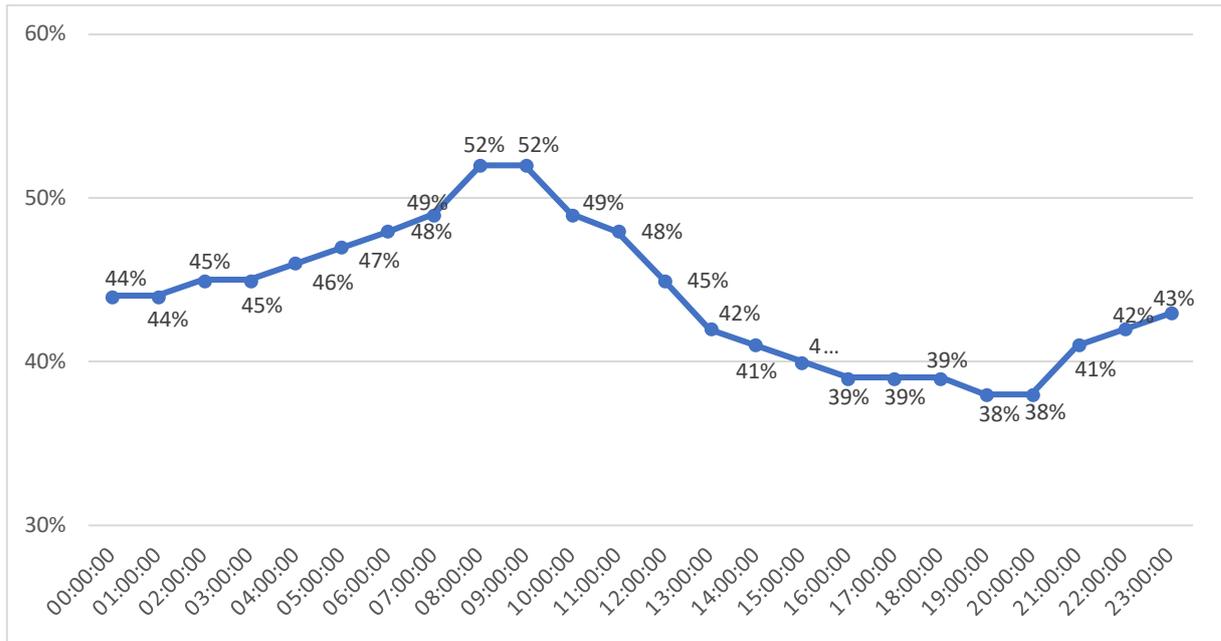


**Gráfico 23 - Temperaturas e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas e na colmeia testemunha, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 22 de dezembro de 2021**  
**Fonte: Autor (2022)**

Observa-se ainda que nos intervalos de tempo entre 07:50 e 11:00 horas e de 17:00 e 18:00 horas, a temperatura ambiente esteve compatível com o padrão necessário na colmeia.

De acordo com o Gráfico 20, é no período das 00:00 às 10:00 horas que as abelhas têm mais dificuldades para manter a temperatura dentro dos limites adequados em sua área nidificada.

O Gráfico 24 a seguir possibilita a visualização das umidades registradas, assim como sua oscilação nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 22 de dezembro de 2021, mostrando em que períodos do dia a umidade se eleva ou é reduzida.



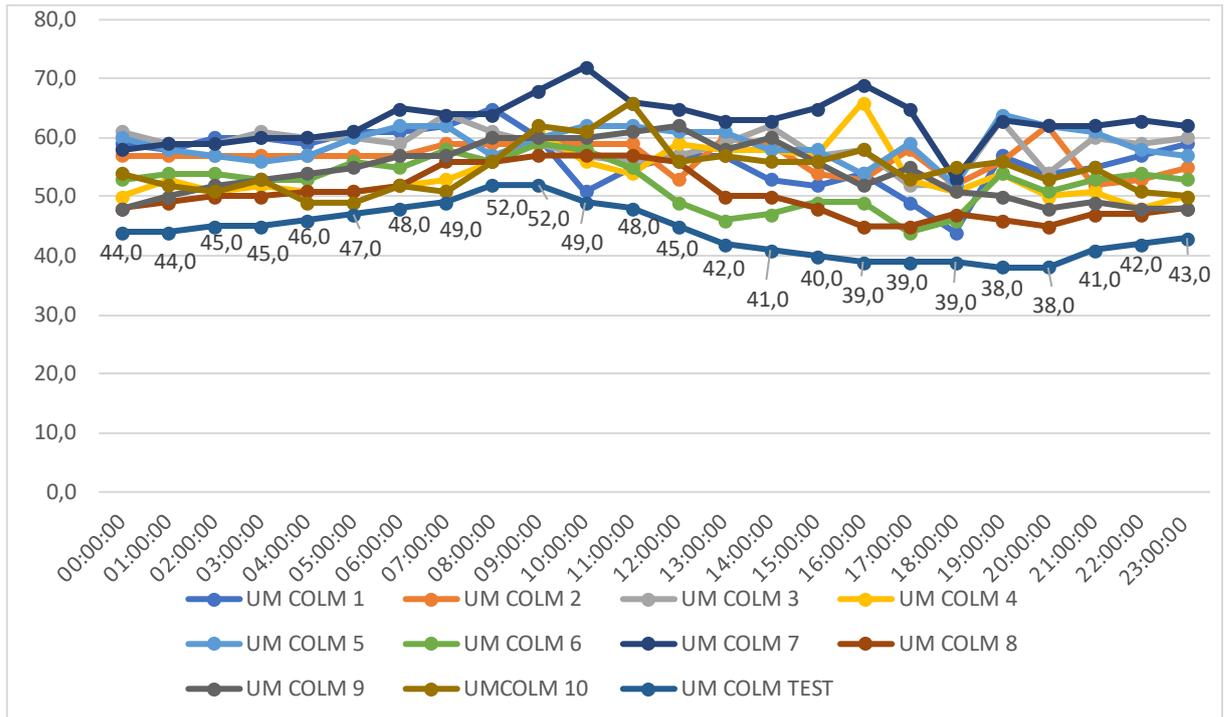
**Gráfico 24 - Variação da umidade na colmeia 11 (testemunha) em 22/12/2021**

**Fonte:** Autor (2022)

A menor umidade registrada na colmeia 11 (testemunha) em 22/12/2021 foi de 38 %, registrada das 19:00 às 20:00 horas. Já a maior umidade registrada foi 52 % e ocorreu às 08:00 e às 09:00 horas.

Das 00:00 horas às 08:00 horas, a umidade foi se elevando, atingindo o pico diário que foi 52 %, se manteve em 52 % às 09:00 horas, entrou em queda constante até às 19:00 horas, quando atingiu a menor umidade do dia, se manteve em 38 % às 20:00 horas e foi sendo elevada constantemente até as 23:00, momento em que atingiu 43 %.

O Gráfico 25 seguinte mostra que as umidades registradas na colmeia sem abelhas, no dia 22 de dezembro de 2021, ficaram abaixo das umidades mantidas nas colmeias povoadas, durante todas as horas do dia, de forma que as abelhas atuaram todo tempo elevando a umidade nas colmeias.



**Gráfico 25 – Umidades e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas e na colmeia testemunha, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 22 de dezembro de 2021**  
**Fonte: Autor (2022)**

4.7.1.4 Análise da oscilação de temperaturas e umidades na colmeia 11 (testemunha), a partir de dados coletados a cada hora, no dia 22/01/2022.

A análise realizada contou com temperaturas e umidades registradas a cada hora, das 00:00 a 23:00 horas do dia 22/01/2022.

A Tabela 17 contém os dados de temperatura e umidade registrados na colmeia 11 (testemunha), nas vinte e quatro horas do dia 22 de janeiro de 2022.

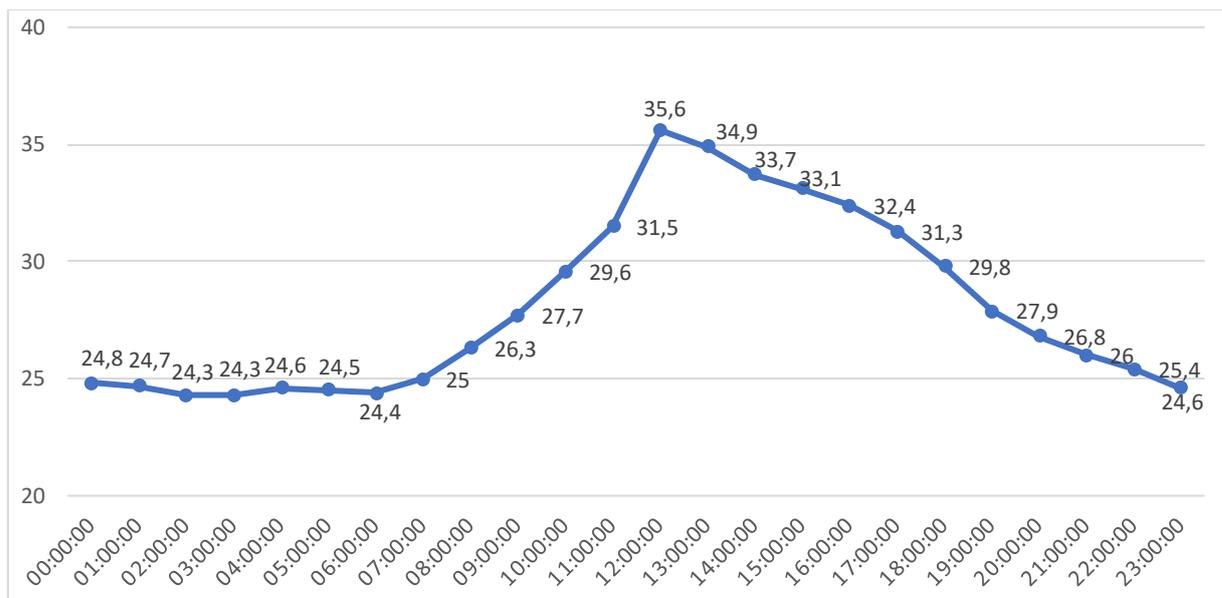
**Tabela 17 - Temperaturas e umidades registradas na colmeia 11(testemunha), em 22/01/22**

TEMPERATURA E UMIDADE REGISTRADAS NA COLMEIA 11 EM 22/01/22					
Colmeia	Data	Temperatura	Umidade		
11	22/01/2022 00:00:00	24.8 °C	67 %		
11	22/01/2022 01:00:00	24.7 °C	67 %		
11	22/01/2022 02:00:00	24.3 °C	68 %		
11	22/01/2022 03:00:00	24.3 °C	68 %		
11	22/01/2022 04:00:00	24.6 °C	69 %		
11	22/01/2022 05:00:00	24.5 °C	69 %		
11	22/01/2022 06:00:00	24.4 °C	70 %		
11	22/01/2022 07:00:00	25.0 °C	71 %		
11	22/01/2022 08:00:00	26.3 °C	71 %		
11	22/01/2022 09:00:00	27.7 °C	72 %		
11	22/01/2022 10:00:00	29.6 °C	74 %		
11	22/01/2022 11:00:00	31.5 °C	72 %		
11	22/01/2022 12:00:00	35.6 °C	68 %		
11	22/01/2022 13:00:00	34.9 °C	63 %		

11	22/01/2022	14:00:00	33.7 °C	61 %
11	22/01/2022	15:00:00	33.1 °C	59 %
11	22/01/2022	16:00:00	32.4 °C	60 %
11	22/01/2022	17:00:00	31.3 °C	61 %
11	22/01/2022	18:00:00	29.8 °C	61 %
11	22/01/2022	19:00:00	27.9 °C	61 %
11	22/01/2022	20:00:00	26.8 °C	61 %
11	22/01/2022	21:00:00	26.0 °C	61 %
11	22/01/2022	22:00:00	25.4 °C	62 %
11	22/01/2022	23:00:00	24.6 °C	62 %
<b>Média</b>			<b>28.0 °C</b>	<b>65.6 %</b>
<b>AMP TÉRMICA (OSC)</b>			<b>11,3 °C</b>	<b>15 %</b>

Fonte: Autor (2022)

No Gráfico 26, tem-se as temperaturas registradas, assim como sua oscilação nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 22 de janeiro de 2022, possibilitando identificar em que períodos do dia a temperatura se eleva ou é reduzida.



**Gráfico 26 - Variação da temperatura na colmeia 11 (testemunha) em 22/01/2022**

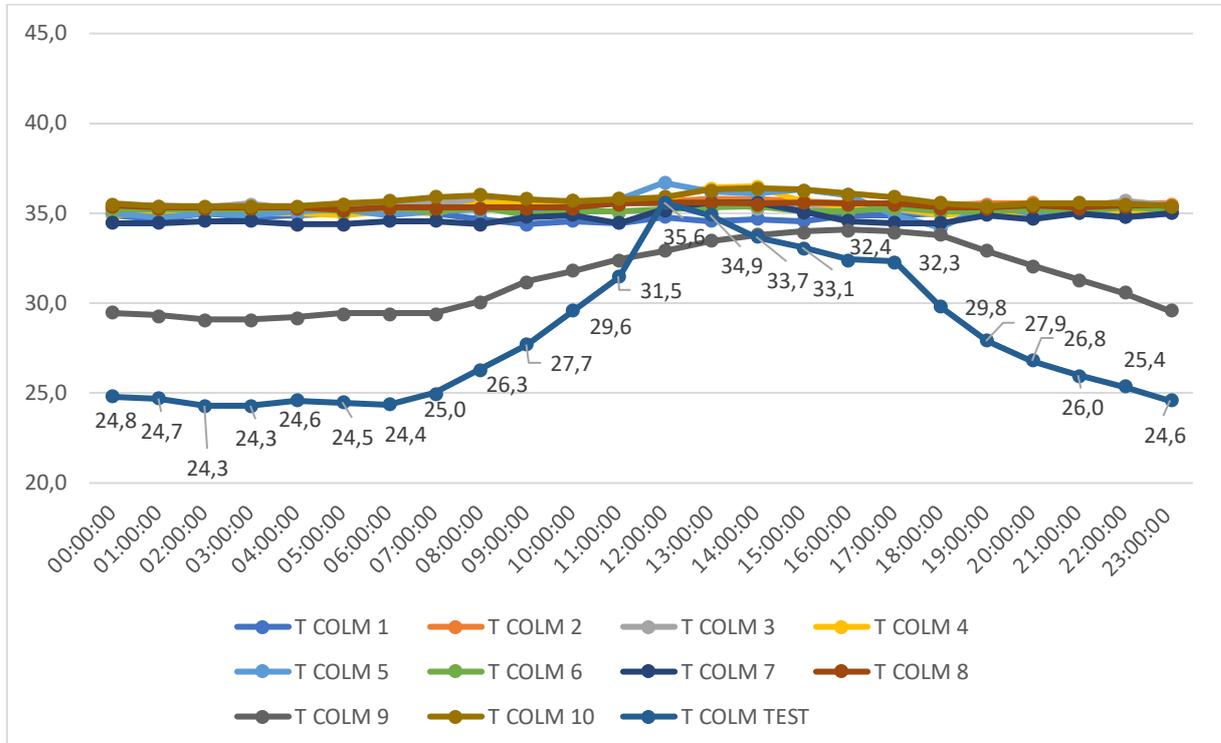
Fonte: Autor (2022)

Das 00:00 às 06:00 horas do dia 22/01/2022, a temperatura se manteve praticamente constante na colmeia 11 (testemunha), com leve oscilação, atingiu a menor temperatura do dia que foi 24,3 °C, às 02:00 e às 03:00 horas. A partir desse momento a temperatura foi sendo elevada de forma contínua até atingir a máxima temperatura do dia, 35,6° C, às 12:00 horas.

Às 12:00 horas, após registrar a maior temperatura diária, verifica-se uma queda constante da temperatura até atingir 24,6 °C às 23:00 horas.

O Gráfico 27 a seguir mostra que no dia 22 de janeiro de 2022, em uma colmeia do tipo langstroth, para adequar a temperatura no ninho à sua zona de conforto térmico, as abelhas

precisaram elevar a temperatura em quase todas as horas do dia, exceto no período das 11:50 às 12:10 horas, em que a temperatura na colmeia testemunha ficou compatível com o padrão necessário.



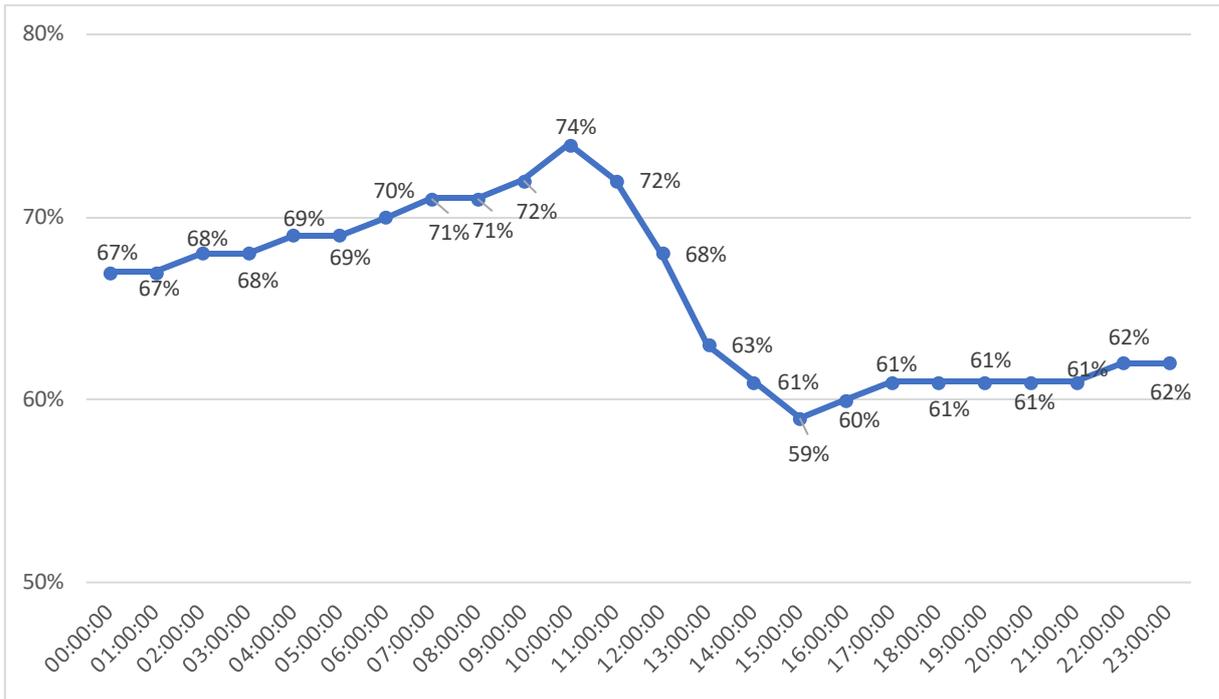
**Gráfico 27 - Temperaturas e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas e na colmeia testemunha, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 22 de janeiro de 2022**  
Fonte: Autor (2022)

De acordo com o Gráfico 27, as colônias conseguiram manter seus ninhos com termorregulação adequada em todo o período, com exceção da colônia da colmeia 09 que conviveu com termorregulação inadequada por todo o período.

Na observação realizada no local, no dia 23 de janeiro de 2022, foi constatado que a colmeia 9 estava com enxame bastante fraco, praticamente sem a presença de abelhas no alvado.

A observação no local, decorrente da análise dos dados do gráfico 24, possibilitou a tomada de decisão no sentido de realizar um manejo consistente em permutar três quadros com muitas crias novas da colmeia 5, com três quadros sem crias da colmeia 9, de forma que no mês seguinte já foi possível verificar significativo aumento no número de abelhas na colônia da colmeia 9, que já conseguiu boa termorregulação de sua colmeia.

De acordo com o Gráfico 28 a seguir, a menor umidade registrada na colmeia 11 (testemunha) em 22/01/2022 foi de 59 % registrada às 15:00 horas. Já a maior umidade registrada foi 74 % e ocorreu às 10:00 horas.

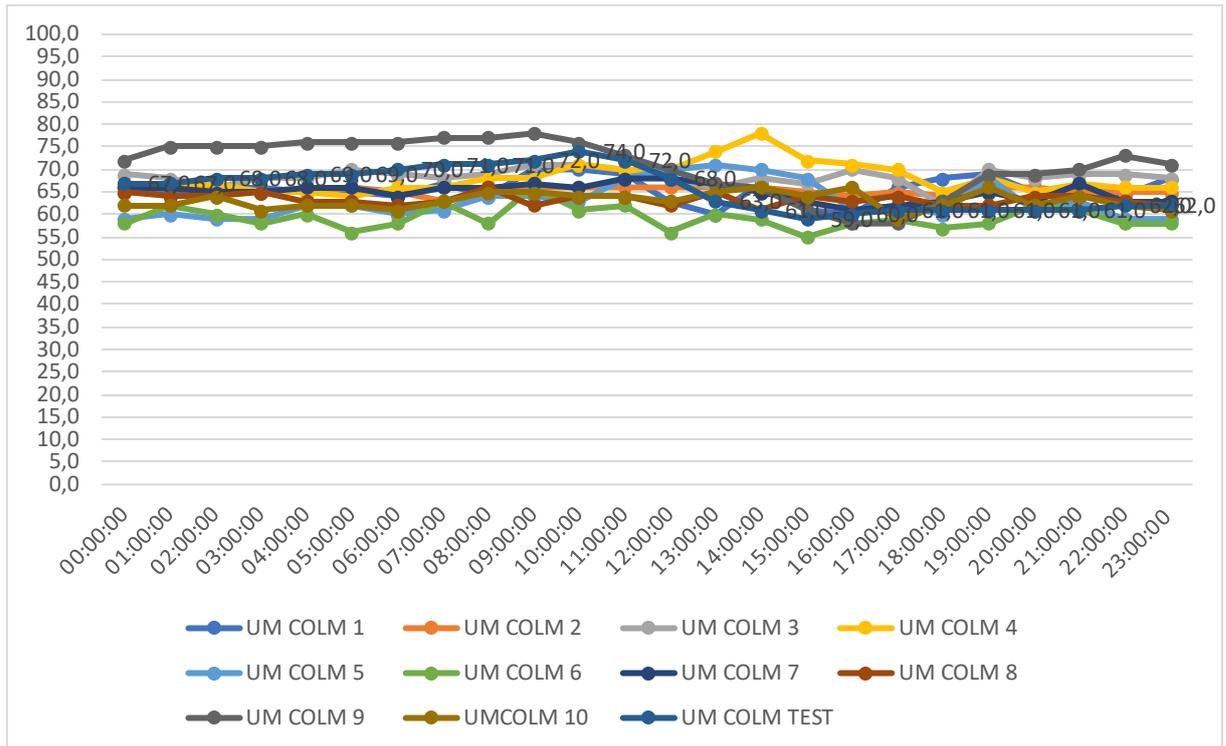


**GRÁFICO 28 - VARIAÇÃO DA UMIDADE NA COLMEIA 11 (TESTEMUNHA) EM 22/01/2022**

**Fonte:** Autor (2022)

Das 00:00 às 10:00 horas, a umidade foi se elevando, atingindo o pico diário que foi 74 %, entrou em declive acentuado até às 15:00 horas, quando atingiu, 59 %, a menor umidade do dia. A umidade voltou a ascender até as 17:00 horas quando atingiu 61 %, depois se manteve constante até as 21:00 horas, chegou a 62 % as 22:00 horas e se manteve até 23:00 horas.

O Gráfico 29 seguinte mostra que as umidades registradas na colmeia sem abelhas, no dia 22 de janeiro de 2022, foram compatíveis com as umidades mantidas nas colmeias povoadas, não demandando portanto muita atuação das abelhas na regulação de umidade em seu ninho.



**Gráfico 29 – Umidades e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas e na colmeia testemunha, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 22 de janeiro de 2022**

Fonte: Autor (2022)

4.7.1.5 Análise da oscilação de temperaturas e umidades na colmeia 11 (testemunha), a partir de dados coletados a cada hora, no dia 20/02/2022.

A análise realizada contou com temperaturas e umidades registradas a cada hora, das 00:00 às 23:00 horas do dia 20/02/2022.

A Tabela 18 contém os dados de temperatura e umidade registrados pela colmeia 11 (testemunha) no dia 20 de fevereiro de 2022.

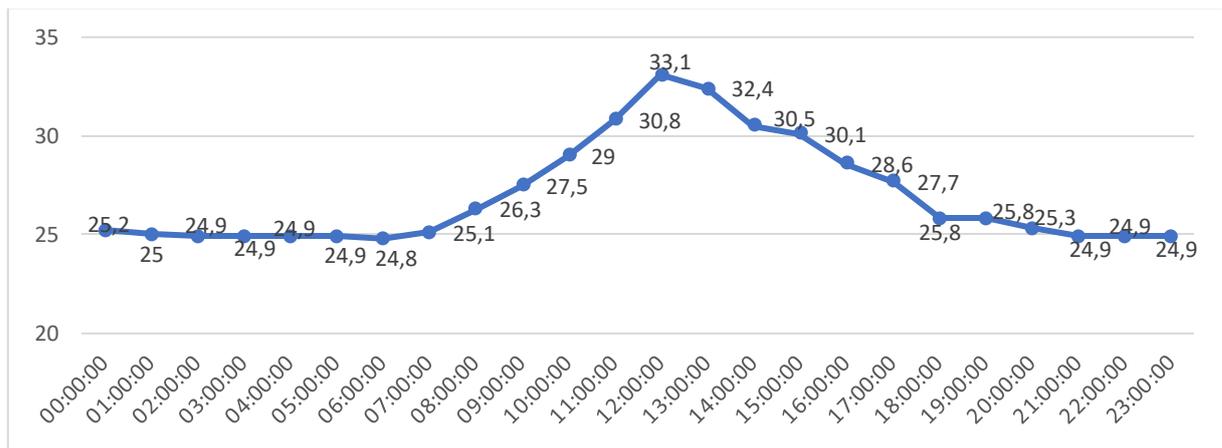
**Tabela 18 - Temperaturas e umidades registradas na colmeia 11(testemunha), em 20/02/22**

TEMPERATURA E UMIDADE REGISTRADAS NA COLMEIA 11 EM 20/02/22				
Colmeia	Data	Temperatura	Umidade	
11	20/02/2022 00:00:00	25.2 °C	69 %	
11	20/02/2022 01:00:00	25.0 °C	69 %	
11	20/02/2022 02:00:00	24.9 °C	69 %	
11	20/02/2022 03:00:00	24.9 °C	69 %	
11	20/02/2022 04:00:00	24.9 °C	69 %	
11	20/02/2022 05:00:00	24.9 °C	71 %	
11	20/02/2022 06:00:00	24.8 °C	71 %	
11	20/02/2022 07:00:00	25.1 °C	72 %	
11	20/02/2022 08:00:00	26.3 °C	73 %	
11	20/02/2022 09:00:00	27.5 °C	73 %	
11	20/02/2022 10:00:00	29.0 °C	75 %	
11	20/02/2022 11:00:00	30.8 °C	75 %	
11	20/02/2022 12:00:00	33.1 °C	75 %	

11	20/02/2022	13:00:00	32.4 °C	71 %
11	20/02/2022	14:00:00	30.5 °C	72 %
11	20/02/2022	15:00:00	30.1 °C	71 %
11	20/02/2022	16:00:00	28.6 °C	70 %
11	20/02/2022	17:00:00	27.7 °C	70 %
11	20/02/2022	18:00:00	25.8 °C	71 %
11	20/02/2022	19:00:00	25.8 °C	71 %
11	20/02/2022	20:00:00	25.3 °C	70 %
11	20/02/2022	21:00:00	24.9 °C	70 %
11	20/02/2022	22:00:00	24.9 °C	70 %
11	22/02/2022	23:00:00	24.9 °C	71 %
<b>Média</b>			<b>26.7 °C</b>	<b>71.2 %</b>
<b>AMP TÉRMICA (OSC)</b>			<b>8,3 °C</b>	<b>6,0 %</b>

Fonte: Autor (2022)

No Gráfico 30 seguinte, tem-se as temperaturas registradas, assim como sua oscilação nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 20 de fevereiro de 2022, mostrando o comportamento térmico ao longo das vinte e quatro horas do dia.



**Gráfico 30 - Variação da temperatura na colmeia 11 (testemunha) em 20/02/2022**

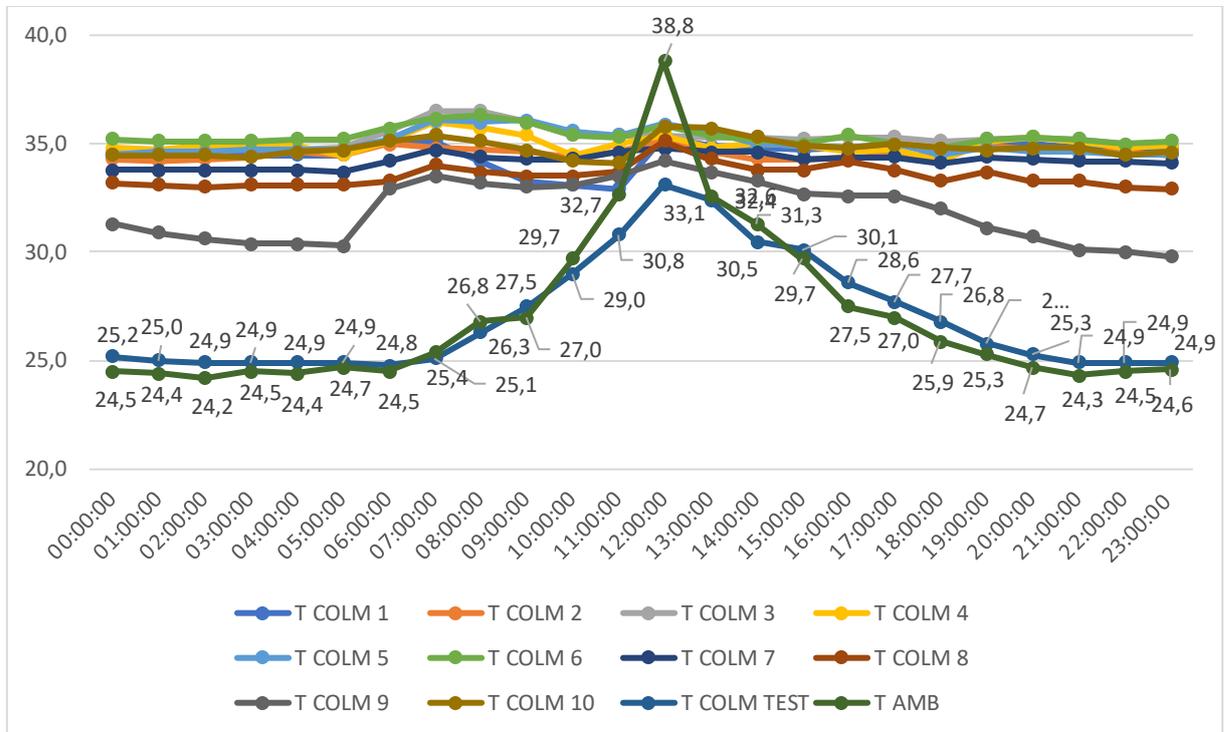
Fonte: Autor (2022)

Das 00:00 às 06:00 horas do dia 20/02/2022, a temperatura se manteve praticamente constante na colmeia 11 (testemunha), com leve oscilação, atingiu a menor temperatura do dia que foi 24,8 °C, às 06:00 horas. A partir desse momento a temperatura foi sendo elevada de forma contínua até atingir a máxima temperatura do dia, 33,1 °C, às 12:00 horas.

Às 12:00 horas, após registrar a maior temperatura do dia, verifica-se uma queda constante da temperatura até atingir 24,9°C às 21:00 horas, quando se manteve constante até às 23:00 horas.

O Gráfico 31 a seguir mostra que no dia 20 de fevereiro de 2022, em uma colmeia do tipo langstroth, para adequar a temperatura no ninho à sua zona de conforto térmico, as abelhas precisaram elevar a temperatura em todas as horas do dia, tendo em vista que as temperaturas

registradas na colmeia testemunha permaneceram sempre abaixo das temperaturas observadas nas colmeias povoadas.



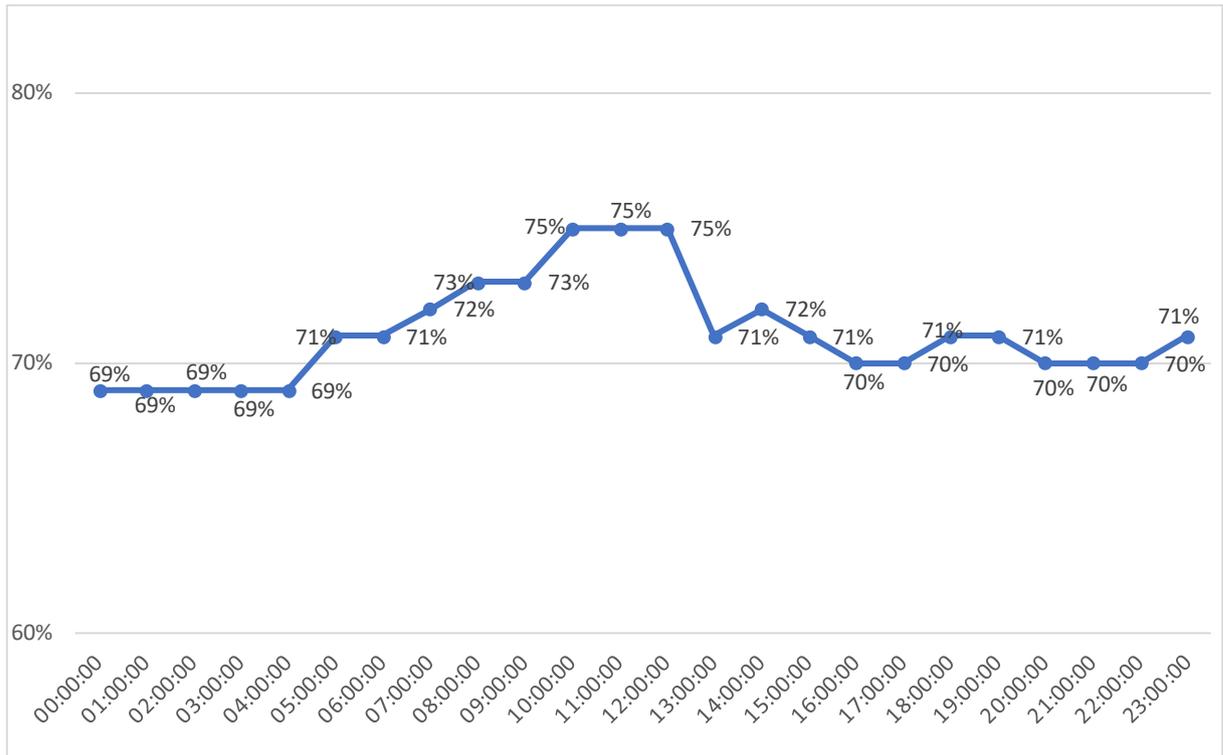
**Gráfico 31 - Temperaturas e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas, na colmeia testemunha e no ambiente, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 20 de fevereiro de 2022**

Fonte: Autor (2022)

De acordo com o Gráfico 31, as colônias conseguiram manter seus ninhos com termorregulação adequada em todo o período, com exceção da colônia da colmeia 09 que conviveu com termorregulação inadequada por algumas horas, mas diferentemente do mês anterior, já conseguiu adequar a temperatura em sua ambiência no período das 06:00 às 17:00 horas.

Na observação realizada no local, nos dias 18 e 21 de fevereiro de 2022, já foi constatado melhora no enxame da colmeia 9, que estava com maior presença de abelhas em seu alvado.

O Gráfico 32 a seguir possibilita a visualização das umidades registradas, assim como sua oscilação nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 20 de fevereiro de 2022, mostrando em que períodos do dia a umidade se acentua ou é atenuada.



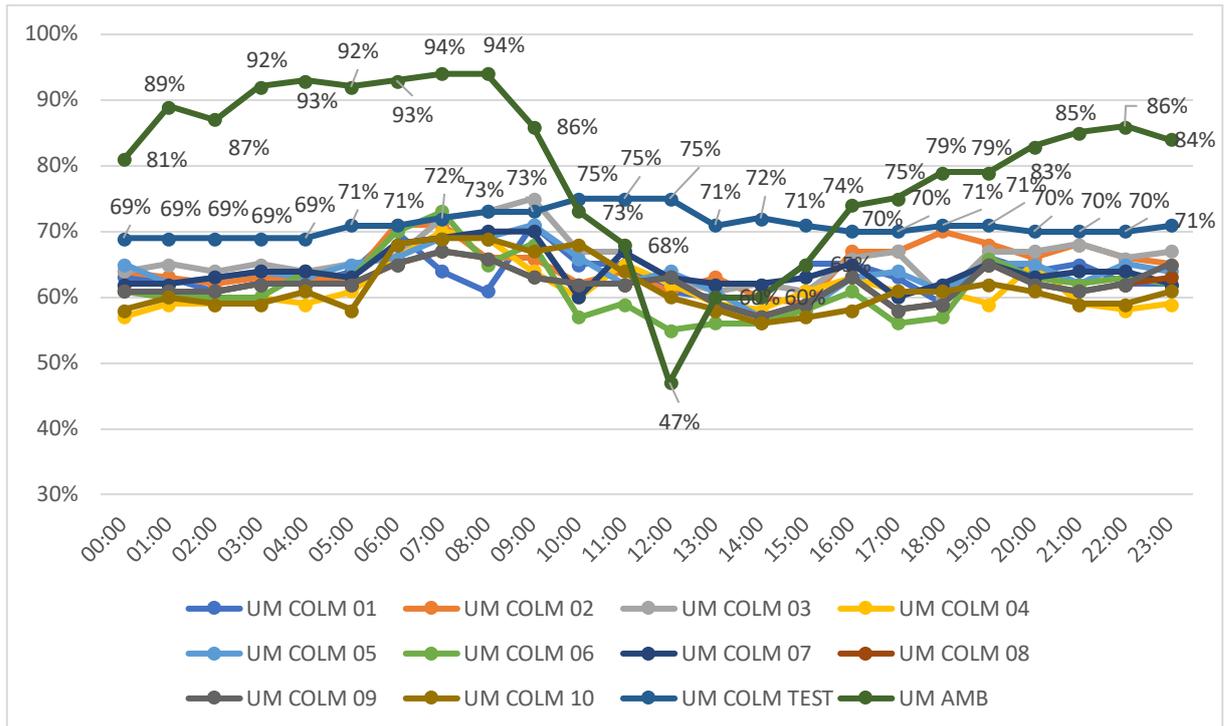
**Gráfico 32 - Variação da umidade na colmeia 11 (testemunha) em 20/02/2022**

**Fonte:** Autor (2022)

A menor umidade registrada na colmeia 11 (testemunha) em 22/02/2022 foi de 69 % registrada das 00:00 às 04:00 horas. Já a maior umidade registrada foi 75 % e ocorreu das 10:00 às 12:00 horas.

Das 00:00 até às 04:00 horas, a umidade se manteve constante em 69 %. A partir das 04:00 horas ela foi se elevando até atingir a umidade máxima do dia que foi de 75 % às 10:00 horas, declinou para 71 % às 13:00 horas, subiu para 72 % às 14:00 horas, desceu para 70 % às 16:00 horas, se manteve até às 17:00 horas, ascendeu para 71 % às 18:00 horas, se manteve até às 19:00 horas, tendo declinado para 70 % às 20:00 horas e permanecido até às 22:00 horas e ascendido para 71 % às 23:00 horas.

O Gráfico 33 seguinte mostra que as umidades registradas na colmeia sem abelhas, no dia 20 de fevereiro de 2022, foram compatíveis com as umidades mantidas nas colmeias povoadas apenas no período de 09:50 às 15:40 horas, tendo sido superiores nos períodos de 00:00 às 09:50 horas e a partir das 15:40 horas, de forma que durante um período de 18 horas e 10 minutos as colônias precisaram trabalhar para baixar a umidade em seus ninhos.



**Gráfico 33 – Umidades e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas, na colmeia testemunha e no ambiente, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 20 de fevereiro de 2022**  
**Fonte:** Autor (2022)

Pelos dados do Gráfico 33 acima, é possível observar que a própria colmeia reduz significativamente a oscilação da umidade, restando à colônia de abelhas atuar no sentido de elevar ou reduzir, a depender de suas necessidades.

4.7.1.6 Análise da oscilação de temperaturas e umidades na colmeia 11 (testemunha), a partir de dados coletados a cada hora, no dia 20/03/2022.

A análise realizada contou com temperaturas e umidades registradas a cada hora, das 00:00 a 23:00 horas do dia 20/03/2022.

A Tabela 19 a seguir contém os dados de temperatura e umidade registrados na colmeia 11 (testemunha) no dia 20 de março de 2022. Os dados constantes na tabela são os registrados a cada hora, totalizando 24 dados de temperatura e 24 dados de umidade.

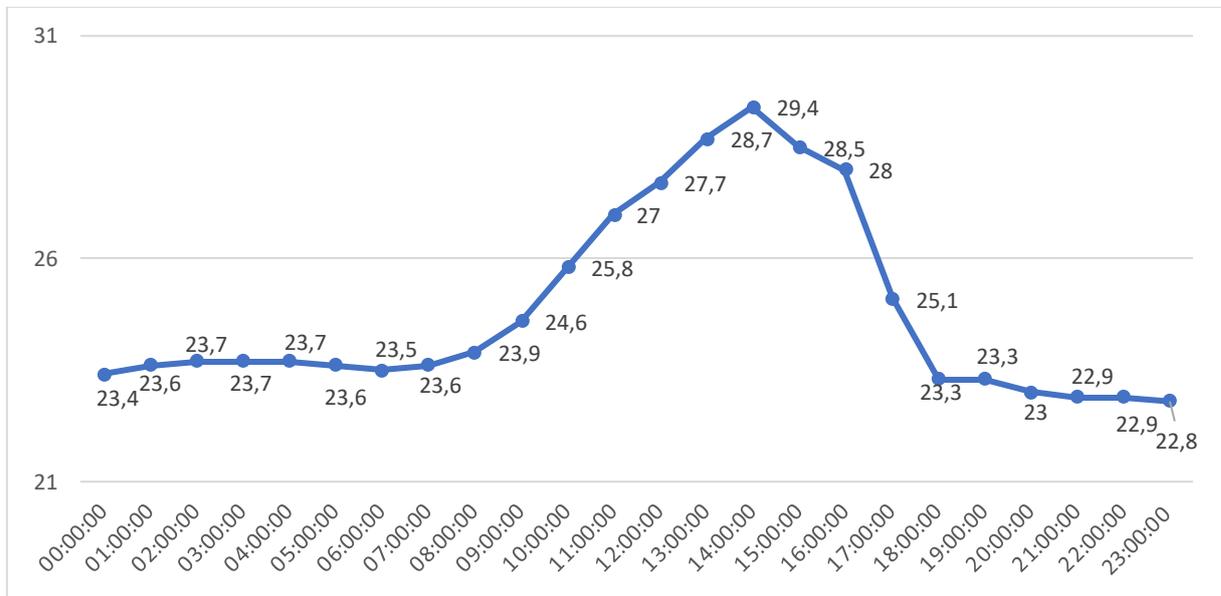
**Tabela 19 - Temperaturas e umidades registradas na colmeia 11(testemunha), em 20/03/22**

TEMPERATURA E UMIDADE REGISTRADAS NA COLMEIA 11 EM 20/03/22				
Colmeia	Data	Temperatura	Umidade	
11	20/03/2022 00:00:00	23.4 °C	92 %	
11	20/03/2022 01:00:00	23.6 °C	93 %	
11	20/03/2022 02:00:00	23.7 °C	93 %	
11	20/03/2022 03:00:00	23.7 °C	93 %	
11	20/03/2022 04:00:00	23.7 °C	93 %	

11	20/03/2022	05:00:00	23.6 °C	93 %
11	20/03/2022	06:00:00	23.5 °C	93 %
11	20/03/2022	07:00:00	23.6 °C	92 %
11	20/03/2022	08:00:00	23.9 °C	92 %
11	20/03/2022	09:00:00	24.6 °C	93 %
11	20/03/2022	10:00:00	25.8 °C	94 %
11	20/03/2022	11:00:00	27.0 °C	93 %
11	20/03/2022	12:00:00	27.7 °C	92 %
11	20/03/2022	13:00:00	28.7 °C	91 %
11	20/03/2022	14:00:00	29.4 °C	91 %
11	20/03/2022	15:00:00	28.5 °C	93 %
11	20/03/2022	16:00:00	28.0 °C	95 %
11	20/03/2022	17:00:00	25.1 °C	96 %
11	20/03/2022	18:00:00	23.3 °C	99 %
11	20/03/2022	19:00:00	23.0 °C	100 %
11	20/03/2022	20:00:00	23.0 °C	98 %
11	20/03/2022	21:00:00	22.9 °C	99 %
11	20/03/2022	22:00:00	22.9°C	100%
11	22/03//2022	23:00:00	22.8°C	99%
<b>Média</b>			<b>24.8°C</b>	<b>94.7%</b>
<b>AMP TÉRMICA (OSC)</b>			<b>6,6 °C</b>	<b>9,0 %</b>

Fonte: Autor (2022)

No Gráfico 34 a seguir, tem-se as temperaturas registradas, assim como sua oscilação nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 20 de março de 2022, possibilitando identificar em que períodos do dia a temperatura se acentua ou é atenuada.



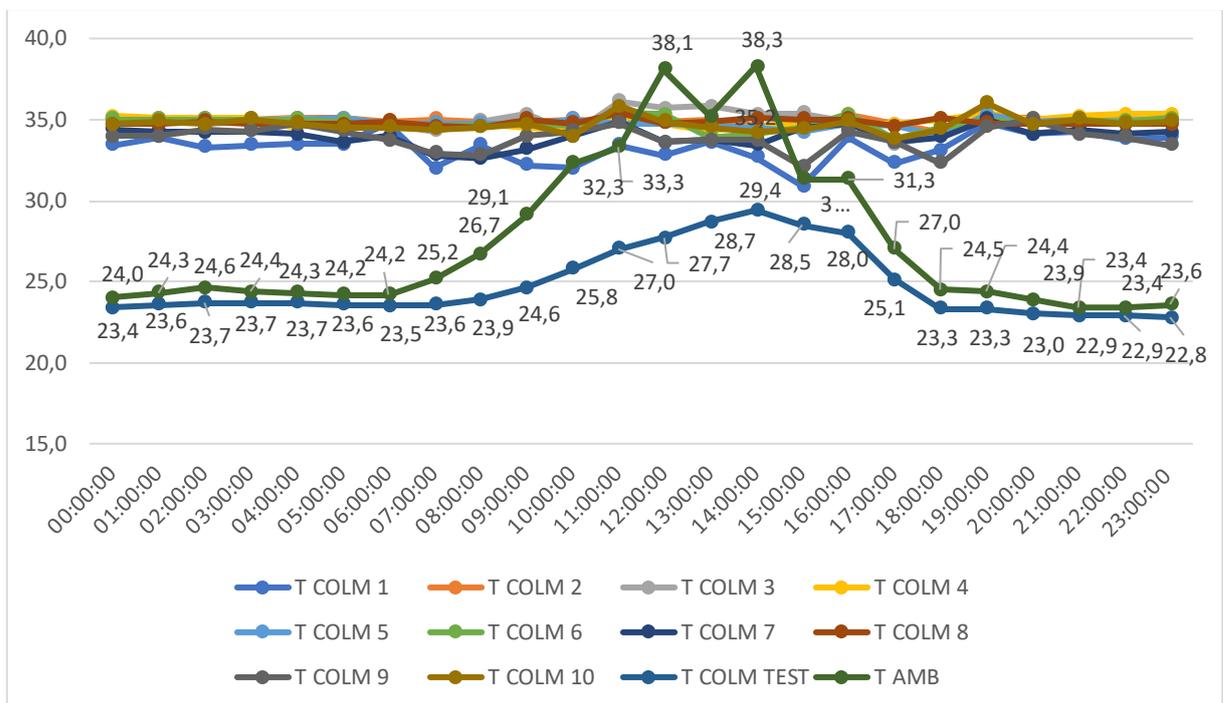
**Gráfico 34 - Variação da temperatura na colmeia 11 (testemunha) em 20/03/2022**

Fonte: Autor (2022)

Das 00:00 às 07:00 horas do dia 20/03/2022, a temperatura se manteve praticamente constante na colmeia 11 (testemunha), iniciando às 00:00 horas com 23,4 °C e chegando a 23,6 °C às 07:00 horas. A partir das 07:00 horas a temperatura foi ascendendo hora a hora até atingir

a temperatura máxima do dia, às 14:00 horas, que foi de 29,4 °C. A partir das 14:00 horas houve um declínio brusco de temperatura até às 18:00 horas, chegando a 23,3 °C e continuou em leve queda até atingir a menor temperatura do dia, 22,8 °C, às 23:00 horas.

O Gráfico 35 a seguir mostra que no dia 20 de março de 2022, em uma colmeia do tipo Langstroth, para adequar a temperatura no ninho à sua zona de conforto térmico, as abelhas precisaram elevar a temperatura em todas as horas do dia, tendo em vista que as temperaturas registradas na colmeia testemunha permaneceram sempre abaixo das temperaturas observadas nas colmeias povoadas.



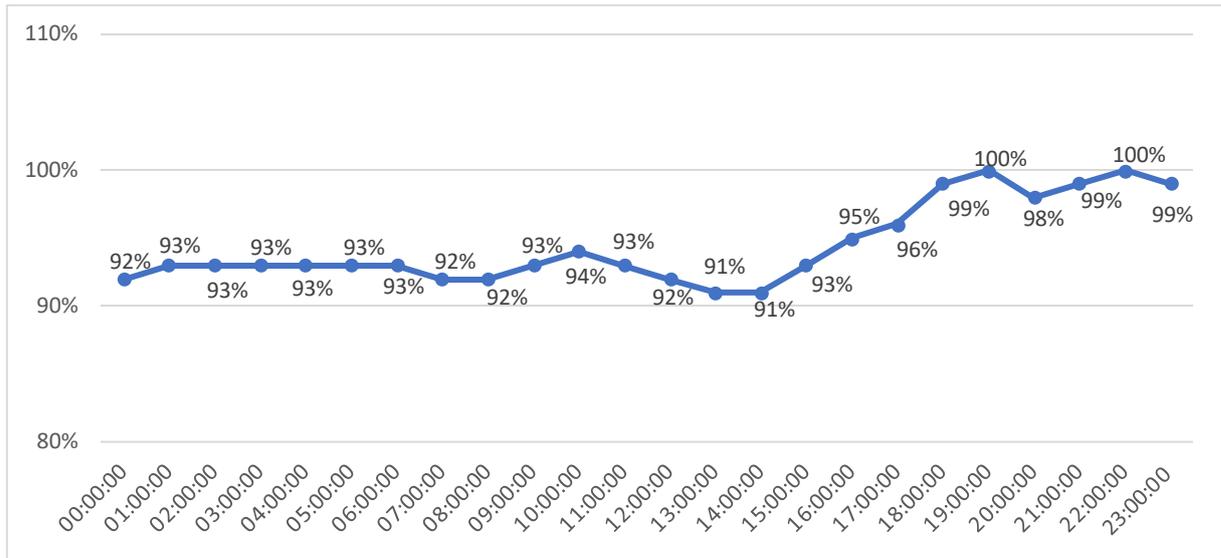
**Gráfico 35 - Temperaturas e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas, na colmeia testemunha e no ambiente, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 20 de março de 2022**

**Fonte:** Autor (2022)

De acordo com o Gráfico 35, as colônias conseguiram manter seus ninhos com termorregulação adequada em todo o período, com exceção da colônia da colmeia 01 e apenas às 16:00 horas quando registrou temperatura de 30,9 °C.

Na observação realizada no local, nos dias 18 e 21 de março de 2022, foi constatado que as colônias de todas as colmeias se apresentavam fortes, com presença de muitas abelhas no alvado.

O Gráfico 36 a seguir possibilita a visualização das umidades registradas, assim como sua oscilação nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 20 de março de 2022, mostrando em que períodos do dia a umidade se acentua ou é atenuada.



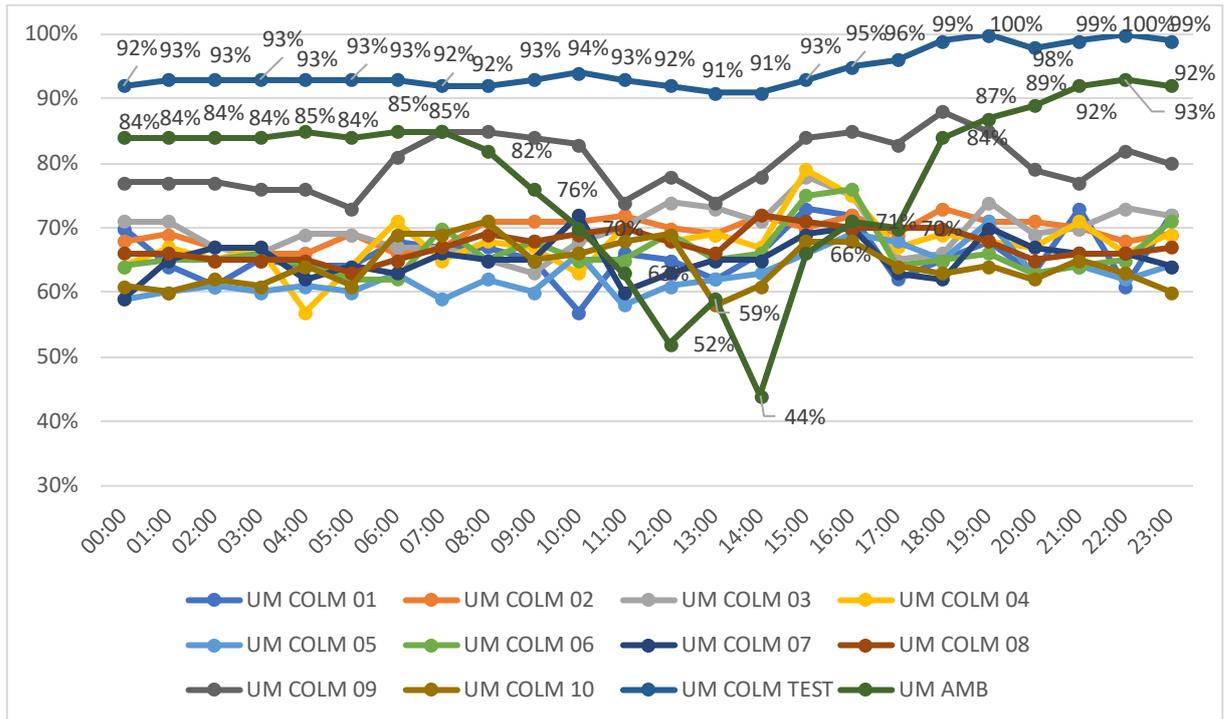
**Gráfico 36 - Variação da umidade na colmeia 11 (testemunha) em 20/03/2022**

Fonte: Autor (2022)

A menor umidade registrada na colmeia 11 (testemunha) em 20/03/2022 foi de 91 % registrada das 13:00 às 14:00 horas. Já a maior umidade registrada foi 100 % e ocorreu às 19:00 e às 22:00 horas.

Às 00:00 horas a umidade estava em 92 %, se elevou para 93 % às 01:00 horas e permaneceu até às 06:00 horas, baixou para 92 % às 07:00 horas, permaneceu assim até às 08:00 horas, passou a ser ascendente e atingiu 94 % às 10:00 horas, voltou a cair, chegando a 91% às 13:00 horas, permaneceu até à 14:00 horas, quando voltou a ascender até atingir 100 % às 19:00 horas e permaneceu oscilando entre 98 e 100 %, chegando a 99 % às 23:00 horas.

O Gráfico 37 seguinte mostra que as umidades registradas na colmeia sem abelhas, no dia 20 de fevereiro de 2022, foram todas superiores às umidades mantidas nas colmeias povoadas, de forma que durante as 24 horas as abelhas atuaram baixando a umidade em seus ninhos.



**Gráfico 37 – Umidades e suas oscilações registradas nas colmeias povoadas, na colmeia testemunha e no ambiente, nas 24 (vinte e quatro) horas do dia 20 de março de 2022**  
**Fonte: Autor (2022)**

Comparando a umidade registrada no ambiente com a umidade observada no interior da colmeia testemunha, observa-se que nesse período do ano, em relação à regulação de umidade, a colmeia langstroth embora reduza significativamente a oscilação da umidade, não é favorável à ação das abelhas, pois proporciona umidades superiores à ambiente durante às 24 horas do dia.

4.7.2 Análise de temperatura e umidade com suas respectivas amplitudes (oscilações) nas colmeias 1 a 10.

Nas colmeias 1 a 10, tem-se uma ambiência termorregulada pelas abelhas, e é perceptível a capacidade termorregulatória desses insetos, pela mínima variação entre as temperaturas mínima e máxima registradas em 24 horas, em comparação à colmeia 11 (testemunha), que não conta com a presença de abelhas para termorregular seu ambiente interno.

Nas Tabelas 20 a 29 a seguir, estão relacionadas as temperaturas e umidades mínima, máxima, média e as respectivas amplitudes registradas nas colmeias 1 a 10 (povoadas) e 11 (testemunha) nos dias 22 de outubro de 2021, 27 de novembro de 2021, 22 de dezembro de 2021, 22 de janeiro de 2022, 20 de fevereiro de 2022 e 20 de março de 2022.

Após a tabela correspondente a cada colmeia, apresenta-se um gráfico para possibilitar melhor compreensão dos resultados.

#### 4.7.2.1 Análise conjunta das temperaturas e umidades registradas nas colmeias 1 (povoada) e 11 (testemunha).

**TABELA 20 – Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 1 e na colmeia testemunha, nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022**

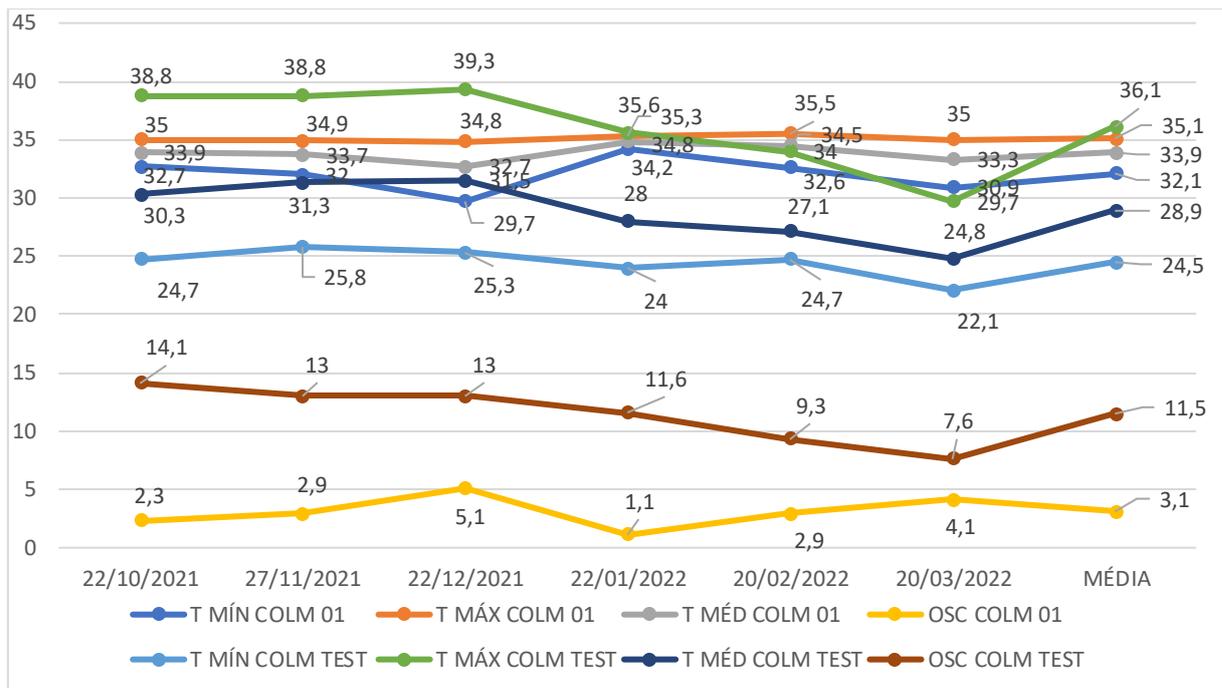
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 1 (POVOADA) E 11 (TESTEMUNHA).						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 01	COLM 11	COLM 01	COLM 11	COLM 01	COLM 11
TEMPERATURA MÍNIMA	32,7°C	24,7°C	32,0°C	25,8°C	29,7°C	25,3°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35,0°C	38,8°C	34,9°C	38,8°C	34,8°C	39,3°C
TEMPERATURA MÉDIA	33,9°C	30,3°C	33,7°C	31,3°C	32,7°C	31,5°C
AMPLITUDE	2,3°C	14,1°C	2,9°C	13°C	5,1°C	13°C
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 1 E 11 (TEST)						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 01	COLM 11	COLM 01	COLM 11	COLM 01	COLM 11
TEMPERATURA MÍNIMA	34,2°C	24,0°C	32,6°C	24,7°C	30,9°C	22,1°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35,3°C	35,6°C	35,5°C	34,0°C	35,0°C	29,7°C
TEMPERATURA MÉDIA	34,8°C	28,0°C	34,5°C	27,1°C	33,3°C	24,8°C
AMPLITUDE	1,1°C	11,6°C	2,9°C	9,3°C	4,1°C	7,6°C
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 1 E 11						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 01	COLM 11	COLM 01	COLM 11	COLM 01	COLM 11
UM MÍNIMA	57,0%	36,0%	54,0%	39,0%	43,0%	38,0%
UM MÁXIMA	81,0%	56,0%	71,0%	53,0%	65,0%	52,0%
UM MÉDIA	69,1%	46,6%	64,0%	45,3%	56,2%	43,9%
AMPLITUDE (OSC)	24,0%	20,0%	17,0%	14,0%	22,0%	14,0%
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 1 E 11						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 01	COLM 11	COLM 01	COLM 11	COLM 01	COLM 11
UM MÍNIMA	55,0%	58,0%	57,0%	69,0%	58%	86,0%
UM MÁXIMA	70,0%	74,0%	74,0%	76,0%	83,0%	100,0%
UM MÉDIA	64,2%	65,6%	63,2%	71,7%	67,3%	94,7%
AMPLITUDE (OSC)	15,0%	16,0%	17,0%	7,0%	25,0%	14,0%

**Fonte:** Autor (2022)

A Tabela 20 acima, contém as temperaturas e as umidades mínima, máxima, média e suas oscilações em 24 horas, registradas dos dias 22 de outubro de 2021, 27 de novembro de

2021, 22 de dezembro de 2022, 22 de janeiro de 2022, 20 de fevereiro de 2022 e 20 de março de 2022, nas colmeias 01 (povoada) e 11 (testemunha).

O Gráfico 38 a seguir mostra como estava a termorregulação em datas dos meses de outubro a dezembro de 2021 e janeiro a março de 2022, assim como a média obtida a partir dos dados dos seis meses pesquisados.



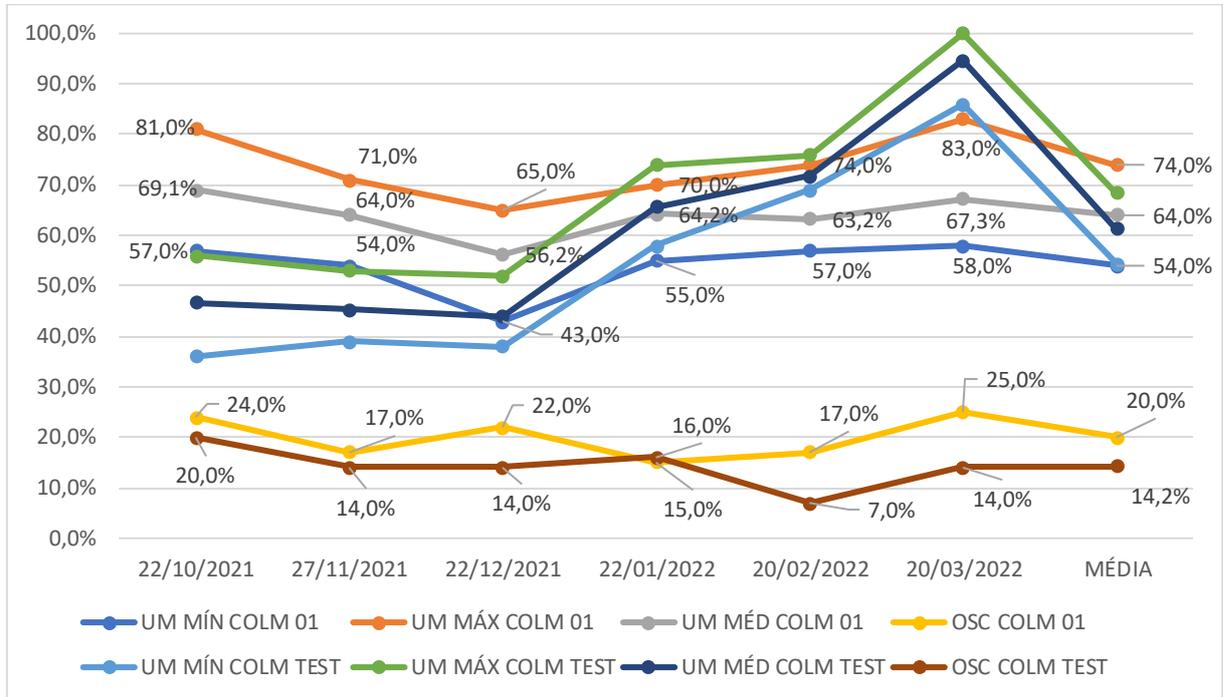
**Gráfico 38 - Temperaturas registradas nas colmeias 1 e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022**

Fonte: Autor (2022)

De acordo com o Gráfico 38 acima, que possibilita uma comparação das temperaturas registradas em uma colmeia sem abelhas (colmeia 11 – testemunha) com temperaturas registradas numa colmeia povoada (colmeia 01), em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022), percebe-se que enquanto na colmeia não povoada a amplitude térmica foi de 11,5 °C, com registro de temperatura mínima a partir da média dos seis meses pesquisados, de 24,5 °C, e temperatura máxima de 36,1 C, na colmeia povoada, as abelhas atuaram na termorregulação e conseguiram manter em seu ninho uma amplitude térmica de apenas 3,1 °C, com a temperatura mínima registrada calculada a partir da média das temperaturas dos seis meses, de 32,1 °C e temperatura máxima de 35,1 °C.

Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto térmico da colmeia está localizada entre 32,1 °C e 35,1 °C.

O Gráfico 39 abaixo, com umidades registradas na colmeia 11 (testemunha e na colmeia 01 (povoada) mostra a atuação da abelha *Apis mellifera* L. no controle de umidade em seu ninho.



**Gráfico 39 - Umidades registradas nas colmeias 01 e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022**  
**Fonte: Autor (2022)**

De acordo com o Gráfico 39 acima, que possibilita uma comparação das umidades registradas em uma colmeia sem abelhas (colmeia 11 – testemunha) com umidades registradas numa colmeia povoada (colmeia 01), em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022), percebe-se que diferente do que ocorre com a temperatura, a amplitude (oscilação) da umidade é maior na colmeia com termorregulação, sendo de 20% na colmeia 01 e de apenas 14,2 % na colmeia testemunha.

As umidades mínima, máxima e média na colmeia povoada continuam praticamente estáveis nos seis meses, não havendo significativa variação no período chuvoso. Pela obtenção das médias dos seis meses pesquisados, tem-se como umidades registradas, mínima de 54 %, máxima de 74 % e média de 64 %.

Já na colmeia testemunha, observa-se que as umidades mínima, máxima e média vão baixando de outubro até dezembro e passam a apresentar significativa elevação de janeiro até março, chegando a uma média semestral de umidade mínima de 54,4 %, umidade máxima de 68,5 % e umidade média de 61,3 %.

Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto em relação à umidade na colmeia está localizada entre 54,0 % e 74,0 %.

#### 4.7.2.2 Análise conjunta das temperaturas e umidades registradas nas colmeias 2 (povoada) e 11 (testemunha).

A Tabela 21 a seguir contém as temperaturas e as umidades mínima, máxima, média e suas oscilações em 24 horas, registradas nos dias 22 de outubro de 2021, 27 de novembro de 2021, 22 de dezembro de 2021, 22 de janeiro de 2022, 20 de fevereiro de 2022 e 20 de março de 2022, nas colmeias 02 (povoada) e 11 (testemunha).

**Tabela 21 – Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 2 e na colmeia 11 (testemunha), nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022**

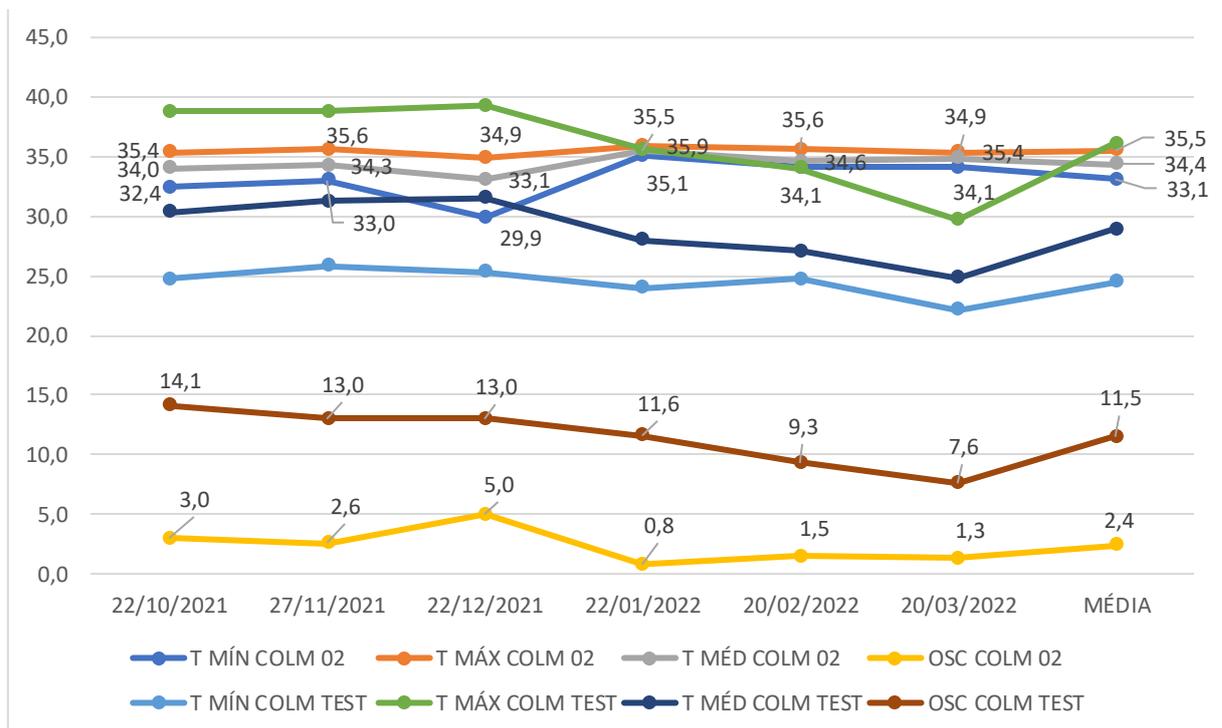
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 2 (POVOADA) E 11 (TESTEMUNHA)						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 02	COLM 11	COLM 02	COLM 11	COLM 02	COLM 11
TEMPERATURA MÍNIMA	32,4°C	24,7°C	33,0°C	25,8°C	29,9°C	25,3°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35,4°C	38,8°C	35,6°C	38,8°C	34,9°C	39,3°C
TEMPERATURA MÉDIA	34,0°C	30,3°C	34,3°C	31,3°C	33,1°C	31,5°C
AMPLITUDE	3,0°C	14,1°C	2,6°C	13°C	5,0°C	13°C
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 2 E 11 (TEST)						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 02	COLM 11	COLM 02	COLM 11	COLM 02	COLM 11
TEMPERATURA MÍNIMA	35,1°C	24,0°C	34,1°C	24,7°C	34,1°C	22,1°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35,9°C	35,6°C	35,6°C	34,0°C	35,4°C	29,7°C
TEMPERATURA MÉDIA	35,5°C	28,0°C	34,6°C	27,1°C	34,9°C	24,8°C
AMPLITUDE	0,8°C	11,6°C	1,5°C	9,3°C	1,3°C	7,6°C
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 2 E 11						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 02	COLM 11	COLM 02	COLM 11	COLM 02	COLM 11
UM MÍNIMA	50,0%	36,0%	51,0 %	39,0%	51,0 %	38,0%
UM MÁXIMA	73,0%	56,0%	67,0 %	53,0%	63,0 %	52,0%
UM MÉDIA	59,3%	46,6%	60,7 %	45,3%	56,9 %	43,9%
AMPLITUDE (OSC)	23,0%	20,0%	16,0%	14,0%	12,0%	14,0%
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 2 E 11						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 02	COLM 11	COLM 02	COLM 11	COLM 02	COLM 11
UM MÍNIMA	61,0%	58,0%	58,0%	69,0%	63,0%	86,0%
UM MÁXIMA	68,0%	74,0%	75,0%	76,0%	78,0%	100,0%

UM MÉDIA	65,0%	65,6%	65,4%	71,7%	69,8%	94,7%
AMPLITUDE (OSC)	7,0%	16,0%	17,0%	7,0%	15,0%	14,0%

Fonte: Autor (2022)

O Gráfico 40 a seguir, possibilita uma comparação das temperaturas registradas em uma colmeia sem abelhas (colmeia 11 – testemunha) com temperaturas registradas numa colmeia povoada (colmeia 2), em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022), percebe-se que enquanto na colmeia não povoada a amplitude térmica foi de 11,5 °C, com registro de temperatura mínima a partir da média dos seis meses pesquisados, de 24,5 °C, e temperatura máxima de 36,1 °C, na colmeia povoada, as abelhas atuaram na termorregulação e conseguiram manter em seu ninho uma amplitude térmica de apenas 2,4 °C, com a temperatura mínima registrada calculada a partir da média das temperaturas dos seis meses, de 33,1 °C e temperatura máxima de 35,5 °C.

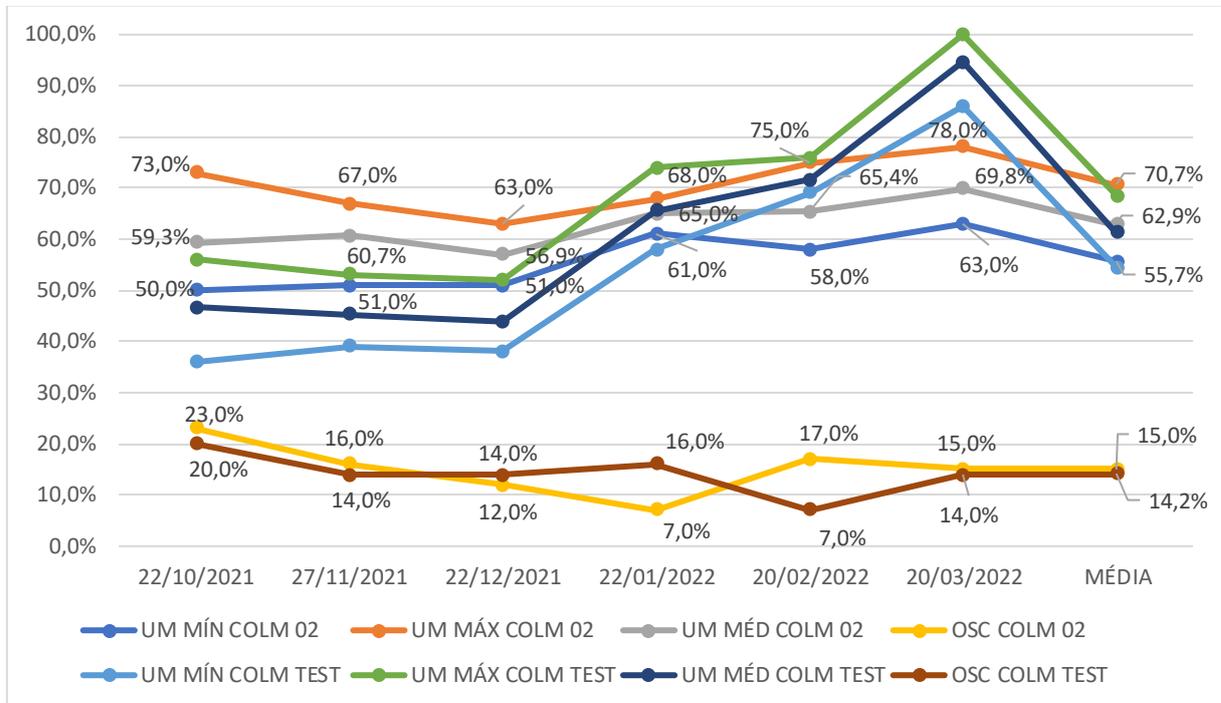
Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto térmico da colmeia está localizada entre 33,1 °C e 35,5 °C.



**Gráfico 40 - Temperaturas registradas na colmeia 2 e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022**

Fonte: Autor (2022)

O Gráfico 41 à frente, com unidades registradas na colmeia 11 (testemunha) e na colmeia 2 (povoada) mostra a atuação da abelha *Apis mellifera* L. no controle de umidade em seu ninho.



**Gráfico 41 - Umidades registradas nas colmeias 2 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022**

Fonte: Autor (2022)

De acordo com o Gráfico 41 acima, que possibilita uma comparação das umidades registradas em uma colmeia sem abelhas, a colmeia 11 (testemunha) com umidades registradas numa colmeia povoada (colmeia 2), em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022), percebe-se que diferente do que ocorre com a temperatura, a amplitude (oscilação) da umidade é maior na colmeia com termorregulação, sendo de 15 % na colmeia 2 e de 14,2 % na colmeia testemunha.

As umidades mínima, máxima e média na colmeia povoada continuam praticamente estáveis nos seis meses, não havendo significativa variação no período chuvoso. Pela obtenção das médias dos seis meses pesquisados, tem-se como umidades registradas, mínima de 55,7 %, máxima de 70,7 % e média de 62,9 %.

Já na colmeia não povoada, observa-se que as umidades mínima, máxima e média vão baixando de outubro até dezembro e passam a apresentar significativa elevação de janeiro até março, chegando a uma média semestral de umidade mínima 54,4 %, umidade máxima de 68,5 % e umidade média de 61,3 %.

Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto em relação à umidade na colmeia está localizada entre 55,7 % e 70,7 %.

#### 4.7.2.3 Análise conjunta das temperaturas e umidades registradas nas colmeias 3 (povoada) e 11 (testemunha).

A Tabela 22 seguinte contém as temperaturas e as umidades mínima, máxima, média e suas oscilações em 24 horas, registradas nos dias 22 de outubro de 2021, 27 de novembro de 2021, 22 de dezembro de 2021, 22 de janeiro de 2022, 20 de fevereiro de 2022 e 20 de março de 2022, nas colmeias 3 (povoada) e 11 (testemunha).

**Tabela 22 – Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 3 e na colmeia 11 (testemunha), nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022**

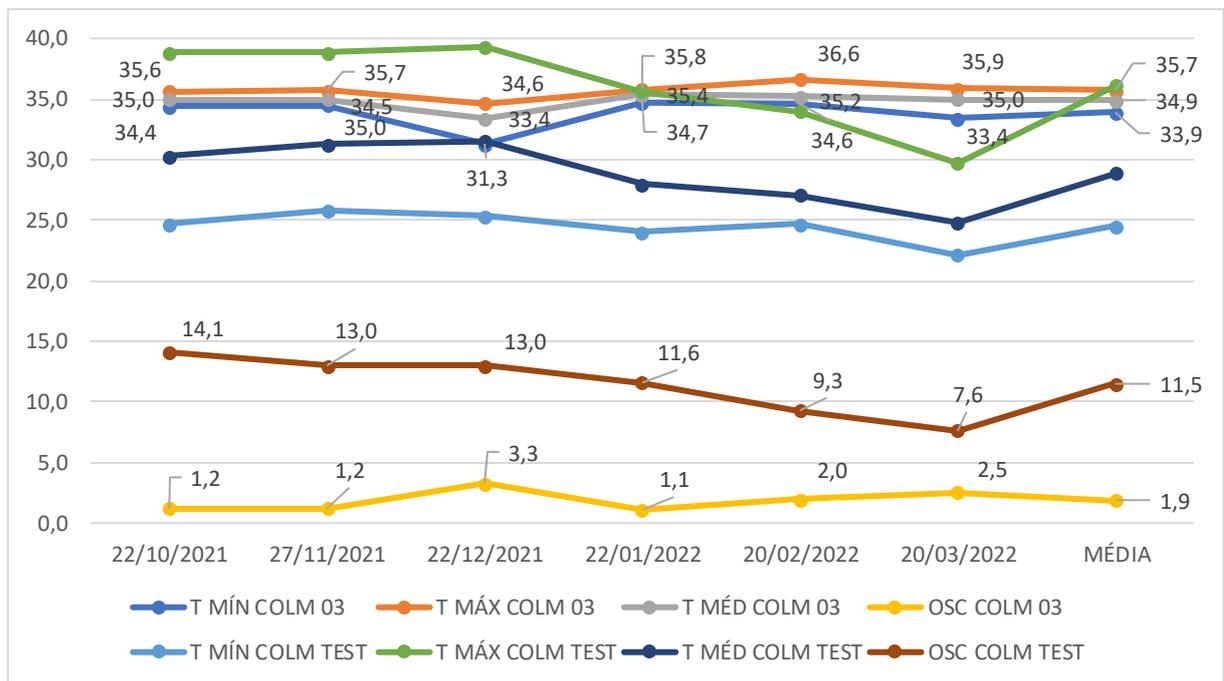
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 3 (POVOADA) E 11 (TESTEMUNHA)						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 03	COLM 11	COLM 03	COLM 11	COLM 03	COLM 11
TEMPERATURA MÍNIMA	34,4°C	24,7°C	34,5°C	25,8°C	31,3°C	25,3°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35,6°C	38,8°C	35,7°C	38,8°C	34,6°C	39,3°C
TEMPERATURA MÉDIA	35,0°C	30,3°C	35,0°C	31,3°C	33,4°C	31,5°C
AMPLITUDE	1,2°C	14,1°C	1,2°C	13°C	3,3°C	13°C
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 3 E 11 (TEST)						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 03	COLM 11	COLM 03	COLM 11	COLM 03	COLM 11
TEMPERATURA MÍNIMA	34,7°C	24,0°C	34,6°C	24,7°C	33,4°C	22,1°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35,8°C	35,6°C	36,6°C	34,0°C	35,9°C	29,7°C
TEMPERATURA MÉDIA	35,4°C	28,0°C	35,2°C	27,1°C	35,0°C	24,8°C
AMPLITUDE	1,1°C	11,6°C	2,0°C	9,3°C	2,5°C	7,6°C
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 3 E 11						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 03	COLM 11	COLM 03	COLM 11	COLM 03	COLM 11
UM MÍNIMA	59,0%	36,0%	56,0%	39,0%	50,0%	38,0%
UM MÁXIMA	76,0%	56,0%	73,0%	53,0%	63,0%	52,0%
UM MÉDIA	66,5 %	46,6%	65,9%	45,3%	58,4 %	43,9%
AMPLITUDE (OSC)	17,0%	20,0%	17,0%	14,0%	13,0%	14,0%
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 3 E 11						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 03	COLM 11	COLM 03	COLM 11	COLM 03	COLM 11
UM MÍNIMA	56,0%	58,0%	58,0%	69,0%	60,0%	86,0%
UM MÁXIMA	72,0%	74,0%	76,0%	76,0%	82,0%	100,0%

UM MÉDIA	67,8%	65,6%	66,5%	71,7%	70,6%	94,7%
AMPLITUDE (OSC)	16,0%	16,0%	18,0%	7,0%	22,0%	14,0%

Fonte: Autor (2022)

O Gráfico 42 a seguir, possibilita uma comparação das temperaturas registradas em uma colmeia sem abelhas, a colmeia 11 (testemunha) com temperaturas registradas numa colmeia povoada (colmeia 3), em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022). Percebe-se que enquanto na colmeia não povoada a amplitude térmica foi de 11,5 °C, com registro de temperatura mínima a partir da média dos seis meses pesquisados, de 24,5 °C, e temperatura máxima de 36,1 °C, na colmeia povoada, as abelhas atuaram na termorregulação e conseguiram manter em seu ninho uma amplitude térmica de apenas 1,9 °C, com a temperatura mínima registrada calculada a partir da média das temperaturas dos seis meses, de 33,9 °C e temperatura máxima de 35,7 °C.

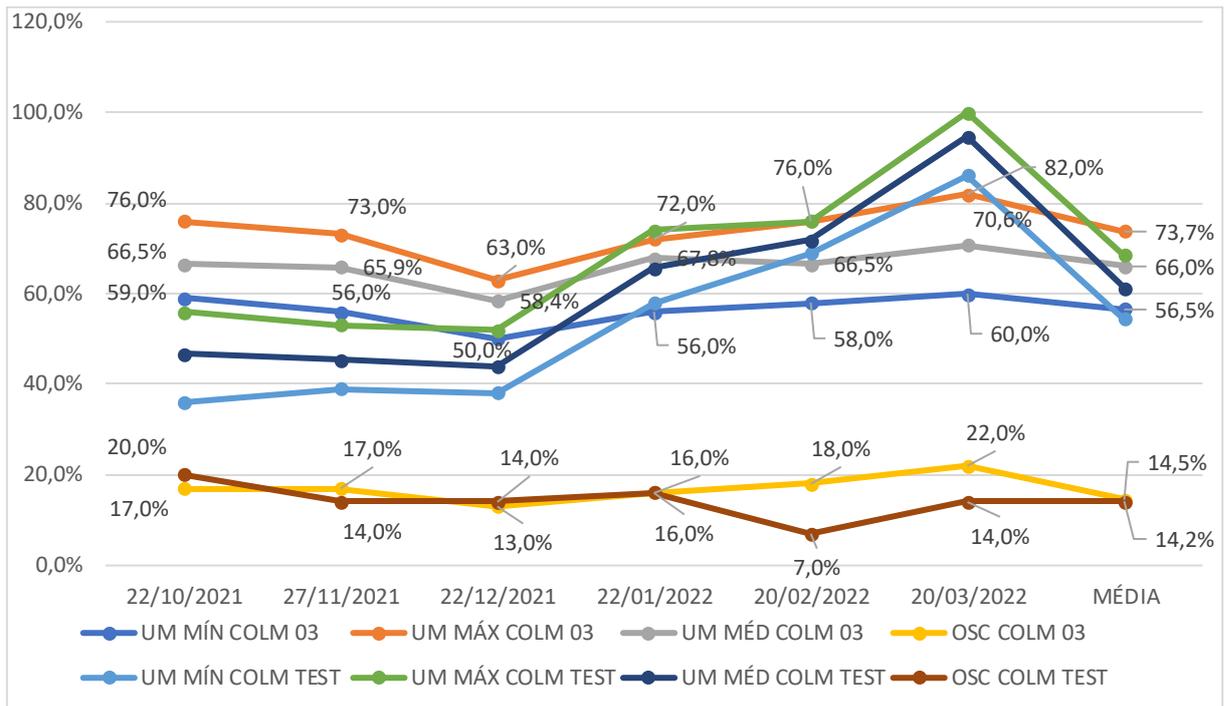
Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto térmico da colmeia está localizada entre 33,9 °C e 35,7 °C.



**Gráfico 42 - Temperaturas registradas nas colmeias 3 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022**

Fonte: Autor (2022)

O Gráfico 43 à frente, com umidades registradas na colmeia 11 (testemunha) e na colmeia 03 (povoada) mostra a atuação da abelha *Apis mellifera L.* no controle de umidade em seu ninho.



**Gráfico 43 - Umidades registradas nas colmeias 3 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022**  
**Fonte: Autor (2022)**

De acordo com o Gráfico 43 acima, que possibilita uma comparação das umidades registradas em uma colmeia sem abelhas, a colmeia 11 (testemunha) com umidades registradas numa colmeia povoada (colmeia 3) em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022), percebe-se que diferente do que ocorre com a temperatura, a amplitude (oscilação) da umidade é maior na colmeia com termorregulação, sendo de 14,5 % na colmeia 3 e de 14,2 % na colmeia testemunha.

As umidades mínima, máxima e média na colmeia povoada continuam praticamente estáveis nos seis meses, não havendo significativa variação no período chuvoso. Pela obtenção das médias dos seis meses pesquisados, tem-se como umidades registradas, mínima de 56,5 %, máxima de 73,7 % e média de 66,0 %.

Já na colmeia não povoada, observa-se que as umidades mínima, máxima e média vão baixando de outubro até dezembro e passam a apresentar significativa elevação de janeiro até março, chegando a uma média semestral de umidade mínima 54,4 %, umidade máxima de 68,5% e umidade média de 61,3%.

Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto em relação à umidade na colmeia está localizada entre 56,5 % e 73,7 %.

#### 4.7.2.4 Análise conjunta das temperaturas e umidades registradas nas colmeias 4 (povoada) e 11 (testemunha).

A Tabela 23 seguinte, contém as temperaturas e as umidades mínima, máxima, média e suas oscilações em 24 horas, registradas nos dias 22 de outubro de 2021, 27 de novembro de 2021, 22 de dezembro de 2021, 22 de janeiro de 2022, 20 de fevereiro de 2022 e 20 de março de 2022, nas colmeias 4 (povoada) e 11 (testemunha).

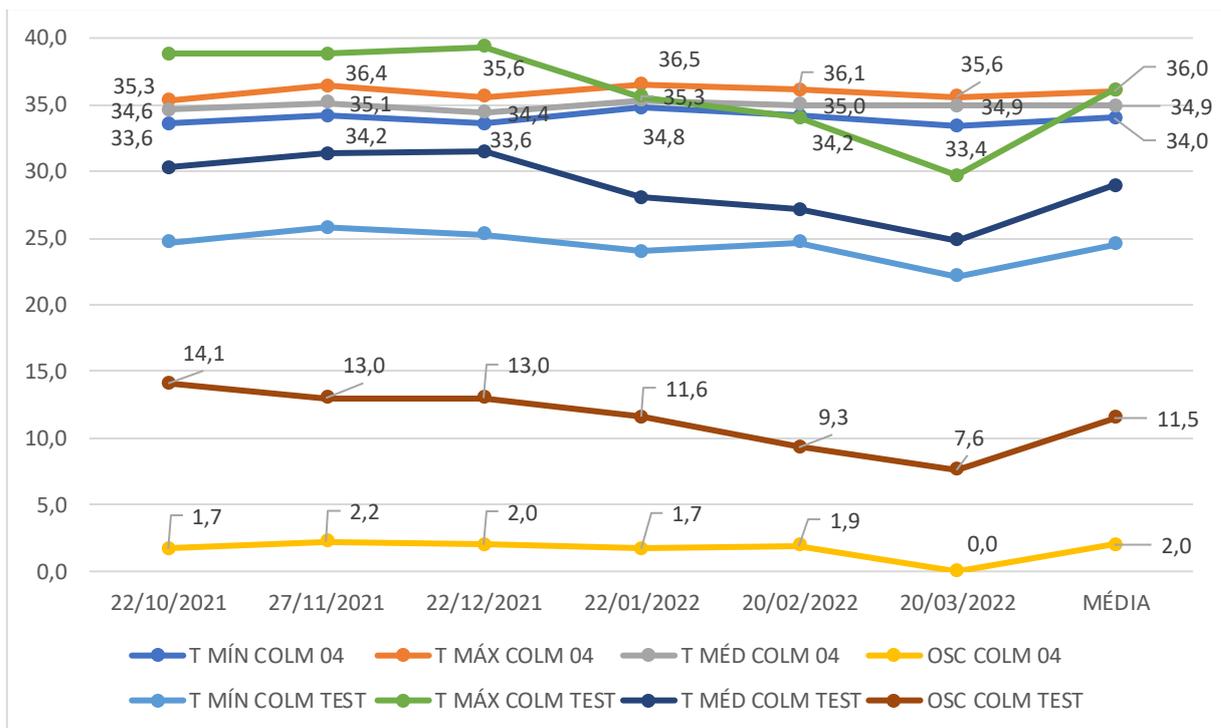
**Tabela 23 – Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 4 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022**

TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 4 (POVOADA) E 11 (TESTEMUNHA)						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 04	COLM 11	COLM 04	COLM 11	COLM 04	COLM 11
TEMPERATURA MÍNIMA	33,6°C	24,7°C	34,2°C	25,8°C	33,6°C	25,3°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35,3°C	38,8°C	36,4°C	38,8°C	35,6°C	39,3°C
TEMPERATURA MÉDIA	34,6°C	30,3°C	35,1°C	31,3°C	34,4°C	31,5°C
AMPLITUDE	1,7°C	14,1°C	2,2°C	13°C	2,0°C	13°C
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 4 E 11 (TEST)						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 04	COLM 11	COLM 04	COLM 11	COLM 04	COLM 11
TEMPERATURA MÍNIMA	34,8°C	24,0°C	34,2°C	24,7°C	33,4°C	22,1°C
TEMPERATURA MÁXIMA	36,5°C	35,6°C	36,1°C	34,0°C	35,6°C	29,7°C
TEMPERATURA MÉDIA	35,3°C	28,0°C	35,0°C	27,1°C	34,9°C	24,8°C
AMPLITUDE	1,7°C	11,6°C	1,9°C	9,3°C	2,2°C	7,6°C
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 4 E 11						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 04	COLM 11	COLM 04	COLM 11	COLM 04	COLM 11
UM MÍNIMA	51,0%	36,0%	60,0%	39,0%	48,0%	38,0%
UM MÁXIMA	74,0%	56,0%	73,0%	53,0%	67,0%	52,0%
UM MÉDIA	60,6 %	46,6%	66,7%	45,3%	53,0%	43,9%
AMPLITUDE (OSC)	23,0%	20,0%	13,0%	14,0%	19,0%	14,0%
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 4 E 11						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 04	COLM 11	COLM 04	COLM 11	COLM 04	COLM 11
UM MÍNIMA	62,0%	58,0%	53,0%	69,0%	57,0%	86,0%
UM MÁXIMA	77,0%	74,0%	73,0%	76,0%	80,0%	100,0%
UM MÉDIA	68,3%	65,6%	61,1%	71,7%	68,7%	94,7%
AMPLITUDE (OSC)	15,0%	16,0%	20,0%	7,0%	23,0%	14,0%

Fonte: Autor (2022)

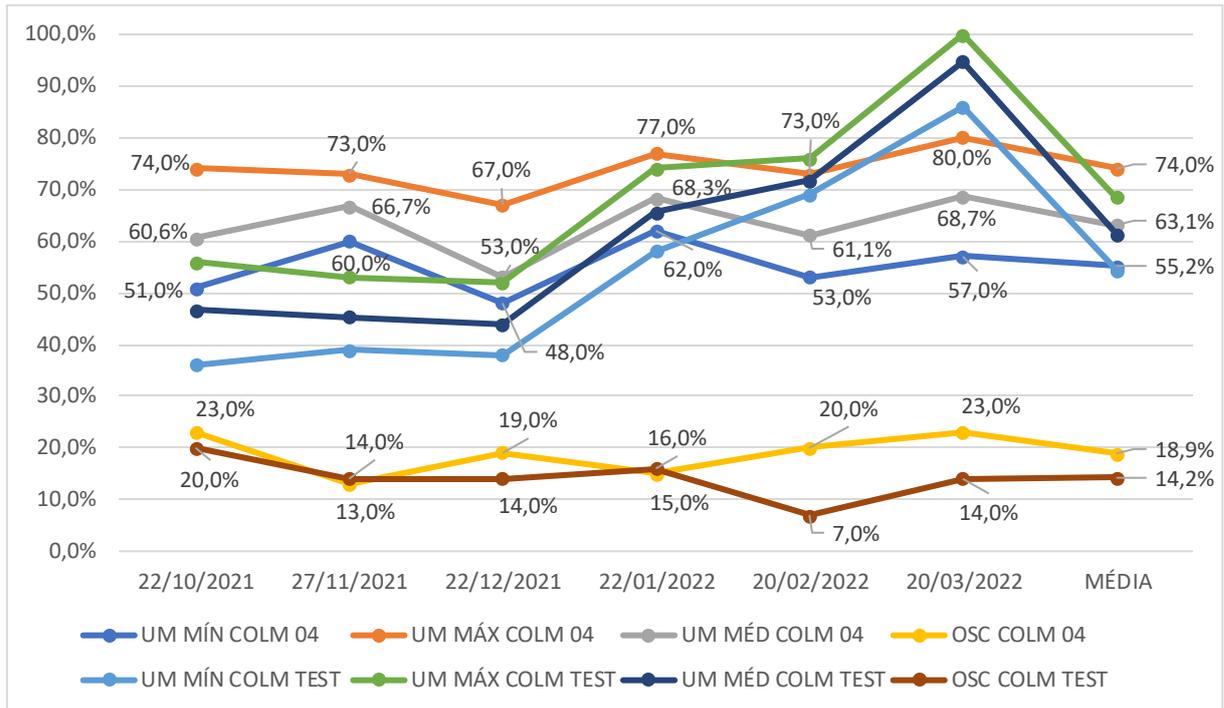
O Gráfico 44 a seguir, possibilita uma comparação das temperaturas registradas em uma colmeia sem abelhas, A colmeia 11 (testemunha) com temperaturas registradas numa colmeia povoada (colmeia 4), em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022), percebe-se que enquanto na colmeia não povoada a amplitude térmica foi de 11,5 °C, com registro de temperatura mínima a partir da média dos seis meses pesquisados, de 24,5 °C e temperatura máxima de 36,1 °C, na colmeia povoada, as abelhas atuaram na termorregulação e conseguiram manter em seu ninho uma amplitude térmica de apenas 2,0 °C, com a temperatura mínima registrada calculada a partir da média das temperaturas dos seis meses, de 34,0 °C e temperatura máxima de 36,0 °C.

Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto térmico da colmeia está localizada entre 34,0 °C e 36,0 °C.



**Gráfico 44 - Temperaturas registradas na colmeia 4 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022**  
**Fonte: Autor (2022)**

O Gráfico 45 abaixo, com umidades registradas na colmeia 11 (testemunha) e na colmeia 4 (povoada) mostra a atuação da abelha *Apis mellifera L.* no controle de umidade em seu ninho.



**Gráfico 45 - Umidades registradas nas colmeias 4 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022**  
 Fonte: Autor (2022)

De acordo com o Gráfico 45 acima, que possibilita uma comparação das umidades registradas em uma colmeia sem abelhas, a colmeia 11 (testemunha) com umidades registradas numa colmeia povoada (colmeia 4) em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022), percebe-se que diferente do que ocorre com a temperatura, a amplitude (oscilação) da umidade é maior na colmeia com termorregulação, sendo de 18,9 % na colmeia 4 e de 14,2 % na colmeia testemunha.

As umidades mínima, máxima e média na colmeia povoada continuaram praticamente estáveis nos seis meses, não havendo significativa variação no período chuvoso. Pela obtenção das médias dos seis meses pesquisados, tem-se como umidades registradas, mínima de 55,2 %, máxima de 74,0 % e média de 63,1 %.

Já na colmeia não povoada, observa-se que as umidades mínima, máxima e média vão baixando de outubro até dezembro e passam a apresentar significativa elevação de janeiro até março, chegando a uma média semestral de umidade mínima 54,4 %, umidade máxima de 68,5 % e umidade média de 61,3 %.

Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto em relação à umidade na colmeia está localizada entre 55,2 % e 74,0 %.

4.7.2.5 Análise conjunta das temperaturas e umidades registradas nas colmeias 5 (povoada) e 11 (testemunha).

A Tabela 24 seguinte, contém as temperaturas e as umidades mínima, máxima, média e suas oscilações em 24 horas, registradas nos dias 22 de outubro de 2021, 27 de novembro de 2021, 22 de dezembro de 2021, 22 de janeiro de 2022, 20 de fevereiro de 2022 e 20 de março de 2022, nas colmeias 5 (povoada) e 11 (testemunha).

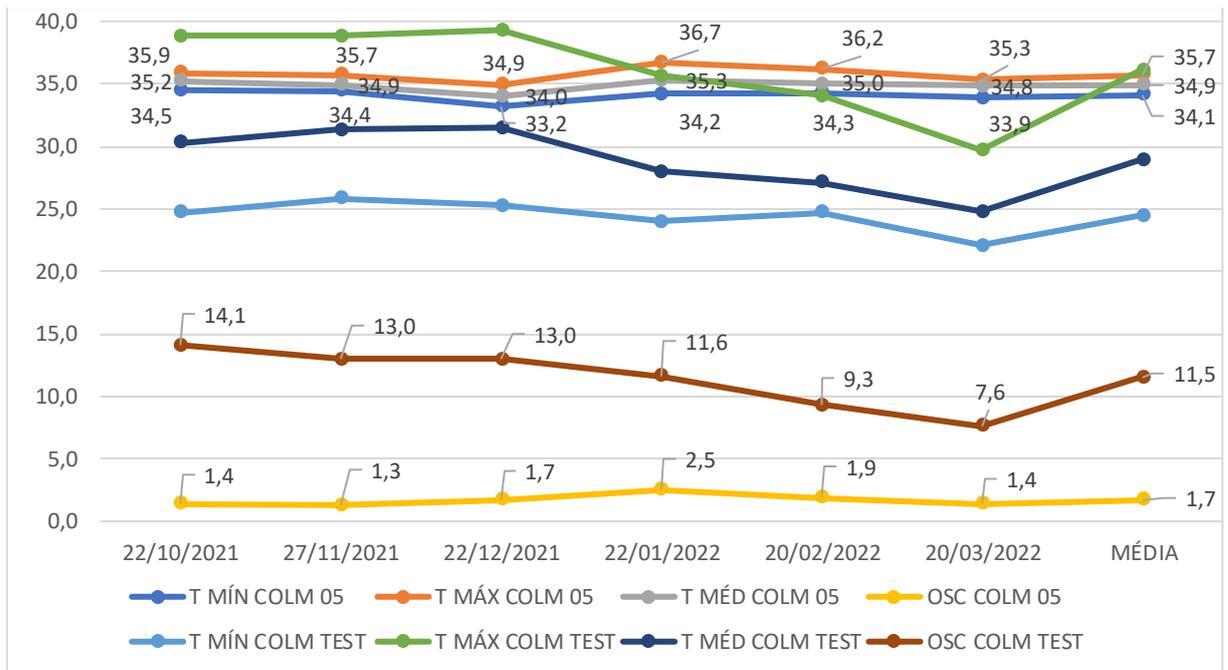
**Tabela 24 – Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 5 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022**

TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 5 (POVOADA) E 11 (TESTEMUNHA)						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 05	COLM 11	COLM 05	COLM 11	COLM 05	COLM 11
TEMPERATURA MÍNIMA	34,5°C	24,7°C	34,4°C	25,8°C	33,2°C	25,3°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35,9°C	38,8°C	35,7°C	38,8°C	34,9°C	39,3°C
TEMPERATURA MÉDIA	35,2°C	30,3°C	34,9°C	31,3°C	34,0°C	31,5°C
AMPLITUDE	1,4°C	14,1°C	1,3°C	13°C	1,7°C	13°C
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 5 E 11 (TEST)						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 05	COLM 11	COLM 05	COLM 11	COLM 05	COLM 11
TEMPERATURA MÍNIMA	34,2°C	24,0°C	34,3°C	24,7°C	33,9°C	22,1°C
TEMPERATURA MÁXIMA	36,7°C	35,6°C	36,2°C	34,0°C	35,3°C	29,7°C
TEMPERATURA MÉDIA	35,3°C	28,0°C	35,0°C	27,1°C	34,8°C	24,8°C
AMPLITUDE	2,5°C	11,6°C	1,9°C	9,3°C	1,4°C	7,6°C
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 5 E 11						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 05	COLM 11	COLM 05	COLM 11	COLM 05	COLM 11
UM MÍNIMA	56,0%	36,0%	54,0%	39,0%	50,0%	38,0%
UM MÁXIMA	73,0%	56,0%	69,0%	53,0%	67,0%	52,0%
UM MÉDIA	64,5 %	46,6%	63,2 %	45,3%	59,3 %	43,9%
AMPLITUDE (OSC)	17,0%	20,0%	15,0%	14,0%	17,0%	14,0%
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 5 E 11						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 05	COLM 11	COLM 05	COLM 11	COLM 05	COLM 11
UM MÍNIMA	56,0%	58,0%	56,00%	69,0%	58,0%	86,0%
UM MÁXIMA	72,0%	74,0%	71,00%	76,0%	72,0%	100,0%
UM MÉDIA	62,9%	65,6%	63,90%	71,7%	63,5%	94,7%
AMPLITUDE (OSC)	16,0%	16,0%	15,00%	7,0%	14,0%	14,0%

Fonte: Autor (2022)

O Gráfico 46 a seguir, possibilita uma comparação das temperaturas registradas em uma colmeia sem abelhas, a colmeia 11 (testemunha) com temperaturas registradas numa colmeia povoada (colmeia 5), em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022), percebe-se que enquanto na colmeia não povoada a amplitude térmica foi de 11,5 °C, com registro de temperatura mínima a partir da média dos seis meses pesquisados, de 24,5 °C, e temperatura máxima de 36,1 °C, na colmeia povoada, as abelhas atuaram na termorregulação e conseguiram manter em seu ninho uma amplitude térmica de apenas 1,7 °C, com a temperatura mínima registrada calculada a partir da média das temperaturas dos seis meses, de 34,1 °C e temperatura máxima de 35,7 °C.

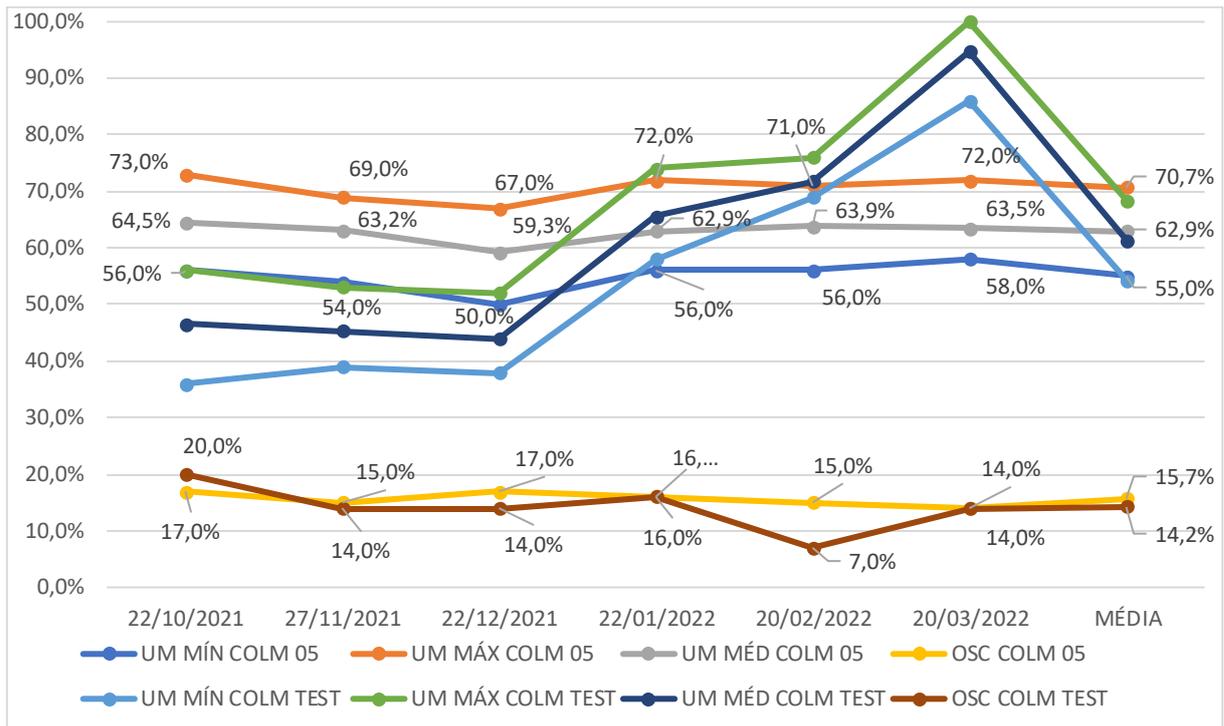
Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto térmico da colmeia está localizada entre 34,1 °C e 35,7 °C.



**Gráfico 46 - Temperaturas registradas na colmeia 5 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022**

Fonte: Autor (2022)

O Gráfico 47 à frente, com umidades registradas na colmeia 11 (testemunha) e na colmeia 5 (povoada) mostra a atuação da abelha *Apis mellifera L.* no controle de umidade em seu ninho.



**Gráfico 47 - Umidades registradas nas colmeias 5 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), de out/2021 a mar/2022**

Fonte: Autor (2022)

De acordo com o Gráfico 47 acima, que possibilita uma comparação das umidades registradas em uma colmeia sem abelhas, a colmeia 11 (testemunha) com umidades registradas em uma colmeia povoada (colmeia 5) em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022), percebe-se que diferente do que ocorre com a temperatura, a amplitude (oscilação) da umidade é maior na colmeia com termorregulação, sendo de 15,7 % na colmeia 5 e de 14,2 % na colmeia testemunha.

As umidades mínima, máxima e média na colmeia povoada continuaram praticamente estáveis nos seis meses, não havendo significativa variação no período chuvoso. Pela obtenção das médias dos seis meses pesquisados, tem-se como umidades registradas, mínima de 55,0 %, máxima de 70,7 % e média de 62,9 %.

Já na colmeia não povoada, observa-se que as umidades mínima, máxima e média vão baixando levemente de outubro até dezembro e passam a apresentar significativa elevação de janeiro até março, chegando a uma média semestral de umidade mínima 54,4 %, umidade máxima de 68,5 % e umidade média de 61,3 %.

Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto em relação à umidade na colmeia está localizada entre 55,0 % e 70,7 %.

#### 4.7.2.6 Análise conjunta das temperaturas e umidades registradas nas colmeias 6 (povoada) e 11 (testemunha)

A Tabela 25 seguinte contém as temperaturas e as umidades mínima, máxima, média e suas oscilações em 24 horas, registradas nos dias 22 de outubro de 2021, 27 de novembro de 2021, 22 de dezembro de 2021, 22 de janeiro de 2022, 20 de fevereiro de 2022 e 20 de março de 2022, nas colmeias 6 (povoada) e 11 (testemunha).

**Tabela 25 – Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 6 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022**

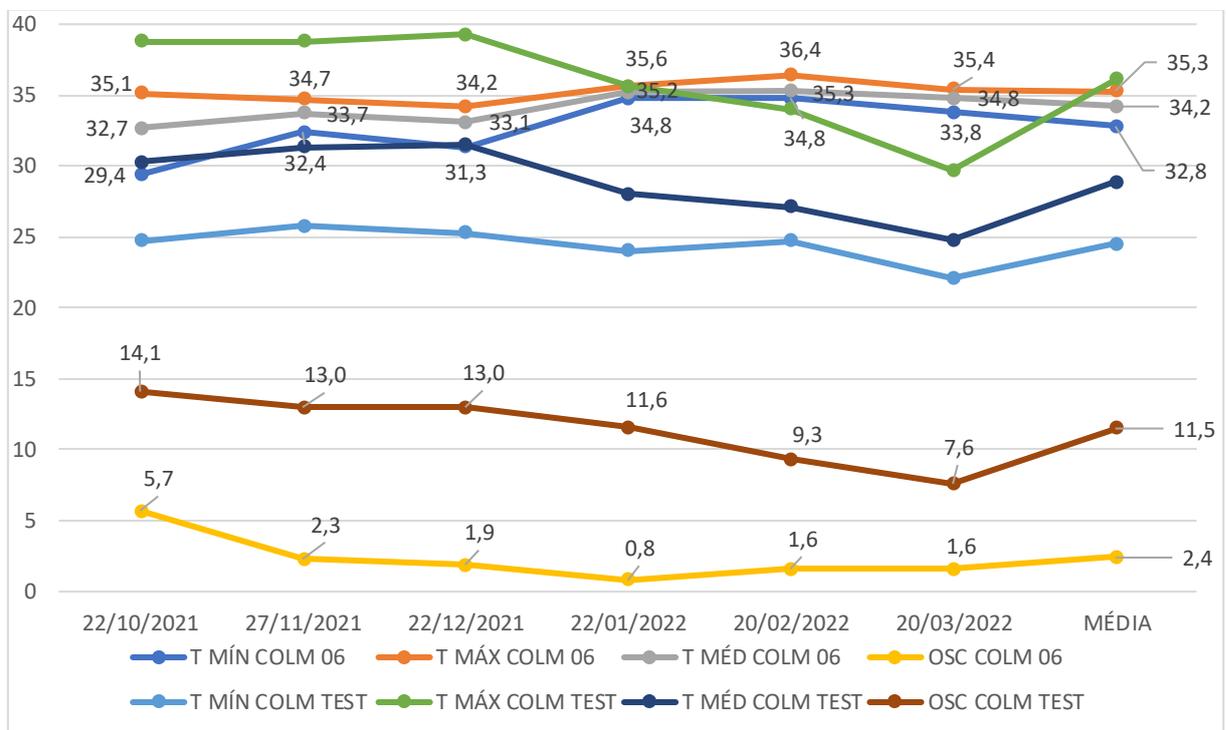
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 6 (POVOADA) E 11 (TESTEMUNHA)						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 06	COLM 11	COLM 06	COLM 11	COLM 06	COLM 11
TEMPERATURA MÍNIMA	29,4°C	24,7°C	32,4°C	25,8°C	31,3°C	25,3°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35,1°C	38,8°C	34,7°C	38,8°C	34,2°C	39,3°C
TEMPERATURA MÉDIA	32,7°C	30,3°C	33,7°C	31,3°C	33,1°C	31,5°C
AMPLITUDE	5,7°C	14,1°C	2,3°C	13°C	1,9°C	13°C
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 6 E 11 (TEST)						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 06	COLM 11	COLM 06	COLM 11	COLM 06	COLM 11
TEMPERATURA MÍNIMA	34,8°C	24,0°C	34,8°C	24,7°C	33,8°C	22,1°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35,6°C	35,6°C	36,4°C	34,0°C	35,4°C	29,7°C
TEMPERATURA MÉDIA	35,2°C	28,0°C	35,3°C	27,1°C	34,8°C	24,8°C
AMPLITUDE	0,8°C	11,6°C	1,6°C	9,3°C	16°C	7,6°C
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 6 E 11						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 06	COLM 11	COLM 06	COLM 11	COLM 06	COLM 11
UM MÍNIMA	41,0%	36,0%	48,0%	39,0%	46,0%	38,0%
UM MÁXIMA	63,0%	56,0%	67,0%	53,0%	61,0%	52,0%
UM MÉDIA	52,0%	46,6%	59,2%	45,3%	52,6%	43,9%
AMPLITUDE (OSC)	22,0%	20,0%	19,0%	14,0%	15,0%	14,0%
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 6 E 11						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 06	COLM 11	COLM 06	COLM 11	COLM 06	COLM 11
UM MÍNIMA	51,0%	58,0%	52,0%	69,0%		86,0%
UM MÁXIMA	68,0%	74,0%	74,0%	76,0%		100,0%
UM MÉDIA	59,4%	65,6%	62,0%	71,7%		94,7%
AMPLITUDE (OSC)	17,0%	16,0%	22,0%	7,0%		14,0%

**Fonte:** Autor (2022)

O Gráfico 48 a seguir, possibilita uma comparação das temperaturas registradas em uma colmeia sem abelhas, a colmeia 11 (testemunha) com temperaturas registradas numa colmeia povoada (colmeia 6), em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022),

percebe-se que enquanto na colmeia não povoada a amplitude térmica foi de 11,5 °C, com registro de temperatura mínima a partir da média dos seis meses pesquisados, de 24,5 °C, e temperatura máxima de 36,1 °C, na colmeia povoada, as abelhas atuaram na termorregulação e conseguiram manter em seu ninho uma amplitude térmica de apenas 2,4 °C, com a temperatura mínima registrada calculada a partir da média das temperaturas dos seis meses, de 32,8 °C e temperatura máxima de 35,3 °C.

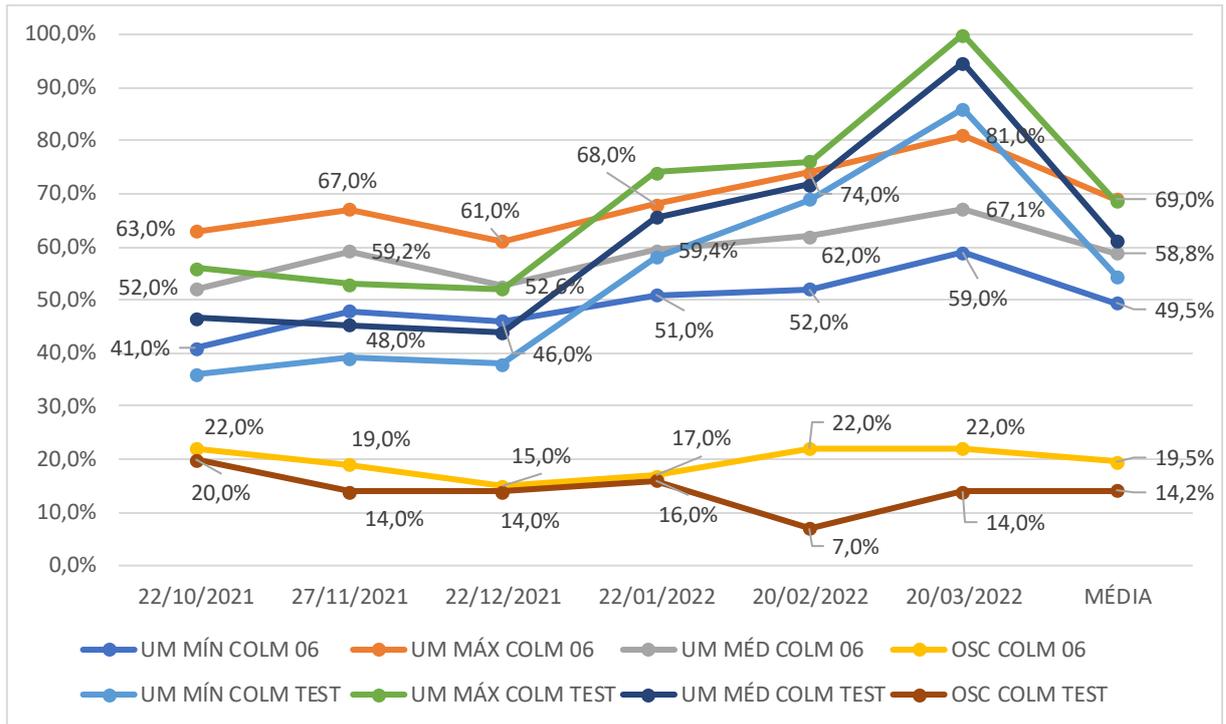
Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto térmico da colmeia está localizada entre 32,8 °C e 35,3 °C.



**Gráfico 48 - Temperaturas registradas na colmeia 6 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022**

Fonte: Autor (2022)

O Gráfico 49 à frente, com umidades registradas na colmeia 11 (testemunha) e na colmeia 6 (povoada) mostra a atuação da abelha *Apis mellifera L.* no controle de umidade em seu ninho.



**Gráfico 49 - Umidades registradas na colmeia 6 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), de out/2021 a mar/2022**  
 Fonte: Autor (2022)

De acordo com o Gráfico 49 acima, que possibilita uma comparação das umidades registradas em uma colmeia sem abelhas, a colmeia 11 (testemunha) com umidades registradas numa colmeia povoada (colmeia 6) em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022), percebe-se que diferente do que ocorre com a temperatura, a amplitude (oscilação) da umidade é maior na colmeia com termorregulação, sendo de 19,5 % na colmeia 6 e de 14,2 % na colmeia testemunha.

As umidades mínima, máxima e média na colmeia povoada continuaram praticamente estáveis nos seis meses, não havendo significativa variação no período chuvoso. Pela obtenção das médias dos seis meses pesquisados, tem-se como umidades registradas, mínima de 49,5 %, máxima de 69,0 % e média de 58,8 %.

Já na colmeia não povoada, observa-se que as umidades mínima, máxima e média vão baixando de outubro até dezembro e passam a apresentar significativa elevação de janeiro até março, chegando a uma média semestral de umidade mínima 54,4%, umidade máxima de 68,5 % e umidade média de 61,3 %.

Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto em relação à umidade na colmeia está localizada entre 49,5 % e 69,0 %.

#### 4.7.2.7 Análise conjunta das temperaturas e umidades registradas nas colmeias 7 (povoada) e 11 (testemunha)

A Tabela 26 seguinte contém as temperaturas e as umidades mínima, máxima, média e suas oscilações em 24 horas, registradas nos dias 22 de outubro de 2021, 27 de novembro de 2021, 22 de dezembro de 2021, 22 de janeiro de 2022, 20 de fevereiro de 2022 e 20 de março de 2022, nas colmeias 7 (povoada) e 11 (testemunha).

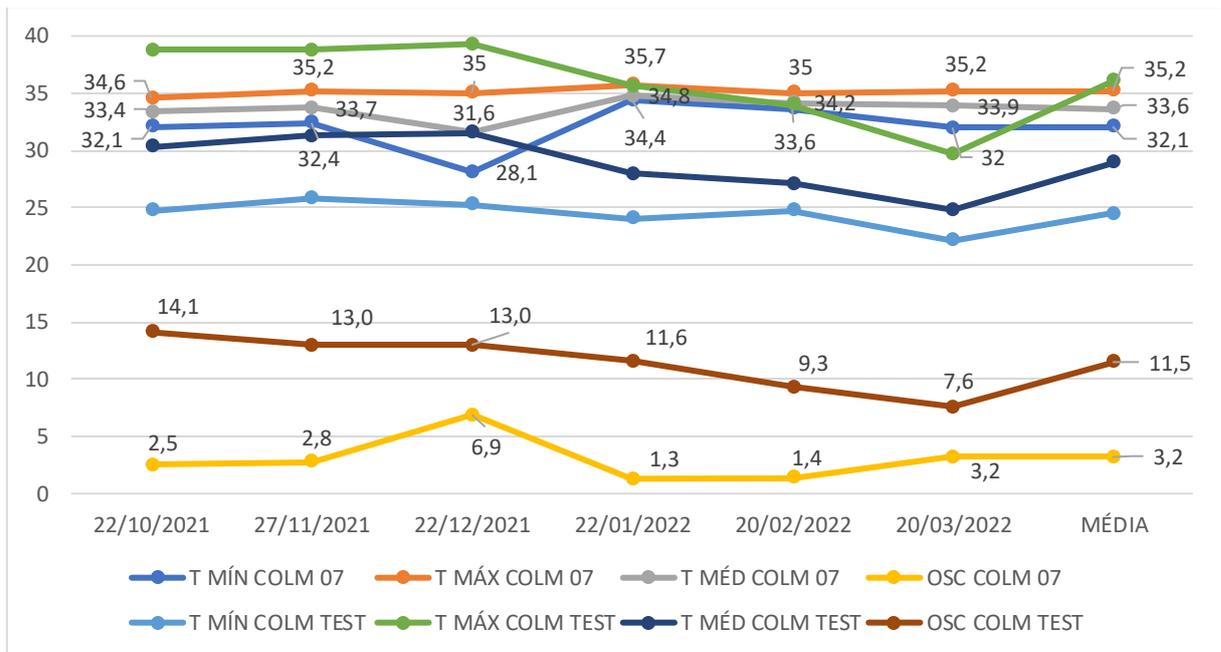
**Tabela 26 – Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 7 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022**

TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 07 (POVOADA) E 11 (TESTEMUNHA)						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 07	COLM 11	COLM 07	COLM 11	COLM 07	COLM 11
TEMPERATURA MÍNIMA	32,1°C	24,7°C	32,4°C	25,8°C	28,1°C	25,3°C
TEMPERATURA MÁXIMA	34,6°C	38,8°C	35,2°C	38,8°C	35,0°C	39,3°C
TEMPERATURA MÉDIA	33,4°C	30,3°C	33,7°C	31,3°C	31,6°C	31,5°C
AMPLITUDE	2,5°C	14,1°C	2,8°C	13°C	6,9°C	13°C
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 07 E 11 (TEST)						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 07	COLM 11	COLM 07	COLM 11	COLM 07	COLM 11
TEMPERATURA MÍNIMA	34,4°C	24,0°C	33,6°C	24,7°C	32,0°C	22,1°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35,7°C	35,6°C	35,0°C	34,0°C	35,2°C	29,7°C
TEMPERATURA MÉDIA	34,8°C	28,0°C	34,2°C	27,1°C	33,9°C	24,8°C
AMPLITUDE	1,3°C	11,6°C	1,4°C	9,3°C	3,2°C	7,6°C
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 07 E 11						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 07	COLM 11	COLM 07	COLM 11	COLM 07	COLM 11
UM MÍNIMA	58,0%	36,0%	57,0%	39,0%	51,0%	38,0%
UM MÁXIMA	90,0%	56,0%	76,0%	53,0%	74,0%	52,0%
UM MÉDIA	75,7%	46,6%	65,4%	45,3%	63,2%	43,9%
AMPLITUDE (OSC)	32,0%	20,0%	19,0%	14,0%	23,0%	14,0%
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 07 E 11						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 07	COLM 11	COLM 07	COLM 11	COLM 07	COLM 11
UM MÍNIMA	55,0%	58,0%	59,0%	69,0%	56,0%	86,0%
UM MÁXIMA	69,0%	74,0%	73,0%	76,0%	77,0%	100,0%
UM MÉDIA	64,9%	65,6%	64,2%	71,7%	65,9%	94,7%
AMPLITUDE (OSC)	14,0%	16,0%	14,0%	7,0%	21,0%	14,0%

Fonte: Autor (2022)

O Gráfico 50 a seguir, possibilita uma comparação das temperaturas registradas em uma colmeia sem abelhas, a colmeia 11 (testemunha) com temperaturas registradas numa colmeia povoada (colmeia 7), em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022), percebe-se que enquanto na colmeia não povoada a amplitude térmica foi de 11,5 °C, com registro de temperatura mínima a partir da média dos seis meses pesquisados, de 24,5 °C, e temperatura máxima de 36,1 °C, na colmeia povoada, as abelhas atuaram na termorregulação e conseguiram manter em seu ninho uma amplitude térmica de apenas 3,2 °C, com a temperatura mínima registrada calculada a partir da média das temperaturas dos seis meses, de 32,1 °C e temperatura máxima de 35,2 °C.

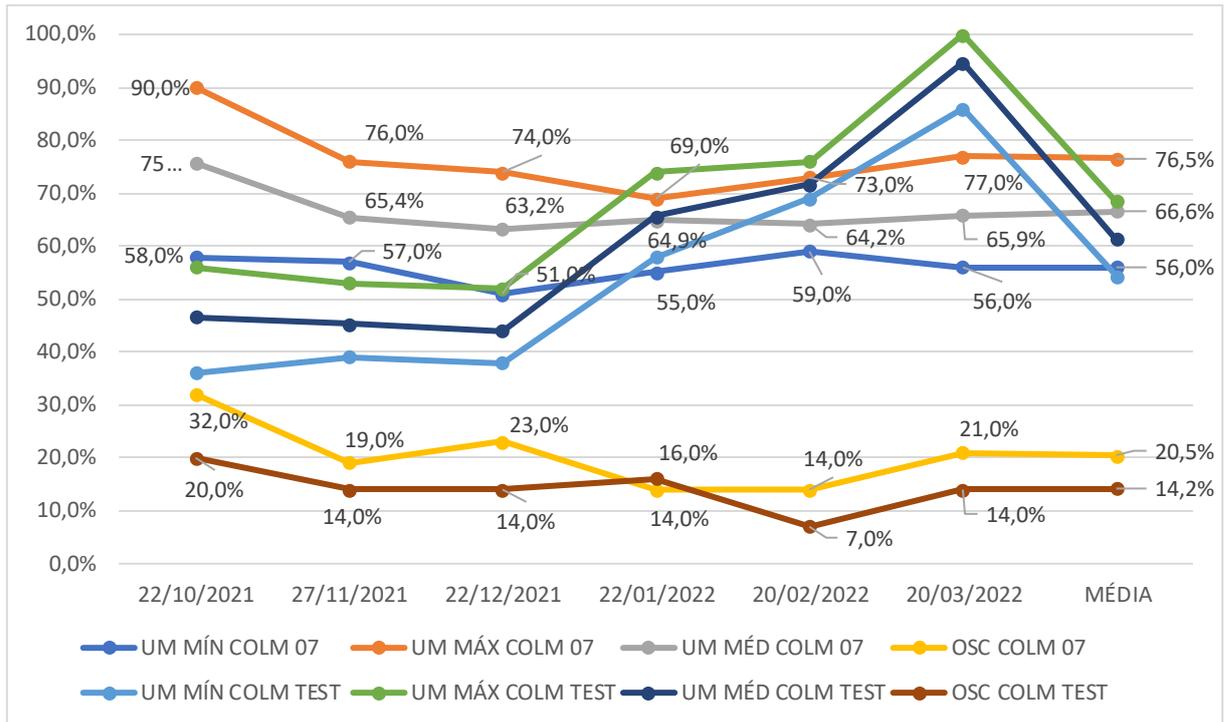
Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto térmico da colmeia está localizada entre 32,1 °C e 35,2 °C.



**Gráfico 50 - Temperaturas registradas na colmeia 7 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022**

Fonte: Autor (2022)

O gráfico à frente, com umidades registradas na colmeia 11 (testemunha) e na colmeia 07 (povoada) mostra a atuação da abelha *Apis mellifera L.* no controle de umidade em seu ninho.



**Gráfico 51 - Umidades registradas na colmeia 7 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), de out/2021 a mar/2022**  
**Fonte: Autor (2022)**

De acordo com o gráfico 51 acima, que possibilita uma comparação das umidades registradas em uma colmeia sem abelhas, a colmeia 11 (testemunha) com umidades registradas numa colmeia povoada (colmeia 7) em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022), percebe-se que diferente do que ocorre com a temperatura, a amplitude (oscilação) da umidade é maior na colmeia com termorregulação, sendo de 20,5 % na colmeia 7 e de 14,2 % na colmeia testemunha.

As umidades mínima, máxima e média na colmeia povoada continuaram praticamente estáveis nos seis meses, não havendo significativa variação no período chuvoso. Pela obtenção das médias dos seis meses pesquisados, tem-se como umidades registradas, mínima de 56,0 %, máxima de 76,5 % e média de 66,6 %.

Já na colmeia não povoada, observa-se que as umidades mínima, máxima e média vão baixando de outubro até dezembro e passam a apresentar significativa elevação de janeiro até março, chegando a uma média semestral de umidade mínima 56,4 %, umidade máxima de 68,5 % e umidade média de 61,3 %.

Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto em relação à umidade na colmeia está localizada entre 56,0 % e 76,5 %.

#### 4.7.2.8 Análise conjunta das temperaturas e umidades registradas nas colmeias 8 (povoada) e 11 (testemunha)

A Tabela 27 seguinte, contém as temperaturas e as umidades mínima, máxima, média e suas oscilações em 24 horas, registradas nos dias 22 de outubro de 2021, 27 de novembro de 2021, 22 de dezembro de 2021, 22 de janeiro de 2022, 20 de fevereiro de 2022 e 20 de março de 2022, nas colmeias 8 (povoada) e 11 (testemunha).

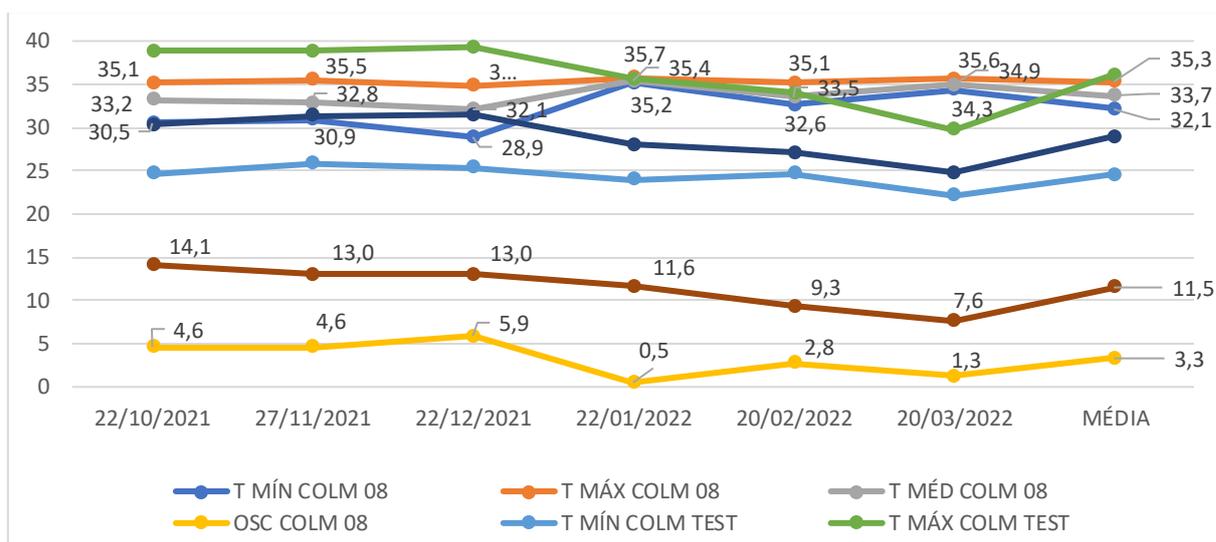
**Tabela 27 – Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 8 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022**

TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 8 (POVOADA) E 11 (TESTEMUNHA)						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 08	COLM 11	COLM 08	COLM 11	COLM 08	COLM 11
TEMPERATURA MÍNIMA	30,5°C	24,7°C	30,9°C	25,8°C	28,9°C	25,3°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35,1°C	38,8°C	35,5°C	38,8°C	34,8°C	39,3°C
TEMPERATURA MÉDIA	33,2°C	30,3°C	32,8°C	31,3°C	32,1°C	31,5°C
AMPLITUDE	4,6°C	14,1°C	4,6°C	13°C	5,9°C	13°C
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 8 E 11 (TEST)						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 08	COLM 11	COLM 08	COLM 11	COLM 08	COLM 11
TEMPERATURA MÍNIMA	35,2°C	24,0°C	32,6°C	24,7°C	34,3°C	22,1°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35,7°C	35,6°C	35,1°C	34,0°C	35,6°C	29,7°C
TEMPERATURA MÉDIA	35,4°C	28,0°C	33,5°C	27,1°C	34,9°C	24,8°C
AMPLITUDE	0,5°C	11,6°C	2,8°C	9,3°C	1,3°C	7,6°C
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 8 E 11						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 08	COLM 11	COLM 08	COLM 11	COLM 08	COLM 11
UM MÍNIMA	46,0%	36,0%	51,0%	39,0%	44,0%	38,0%
UM MÁXIMA	57,0%	56,0%	63,0%	53,0%	61,0%	52,0%
UM MÉDIA	51,3%	46,6%	57,0%	45,3%	50,6%	43,9%
AMPLITUDE (OSC)	11,0%	20,0%	12,0%	14,0%	17,0%	14,0%
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 8 E 11						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 08	COLM 11	COLM 08	COLM 11	COLM 08	COLM 11
UM MÍNIMA	59,0%	58,0%	55,0%	69,0%	61,0%	86,0%
UM MÁXIMA	67,0%	74,0%	68,0%	76,0%	79,0%	100,0%
UM MÉDIA	63,7%	65,6%	61,8%	71,7%	67,7%	94,7%
AMPLITUDE (OSC)	8,0%	16,0%	13,0%	7,0%	18,0%	14,0%

Fonte: Autor (2022)

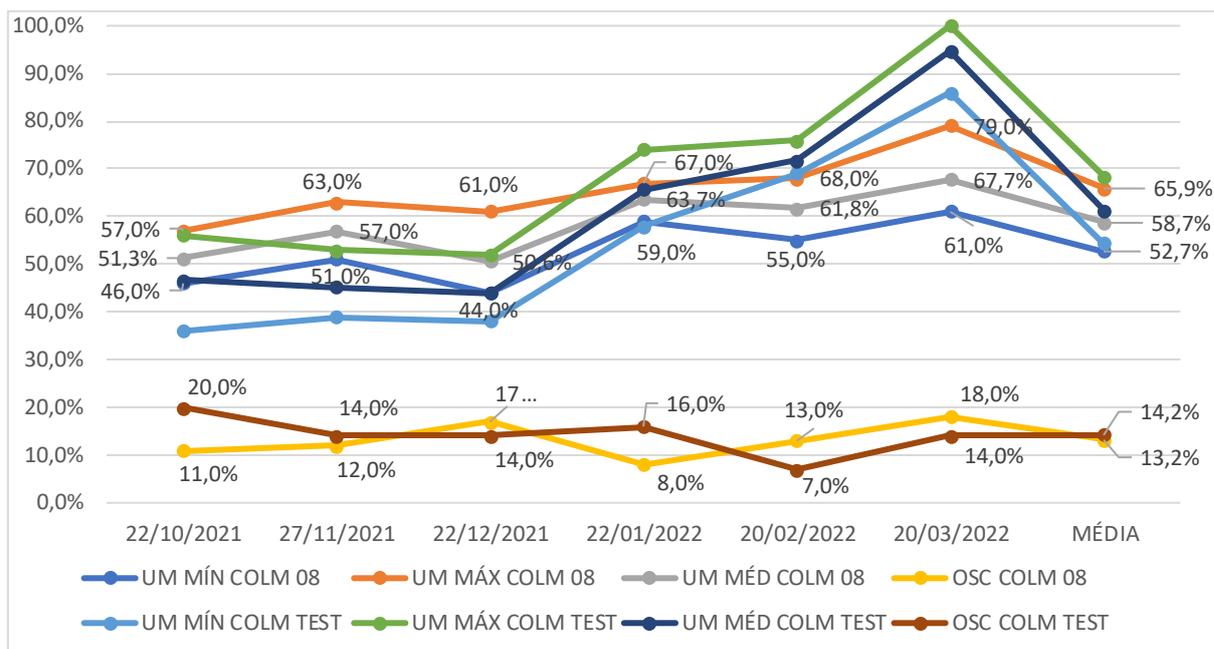
O Gráfico 52 a seguir, possibilita uma comparação das temperaturas registradas em uma colmeia sem abelhas, a colmeia 11 (testemunha) com temperaturas registradas numa colmeia povoada (colmeia 8), em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022), percebe-se que enquanto na colmeia não povoada a amplitude térmica foi de 11,5 °C, com registro de temperatura mínima a partir da média dos seis meses pesquisados, de 24,5 °C, e temperatura máxima de 36,1 °C, na colmeia povoada, as abelhas atuaram na termorregulação e conseguiram manter em seu ninho uma amplitude térmica de apenas 3,3 °C, com a temperatura mínima registrada calculada a partir da média das temperaturas dos seis meses, de 32,1 °C e temperatura máxima de 35,3 °C.

Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto térmico da colmeia está localizada entre 32,1 °C e 35,3 °C.



**Gráfico 52 - Temperaturas registradas na colmeia 8 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022**  
**Fonte: Autor (2022)**

O Gráfico 53 abaixo, com umidades registradas na colmeia 11 (testemunha) e na colmeia 08 (povoada) mostra a atuação da abelha *Apis mellifera L.* no controle de umidade em seu ninho.



**Gráfico 53 - Umidades registradas na colmeia 8 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), de out/2021 a mar/2022**  
 Fonte: Autor (2022)

De acordo com o Gráfico 53 acima, que possibilita uma comparação das umidades registradas em uma colmeia sem abelhas, a colmeia 11 (testemunha) com umidades registradas numa colmeia povoada (colmeia 8) em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022), percebe-se que assim como ocorre com a temperatura, a amplitude (oscilação) da umidade também é maior na colmeia testemunha, que é de 14,2 %, enquanto que na colmeia 8, que conta com termorregulação das abelhas, a oscilação de umidade é de 13,2 %. Das colmeias pesquisadas, a 8 foi a única que apresentou maior oscilação na colmeia testemunha do que na colmeia povoada.

As umidades mínima, máxima e média na colmeia povoada continuaram praticamente estáveis nos seis meses, apresentando leve variação no período chuvoso. Pela obtenção das médias dos seis meses pesquisados, tem-se como umidades registradas, mínima de 52,7 %, máxima de 65,9 % e média de 58,7 %.

Já na colmeia não povoada, observa-se que as umidades máxima e média vão baixando de outubro até dezembro e passam a apresentar significativa elevação de janeiro até março, chegando a uma média semestral de umidade mínima 56,4 %, umidade máxima de 68,5 % e umidade média de 61,3 %.

Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto em relação à umidade na colmeia está localizada entre 56,4 % e 68,5 %.

#### 4.7.2.9 Análise conjunta das temperaturas e umidades registradas nas colmeias 9 (povoada) e 11 (testemunha)

A Tabela 28 seguinte, contém as temperaturas e as umidades mínima, máxima, média e suas oscilações em 24 horas, registradas nos dias 22 de outubro de 2021, 27 de novembro de 2021, 22 de dezembro de 2021, 22 de janeiro de 2022, 20 de fevereiro de 2022 e 20 de março de 2022, nas colmeias 9 (povoada) e 11 (testemunha).

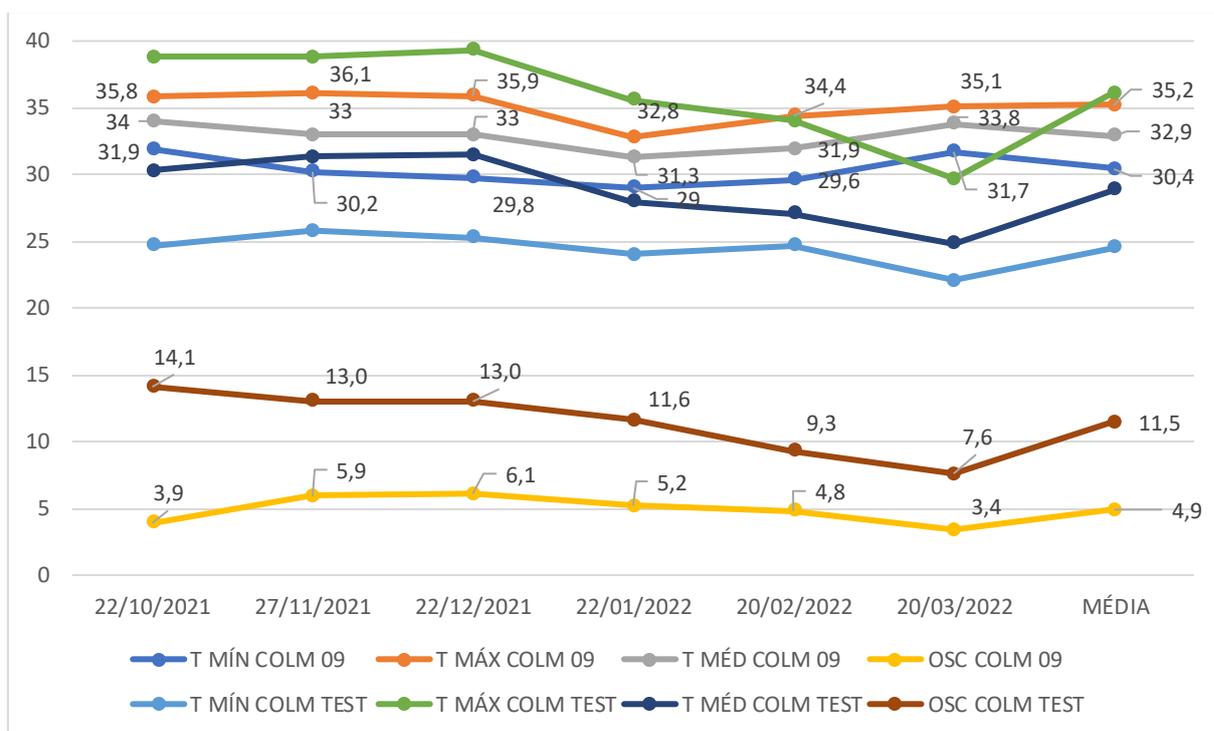
**Tabela 28 – Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 9 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022**

TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 9 (POVOADA) E 11 (TESTEMUNHA)						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 09	COLM 11	COLM 09	COLM 11	COLM 09	COLM 11
TEMPERATURA MÍNIMA	31,9°C	24,7°C	30,2°C	25,8°C	29,8°C	25,3°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35,8°C	38,8°C	36,1°C	38,8°C	35,9°C	39,3°C
TEMPERATURA MÉDIA	34,0°C	30,3°C	33,0°C	31,3°C	33,0°C	31,5°C
AMPLITUDE	3,9°C	14,1°C	5,9°C	13°C	6,1°C	13°C
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 9 E 11 (TEST)						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 09	COLM 11	COLM 09	COLM 11	COLM 09	COLM 11
TEMPERATURA MÍNIMA	29,0°C	24,0°C	29,6°C	24,7°C	31,7°C	22,1°C
TEMPERATURA MÁXIMA	32,8°C	35,6°C	34,4°C	34,0°C	35,1°C	29,7°C
TEMPERATURA MÉDIA	31,3°C	28,0°C	31,9°C	27,1°C	33,8°C	24,8°C
AMPLITUDE	5,2°C	11,6°C	4,8°C	9,3°C	3,4°C	7,6°C
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 9 E 11						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 09	COLM 11	COLM 09	COLM 11	COLM 09	COLM 11
UM MÍNIMA	50,0 %	36,0%	46,0 %	39,0%	46,0%	38,0%
UM MÁXIMA	81,0 %	56,0%	70,0 %	53,0%	66,0%	52,0%
UM MÉDIA	64,1 %	46,6%	56,6 %	45,3%	54,4%	43,9%
AMPLITUDE (OSC)	31,0%	20,0%	24,0%	14,0%	20,0%	14,0%
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 9 E 11						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 09	COLM 11	COLM 09	COLM 11	COLM 09	COLM 11
UM MÍNIMA	57,0 %	58,0%	61,0%	69,0%	68,0%	86,0%
UM MÁXIMA	79,0 %	74,0%	76,0%	76,0%	94,0%	100,0%
UM MÉDIA	70,7 %	65,6%	67,7%	71,7%	80,7%	94,7%
AMPLITUDE (OSC)	22,0%	16,0%	15,0%	7,0%	26,0%	14,0%

Fonte: Autor (2022)

O Gráfico 54, a seguir, possibilita uma comparação das temperaturas registradas em uma colmeia sem abelhas, a colmeia 11 (testemunha) com temperaturas registradas numa colmeia povoada (colmeia 9), em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022), percebe-se que enquanto na colmeia não povoada a amplitude térmica foi de 11,5 °C, com registro de temperatura mínima a partir da média dos seis meses pesquisados, de 24,5 °C, e temperatura máxima de 36,1 °C, na colmeia povoada, as abelhas atuaram na termorregulação e conseguiram manter em seu ninho uma amplitude térmica de apenas 4,9 °C, com a temperatura mínima registrada calculada a partir da média das temperaturas dos seis meses, de 30,4 °C e temperatura máxima de 35,2 °C.

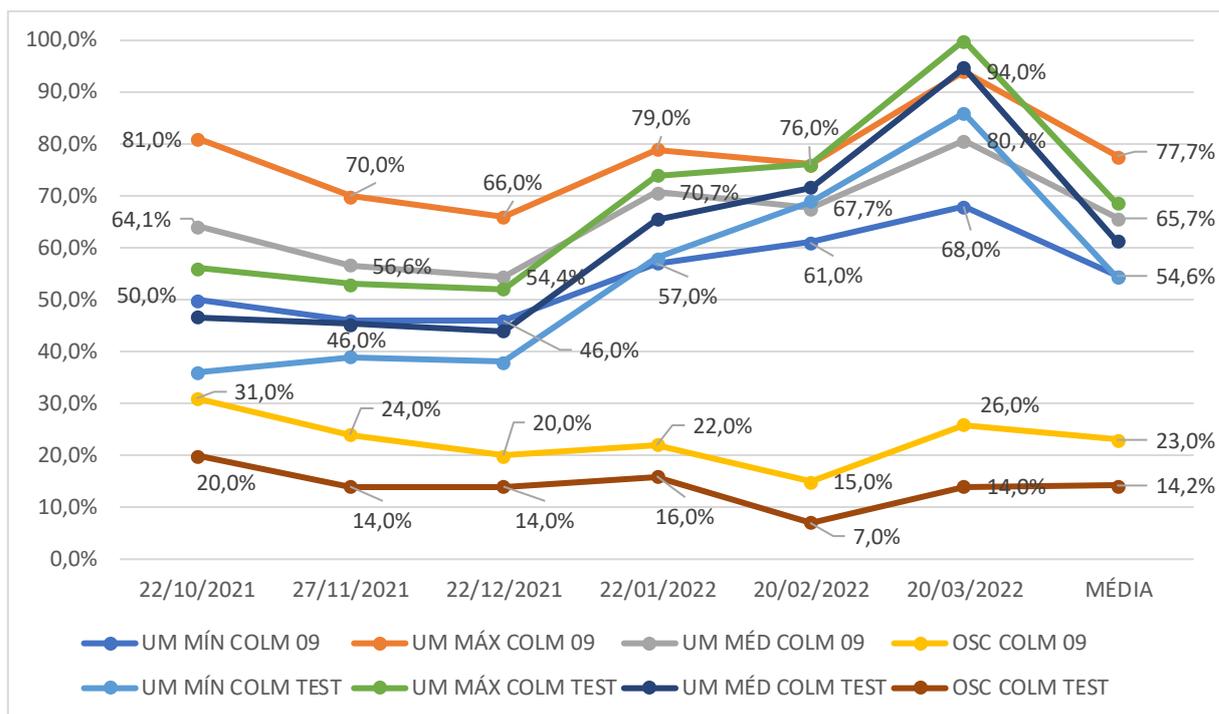
Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto térmico da colmeia está localizada entre 30,4 °C e 35,2 °C.



**Gráfico 54 - Temperaturas registradas na colmeia 9 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022**

Fonte: Autor (2022)

O Gráfico 55 abaixo, com umidades registradas na colmeia 11 (testemunha) e na colmeia 9 (povoada) mostra a atuação da abelha *Apis mellifera L.* no controle de umidade em seu ninho.



**Gráfico 55 - Umidades registradas na colmeia 9 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), de out/2021 a mar/2022**  
**Fonte: Autor (2022)**

De acordo com o Gráfico 55 acima, que possibilita uma comparação das umidades registradas em uma colmeia sem abelhas, a colmeia 11 (testemunha) com umidades registradas numa colmeia povoada (colmeia 9) em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022), percebe-se que diferente do que ocorre com a temperatura, a amplitude (oscilação) da umidade é maior na colmeia com termorregulação, sendo de 23,0 % na colmeia 9 e de 14,2 % na colmeia testemunha.

As umidades mínima, máxima e média na colmeia povoada continuaram vão declinando levemente de outubro a dezembro, ascendem em janeiro, declinam em fevereiro e voltam a elevar-se em março. Pela obtenção das médias dos seis meses pesquisados, tem-se como umidades registradas, mínima de 54,6 %, máxima de 77,6 % e média de 65,7 %.

Já na colmeia não povoada, observa-se que as umidades mínima, máxima e média vão baixando de outubro até dezembro e passam a apresentar significativa elevação de janeiro até março, chegando a uma média semestral de umidade mínima 56,4 %, umidade máxima de 68,5 % e umidade média de 61,3 %.

A colônia da colmeia 9 foi a que teve mais problema na termorregulação no período da pesquisa e isso refletiu nas linhas do gráfico, que acaba se confundindo em grande parte com o formato das linhas da colmeia testemunha.

Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto em relação à umidade na colmeia está localizada entre 54,6 % e 77,6 %.

#### 4.7.2.10 Análise conjunta das temperaturas e umidades registradas nas colmeias 10 (povoada) e 11 (testemunha)

A Tabela 29 seguinte, contém as temperaturas e as umidades mínima, máxima, média e suas oscilações em 24 horas, registradas nos dias 22 de outubro de 2021, 27 de novembro de 2021, 22 de dezembro de 2021, 22 de janeiro de 2022, 20 de fevereiro de 2022 e 20 de março de 2022, nas colmeias 10 (povoada) e 11 (testemunha).

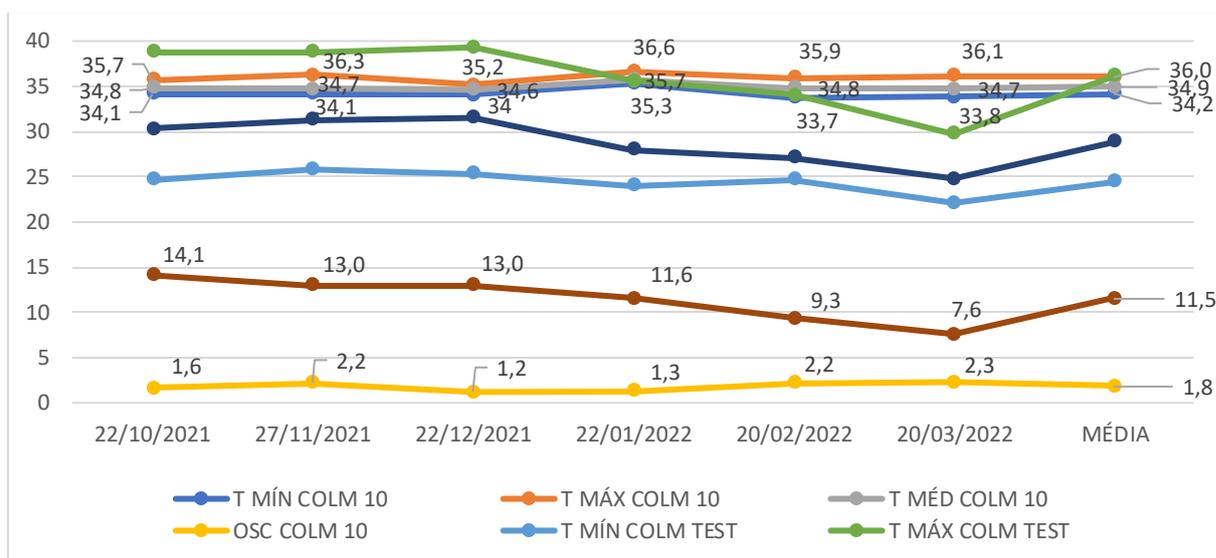
**Tabela 29 - Temperaturas mínima, máxima e média, registradas na colmeia 10 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), nos dias 22/10/2021, 27/11/2021, 22/12/2021, 22/01/2022, 20/02/2022 e 20/03/2022**

TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 10 (POVOADA) E 11 (TESTEMUNHA)						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 10	COLM 11	COLM 10	COLM 11	COLM 10	COLM 11
TEMP MÍNIMA	34,1°C	24,7°C	34,1°C	25,8°C	34,0°C	25,3°C
TEM MÁXIMA	35,7°C	38,8°C	36,3°C	38,8°C	35,2°C	39,3°C
TEMP MÉDIA	34,8°C	30,3°C	34,7°C	31,3°C	34,6°C	31,5°C
AMPLITUDE (OSC)	1,6°C	14,1°C	2,2°C	13°C	1,2°C	13°C
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 10 E 11 (TEST)						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 10	COLM 11	COLM 10	COLM 11	COLM 10	COLM 11
TEMP MÍNIMA	35,3°C	24,0°C	33,7°C	24,7°C	33,8°C	22,1°C
TEM MÁXIMA	36,6°C	35,6°C	35,9°C	34,0°C	36,1°C	29,7°C
TEMP MÉDIA	35,7°C	28,0°C	34,8°C	27,1°C	34,7°C	24,8°C
AMPLITUDE (OSC)	1,3°C	11,6°C	2,2°C	9,3°C	2,3°C	7,6°C
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 10 E 11						
	22/10/2021		27/11/2021		22/12/2021	
	COLM 10	COLM 11	COLM 10	COLM 11	COLM 10	COLM 11
UM MÍNIMA	57,0 %	36,0%	56,0 %	39,0%	48,0 %	38,0%
UM MÁXIMA	86,0 %	56,0%	78,0 %	53,0%	66,0 %	52,0%
UM MÉDIA	75,0 %	46,6%	66,6 %	45,3%	54,8 %	43,9%
AMPLITUDE (OSC)	29,0%	20,0%	22,0%	14,0%	18,0%	14,0%
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA REGISTRADAS NAS COLMEIAS 10 E 11						
	22/01/2022		20/02/2022		20/03/2022	
	COLM 10	COLM 11	COLM 10	COLM 11	COLM 10	COLM 11
UM MÍNIMA	55,0 %	58,0%	54,0%	69,0%	56,0%	86,0%
UM MÁXIMA	67,0 %	74,0%	72,0%	76,0%	78,0%	100,0%
UM MÉDIA	62,6%	65,6%	61,3%	71,7%	64,7%	94,7%
AMPLITUDE (OSC)	12,0%	16,0%	18,0%	7,0%	22,0%	14,0%

Fonte: Autor (2022)

O Gráfico 56 a seguir, possibilita uma comparação das temperaturas registradas em uma colmeia sem abelhas, a colmeia 11 (testemunha) com temperaturas registradas numa colmeia povoada (colmeia 10), em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022), percebe-se que enquanto na colmeia não povoada a amplitude térmica foi de 11,5° C, com registro de temperatura mínima a partir da média dos seis meses pesquisados, de 24,5 °C, e temperatura máxima de 36,1 °C, na colmeia povoada, as abelhas atuaram na termorregulação e conseguiram manter em seu ninho uma amplitude térmica de apenas 1,8 °C, com a temperatura mínima registrada calculada a partir da média das temperaturas dos seis meses, de 34,2 °C e temperatura máxima de 36,0 °C.

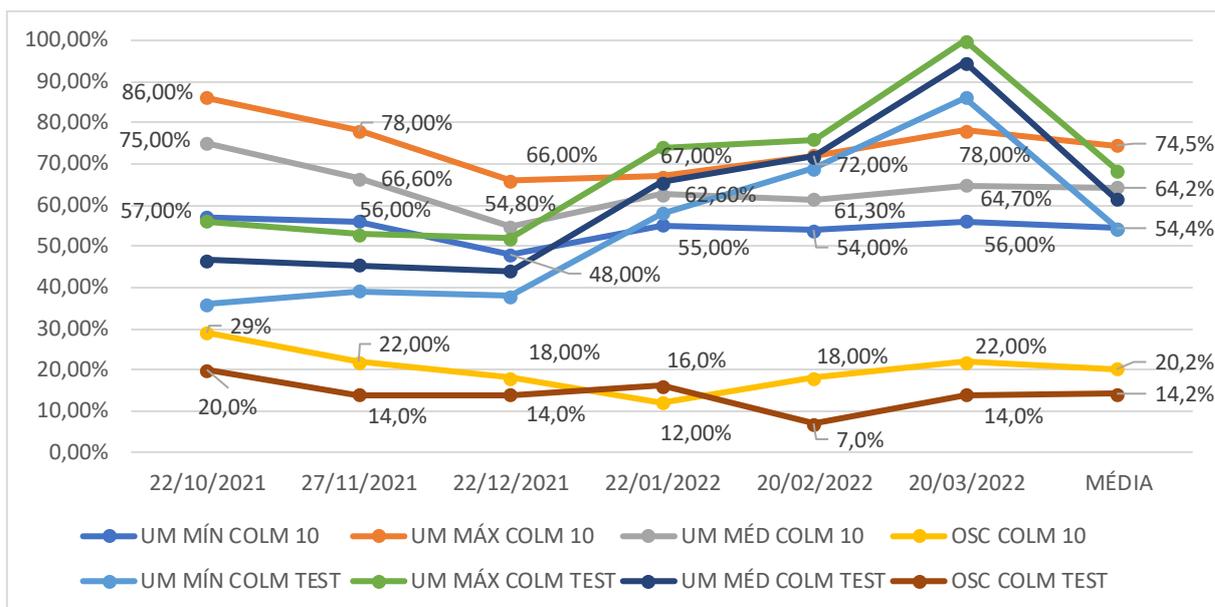
Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto térmico da colmeia está localizada entre 34,2 °C e 36,0 °C.



**Gráfico 56 - Temperaturas registradas na colmeia 10 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha) de out/2021 a mar/2022**

Fonte: Autor (2022)

O Gráfico 57 a seguir, com umidades registradas na colmeia 11 (testemunha) e na colmeia 10 (povoada) mostra a atuação da abelha *Apis mellifera L.* no controle de umidade em seu ninho.



**Gráfico 57 - Umidades registradas na colmeia 10 (povoada) e na colmeia 11 (testemunha), de out/2021 a mar/2022**

Fonte: Autor (2022)

De acordo com o Gráfico 57 acima, que possibilita uma comparação das umidades registradas em uma colmeia sem abelhas, a colmeia 11 (testemunha) com umidades registradas numa colmeia povoada (colmeia 10) em um período de seis meses (outubro de 2021 a março de 2022), percebe-se que diferente do que ocorre com a temperatura, a amplitude (oscilação) da umidade é maior na colmeia com termorregulação, sendo de 20,2 % na colmeia 10 e de 14,2 % na colmeia testemunha.

As umidades mínima, máxima e média na colmeia povoada continuaram praticamente estáveis nos seis meses, não havendo significativa variação no período chuvoso. Pela obtenção das médias dos seis meses pesquisados, tem-se como umidades registradas, mínima de 56,0 %, máxima de 76,5 % e média de 66,6 %.

Já na colmeia não povoada, observa-se que as umidades mínima, máxima e média vão baixando de outubro até dezembro e passam a apresentar significativa elevação de janeiro até março, chegando a uma média semestral de umidade mínima 54,4 %, umidade máxima de 74,5 % e umidade média de 64,2 %.

Os dados obtidos a partir dessa colmeia sugerem que a zona de conforto em relação à umidade na colmeia está localizada entre 54,4 % e 74,5 %.

#### 4.7.3 Análise comparativa da temperatura com sua respectiva amplitude (oscilação) nas colmeias 1 a 10, com a colmeia testemunha e com o ambiente

Primeiro foi feita análise dos dados coletados em meses sem muita incidência de chuvas, para que fosse possível verificar se havia diferença significativa quanto às dificuldades encontradas pelas abelhas no que tange à termorregulação de sua ambiência interna nesse período.

Nesse tópico são apresentados os dados registrados nas dez colmeias povoadas (1 a 10) e na colmeia testemunha (11) em períodos dos meses de outubro, novembro e dezembro de 2021.

##### 4.7.3.1 Acompanhamento da termorregulação nas colmeias 1 a 10 no mês de outubro de 2021

Na Tabela 30 a seguir tem-se médias das temperaturas mínima, máxima, média e da oscilação da temperatura registradas nas colmeias 1 a 10 (povoadas) e na colmeia 11 (testemunha), no dia 22 de outubro de 2022.

**Tabela 30 – Temperaturas mínima, máxima e média das colmeias povoadas (1 a 10) e na colmeia testemunha, em 22/10/2021**

TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 22/10/2021						
	COLMEIA 01	COLMEIA 02	COLMEIA 03	COLMEIA 04	COLMEIA 05	COLMEIA 11
TEMPERATURA MÍNIMA	32,7° C	32,4°C	34,4°C	33,6°C	34,5°C	24,7°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35,0° C	35,4° C	35,6°C	35,3°C	35,9°C	38,8°C
TEMPERATURA MÉDIA	33,9°C	34,0°C	35,0°C	34,6°C	35,2°C	30,3°C
OSCILAÇÃO DA TEMPERATURA	2,3°C	3,0°C	1,2°C	1,7°C	1,4°C	14,1°C
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 22/10/2021						
	COLMEIA 06	COLMEIA 07	COLMEIA 08	COLMEIA 09	COLMEIA 10	COLMEIA 11
TEMPERATURA MÍNIMA	29,4°C	32,1° C	30,5°C	31,9°C	34,5°C	24,7°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35,1° C	34,6° C	35,1°C	35,8°C	35,7°C	38,8°C
TEMPERATURA MÉDIA	32,7°C	33,4°C	33,2°C	34,0°C	34,8°C	30,3°C
OSCILAÇÃO DA TEMPERATURA	5,7°C	2,5°C	4,6°C	3,9°C	1,2°C	14,1°C

**Fonte:** Autor (2022)

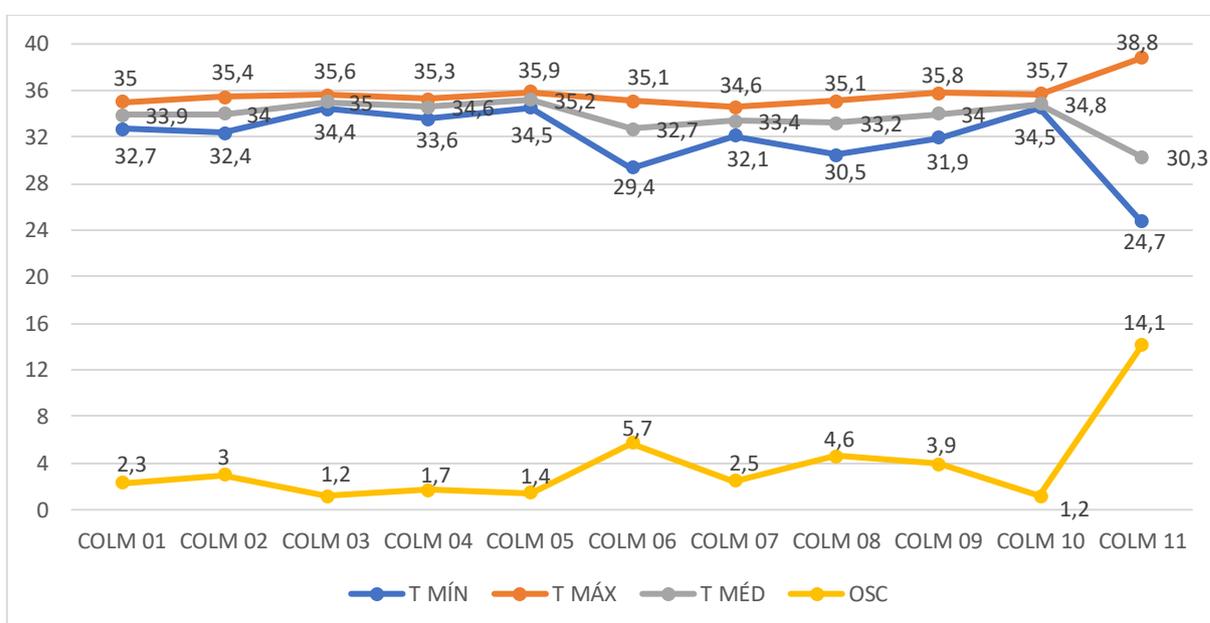
O Gráfico 58 abaixo, elaborado com os dados constantes na tabela 30, mostra as temperaturas mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da temperatura na colmeia

testemunha e nas dez colmeias povoadas, possibilitando a visualização de como cada colmeia estava atuando na termorregulação no início da pesquisa.

Pelo gráfico em análise é perceptível que apenas as colmeias 6, 8 e 9 apresentavam oscilação de temperatura superior a 3,0 °C, quais sejam, 5,7° C, 4,6° C e 3,9° C, respectivamente.

Foram realizadas observações “*in loco*” nos dias 23 a 25 de outubro e constatado que as colmeias 6, 8 e 9 eram compostas por colônias fracas (com pequena quantidade de abelhas).

A oscilação de temperatura na colmeia 11 (testemunha) foi muito superior à oscilação nas colmeias povoadas, sendo de 14,1 °C, enquanto que a colmeia povoada que apresentou maior oscilação de temperatura, a colmeia 6, foi de 5,7 °C.



**Gráfico 58 - Temperaturas mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da temperatura na colmeia testemunha e nas dez colmeias povoadas, em 22/10/2021**

Fonte: Autor (2022)

#### 4.7.3.2 Acompanhamento da termorregulação nas colmeias 1 a 10 no mês de novembro de 2021.

Na Tabela 31 a seguir, tem-se médias das temperaturas mínima, máxima, média e da oscilação da temperatura, registradas nas colmeias 1 a 10 (povoadas) e na colmeia 11 (testemunha), no dia 27 de novembro de 2022.

**Tabela 31 – Temperaturas mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10) e na colmeia testemunha, em 27/11/2021**

TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 27/11/2021						
	COLMEIA 01	COLMEIA 02	COLMEIA 03	COLMEIA 04	COLMEIA 05	COLMEIA 11
TEMPERATURA MÍNIMA	32,0°C	33,0°C	34,5°C	34,2°C	34,4°C	25,8 °C
TEMPERATURA MÁXIMA	34,9°C	35,6° C	35,7°C	36,4°C	35,7°C	38,8°C
TEMPERATURA MÉDIA	33,7°C	34,3°C	35,0°C	35,1°C	34,9°C	31,3°C
OSCILAÇÃO	2,9°C	2,6°C	1,2°C	2,2°C	1,3°C	13°C
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 27/11/2021						
	COLMEIA 06	COLMEIA 07	COLMEIA 08	COLMEIA 09	COLMEIA 10	COLMEIA 11
TEMPERATURA MÍNIMA	32,4°C	32,4°C	30,9°C	30,2°C	34,1°C	25,8 °C
TEMPERATURA MÁXIMA	34,7°C	35,2° C	35,5°C	36,1°C	36,3°C	38,8°C
TEMPERATURA MÉDIA	33,7°C	33,7°C	32,8°C	33,0°C	34,7°C	31,3°C
OSCILAÇÃO	2,3°C	2,8°C	4,6°C	5,9°C	2,2°C	13°C

**Fonte:** Autor (2022)

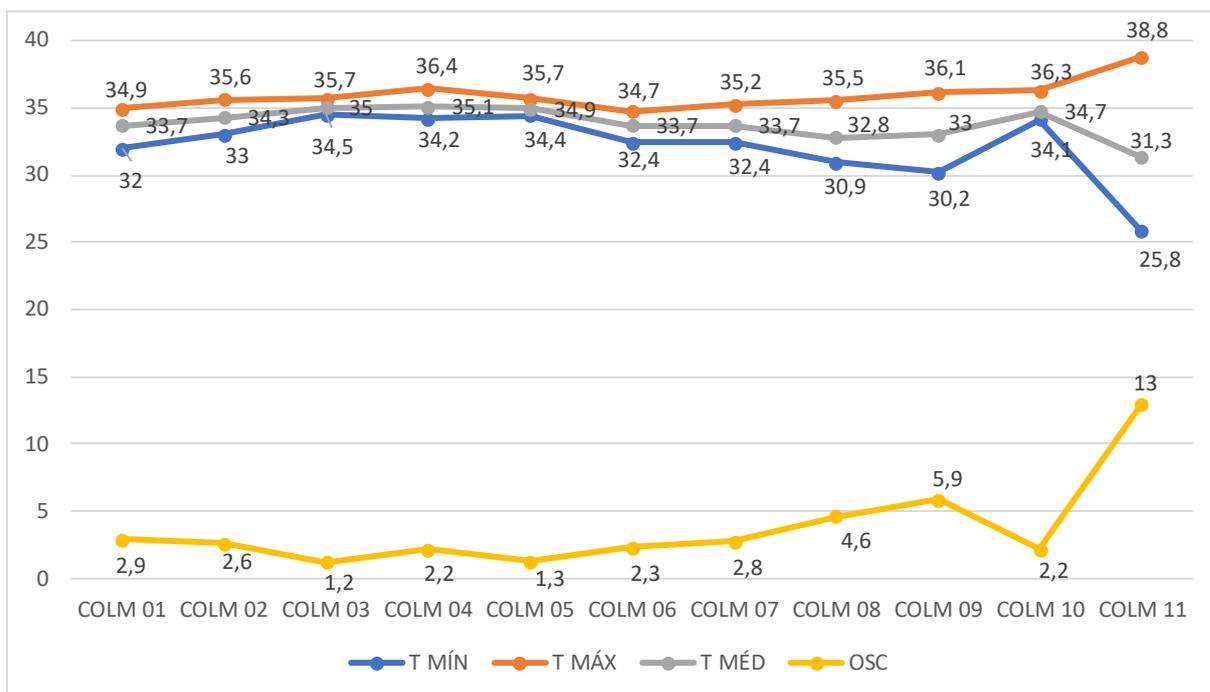
O Gráfico 59 seguinte, elaborado com os dados constantes na tabela 31, mostra as temperaturas mínima, máxima, média e a respectiva oscilação da temperatura na colmeia testemunha e nas dez colmeias povoadas, possibilitando a visualização de como cada colmeia atuou na termorregulação no dia 27 de novembro de 2021.

Pelo gráfico apresentado percebe-se que apenas as colmeias 8 e 9 continuaram apresentando oscilação de temperatura superior a 3,0 °C, quais sejam, 4,6 °C e 5,9 °C, respectivamente.

No período entre 22 de outubro e 27 de novembro de 2021, houve recuperação da capacidade termorregulatória da colmeia 6, que passou a apresentar oscilação de temperatura de apenas 2,3 °C, a colmeia 8 se manteve nas mesmas condições e a colmeia 09 teve sua situação piorada, aumentando a oscilação de temperatura para 5,9 °C.

Novamente foi realizada visita no local, onde foi constatado que a colmeia 9 apresentava diminuição do número de abelhas.

A oscilação de temperatura na colmeia 11 (testemunha) continuou bem superior à oscilação nas colmeias povoadas, sendo de 13,0 °C, enquanto que a colmeia povoada que apresentou maior oscilação de temperatura, foi a colmeia 09, com 5,9 °C de oscilação entre as temperaturas mínima e máxima.



**Gráfico 59 - Temperaturas mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da temperatura na colmeia testemunha e nas dez colmeias povoadas, em 27/11/2021**  
**Fonte: Autor (2022)**

#### 4.7.3.3 Acompanhamento da termorregulação nas colmeias 1 a 10 no mês de dezembro de 2021

Na Tabela 32 a seguir tem-se médias das temperaturas mínima, máxima, média e da oscilação da temperatura registradas nas colmeias 1 a 10 povoadas e na colmeia 11 (testemunha), no dia 22 de dezembro de 2021.

**Tabela 32 – Temperaturas mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10) e na colmeia testemunha, em 22/12/2021**

TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 22/12/2021						
	COLMEIA 01	COLMEIA 02	COLMEIA 03	COLMEIA 04	COLMEIA 05	COLMEIA 11
TEMPERATURA MÍNIMA	29.7°C	29.9°C	31.3°C	33.6°C	33.2°C	25.3°C
TEMPERATURA MÁXIMA	34.8°C	34.9°C	34.6°C	35.6°C	34.9°C	39.3°C
TEMPERATURA MÉDIA	32.7°C	33,1°C	33,4°C	34,4°C	34,0°C	31,5°C
OSCILAÇÃO	5.1°C	5°C	3.3°C	2°C	1.7°C	14°C
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 22/12/2021						
	COLMEIA 06	COLMEIA 07	COLMEIA 08	COLMEIA 09	COLMEIA 10	COLMEIA 11
TEMPERATURA MÍNIMA	31.3°C	28.1°C	28.9°C	29.8°C	34.0°C	25.3°C
TEMPERATURA MÁXIMA	34.2°C	35.0°C	34.8°C	35.9°C	35.2°C	39.3°C

TEMPERATURA MÉDIA	33.1°C	31.6°C	32.1°C	33.0°C	34.6°C	31,5°C
OSCILAÇÃO	2.9°C	6,9°C	5,9°C	6,1°C	1,2°C	14,0°C

**Fonte:** Autor (2022)

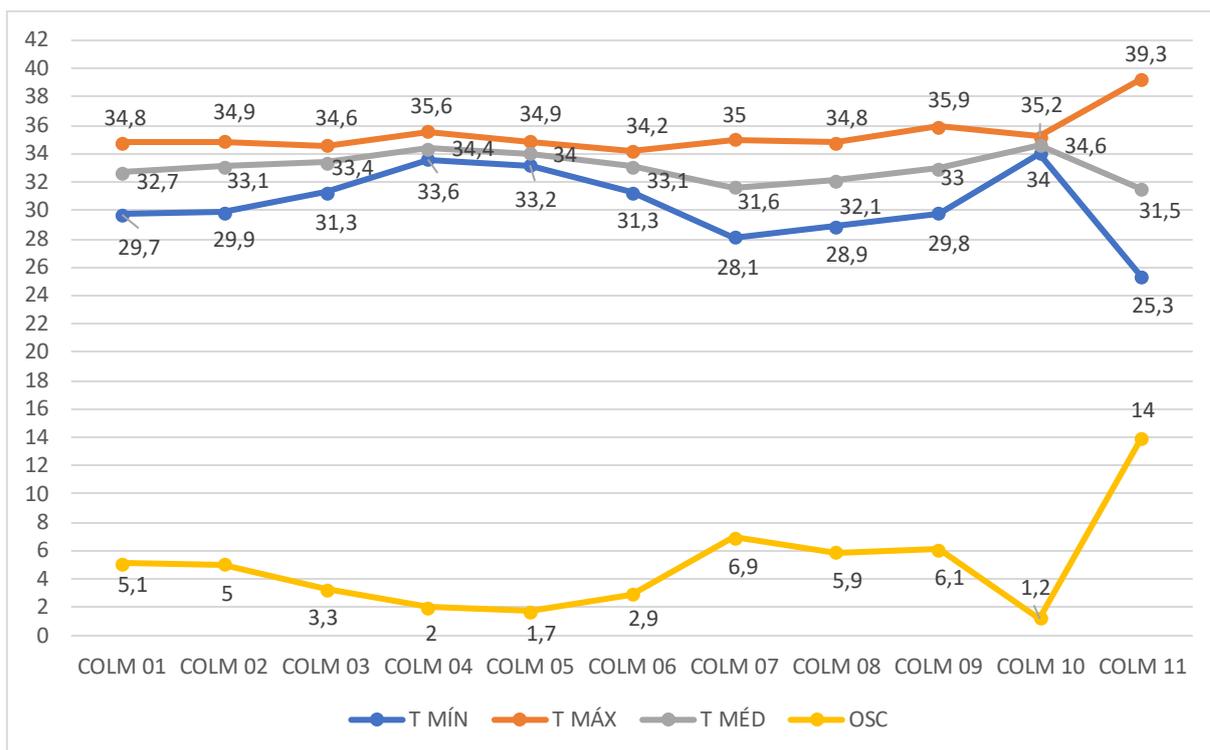
O Gráfico 60 abaixo, elaborado com os dados constantes na tabela 32, mostra as temperaturas mínima, máxima, média e a respectiva oscilação da temperatura na colmeia testemunha e nas dez colmeias povoadas, possibilitando a visualização de como cada colmeia estava atuando na termorregulação no dia 22 de dezembro de 2021.

O Gráfico 60 seguinte, mostra que dezembro de 2021 foi o mês em que as abelhas encontraram mais dificuldades para manter adequada termorregulação em sua ambiência, de forma que em 22 de dezembro de 2021, as colmeias 1, 2, 3, 7, 8 e 9 apresentaram oscilação de temperatura superior a 3,0 °C, quais sejam, 5,1° C, 5,0 °C, 3,3 °C, 6,9 °C, 5,9 °C e 6,1 °C, respectivamente.

O período entre 27 de novembro e 22 de dezembro de 2021 foi o que as abelhas piores atuaram na termorregulação da colmeia, sendo que das 10 colmeias pesquisadas, apenas quatro apresentaram termorregulação satisfatória, tendo como parâmetro o intervalo de 0 °C a 3 °C de oscilação da temperatura.

Na visita realizada ao Apiário, foi constatado que as colmeias 1, 2, 3, 7, 8 e 9 apresentavam colônias fracas, com pequeno número de abelhas e poucas crias em seus quadros de ninho.

A oscilação de temperatura na colmeia 11 (testemunha) continuou bem superior à oscilação nas colmeias povoadas, sendo de 14,0 °C, enquanto que a colmeia povoada que apresentou maior oscilação de temperatura, foi a colmeia 7, com 6, °C de oscilação entre as temperaturas mínima e máxima.



**Gráfico 60 - temperaturas mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da temperatura na colmeia testemunha e nas dez colmeias povoadas, em 22/12/2021**  
**Fonte: Autor (2022)**

#### 4.7.4 Acompanhamento da termorregulação nas colmeias 1 A 10 nos meses chuvosos (janeiro a março de 2022)

Após a análise dos dados coletados em meses do período seco (outubro a dezembro de 2021), foi realizada a análise dos dados registrados nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2022, período chuvoso, para que viabilizasse a comparação da termorregulação das abelhas nos dois períodos distintos, assim como se um desses períodos favorecesse o melhor desenvolvimento das colônias.

A seguir pode ser observada a análise dos dados registrados nas dez colmeias povoadas (1 a 10) e na colmeia testemunha (11) em períodos dos meses de janeiro, fevereiro e março de 2022.

##### 4.7.4.1 Acompanhamento da termorregulação nas colmeias 1 a 10 no mês de janeiro de 2022

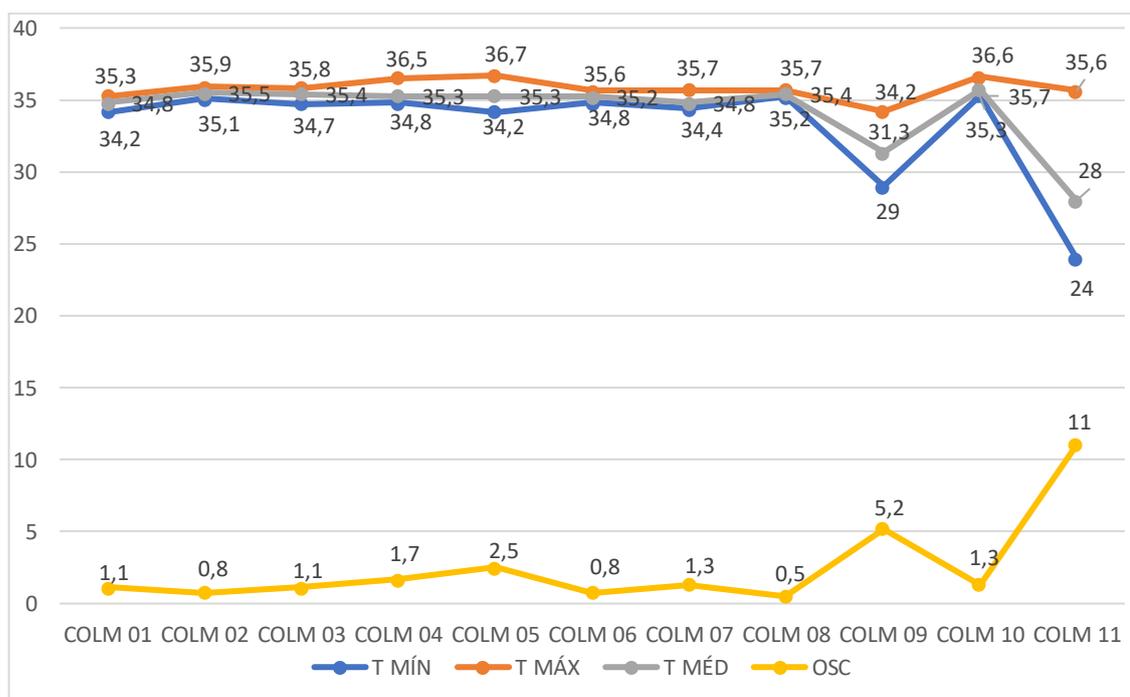
Na Tabela 33 à frente tem-se as médias das temperaturas mínima, máxima, média e da oscilação da temperatura registradas nas colmeias 1 a 10 (povoadas) e na colmeia 11 (testemunha), no dia 22 de janeiro de 2022.

**Tabela 33 – Temperaturas mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10) e na colmeia testemunha, em 22/01/2022**

TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 22/01/2022						
	COLMEIA 01	COLMEIA 02	COLMEIA 03	COLMEIA 04	COLMEIA 05	COLMEIA 11
TEMPERATURA MÍNIMA	34.2°C	35.1°C	34.7°C	34.8°C	34.2°C	24.0°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35.3°C	35.9°C	35.8°C	36.5°C	36.7°C	35.6°C
TEMPERATURA MÉDIA	34.8°C	35.5°C	35.4°C	35.3°C	35.3°C	28.0°C
OSCILAÇÃO	1.1°C	0.8°C	1.1°C	1.7°C	2.5°C	11.0°C
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 22/01/2022						
	COLMEIA 06	COLMEIA 07	COLMEIA 08	COLMEIA 09	COLMEIA 10	COLMEIA 11
TEMPERATURA MÍNIMA	34.8°C	34.4°C	35.2°C	29.0°C	35.3°C	24.0°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35.6°C	35.7°C	35.7°C	34.2°C	36.6°C	35.6°C
TEMPERATURA MÉDIA	35.2°C	34.8°C	35.4°C	31.3°C	35.7°C	28.0°C
OSCILAÇÃO	0.8°C	1.3°C	0.5°C	5.2°C	1.3°C	11.0°C

**Fonte:** Autor (2022)

O Gráfico 61 abaixo, elaborado com os dados constantes na tabela 33, mostra as temperaturas mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da temperatura na colmeia testemunha e nas dez colmeias povoadas, possibilitando a visualização de como cada colmeia estava atuando na termorregulação no dia 22 de janeiro de 2022.



**Gráfico 61 - Temperaturas mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da temperatura na colmeia testemunha e nas dez colmeias povoadas, em 22/01/2022**

**Fonte:** Autor (2022)

Iniciado o período de chuvas, em 22 de janeiro de 2022, apenas a colmeia 9 continuou apresentando oscilação de temperatura superior a 3,0 °C, qual seja, 5,2 °C.

No local, foi constatado que a colmeia 9 continuava com colônia fraca, mesmo com o início das chuvas.

A oscilação de temperatura na colmeia 11 (testemunha) continuou bem superior à oscilação nas colmeias povoadas, sendo de 11,0 °C, enquanto que a colmeia povoada que apresentou maior oscilação de temperatura, foi a colmeia 9, com 5,2 °C.

#### 4.7.4.2 Acompanhamento da termorregulação nas colmeias 1 a 10 no mês de fevereiro de 2022

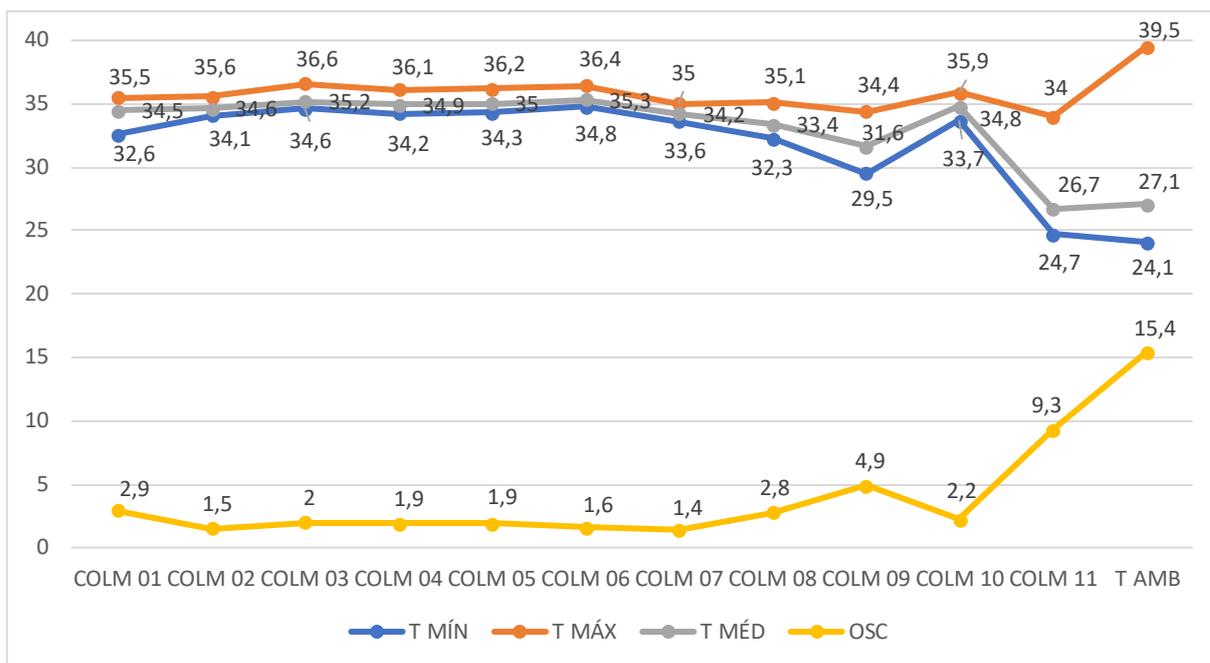
Na Tabela 34 a seguir tem-se as médias das temperaturas mínima, máxima, média e da oscilação da temperatura registradas nas colmeias 1 a 10 (povoadas), na colmeia 11 (testemunha) e no ambiente do Apiário, no dia 20 de fevereiro de 2022.

**Tabela 34 - Temperaturas mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10), na colmeia testemunha e no ambiente em 20/02/2022**

TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 20/02/2022						
	COLMEIA 01	COLMEIA 02	COLMEIA 03	COLMEIA 04	COLMEIA 05	COLMEIA 06
TEMPERATURA MÍNIMA	32.6°C	34.1°C	34.6°C	34.2°C	34.3°C	34.8°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35.5°C	35.6°C	36.6°C	36.1°C	36.2°C	36.4°C
TEMPERATURA MÉDIA	34.5°C	34.6°C	35.2°C	34.9°C	35.0°C	35.3°C
OSCILAÇÃO	2.9°C	1.5°C	2.0°C	1.9°C	1.9°C	1.6°C
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 20/02/2022						
	COLMEIA 07	COLMEIA 08	COLMEIA 09	COLMEIA 10	COLMEIA 11	T AMB
TEMPERATURA MÍNIMA	33.6°C	32.3°C	29.5°C	33.7°C	24,7°C	24,1°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35.0°C	35.1°C	34.4°C	35.9°C	34,0°C	39,5°C
TEMPERATURA MÉDIA	34.2°C	33.4°C	31.6°C	34.8°C	27,1°C	27,1°C
OSCILAÇÃO	1.4°C	2.8°C	4.9°C	2.2°C	9,3°C	15,4°C

**Fonte:** Autor (2022)

O Gráfico 62 abaixo, elaborado com os dados constantes na tabela 34, mostra as temperaturas mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da temperatura na colmeia testemunha, nas dez colmeias povoadas e no ambiente do Apiário, possibilitando a visualização de como cada colmeia estava atuando na termorregulação no dia 20 de fevereiro de 2022, além da comparação com a temperatura ambiente.



**Gráfico 62 - Temperaturas mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da temperatura na colmeia testemunha, no ambiente e nas dez colmeias povoadas, em 20/02/2022**

Fonte: Autor (2022)

Com a continuação do período de chuvas, a oscilação da temperatura nas colmeias povoadas continuou baixa, de forma que em 20 de fevereiro de 2022, apenas a colmeia 9 continuou apresentando oscilação da temperatura superior a 3,0 °C, qual seja, 5,2 °C, porém inferior à oscilação do mês anterior.

Na visita realizada ao local, foi constatado que a colmeia 9 continuava com colônia fraca, mesmo com a continuação do período chuvoso.

A oscilação de temperatura na colmeia 11 (testemunha) continuou bem superior à oscilação nas colmeias povoadas, sendo de 9,3 °C, enquanto que a colmeia povoada que apresentou maior oscilação de temperatura, foi a colmeia 9, com 4,9 °C.

Com a integração do monitoramento da temperatura e da umidade ambiente ao sistema Termonline, ficou possível entender que só a colmeia sem a presença de abelhas, já comprime a oscilação de temperatura, comparada ao ambiente, elevando a temperatura mínima e baixando a máxima.

No dia 20 de fevereiro de 2022, a temperatura mínima registrada no ambiente foi 24,1 °C e a máxima 39,5 °C, com oscilação de 15,4 °C, já na colmeia 11 (testemunha), essa oscilação foi de apenas 9,3 °C, ou seja, 5,5 °C menor que no ambiente.

## 4.7.4.3 Acompanhamento da termorregulação nas colmeias 1 a 10 no mês de março de 2022)

Na Tabela 35 a seguir tem-se as médias das temperaturas mínima, máxima, média e da oscilação da temperatura registradas nas colmeias 1 a 10 (povoadas), na colmeia 11 (testemunha) e no ambiente do Apiário, no dia 20 de março de 2022.

**Tabela 35 - Temperaturas mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10), na colmeia testemunha e no ambiente em 20/03/2022**

TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 20/03/2022						
	COLMEIA 01	COLMEIA 02	COLMEIA 03	COLMEIA 04	COLMEIA 05	COLMEIA 06
TEMPERATURA MÍNIMA	30,9°C	34,1°C	34,4°C	33,4°C	33,9°C	33,8°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35,0°C	35,4°C	36,3°C	35,6°C	35,3°C	35,4°C
TEMPERATURA MÉDIA	33,3°C	34,9°C	35,0°C	34,9°C	34,8°C	34,8°C
OSCILAÇÃO	4,1°C	1,3°C	1,9°C	2,2°C	1,4°C	1,6°C
TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 20/02/2022						
	COLMEIA 07	COLMEIA 08	COLMEIA 09	COLMEIA 10	COLMEIA 11	TEMP. AMBIENTE
TEMPERATURA MÍNIMA	32,0°C	34,3°C	31,7°C	33,8°C	22,1°C	21,9°C
TEMPERATURA MÁXIMA	35,2°C	35,6°C	35,1°C	36,1°C	29,7°C	39,4°C
TEMPERATURA MÉDIA	33,9°C	34,9°C	33,8°C	34,7°C	24,8°C	27,5°C
OSCILAÇÃO	3,2°C	1,3°C	3,4°C	2,3°C	7,6°C	17,5°C

**Fonte:** Autor (2022)

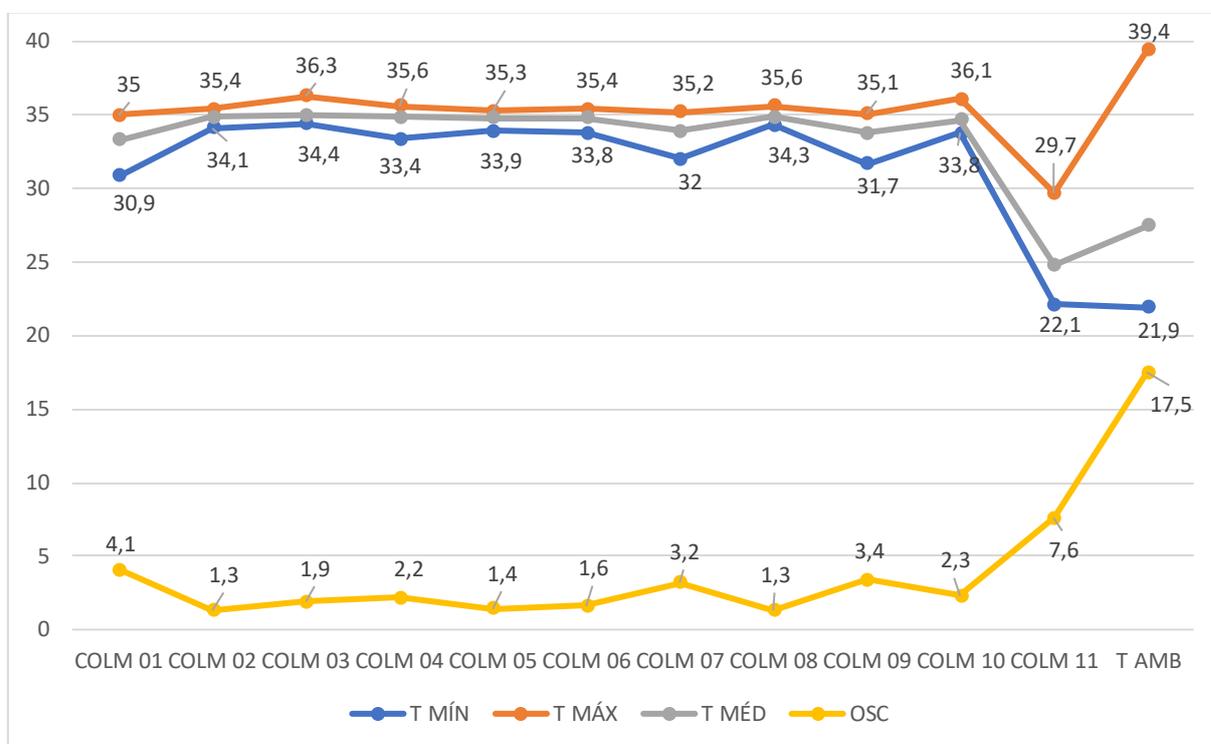
O Gráfico 63 a seguir, elaborado com os dados constantes na tabela 35, mostra as temperaturas mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da temperatura na colmeia testemunha, nas dez colmeias povoadas e no ambiente do Apiário, possibilitando a visualização de como cada colmeia estava atuando na termorregulação de sua ambiência no dia 20 de março de 2022, além da comparação com a temperatura ambiente.

Com a continuação do período de chuvas, a oscilação da temperatura nas colmeias povoadas continuou baixa, de forma que em 20 de março de 2022, embora as colmeias 1, 7 e 9 continuassem apresentando oscilação da temperatura superior a 3,0 °C, essas oscilações eram de apenas de 4,1, 3,2 e 3,4 °C, respectivamente.

Na visita realizada ao Apiário, no dia 21 de março de 2022, foi constatado que as dez colmeias povoadas apresentavam colônias fortes.

A oscilação de temperatura na colmeia 11 (testemunha) continuou bem superior à oscilação nas colmeias povoadas, sendo de 9,3 °C, enquanto que a colmeia povoada que apresentou maior oscilação de temperatura, foi a colmeia 9, com 3,4 °C.

No dia 20 de março de 2022, a temperatura mínima registrada no ambiente foi 21,9 °C e a máxima 39,4 °C, com oscilação de 17,5 °C, já na colmeia 11 (testemunha), essa oscilação foi de apenas 7,6 °C, ou seja, 9,7 °C menor que no ambiente.



**Gráfico 63 - Temperaturas mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da temperatura na colmeia testemunha, no ambiente e nas dez colmeias povoadas, em 20/03/2022**

Fonte: Autor (2022)

#### 4.7.5 ACOMPANHAMENTO DA UMIDADE NAS COLMEIAS 1 A 10 NOS MESES SECOS (OUTUBRO A DEZEMBRO DE 2021)

Visando investigar a interferência do controle de temperatura na ambiência interna da colmeia de *Apis mellifera* L. na umidade relativa do ar dentro da colmeia, foi procedida a análise das umidades mínima, máxima e média, assim como de suas oscilações tanto nos meses sem muita incidência de chuvas (outubro a dezembro) como nos meses chuvosos (janeiro a março).

Nessa parte do trabalho apresenta-se os dados registrados nas dez colmeias povoadas (1 a 10) e na colmeia testemunha (11) em períodos dos meses de outubro, novembro e dezembro de 2021.

## 4.7.5.1 Acompanhamento da umidade nas colmeias 1 a 10 no mês de outubro de 2021

Na Tabela 36 a seguir tem-se médias das umidades mínima, máxima, média e da oscilação da umidade registradas nas colmeias 1 a 10 (povoadas) e na colmeia 11 (testemunha), no dia 22 de outubro de 2021.

**Tabela 36 - Umidades mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10), na colmeia testemunha em 22/10/2022**

UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 22/10/2021						
	COLMEIA 01	COLMEIA 02	COLMEIA 03	COLMEIA 04	COLMEIA 05	COLMEIA 11
UMIDADE MÍNIMA	57%	50%	59%	51%	56%	36%
UMIDADE MÁXIMA	81%	73 %	76%	74%	73%	56%
UMIDADE MÉDIA	69,1 %	59,3 %	66,5%	60,6 %	64.5 %	46,6 %
OSCILAÇÃO	24%	23%	17%	23%	17%	20%
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 22/10/2021						
	COLMEIA 06	COLMEIA 07	COLMEIA 08	COLMEIA 09	COLMEIA 10	COLMEIA 11
UMIDADE MÍNIMA	41%	58%	46%	50%	57%	36%
UMIDADE MÁXIMA	63%	90%	57%	81 %	86%	56%
UMIDADE MÉDIA	52.0%	75.7%	51.3%	64.1%	75.0 %	46,6 %
OSCILAÇÃO	22%	32%	11%	31%	29%	20%

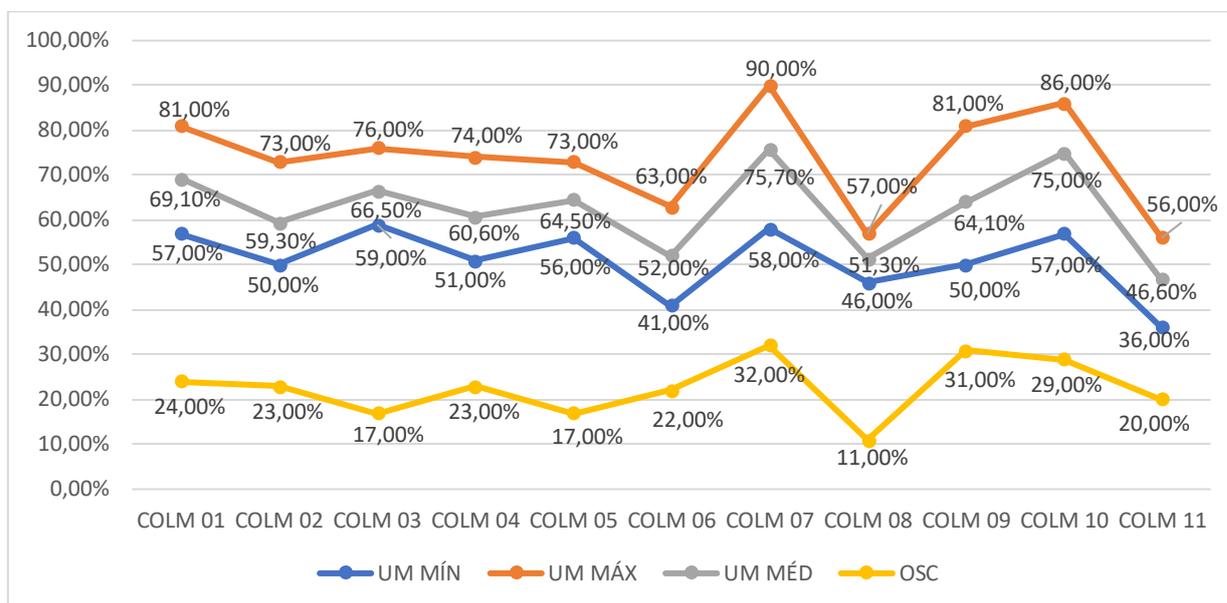
**Fonte:** Autor (2022)

O Gráfico 64 seguinte, elaborado com os dados constantes na tabela 35, mostra as umidades mínima, máxima, média e as respectivas oscilações das umidades na colmeia testemunha e nas dez colmeias povoadas, possibilitando a visualização de como a atuação das abelhas no controle da temperatura de sua ambiência repercutiu na umidade relativa do ar do local, no dia 22 de outubro de 2021.

Conforme análise realizada anteriormente, percebe-se que nesse período as colmeias 6, 8 e 9 apresentavam oscilação de temperatura superior a 3,0 °C, quais sejam, 5,7° C, 4,6° C e 3,9° C, respectivamente.

No Gráfico 64 a seguir, é possível observar que das colmeias 6 8 e 9, que não conseguiram manter a oscilação da temperatura inferior a 3,0 °C, as colmeias 6 e 8 registraram baixas umidades máximas, tomando-se como referência a média apurada nessa pesquisa que foi de 54,4 a 72,7 %, já as colmeias 7 e 10 apresentaram umidades elevadas em comparação à referência utilizada.

A oscilação de umidade na colmeia 11 (testemunha), 20 %, foi um pouco inferior à média das umidades registradas nas colmeias povoadas, que foi 22%.



**Gráfico 64 - Umidades mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da umidade na colmeia testemunha, e nas dez colmeias povoadas, em 22/10/2022**

Fonte: Autor (2022)

#### 4.7.5.2 Acompanhamento da umidade nas colmeias 1 a 10 no mês de novembro de 2021

Na Tabela 37 a seguir tem-se médias das umidades mínima, máxima, média e da oscilação da umidade registradas nas colmeias 1 a 10 (povoadas) e na colmeia 11 (testemunha), no dia 27 de novembro de 2021.

**Tabela 37 - Umidades mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10) e na colmeia testemunha em 27/11/2022**

UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 27/11/2021						
	COLMEIA 01	COLMEIA 02	COLMEIA 03	COLMEIA 04	COLMEIA 05	COLMEIA 11
UMIDADE MÍNIMA	54%	51%	56%	60%	54%	39%
UMIDADE MÁXIMA	71 %	67%	73%	73%	69%	53%
UMIDADE MÉDIA	64,0%	60,7%	65,9%	66,7%	63,2%	45,3%
OSCILAÇÃO	17%	16%	17%	13%	15%	14%
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 27/11/2021						
	COLMEIA 06	COLMEIA 07	COLMEIA 08	COLMEIA 09	COLMEIA 10	COLMEIA 11
UMIDADE MÍNIMA	48%	57%	51%	46%	56%	39%

UMIDADE MÁXIMA	67%	76%	63%	70 %	78%	53%
UMIDADE MÉDIA	59.2%	65.4%	57.0%	56.6%	66.6 %	45.3%
OSCILAÇÃO	19%	19%	12%	24%	22%	14%

**Fonte:** Autor (2022)

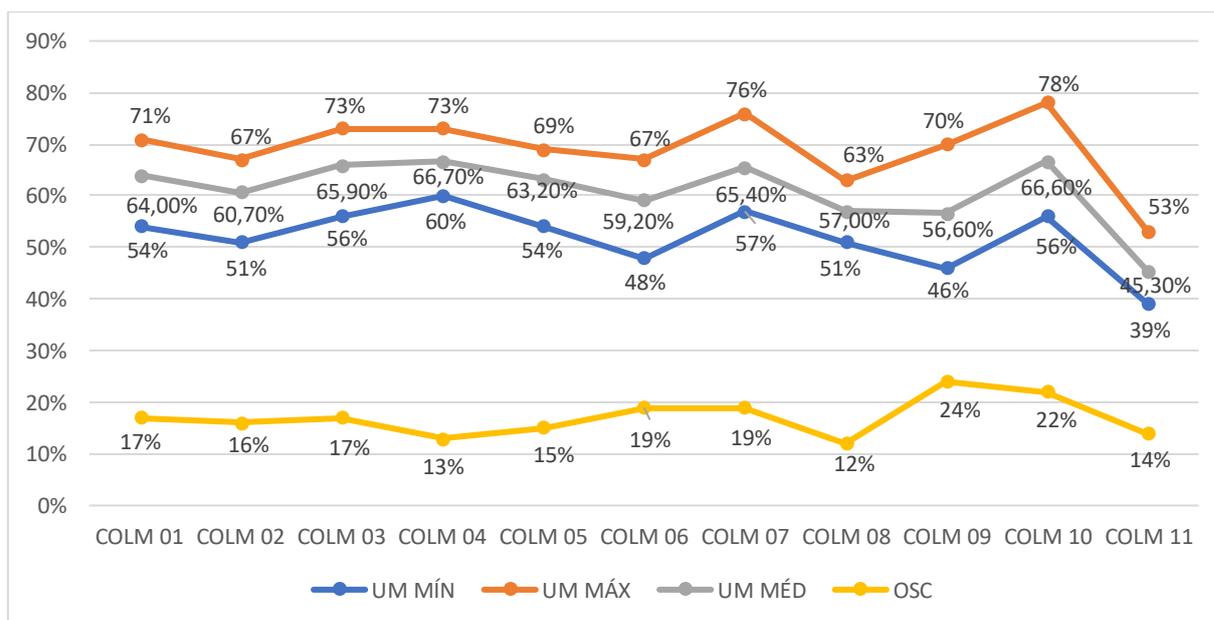
O Gráfico 65 abaixo, elaborado com os dados constantes na tabela 37, mostra as umidades mínima, máxima, média e as respectivas oscilações das umidades na colmeia testemunha e nas dez colmeias povoadas, possibilitando a visualização de como a atuação das abelhas no controle da temperatura de sua ambiência interferiu na umidade relativa do ar do local, no dia 27 de novembro de 2021.

De acordo com análise realizada anteriormente, percebe-se que nesse período apenas as colmeias 8 e 9 continuavam apresentando oscilação de temperatura superior a 3,0 °C, quais sejam, 4,6° C e 3,9° C, respectivamente.

Observa-se que o gráfico 65 a seguir, já se apresenta mais homogêneo, com destaque para as colmeias 7 e 10 que registraram umidades mais elevadas, porém a oscilação não destoou muito da média de referência.

A oscilação de umidade na colmeia 11 (testemunha), 14 %, continuou inferior à média das umidades registradas nas colmeias povoadas, que foi 17,4 %.

No período entre 22 de outubro e 27 de novembro de 2021 foi observada uma baixa nas umidades registradas, tanto nas colmeias povoadas como na colmeia testemunha.



**Gráfico 65 - Umidades mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da umidade na colmeia testemunha, e nas dez colmeias povoadas, em 27/11/2022**

**Fonte:** Autor (2022)

## 4.7.5.3 Acompanhamento da umidade nas colmeias 1 a 10, no mês de dezembro de 2021

Na Tabela 38 a seguir tem-se médias das umidades mínima, máxima, média e da oscilação da umidade registradas nas colmeias 1 a 10 (povoadas) e na colmeia 11 (testemunha), no dia 22 de dezembro de 2021.

**Tabela 38 - Umidades mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10) e na colmeia testemunha em 22/12/2022**

UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 22/12/2021						
	COLMEIA 01	COLMEIA 02	COLMEIA 03	COLMEIA 04	COLMEIA 05	COLMEIA 11
UMIDADE MÍNIMA	43%	51%	50%	48%	50%	38%
UMIDADE MÁXIMA	65%	63%	63%	67%	67%	52%
UMIDADE MÉDIA	56.2%	56.9%	58.4 %	53.5 %	59.3 %	43.9 %
OSCILAÇÃO	22%	12%	13%	19%	17%	14%
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 22/12/2021						
	COLMEIA 06	COLMEIA 07	COLMEIA 08	COLMEIA 09	COLMEIA 10	COLMEIA 11
UMIDADE MÍNIMA	46%	51%	44%	46 %	48%	38%
UMIDADE MÁXIMA	61%	74%	61%	66%	66%	52%
UMIDADE MÉDIA	52.6%	63.2%	50.6%	54.4 %	54.8 %	43.9 %
OSCILAÇÃO	15%	23%	17%	20%	18%	14%

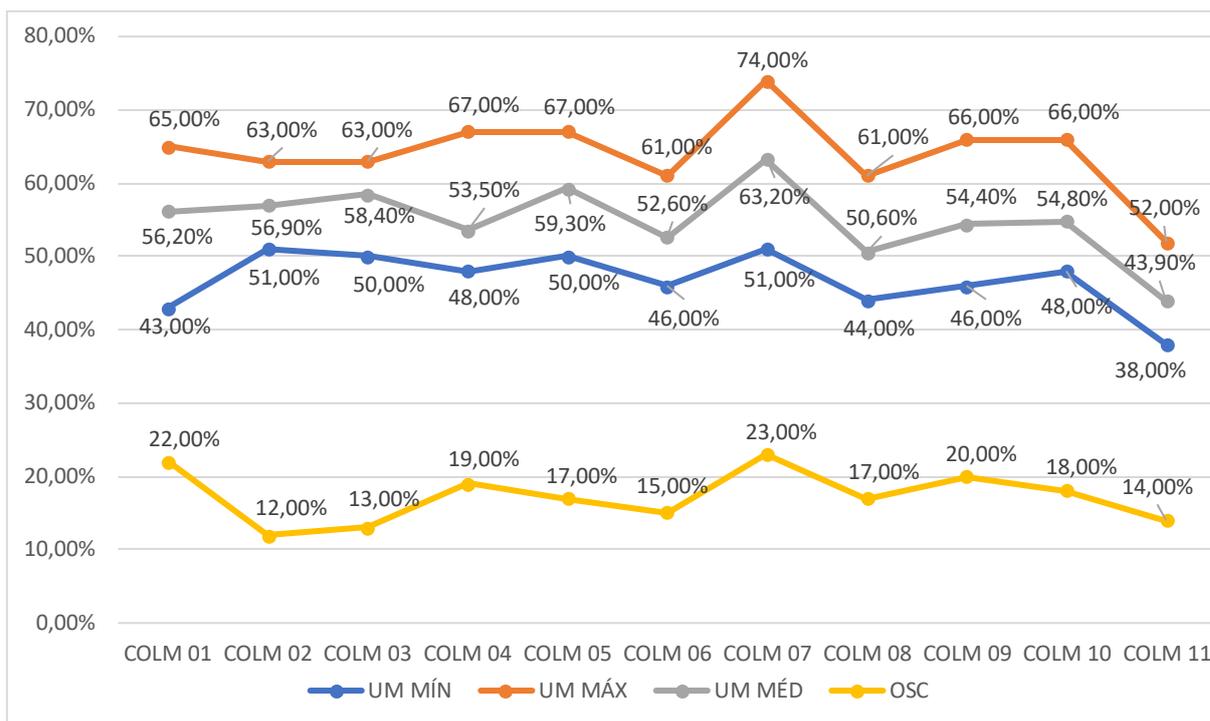
**Fonte:** Autor (2022)

O Gráfico 66 abaixo, elaborado com os dados constantes na tabela 38, mostra as umidades mínima, máxima, média e as respectivas oscilações das umidades na colmeia testemunha e nas dez colmeias povoadas, possibilitando a visualização de como a atuação das abelhas no controle da temperatura de sua ambiência interferiu na umidade relativa do ar do local, no dia 22 de dezembro de 2021.

Conforme análise realizada anteriormente, percebe-se que nesse período as colmeias 1, 2, 3, 7, 8 e 9 apresentaram oscilação de temperatura superior a 3,0 °C. Em relação à umidade, com exceção da colmeia 7, todas as demais colmeias apresentaram umidades abaixo da média de referência.

O gráfico 66 a seguir, se apresenta bem homogêneo, exceto quanto ao ponto referente à umidade na colmeia 7, que ficou bem mais elevado.

A oscilação de umidade na colmeia 11 (testemunha), 14 %, continuou inferior à média das umidades registradas nas colmeias povoadas, que foi 17,1 %.



**Gráfico 66 - Umidades mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da umidade na colmeia testemunha, e nas dez colmeias povoadas, em 22/12/2022**  
**Fonte: Autor (2022)**

#### 4.7.6 ACOMPANHAMENTO DA UMIDADE NAS COLMEIAS 1 A 10 NOS MESES CHUVOSOS (JANEIRO A MARÇO DE 2022)

Após a análise dos dados coletados em meses do período seco (outubro a dezembro de 2021), foi realizada a análise dos dados registrados nos meses de janeiro, fevereiro e março, período chuvoso, para que viabilizasse a comparação da termorregulação das abelhas nos dois períodos distintos, assim como se um desses períodos favorece o melhor desenvolvimento das colônias.

A seguir pode ser observada a análise dos dados registrados nas dez colmeias povoadas (1 a 10) e na colmeia testemunha (11) em períodos dos meses de janeiro, fevereiro e março de 2022.

##### 4.7.6.1 Acompanhamento da umidade nas colmeias 1 a 10 no mês de janeiro de 2022

Na Tabela 39 abaixo, tem-se as médias das umidades mínima, máxima, média e da oscilação da umidade registradas nas colmeias 1 a 10 povoadas e na colmeia 11 (testemunha), no dia 22 de janeiro de 2022.

**Tabela 39 - Umidades mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10) e na colmeia testemunha em 22/01/2022**

UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 22/01/2022						
	COLMEIA 01	COLMEIA 02	COLMEIA 03	COLMEIA 04	COLMEIA 05	COLMEIA 11
UMIDADE MÍNIMA	55.0%	61.0%	56.0%	62.0	56.0%	58.0%
UMIDADE MÁXIMA	70.0%	68.0%	72.0%	77.0%	72.0%	74.0%
UMIDADE MÉDIA	64.2%	65.0%	67.8%	68.3%	62.9%	65.6%
OSCILAÇÃO	15.0%	7.0%	16.0%	15.0%	16.0%	16%
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 22/01/2022						
	COLMEIA 06	COLMEIA 07	COLMEIA 08	COLMEIA 09	COLMEIA 10	COLMEIA 11
UMIDADE MÍNIMA	51.0%	55.0%	59.0%	57.0%	55.0%	58.0%
UMIDADE MÁXIMA	68.0%	69.0%	67.0%	79.0%	67.0%	74.0%
UMIDADE MÉDIA	59.4%	64.9%	63.7%	70.7%	62.6%	65.6%
OSCILAÇÃO	17.0%	14.0%	8.0%	22.0%	12%	16%
OSCILAÇÃO	15%	23%	17%	20%	18%	14%

**Fonte:** Autor (2022)

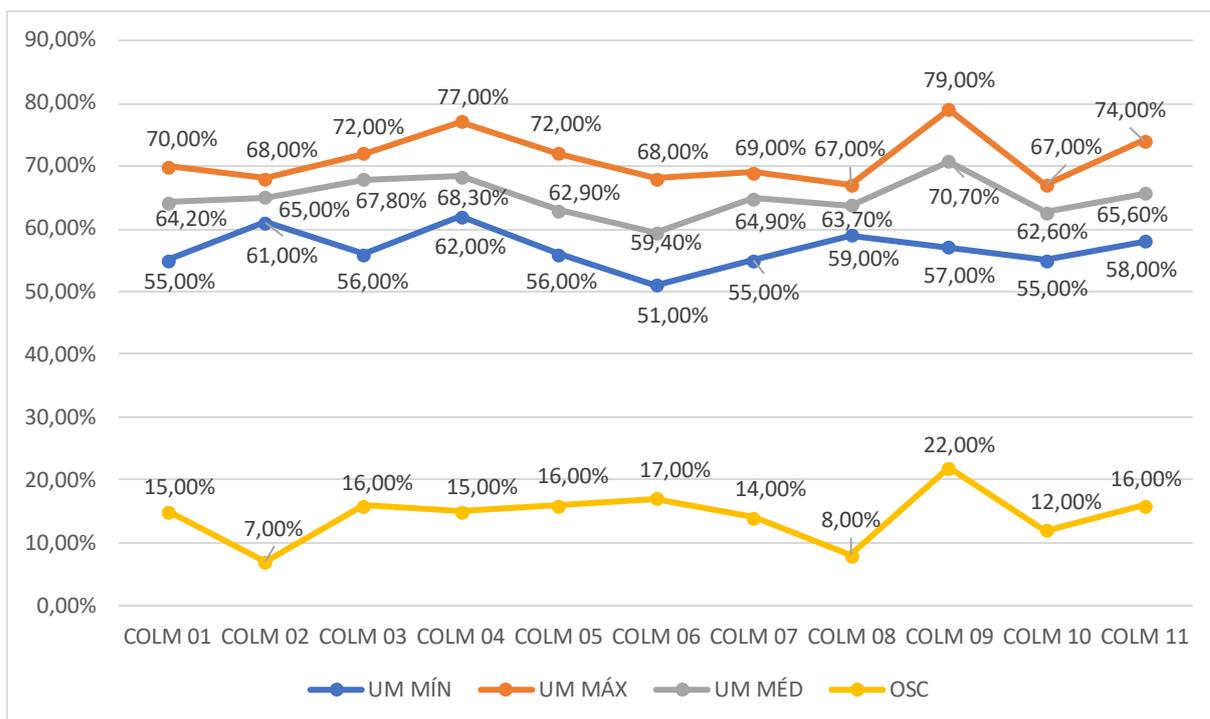
O Gráfico 67 a seguir, elaborado com os dados constantes na Tabela 39, mostra as umidades mínima, máxima, média e as respectivas oscilações das umidades na colmeia testemunha e nas dez colmeias povoadas, possibilitando a visualização de como a atuação das abelhas no controle da temperatura de sua ambiência interferiu na umidade relativa do ar do local no dia 22 de janeiro de 2022.

Conforme análise realizada anteriormente, percebe-se que nesse período apenas a colmeia 09 apresentou oscilação de temperatura superior a 3,0 °C. No que se refere à umidade, a colmeia 9 foi a que apresentou o ponto mais elevado na linha das umidades máximas registradas, assim como a maior oscilação de umidade.

O gráfico a seguir se apresenta bem homogêneo, apenas com pontos mais elevados nas colmeias 4 e 9.

A oscilação de umidade na colmeia 11 (testemunha), 16 %, ficou um pouco acima da média das umidades registradas nas colmeias povoadas, que foi 14,2 %.

Esse período compreendido entre 22 de dezembro de 2021 e 22 de janeiro de 2022 marcou o início da maior incidência de chuvas na região e se destacou pela elevação das umidades registradas na colmeia 11 (testemunha) que chegou a ultrapassar as da média registrada nas colmeias povoadas.



**Gráfico 67 - Umidades mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da umidade na colmeia testemunha, e nas dez colmeias povoadas, em 22/01/2022**  
**Fonte: Autor (2022)**

#### 4.7.6.2 Acompanhamento da umidade nas colmeias 1 a 10 no mês de fevereiro de 2022

Na Tabela 40 à frente, tem-se as médias das umidades mínima, máxima, média e da oscilação da umidade registradas nas colmeias 1 a 10 povoadas e na colmeia 11 (testemunha), no dia 20 de fevereiro de 2022.

**Tabela 40 - Umidades mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10), na colmeia testemunha e no ambiente em 20/02/2022**

UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 20/02/2022						
	COLMEIA 01	COLMEIA 02	COLMEIA 03	COLMEIA 04	COLMEIA 05	COLMEIA 11
UMIDADE MÍNIMA	57.0%	58.0%	58.0%	53.0%	56.0%	69.0%
UMIDADE MÁXIMA	74.0%	75.0%	76.0%	73.0%	71.0%	76.0%
UMIDADE MÉDIA	63.0%	65.2%	66.3%	60.8%	63.8%	71.1%
OSCILAÇÃO	17.0%	17.0%	18.0%	20%	15.0%	7.0%
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 20/02/2022						
	COLMEIA 06	COLMEIA 07	COLMEIA 08	COLMEIA 09	COLMEIA 10	UM AMB
UMIDADE MÍNIMA	52.0%	59.0%	55.0%	61.0%	52%	42,0%
UMIDADE MÁXIMA	74.0%	73.0%	68.0%	76.0%	72%	96,0%
UMIDADE MÉDIA	61.9%	64.1%	61.9%	68.3%	61.1%	81,0%
OSCILAÇÃO	22%	14%	13%	15%	20%	54,0%

**Fonte: Autor (2022)**

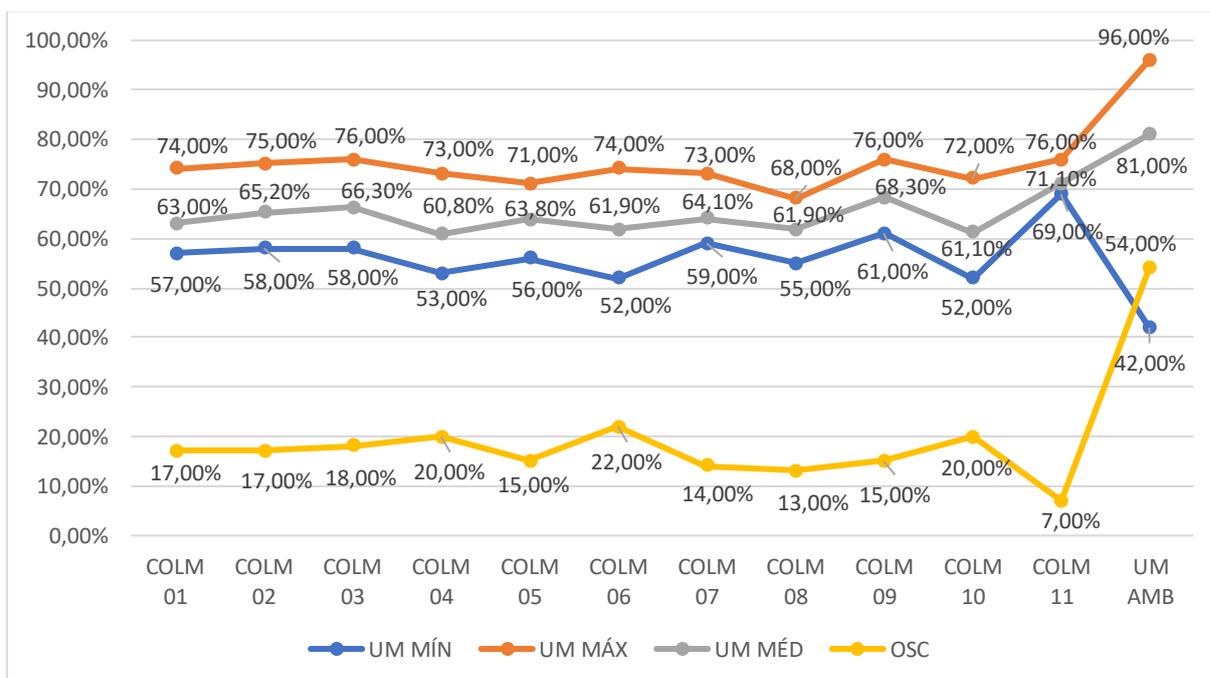
O Gráfico 68 seguinte, elaborado com os dados constantes na Tabela 40, mostra as umidades mínima, máxima, média e as respectivas oscilações das umidades na colmeia testemunha, no ambiente do Apiário e nas dez colmeias povoadas, possibilitando a visualização de como a atuação das abelhas no controle da temperatura de sua ambiência interferiu na umidade relativa do ar do local. no dia 20 de fevereiro de 2022.

Conforme análise realizada anteriormente, percebe-se que nesse período a colmeia 9 continuou apresentando oscilação de temperatura superior a 3,0 °C. No que se refere à umidade, a colmeia 9 apresentou o ponto mais elevado na linha das umidades máximas registradas, 76 %, mas ficou bem similar à maioria das colmeias.

O Gráfico 68 a seguir, referente a 20 de março de 2022, se apresenta bem homogêneo, porém indicando uma significativa elevação das umidades no interior das colmeias, na colmeia testemunha e no ambiente do Apiário, tendo este apresentado uma oscilação da umidade de 42 %.

A oscilação de umidade na colmeia 11 (testemunha), 7 %, voltou a ser inferior à da média das umidades registradas nas colmeias povoadas, que foi 17,1 %.

Nesse período de 22 de janeiro a 20 de fevereiro de 2022 as chuvas continuaram ocorrendo com muita intensidade e houve elevação das médias das umidades registradas, principalmente a umidade máxima no ambiente que atingiu 96 %.



**Gráfico 68 - Umidades mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da umidade na colmeia testemunha, no ambiente e nas dez colmeias povoadas, em 20/02/2022**

Fonte: Autor (2022)

## 4.7.6.3 Acompanhamento da umidade nas colmeias 1 a 10 no mês de março de 2022

Na Tabela 41 à frente, tem-se as médias das umidades mínima, máxima, média e da oscilação da umidade registradas nas colmeias 1 a 10 (povoadas), no ambiente e na colmeia 11 (testemunha), no dia 20 de março de 2022.

**Tabela 41 - Umidades mínima, máxima e média nas colmeias povoadas (1 a 10), na colmeia testemunha e no ambiente, em 20/03/2022**

UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 20/03/2022						
	COLMEIA 01	COLMEIA 02	COLMEIA 03	COLMEIA 04	COLMEIA 05	COLMEIA 11
UMIDADE MÍNIMA	58,0%	63,0%	60,0%	60,0%	58,0%	100,0%
UMIDADE MÁXIMA	83,0%	78,0%	82,0%	80,0%	72,0%	86,0%
UMIDADE MÉDIA	67,3%	69,8%	70,6%	68,7%	63,5%	94,7%
OSCILAÇÃO	25,0%	15,0%	22,0%	20%	15,0%	14,0%
UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA EM 20/02/2022						
	COLMEIA 06	COLMEIA 07	COLMEIA 08	COLMEIA 09	COLMEIA 10	UM AMB
UMIDADE MÍNIMA	59,0%	56,0%	61,0%	68,0%	56%	43,0%
UMIDADE MÁXIMA	81,0%	77,0%	79,0%	94,0%	78%	95,0%
UMIDADE MÉDIA	67,1%	65,9%	67,7%	80,7%	64,7%	78,5%
OSCILAÇÃO	22%	21%	18%	26%	22%	52,0%

**Fonte:** Autor (2022)

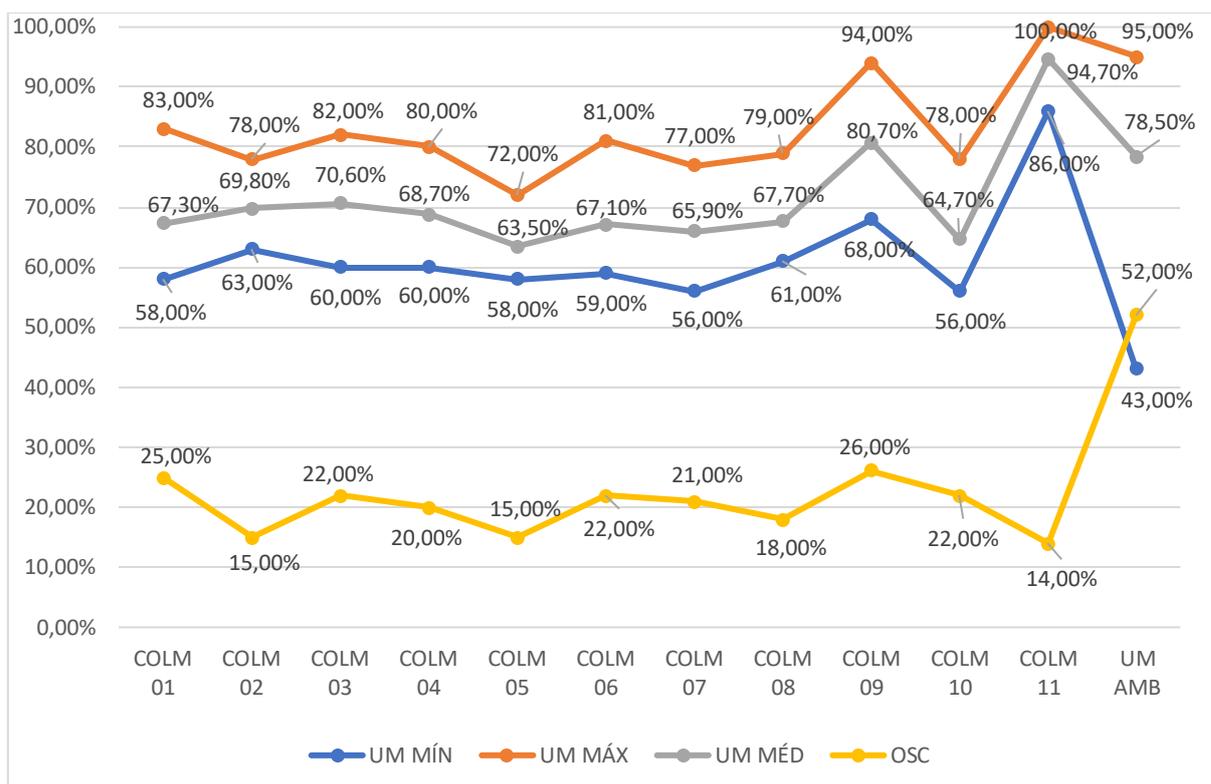
O Gráfico 69 abaixo, elaborado com os dados constantes na Tabela 41, mostra as umidades mínima, máxima, média e as respectivas oscilações das umidades na colmeia testemunha, no ambiente do Apiário e nas dez colmeias povoadas, possibilitando a visualização de como a atuação das abelhas no controle da temperatura de sua ambiência interferiu na umidade relativa do ar no local, no dia 20 de março de 2022.

Conforme análise realizada anteriormente, percebe-se que nesse período as colmeias 1 e 9 continuaram apresentando oscilação de temperatura superior a 3,0 °C. No que se refere à umidade, a colmeia 9 apresentou número bem elevado no registro de umidade máxima, 94 %, bem similar à maior umidade registrada no ambiente que foi de 95 %.

O gráfico 69 a seguir, referente a 20 de março de 2022, se apresenta bem homogêneo, porém indicando uma significativa elevação das umidades no interior das colmeias, com ênfase para a colmeia 9, na colmeia testemunha e no ambiente do Apiário, tendo este apresentado uma oscilação da umidade de 43 %.

A oscilação de umidade na colmeia 11 (testemunha), 14 %, continuou inferior à da média das umidades registradas nas colmeias povoadas, que foi 20,6 %.

Nesse período de 20 de fevereiro a 20 de março de 2022 as chuvas continuaram ocorrendo com muita intensidade, as umidades continuaram elevadas e a umidade máxima na colmeia testemunha atingiu 100 %.



**Gráfico 69 - Umidades mínima, máxima, média e as respectivas oscilações da umidade na colmeia testemunha, no ambiente e nas dez colmeias povoadas, em 20/03/2022**

Fonte: Autor (2022)

#### 4.8 DA IDENTIFICAÇÃO DA ZONA DE CONFORTO TÉRMICO MANTIDA PELAS COLÔNIAS DE APIS MELLIFERA NAS COLMEIAS

Visando identificar os limites mínimo e máximo da zona de conforto térmico no ninho de uma colmeia de *Apis mellifera*, que uma colônia dessas abelhas mantém por meio da termorregulação, primeiro foi realizada uma análise dos registros de temperaturas e umidades aferidos em uma colmeia sem abelhas atuando na termorregulação.

Esse estudo de temperaturas e umidades registradas em colmeia não habitada por abelhas foi feito durante os seis meses da pesquisa e permitiu verificar que a oscilação da

temperatura em uma colmeia nessas condições é muito elevada em comparação ao que acontece em uma colmeia povoada.

Pelo registro de temperaturas mínima, máxima e média, bem como da oscilação de temperatura em cada mês pesquisado, foram obtidas as respectivas médias semestrais em uma colmeia não povoada.

As médias do semestre obtidas na colmeia 11 (testemunha) foram: temperatura mínima, 24,4 °C; temperatura máxima, 36,0 °C; temperatura média, 28,8 °C e; oscilação da temperatura, 11,6 °C.

Da mesma forma, foram aferidas as médias de umidade no semestre, em uma colmeia não povoada, quais sejam, umidade mínima, 54,8 %; umidade máxima, 68,5 %; umidade média, 61,2 % e; oscilação da umidade, 13,6 %.

No que tange à temperatura e à umidade no ambiente do Apiário, essas também tiveram suas médias aferidas no semestre da pesquisa (outubro de 2021 a março de 2022). Foram coletados dados na colmeia testemunha nessas mesmas datas para possibilitar a comparação de dados obtidos contemporaneamente.

As médias semestrais obtidas no ambiente do apiário foram: temperatura mínima, 23,1 °C; temperatura máxima, 42,5 °C; temperatura média, 30,2 °C e; oscilação da temperatura, 19,3 °C.

Já as médias de umidade no ambiente do Apiário, no mesmo período foram: umidade mínima, 36,3 %; umidade máxima, 85,5 %; umidade média, 60,8 % e; oscilação da umidade, 47,5 %.

Buscando mostrar o quanto a colmeia Langstroth contribui para adequar os limites mínimo e máximo da temperatura ambiente aos limites da zona de conforto necessária à colônia de abelhas, foi realizada uma comparação desses dados coletados no ambiente com os registros feitos na colmeia testemunha, no semestre outubro de 2021 a março de 2022. Nessa comparação percebeu-se que a média de temperatura mínima registrada na colmeia testemunha foi de 24,4 °C (1,3 °C superior à temperatura ambiente); temperatura máxima, 36,0 °C (6,5 °C inferior à temperatura ambiente); temperatura média, 28,8 °C (1,4 °C inferior à temperatura ambiente) e; oscilação da temperatura, 11,6 °C (7,7 °C inferior à oscilação no ambiente).

No tocante à umidade também foram comparados os dados coletados no ambiente com os registros feitos na colmeia testemunha, no semestre outubro de 2021 a março de 2022. Nessa comparação observou-se que a média de umidade mínima registrada na colmeia testemunha foi de 54,8 % (22,5 % superior à umidade ambiente); umidade máxima, 68,5 % (17,0 % inferior à

umidade ambiente); umidade média, 61,2 % (0,4 % superior à umidade ambiente) e; oscilação da umidade, 13,7 % (33,8 % inferior à oscilação no ambiente).

Outra observação feita na colmeia testemunha foi em relação à variação de temperatura e umidade a cada hora em um período de 24 horas. Essa análise foi feita em uma data de cada mês pesquisado (outubro de 2021 a março de 2022).

Após a identificação dos limites mínimo e máximo, assim como a média e a oscilação da temperatura em uma colmeia não povoada e no ambiente do Apiário, procedeu-se a uma análise para aferir esses limites nas colmeias com abelhas, para tornar possível o entendimento da ação da abelha *Apis mellifera* na termorregulação de sua ambiência de reprodução e produção de mel.

Foram realizadas análises comparativas dos registros de temperaturas e umidades mínima, máxima, média e de sua oscilação, de cada uma das colmeias povoadas com a colmeia testemunha, de forma a possibilitar a definição dos limites mínimo e máximo da zona de conforto térmico na colmeia.

#### 4.8.1 Determinação dos limites mínimo e máximo de temperatura da zona de conforto térmico no ninho da abelha *Apis mellifera* L

Obtidos os limites mínimo e máximo, assim como a média de temperatura e sua oscilação em cada colmeia pesquisada, foram calculadas as médias aritméticas desses limites para as dez colmeias, Tabela 42 a seguir, nos seis meses sob análise e, por fim, apresentados os limites mínimo e máximo da zona de conforto térmico no ninho da abelha *Apis mellifera* L., conforme disposto no Gráfico 70 seguinte.

**Tabela 42 – Médias das temperaturas mínima, máxima, média e oscilação entre temperatura mínima e máxima das colmeias povoadas (1 a 10), em 6 meses (out/2021 a mar/2022)**

MÉDIAS DAS TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA, MÉDIA E OSCILAÇÃO ENTRE TEMPERATURA MÍNIMA E MÁXIMA DAS COLMEIAS 01 A 10 EM 6 MESES (OUT/2021 A MAR/2022).					
	Colmeia 01	Colmeia 02	Colmeia 03	Colmeia 04	Colmeia 05
TEMP MÍNIMA	32,1°C	33,1°C	33,9°C	34,0°C	34,1°C
TEMP MÁXIMA	35,1°C	35,5°C	35,7°C	36,0°C	35,7°C
TEMP MÉDIA	33,9°C	34,4°C	34,9°C	34,9°C	34,9°C
OSCILAÇÃO DA TEMP	3,0°C	2,4°C	1,8°C	2,0°C	1,6°C
	Colmeia 06	Colmeia 07	Colmeia 08	Colmeia 09	Colmeia 10

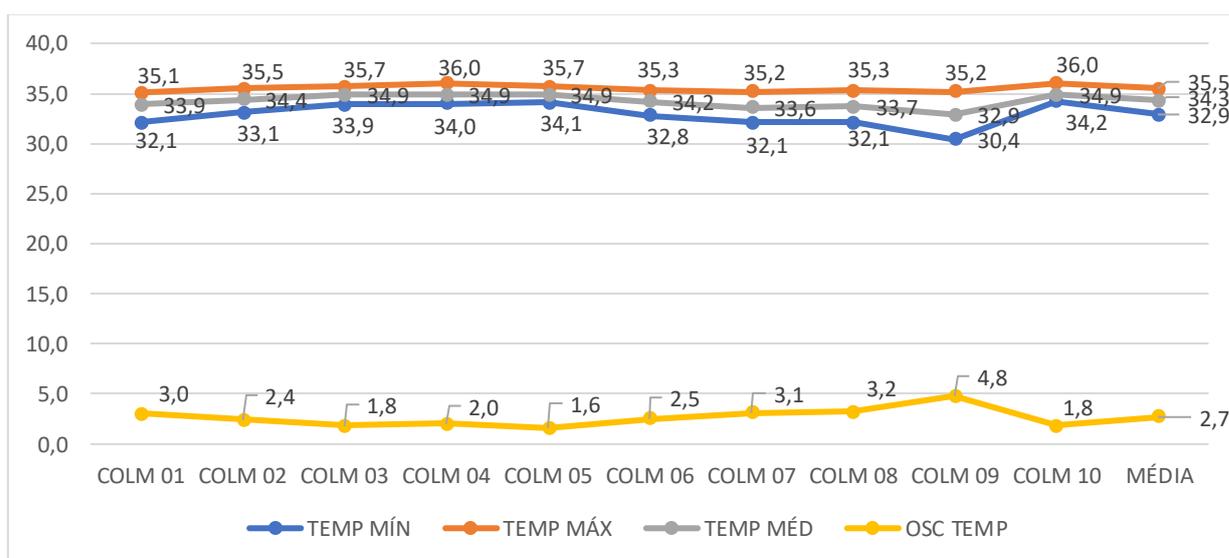
TEMP MÍNIMA	32,8°C	32,1°C	32,1°C	30,4°C	34,2°C
TEMP MÁXIMA	35,3°C	35,2°C	35,3°C	35,2°C	36,0°C
TEMP MÉDIA	34,2°C	33,6°C	33,7°C	32,9°C	34,9°C
OSCILAÇÃO DA TEMP	2,5°C	3,1°C	3,2°C	4,8°C	1,8°C

**Fonte:** Autor (2022)

O Gráfico 70 a seguir, retrata as médias de temperatura mínima, máxima, média e a oscilação de temperatura, calculadas para cada uma das dez colmeias, com dados dos seis meses pesquisados, assim como as respectivas médias elaboradas com dados conjuntos das dez colmeias, que são apresentados como limites da zona de conforto térmico no ninho da *Apis mellifera L.*, propostos a partir dessa pesquisa, que acompanhou temperatura e umidade no interior das dez colmeias, minuto a minuto, durante três meses do período seco (outubro a dezembro de 2021) e três meses do período com maior incidência de chuvas (janeiro a março de 2022).

Decorrente de todo esse estudo, fica possível apresentar os limites da zona de conforto térmico no interior da colmeia de *Apis mellifera L.*, como sendo 32,9 a 35,5 °C, tendo como temperatura ideal 34,3 °C e oscilação da temperatura de 2,7 °C.

Salienta-se que os dados encontrados a partir dessa longa e complexa pesquisa, são bem próximos aos até então sugeridos pela literatura, que são de 33 a 36 °C, (MENDES, et. al., 2016), (Embrapa, 2017), (DOMINGOS, 2017) e (RAMBO; FÉLIX; SILVEIRA, 2018).



**Gráfico 70 - Médias de temperatura mínima, máxima, média e a oscilação de temperatura, com dados dos seis meses pesquisados, das 10 colmeias para determinação da zona de conforto térmico no ninho da *Apis mellifera L.***

**Fonte:** Autor (2022)

De acordo com a linha que indica a oscilação de temperaturas no gráfico 70 acima, observa-se que apenas as colmeias 7, 8 e 9 apresentaram dados acima de 2,7 °C, quais sejam, 3,1° C, 3,2° C e 4,8° C respectivamente.

É interessante destacar que por meio de observações locais realizadas durante toda a pesquisa registrou-se que essas três colmeias foram as que permaneceram com colônias mais fracas durante quase todo o período pesquisado, com ênfase para a colônia da colmeia 9, que se manteve durante muito tempo com enxame extremamente fraco (pequena quantidade de abelhas e de crias nos quadros).

Também cumpre registrar que não houve nenhum abandono de colmeia pelas colônias de abelhas durante todo o período da pesquisa.

#### 4.8.2 Determinação dos limites mínimo e máximo de umidade da zona de conforto térmico no ninho da abelha *Apis mellifera L*

A presente pesquisa também procurou identificar os limites mínimo e máximo de umidades registrados no ninho da *Apis mellifera L*. e com esse intuito, a partir da obtenção dos limites mínimo e máximo, assim como da média de umidade e sua oscilação em cada colmeia pesquisada, calculou as médias aritméticas desses limites para as dez colmeias, Tabela 43 a seguir, nos seis meses investigados e, por fim, apresentou os limites mínimo e máximo de umidade na zona de conforto térmico no ninho dessas abelhas, conforme disposto no gráfico 71 seguinte.

**Tabela 43 – Médias das umidades mínima, máxima, média e oscilação entre umidades mínima e máxima das colmeias povoadas (1 a 10), em 6 meses (out/2021 a mar/2022)**

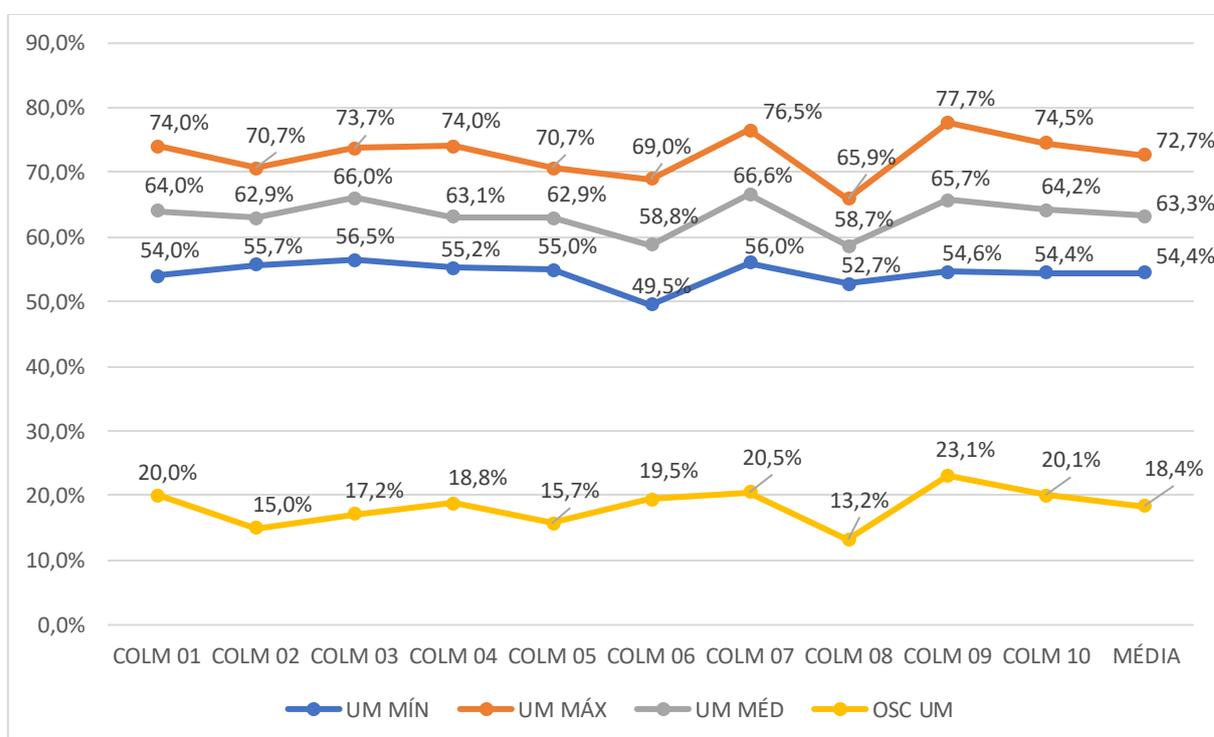
MÉDIAS DAS UMIDADES MÍNIMA, MÁXIMA, MÉDIA E OSCILAÇÃO ENTRE UMIDADE MÍNIMA E MÁXIMA DAS COLMEIAS 01 A 10 EM 6 MESES (OUT/2021 A MAR/2022).					
	Colmeia 01	Colmeia 02	Colmeia 03	Colmeia 04	Colmeia 05
UM MÍNIMA	54,0%	55,7%	56,5%	55,2%	55,0%
UM MÁXIMA	74,0%	70,7%	73,7%	74,0%	70,7%
UM MÉDIA	64,0%	62,9%	66,0%	63,1%	62,9%
OSCILAÇÃO DA UM	20,0%	15,0%	17,2%	18,8%	15,7%
	Colmeia 06	Colmeia 07	Colmeia 08	Colmeia 09	Colmeia 10
UM MÍNIMA	49,5%	56,0%	52,7%	54,6%	54,4%
UM MÁXIMA	69,0%	76,5%	65,9%	77,7%	74,5%
UM MÉDIA	58,8%	66,6%	58,7%	65,7%	64,2%
OSCILAÇÃO DA UM	19,5%	20,5%	13,2%	23,1%	20,1%

**Fonte:** Autor (2022)

O Gráfico a 71 a seguir, retrata as médias de umidade mínima, máxima, média e a oscilação de umidade, calculadas para cada uma das dez colmeias, com dados dos seis meses pesquisados, assim como as respectivas médias elaboradas com dados conjuntos das dez colmeias, que são apresentados como limites de umidades da zona de conforto térmico no ninho da *Apis mellifera L.*, propostos a partir dessa pesquisa, que acompanhou temperatura e umidade no interior das dez colmeias, minuto a minuto, durante três meses do período seco (outubro a dezembro de 2021) e três meses do período com muita incidência de chuvas (janeiro a março de 2022).

Como resultado desse estudo, apresentam-se os limites de umidades da zona de conforto térmico no interior da colmeia de *Apis mellifera L.*, como sendo 54,4 a 72,7 %, tendo como umidade média 63,3 % e oscilação da umidade de 18,4 %.

Registra-se que em relação aos limites máximo de umidade no interior de colmeias de *Apis mellifera*, os dados encontrados a partir dessa longa e complexa pesquisa, são inéditos, pois nas pesquisas bibliográficas realizadas não foi possível encontrar dados conclusivos a esse respeito.



**Gráfico 71 - Médias de umidade mínima, máxima, média e a oscilação de umidade, com dados dos seis meses pesquisados, das 10 colmeias para determinação da zona de conforto térmico no ninho da *Apis mellifera L.***

Fonte: Autor (2022)

#### 4.8.3 Da Aplicação de Análises e testes de Estatística Experimental

Após proceder à análise estatística descritiva dos dados coletados pela Plataforma de microcontroladores e tabulados, passa-se à aplicação da Análise de Variância (ANAVA) para verificar se há diferença significativa nos tratamentos utilizados e, nos casos constatados, à aplicação do teste de Tukey para identificar quais diferenças.

##### 4.8.3.1 Análise de Variância (ANAVA) e teste Tukey para 12 tratamentos com 6 repetições

Foi realizada Análise de Variância – ANAVA, com 12 tratamentos e 6 repetições no que tange à variável temperatura. Os tratamentos 1 a 10 são colmeias povoadas com abelhas *Apis mellifera L.*, o tratamento 11 é uma colmeia não povoada por essas abelhas, denominada de colmeia testemunha e o tratamento 12 é referente à temperatura registrada no ambiente do Apiário.

Conforme resultados da referida análise, disposta no anexo desta tese, com resumo dos dados constantes na Tabela 44 a seguir, a análise foi significativa para os tratamentos e não significativa para as repetições. O coeficiente de variação (CV) foi de 3,98 %, a média geral de 33,41 e a Diferença mínima significativa de 2,61.

**Tabela 44 – Análise de variância e teste Tukey para 12 tratamentos com 6 repetições (temperatura e umidade).**

APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA E DO TESTE TUKEY PARA 12 TRATAMENTOS, COM 6 REPETIÇÕES (TEMPERATURA E UMIDADE)		
COLMEIAS	TEMPERATURA (°C)	UMIDADE (%)
T1	33,81 a	64,00 a
T2	34,40 a	62,85 a
T3	34,83 a	66,03 a
T4	34,88 a	63,15 a
T5	34,86 a	62,88 a
T6	34,13 a	58,71 a
T7	33,60 a	66,55 a
T8	33,65 a	58,68 a
T9	32,83 a	55,12 a
T10	34,88 a	64,16 a
T11	28,83 b	61,20 a
T AMB	30,20 b	60,83 a
CV	3,98	16,83

DMS	2,61	20,56
-----	------	-------

Fonte: Autor (2022)

De acordo com a Tabela 44, o teste Tukey aplicado para FV tratamentos não indicou diferença significativa para os tratamentos 1 a 10 (colmeias povoadas), pois todos apresentaram “a”, indicando igualdade, mas apontou significância de diferença nos tratamentos T11 (colmeia testemunha) e TAMB (tratamento ambiente), que aparecem com a letra “b”.

Esses resultados corroboram a tese já defendida na literatura e reforçada nessa pesquisa, de que a *Apis mellifera* promove a termorregulação em seu ninho, mantendo estreita amplitude térmica, entre 32,9 a 35,5°C, o que levou à diferença desses tratamentos em relação ao da temperatura em colmeia sem abelhas e à temperatura ambiente, pois em ambos não há ação termorregulatória das abelhas.

De acordo com dados da Embrapa (2007), independentemente da temperatura externa, a área de cria da colmeia é mantida entre 33 e 36°C, ideal para o desenvolvimento das crias.

Mendes et. al. (2016), Rambo, Félix e Silveira (2018) e Domingos (2017) afirmam que a zona de conforto térmico no ninho da *Apis mellifera* está situado entre 33 a 36 °C.

Também foi realizada Análise de Variância – ANAVA, com 12 tratamentos e 6 repetições no que tange à variável umidade. Os tratamentos 1 a 10 são colmeias povoadas com abelhas *Apis mellifera* L., o tratamento 11 é uma colmeia não povoada por essas abelhas, denominada de colmeia testemunha e o tratamento 12 é referente à temperatura registrada no ambiente do Apiário.

De acordo com os resultados dessa análise, disposta no anexo desta tese, com resumo dos dados constantes na tabela 44, a ANAVA não foi significativa para os tratamentos e nem para as repetições. O coeficiente de variação (CV) foi de 16,83 %, a média geral de 62,01 e a Diferença mínima significativa (DMS) de 20,56.

De acordo com a tabela 51, o teste tukey aplicado para FV tratamentos não indicou diferença significativa para os 12 tratamentos, pois todos apresentaram “a”, indicando confirmação da hipótese inicial H0.

Esses resultados apontam que não há diferença significativa entre os tratamentos referentes às colmeias povoadas, à colmeia não povoada e à temperatura ambiente, indicando que a média de umidade registrada embora seja um pouco menor em ambientes sem abelhas, não são em um nível que possa interferir significativamente na termorregulação da colmeia.

Pela análise da terceira coluna da tabela 44 percebe-se que todas as médias de umidades registradas estão dentro dos limites da zona de conforto térmico indicada nessa pesquisa, que é de 54,4 % a 72,7 %.

#### 4.8.3.2 Análise de Variância (ANAVA) para verificação de diferença entre colheitas, com dois tratamentos e cinco variáveis

A Análise de Variância – ANAVA foi realizada com dois tratamentos (colheitas 01 e 02), ambas com cinco variáveis, quais sejam, temperatura (°C), umidade (%), velocidade do vento (km/h), radiação UV (mW/cm<sup>2</sup>) e produtividade (kg). A colheita 01 (tratamento 1) foi realizada no dia 18 de fevereiro de 2022, já a colheita 02 (tratamento 2), foi feita no dia 28 de maio de 2022. Os dados das variáveis analisadas, com exceção da produtividade, foram coletados nos dias seguintes às colheitas, quando as abelhas não estavam mais sob o estresse provocado pela operação de colheita.

Conforme resultados dos testes da referida análise, dispostos no anexo desta tese, cujo resumo dos dados constam na Tabela 45 à frente, a análise não foi significativamente diferente para as variáveis temperatura (°C), umidade (%) e radiação UV (mW/cm<sup>2</sup>), mas apresentou diferença significativa para as variáveis velocidade do vento (km/h) e produtividade (kg), tratamentos e não significativa para as repetições.

**Tabela 45 - Aplicação da análise de variância e do teste Tukey para verificar diferença entre as colheitas 01 e 02.**

APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA E DO TESTE TUKEY PARA VERIFICAR DIFERENÇA ENTRE AS COLHEITAS					
COLHEITAS	TEMPERATURA (°C)	UMIDADE (%)	VELOCIDADE DO VENTO (KM/H)	RADIAÇÃO UV (MW/CM <sup>2</sup> )	PRODUTIVIDADE (KG)
Colheita 01 (18/02/2022)	33,18 a	65,75 a	0,20 b	7,50 a	6,67 a
Colheita 02 (28/05/2022)	33,20 a	66,73 a	0,80 a	7,50 a	5,25 b
CV	2,63	5,35	0,20	2,34	17,17
DMS	0,78	3,18	0,00	0,00	0,91

Fonte: Autor (2022)

Na ANAVA com a varável temperatura (°C), que não apresentou diferença significativa, pois ambos os tratamentos apresentaram o “a”, o coeficiente de variação (CV) foi de 2,63 %, a média geral de 33,19 °C e a Diferença mínima significativa (DMS) de 0,78.

A Análise de Variância com a variável umidade (%), também não apresentou diferença significativa, aparecendo o “a” nos dois tratamentos, teve coeficiente de variação (CV) de 5,35 % média geral de 66,24 % e Diferença mínima significativa (DMS) de 3,18.

As médias gerais dos tratamentos, temperatura 33,19 °C e umidade 66,24 %, estão dentro dos limites da zona de conforto do ninho da colmeia indicados nessa pesquisa, que são 32,9 a 35,5 °C e 54,4 a 72,7 %, respectivamente.

Outra ANAVA que não apresentou diferença significativa entre as médias dos tratamentos foi a realizada com a variável radiação UV (mW/cm<sup>2</sup>), resultando “a” para ambos. Nessa análise o coeficiente de variação (CV) foi 2,34 % média geral de 7,50 mW/cm<sup>2</sup>, e Diferença mínima significativa (DMS) de 0,00 %.

As observações feitas ao longo de toda pesquisa, referentes aos dados de radiação UV já apontavam também pela sua mínima variação.

Quanto à Análise de Variância referente às médias dos tratamentos para a variável velocidade do vento (km/h), e à realização do teste Tukey, tem-se a comprovação de que as médias são significativamente diferentes, de forma que no período relacionado à colheita 01 (fevereiro), o vento foi menos presente resultando na letra “b” e no período da colheita 02 (maio) ventou mais forte, como indica a letra “a” do teste aplicado.

Na referida análise o coeficiente de variação (CV) foi 0,20 %, a média geral de 0,50 km/h e a Diferença mínima significativa (DMS) de 0,00 %.

A última variável testada para os tratamentos foi a produtividade, de forma que houve diferença significativa na média de produção das duas colheitas. O teste Tukey indicou a letra “a” para a colheita 01, apontando maior produção e letra “b” para a colheita 02, que teve menor produção.

Nessa análise, o coeficiente de variação (CV) foi 17,17 %, a média geral de 5,00 km/h e a Diferença Mínima Significativa (DMS) de 0,91 %.

Observa que a colheita 01, que ocorreu com menor incidência de vento resultou em maior produtividade do que a colheita 02 que foi realizada em período com mais vento.

#### 4.8.3.3 Análise de Variância (ANAVA) e Teste Tukey para verificação da diferença entre tratamentos

A Análise de Variância – ANAVA foi realizada com doze tratamentos, sendo os tratamentos 1 a 10 colmeias povoadas, o tratamento 11 a colmeia testemunha (sem abelhas) e

o tratamento 12 a temperatura ambiente, com cinco variáveis, quais sejam, temperatura (°C), umidade (%), velocidade do vento (km/h), radiação UV (mW/cm<sup>2</sup>) e produtividade (kg). Os dados das variáveis analisadas, com exceção da produtividade, foram coletados nos dias seguintes às colheitas 01 e 02, realizadas em 18 de fevereiro de 2022 e 28 de maio de 2022, respectivamente, no momento em que as abelhas não estavam mais sob o estresse provocado pela realização da colheita.

Conforme resultados dos testes da referida análise, dispostos no anexo desta tese, cujo resumo dos dados constam na Tabela 46, as médias da análise não foram significativamente diferentes para as variáveis velocidade do vento (km/h) e radiação UV (mW/cm<sup>2</sup>), mas apresentaram diferenças significativas para as variáveis temperatura (°C), umidade (%) e produtividade (kg).

**Tabela 46 – Anova e teste Tukey para verificação da diferença entre tratamentos no período das colheitas.**

APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA E DO TESTE TUKEY PARA AS COLMEIAS NO PERÍODO DAS COLHEITAS					
COLMEIAS	TEMPERATURA (°C)	UMIDADE (%)	VELOCIDADE DO VENTO (KM/H)	RADIAÇÃO UV (MW/CM <sup>2</sup> )	PRODUTIVIDADE (KG)
T1	34,35 a	62,45 c	0,50 a	7,50 a	5,90 b
T2	34,80 a	64,45 b	0,50 a	7,50 a	8,21 ab
T3	35,05 a	65,00 b	0,50 a	7,50 a	6,91 ab
T4	34,55 a	62,15 c	0,50 a	7,50 a	6,44 ab
T5	35,15 a	62,60 c	0,50 a	7,50 a	5,34 b
T6	35,05 a	61,10 c	0,50 a	7,50 a	9,61 a
T7	34,40 a	64,30 b	0,50 a	7,50 a	4,17 b
T8	33,90 a	62,90 c	0,50 a	7,50 a	1,93 bc
T9	33,50 a	69,30 b	0,50 a	7,50 a	4,47 b
T10	34,85 a	60,65 c	0,50 a	7,50 a	7,04 ab
T11	26,35 b	78,55 ab	0,50 a	7,50 a	0,00 c
T AMB	26,40 b	80,50 a	0,50 a	7,50 a	0,00 c
CV	2,63	5,35	0,20	2,34	21,64
DMS	3,52	14,32	0,00	0,00	4,37

Fonte: Autor (2022)

De acordo com a tabela 46, o teste Tukey aplicado para FV tratamentos não indicou diferença significativa para os tratamentos 1 a 10 (colmeias povoadas), pois todos apresentaram a letra “a”, indicando que as médias não diferiram significativamente, mas apontou serem diferentes as médias dos tratamentos T11 (colmeia testemunha) e T AMB (tratamento ambiente), que apresentaram a letra “b”.

Esses resultados reforçam a corroboração da tese já defendida na literatura e reforçada nessa pesquisa, de que a *Apis mellifera* promove a termorregulação em seu ninho, mantendo

estreita amplitude térmica, entre 32,9 a 35,5°C, o que levou à diferença desses tratamentos em relação ao da temperatura em colmeia sem abelhas e à temperatura ambiente, que não contam com a ação termorregulatória das abelhas.

Nessa análise, o coeficiente de variação (CV) foi 2,63 %, a média geral de 33,19 °C e a Diferença mínima significativa (DMS) de 3,52 %.

A Análise de Variância e o teste Tukey aplicados às médias de umidade (%) dos doze tratamentos, dispostas na coluna 3 da tabela 53, apontam diferenças significativas nas médias desses tratamentos. O tratamento TABM (temperatura ambiente) indicado pela letra “a”, contém a maior média de umidade, 80,50 a, já o tratamento 11 (T11), referente à colmeia testemunha, que também não conta com a ação termorregulatória das abelhas, apresenta uma média menor que a do ambiente, porém maior que as médias das colmeias povoadas, por isso indicada pelas letras “ab”, 78,55 ab.

No que se referem às médias das colmeias povoadas, essas aparecem indicadas de duas formas, as com maior umidade pela letra “b”, tratamentos T2 (64,45 b), T3 (65,00 b), T7 (64,30 b) e T9 (69,30 b) e as médias com menor umidades pela letra “c”, tratamentos T1 (62,45 c), T4 (62,15 c), T5 (62,60 c), T6 (61,10 c), T8 (62,90 c) e T10 (60,65 c).

Cumpre destacar que as médias de todas as colmeias povoadas estão dentro dos limites da zona de conforto térmico no ninho da colônia, que é de 54,4 a 72,7 %, diferente dos tratamentos T11 (colmeia testemunha) e TAMB (temperatura ambiente), que estão acima da zona de conforto térmico.

Para a variável umidade, o o coeficiente de variação (CV) foi de 5,35 %, a média geral de 66,24 % e a Diferença mínima significativa de 14,32 %.

A ANOVA aplicada para verificar se há diferença entre as médias dos tratamentos, no que tange às variáveis velocidade do vento (km/h) e radiação UV (mW/ cm<sup>2</sup>), mostrou não haver diferença significativa, o que era esperado devido todos os tratamentos receberem praticamente a mesma incidência de vento e de radiação ultravioleta, pois estão localizados em áreas bem próximas.

Para a variável, velocidade do vento (km/h), o coeficiente de variação (CV) foi de 0,20 %, a média geral de 0,50 km/h e a Diferença mínima significativa de 0,00 %, já em relação à radiação UV (mW/ cm<sup>2</sup>), o coeficiente de variação (CV) foi de 2,34 %, a média geral de 7,50 km/h e a Diferença mínima significativa de 0,00 %,

Por fim, tem-se os resultados da Análise de Variância e do Teste Tukey para as médias dos tratamentos no que se refere à produtividade. As diferenças significativas encontradas entre as médias de produtividade das colmeias povoadas são indicadas de três formas, 1) colônia que

mais produziu, T6 (9,61 a), por isso foi indicada pela letra “a”, 2) colônias que menos produziram, T1 (5,90 b), T5 (5,34 b), T7 (4,17 b) e T9 (4,47 b) e, 3) colônias que não produziram tanto quanto a indicada pela letra “a”, mas que produziram mais do que as indicadas pela letra “b”, por isso indicadas pelas letras “ab”.

Tem-se ainda os tratamentos T11 (colmeia testemunha) e TAMB (temperatura ambiente), que não possuem abelhas para produzir mel, indicadas pela letra “c”, e por isso resultaram em produtividade (0,00 c).

No que tange à variável produtividade, o coeficiente de variação (CV) foi de 21,64 %, a média geral de 5,00 kg e a Diferença mínima significativa de 4,37 %.

#### 4 CONCLUSÕES

Os limites da zona de conforto térmico no interior da colmeia de *Apis mellifera L.*, identificados nessa pesquisa, com análise de dados registrados em seis meses, de outubro a dezembro de 2021 e janeiro a março de 2022, foram 32,9 a 35,5 °C, tendo como temperatura ideal 34,3 °C e oscilação da temperatura de 2,7 °C.

Esse estudo também classificou os limites de umidades da zona de conforto térmico no interior da colmeia de *Apis mellifera L.*, como sendo 54,4 a 72,7 %, tendo como umidade média 63,3 % e oscilação da umidade de 18,4 %.

Em uma colmeia sem abelhas para promover a termorregulação, as médias do semestre obtidas foram: temperatura mínima, 24,4 °C; temperatura máxima, 36,0 °C; temperatura média, 28,8 °C e; oscilação da temperatura, 11,6 °C.

Da mesma forma, foram aferidas as médias de umidade no semestre, em uma colmeia não povoada, quais sejam, umidade mínima, 54,8 %; umidade máxima, 68,5 %; umidade média, 61,2 % e; oscilação da umidade, 13,6 %.

No que tange à temperatura e à umidade no ambiente do Apiário, essas também tiveram suas médias aferidas no semestre da pesquisa (outubro de 2021 a março de 2022). As médias semestrais obtidas no ambiente do apiário foram: temperatura mínima, 23,1 °C; temperatura máxima, 42,5 °C; temperatura média, 30,2 °C e; oscilação da temperatura, 19,3 °C.

Já as médias de umidade no ambiente do Apiário, no mesmo período foram: umidade mínima, 36,3 %; umidade máxima, 85,5 %; umidade média, 60,8 % e; oscilação da umidade, 47,5 %.

A pesquisa permitiu concluir que as colônias fortes conseguem manter seu ambiente adequadamente termoregulado durante as vinte e quatro horas do dia, mas que as colônias

fracas só conseguem manter boa termorregulação nas colmeias no período de 10:00 às 23:00 horas.

Os dados da pesquisa enfraqueceram a tese de que a alta temperatura constitui um problema enfrentado pelas abelhas na termorregulação, e aponta um problema até então pouco pesquisado que é o relacionado a baixas temperaturas dificultando a termorregulação pela *Apis mellifera* L.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sensores DHT 21 (temperatura e umidade) resistiram ao ambiente quente e úmido do interior da colmeia e depois de treze meses de utilização, continuam funcionando normalmente, o que indica que sua vida útil é superior a um ano.

O monitoramento de temperaturas na colmeia, pelo acesso aos dados enviados ao servidor na nuvem pela plataforma IOT, acessados no celular, permitiu identificar as colmeias fracas e possibilitar tomadas de decisão, como providenciar alimentação e realizar manejo permutando quadro entre colmeias fracas e fortes, que evitaram a perda de colônias.

A Plataforma também possibilita identificar possíveis ataques de insetos à colmeia, pois, por exemplo, quando a colônia está sendo atacada por formigas, a temperatura no ninho fica muito elevada, próxima aos 40 °C.

## 6 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Reposicionamento de colmeias conforme a direção do vento para evitar o resfriamento do ninho e facilitar a termorregulação.

Mecanismos para auxiliar a termorregulação pela *Apis mellifera* no período de 00:00 às 10:00 horas.

Desenvolvimento de Plataforma Web gratuita para ser utilizada por pequenos Apicultores.

## 7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. F.; GONÇALVES, L.S. **Fatores que interferem no comportamento enxameatório de abelhas africanizadas**. (Tese de Doutorado) Doutorado em Ciências da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.

ANDRADE, J. R; MARACAJÁ, P. B; MEDEIROS, A. C. **Dicionário de Apicultura**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) da Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2017.

ÁVILA, A. M; REYES, O. A .M. **Módulo de Monitorio Apícola**. Graduação em Engenharia Elétrica da Universidad Nacional de Colômbia, 2012.

BALBINO, V. A.; BINOTTO, E.; SIQUEIRA, E. E. **Apicultura e responsabilidade Social: Desafios da Produção e Dificuldades em adotar Práticas Social e Ambientalmente Responsáveis**. Doi.org/10.1590/1413-2311.0442013.44185. Revista Eletrônica de Administração. ISSN 1413-2311(Versão online read)/Porto Alegre-Edição 81-Nº 2, agosto 2015, p. 348-377.

BARROS, C. B. de; KADRI, S. M; KALUSKI, R; ORSI, R.O. **Histórico das Abelhas *Apis mellifera L.* no Brasil e a influência do Promotor L (Suplemento aminoácido vitamínico) em áreas de cria e reserva de alimento**. 5ª Jornada Científica e Tecnológica FATEC de Botucatu, 24 a 27 de outubro de 2016, Botucatu, São Paulo. 2016.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilada.htm). Acessado em: 28/12/18.

BRASIL. **Emenda Constitucional nº 85, de 26 de fevereiro de 2015**. Altera e adiciona dispositivos na Constituição Federal para atualizar o tratamento das atividades de ciência, tecnologia e inovação. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/emendas/emc/emc85.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc85.htm). Acessado em: 02/12/20.

CLARKE, K.E. et al. **The Africanization of honeybees (*Apis mellifera L.*) of the Yucatan: a study of a massive hybridization event across time**. Sydney: Evolution, v. 56, p.1462-1474, 2002.

COSTA, D. S. **Medida da Banda de Frequências Audível pelas Abelhas do Mel**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Industrial) da Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Bragança, 2017.

DANIEL, C. B. B. et al. **HISTÓRICO AS ABELHAS *Apis mellifera L.* NO BRASIL E A INFLUÊNCIA DO PROMOTOR L (SUPLEMENTO AMINOÁCIDO VITAMÍNICO) EM ÁREAS DE CRIA E RESERVA DE ALIMENTO**. 5ª Jornada Científica e Tecnológica da FATEC de Botucatu 24 a 27 de outubro de 2016, Botucatu-São Paulo, Brasil. ISSN 2318-535x. Disponível em: <http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/VJTC/VJTC/paper/viewFile/686/1001>. Acesso em 21 jul. 2020.

DOMINGOS, H. T. **Controle de temperatura pelas abelhas africanizadas (*Apis mellifera L.*) em colmeias sob condições de sol e sombra no Semiárido Nordestino**. 2017. 90 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/tede/796>. Acesso em 07 set. 2020.

DUTRA, T. F. S; DANTAS, R. R. **Beehiveior – Sistema de Monitoramento e controle de Colmeias de Produção Apícola.** (Dissertação de Mestrado) Mestrado Profissional em Engenharia de Software do Instituto Metrópole Digital da Universidade Federal do Estado do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Criação de Abelhas: apicultura.** Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Meio Norte. Brasília, DF, 113p, 2007.

FONSECA, V. L. I. et al. **O Desaparecimento das Abelhas Melíferas (*Apis mellifera*) e As Perspectivas do Uso de Abelhas Não Melíferas na Polinização.** In: Semana dos Polinizadores, 3., 2012, Petrolina. Palestras e Resumos. Petrolina: Embrapa, Semiárido, 2012. Disponível em: <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22FONSECA,%20V.%20L.%20I.%22>. Acesso em 05 set. 2020.

FREITAS, B. M. **Conservação e propagação das espécies vegetais apícolas nativas do Nordeste brasileiro.** In: SEMINÁRIO NORDESTINO DE PECUÁRIA, 7., 2003, Fortaleza. Anais... Fortaleza: PEC-NORDESTE, 2003. p. 22-36.

GONÇALVES, L. S; DOMINGOS, H. G. T. D. **Termorregulação de abelhas com ênfase em *Apis mellifera*.** Acta Veterinária Basílica, v.8, n.3, p. 151-154, 2014.

HACHOUCHE, A. S. **Apostila Arduino Básico V 1.0 Eletrogate.** Disponível em: [https://www.academia.edu/40134789/Apostila\\_Arduino\\_Basico\\_V1\\_0\\_Eletrogate](https://www.academia.edu/40134789/Apostila_Arduino_Basico_V1_0_Eletrogate). Acessado em: 17/12/18.

HOLANDA NETO, J. P. de. et al. **Comportamento de Abelhas Africanizadas em Apiários durante a entressafra, na região do Alto Oeste Potiguar, Brasil.** Revista Agropecuária Científica do semiárido – ACSA, ISSN 1808-6845, V.11, n.2, p. 77-85, abr-jun, 2015. Patos, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1022908/comportamento-de-abandono-de-abelhas-africanizadas-em-apiarios-durante-a-entressafra-na-regiao-do-alto-oeste-potiguar-brasil>. Acesso em 04 set. 2020.

HORTO BOTÂNICO. ***Apis mellifera*.** Disponível em: <http://museunacional.ufrrj.br/hortobotanico/abelhas/apismellifera.html>. Acesso em 21 jul. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2010. **Censo 2010.** Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acessado em: 15/12/18.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Conheça Cidades e estados do Brasil.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acessado em: 15/12/18.

INATEL. Instituto Nacional de Telecomunicações. **Arduino: Automatização da Coleta de Dados na Irrigação.** Brasília, 2012.

JESUS, A. M. de. et al. **Engenharia em Foco.** Brazilian Journals Publicações de Periódicos e Editora. São José dos Pinhais, 2021.

LOPES, M. T. do R. et al. **Alternativas de Sombreamento para Apiários**. Pesquisa Agropecuária Tropical, Vol. 41, n. 3, Goiânia, jul/set. 2011, versão online, ISSN 1983-4063. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-40632011000300008](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-40632011000300008). Acesso em 07 set. 2020.

LOPES, M. T. do R. et al. **Avaliação de espécies arbóreas para o sombreamento de apiários**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 81).

McROBERTS, M. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec, 2011.

MELO, A. S. et al. **Mapeamento de Apiários no município de Bahia da Traição**. XV Encontro Latino Americano de Iniciação Cultural e XI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. Universidade do Vale do Paraíba. Disponível em: [http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2011/anaais/arquivos/RE\\_0117\\_0771\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2011/anaais/arquivos/RE_0117_0771_01.pdf). Acessado em: 30/12/2018.

MELO, J. L. G; BARANIUK, J. **Mini Curso: Arduino**. Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Paraná, 2012.

MENDES, J. V. Q. et al. **Ambiência interna em colônias de Abelhas *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) cobertas com materiais recicláveis em região semiárida**. II Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido (II CONIDIS). Campina Grande, Paraíba. V. 1, 2017, ISSN 2526 – 186X. Novembro de 2017.

MESQUITA, A.R. et al. **BeeFresh: Ferramenta de Monitoramento de Temperatura com IoT para Colmeias de Abelhas Meliponas**. Brazilian Journal of Development. Curitiba v. 6, n. 7, p.52724-52740, jul. 2020.

NOGUEIRA-COUTO, R.H.; COUTO, L.A. **Apicultura: manejo e produtos**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 193p.

OLIVEIRA, M. L.; CUNHA, J.A. **Abelhas africanizadas *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera: Apidae: Apinae) exploram recursos na floresta amazônica?**. *Acta Amaz.* vol.35 no.3 Manaus July/Sept. 2005. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0044-59672005000300013](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672005000300013). Acesso em 21 jul. 2020.

PIRES, C. S. S. et al. **Enfraquecimento e Perda de Colônias de Abelhas no Brasil: há casos de CCD?** *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 51, n.5, p. 422-442, maio 2016. Doi: 10.1590/S0100-204X2016000500003. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v51n5/1678-3921-pab-51-05-00422.pdf>. Acesso em 23 jul.2020. Acesso em 23 jul. 2020.

PONCIANO, N. J. et al. **Caracterização do Nível Tecnológico dos Apicultores do Estado do Rio de Janeiro**. Revista de economia e sociologia rural versão impressa ISSN 0103-2003 vol. 51, n. 3, Brasília, jul/set. 2013. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-20032013000300005](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032013000300005). Acesso em 07 set. 2020.

RAMBO, J.M.C.; FÉLIX, W. E.C.; SILVEIRA, R.K. **Avaliação da Temperatura Interna de Colmeias de Abelhas Apis melífera durante o inverno na região do Vale do Guaporé.** 55ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia – ISSN: 2358 – 2030, 28º Congresso Brasileiro de Zootecnia – ISSN: 1983 - 4357, Goiânia, 27 a 30 de agosto de 2018.

SANTOS, C. S; RIBEIRO. A. S. **Apicultura uma alternativa na busca do Desenvolvimento Sustentável.** Revista Verde (Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil). V.4, n.3, p. 01 06- julho/setembro de 2009.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Boletim Setorial do Agronegócio: Apicultura.** Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/boletim-apicultura.pdf>. Acessado em 18 ago. 2019.

SOARES, E. A. et al. **Caixas de abelha a base de argamassa com resíduos de calçados (EVA): Avaliação do comportamento térmico.** Artigo Científico publicado no VII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande. PIBIC/CNPQ/UFCG-2010. Disponível em: <https://prpg.ufcg.edu.br/anais/2010/cav/resumos/ciencias%20agrarias%20e%20da%20vida/ENGENHARIA%20AGRICOLA/ELVIS%20ANDRADE%20SOARES-CTR.N.pdf>. Acesso em 06 set. 2020.

WIESE, H. **Apicultura novos tempos.** Ed. Agropecuária Ltda., p. 19, 378 p. 2000.

WOLF, L.F. **Alimentação de enxames em apicultura sustentável.** Pelotas: Circular Técnica nº 63, 2007. Disponível em: [http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/circulares/Circular\\_63.pdf](http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/circulares/Circular_63.pdf). Acesso em: 15 de setembro de 2016.

OLIVEIRA, R.R; MOREIRA, M.V.B; LIMA, P. M. **Uso do Microcontrolador ESP8266 para automação residencial.** Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopolil0019583.pdf>. Acesso em 12 set. 2021.

PEIXOTO, J. A. **NodeMCU: do pisca led à internet das coisas.** 1 Edição, ISBN: 978-65-86105-23-0, Porto Alegre, UERGS, 2021. Disponível em: <https://www.uergs.edu.br/upload/arquivos/202108/02120550-livro-esp8266-nodemcu-do-pisca-led-a-internet-das-coisas.pdf>. Acesso em 24 jul.2022.

## **APÊNDICE – ARTIGO SOBRE ANÁLISE ECONÔMICA DA PLATAFORMA**

### **ANÁLISE ECONÔMICA DE PLATAFORMA PARA AVALIAÇÃO DA AMBIÊNCIA APÍCOLA DE PRODUÇÃO DE MEL**

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo analisar os custos de uma Plataforma para avaliar a ambiência apícola de produção de mel e fornecer dados de forma remota para possibilitar o acompanhamento de apiários por meio de endereço eletrônico. Foi verificada a viabilidade econômica de sua utilização pela comparação dos custos com a instalação com a produção deixada de obter devido ao abandono das colmeias, que poderá ser evitado com o manejo feito a partir das informações obtidas pela Plataforma. Os dados que possibilitaram a análise econômica foram obtidos da tese de doutorado intitulada PLATAFORMA DE AVALIAÇÃO DA AMBIÊNCIA APÍCOLA DE PRODUÇÃO DE MEL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande no Estado da Paraíba, pelos mesmos autores deste artigo. Foram analisadas pesquisas sobre abandono de colmeias no semiárido nordestino e nos Estados Unidos e realizado o acompanhamento de dez colmeias monitoradas pela Plataforma no período de outubro de 2021 a setembro de 2022. A análise diferenciou os custos para a instalação da Plataforma dos custos com sua manutenção anual, que foram muito baixo, aumentando a viabilidade do investimento pelos apicultores.

**PALAVRAS-CHAVE:** apicultores. abandono de colmeias. plataforma para monitoramento. produção melífera.

### **ECONOMIC ANALYSIS OF A PLATFORM FOR EVALUATION OF THE APICULTURAL ENVIRONMENT FOR HONEY PRODUCTION**

**ABSTRACT:** This work aimed to analyze the costs of a Platform to evaluate the ambience of an electronic honey production and provide data remotely to monitor apiaries through address. It was based on the viable economic feasibility of the installation with the maintenance of costs, with the installation maintained with costs, which, when executed with the best use, can be of the information by the Platform. The data that made possible a doctoral thesis entitled PLATFORM FOR EVALUATION OF THE APICULTURAL ENVIRONMENT FOR HONEY PRODUCTION IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID, presented to the Graduate Program in Process Engineering at the Federal University of Campina Granda in the State of Paraíba same authors of this article. Research was carried out on abandonment of hives in the northeastern semi-arid region and in the United States and the monitoring of ten hives

monitored from October 2021 to september 2022. The analysis differentiated the platform for installing the Platform from the costs with its annual maintenance, which have greatly increased the viability of investment by beekeepers.

**KEYWORDS:** beekeepers. abandonment of hives. monitoring platform. honey production.

## INTRODUÇÃO

A Apicultura é uma atividade que tem forte potencial como instrumento sustentável. Como atividade secundária na geração de renda, contribui para a permanência na zona rural do pequeno produtor. Devido não demandar degradação de grandes áreas para as instalações dos apiários, que ocupam pequenos espaços e contribuem para a melhoria ambiental de grandes áreas, pela polinização feita pelas abelhas que percorrem grandes áreas.

No campo econômico, de acordo com a Confederação Brasileira de Apicultura (CBA), (BRASIL, 2018), a atividade é responsável por uma produção de 45 a 50 mil toneladas de mel por ano, 53% desse total destinando-se a exportação e 47% ao mercado interno.

De acordo com Pires et al. (2016) a produção de mel no Brasil, no ano de 2013, foi no valor 316 milhões de reais.

No Brasil, que possui grande área territorial, clima adequado e vegetação bem diversificada, fica viável a produção apícola em grande escala, pelo potencial de sua capacidade produtiva (MAGALHÃES, 2010).

Conforme Brito e Cardoso (2019), a apicultura requer a adoção de tecnologias que favoreçam o aumento da produção e mecanismos solidários e de gestão para comercialização de seus produtos. O mapeamento de apiários é fundamental para a produção apícola (MELO et al., 2016).

Vem se tornando perceptível a necessidade de acompanhamento da temperatura no interior das colmeias. Pesquisadores já vêm percebendo a necessidade de mensurar a temperatura das colmeias, como medida capaz de evitar a perda de enxames e impulsionar a produção melífera (RAMBO; FÉLIX; SILVEIRA, 2018).

Apicultores vem enfrentando um sério problema de perda de colônias, ocasionado pelo fenômeno denominado Desordem do Colapso da Colônia (Colony Collapse Disorder – CCD). De acordo com Balbino, Binoto e Siqueira (2015), “só nos Estados Unidos da América, 40%

das colmeias desapareceram” em decorrência principalmente, da dificuldade de termorregulação enfrentada pelas abelhas e não identificada pelo apicultor.

Esse índice de abandono é ainda maior no Brasil. Uma pesquisa realizada com apicultores dos municípios de Pau dos Ferros, Marcelino Vieira, Francisco Dantas e Doutor Severiano, ambos localizados na Região do Alto Oeste Potiguar, Estado do Rio Grande do Norte, Brasil, identificou a taxa média de abandono de colônias de *Apis mellifera* como sendo de 55,53 % (HOLANDA NETO et al, 2015).

Na pesquisa descrita na tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos (PPGEP) da Universidade Federal de Campina Grande, Oliveira Neto, Nascimento e Ferreira (2022) relatam que identificaram os limites da zona de conforto térmico no interior de uma colmeia de *Apis mellifera L.* como sendo de 32,9 a 35,5 °C, tendo como temperatura ideal 34,3 °C e oscilação da temperatura de 2,7 °C.

No referido estudo, Oliveira Neto, Nascimento e Ferreira (2022) desenvolveram uma Plataforma capaz de fornecer em tempo real, com acesso pelo celular com conexão à internet, temperaturas e umidades no ninho das colmeias e no ambiente do apiário, assim como radiação UV e velocidade e direção do vento, possibilitando ao apicultor identificar quando a colônia estiver na eminência de abandonar a colmeia.

Esse estudo, por meio de seus erros e acertos no desenvolvimento da Plataforma, possibilitou uma análise econômica para identificar o valor necessário para montar um sistema desse tipo, bem como a previsão de custos com seu funcionamento, além de possibilitar a sugestão de medidas capazes de evitar danos aos equipamentos utilizados.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O artigo foi elaborado com dados levantados em pesquisa de doutorado realizada no período de outubro de 2021 a setembro de 2022, em Apiário Experimental localizado no Sítio Cachoeira Alta, na zona rural do município de Iguatu-Ce, coordenadas geográficas 6°26'27.79"S e 39°11'13.75"O, com elevação de 284 m (OLIVEIRA NETO; NASCIMENTO; FERREIRA, 2022).

A Plataforma foi alimentada inicialmente com energia foto voltaica (solar) e posteriormente com energia elétrica, de forma a possibilitar duas análises de custos e poder atender a duas realidades distintas.

Para a alimentação com energia solar foi necessário utilizar dois painéis fotovoltaicos de 50W, um controlador de carga Pwm 10 A, 12/24 V – epever Landstar Ls1024E, duas baterias estacionárias 12V – 7ª e 10 m (dez metros) de cabo de energia 6 mm.

Para a situação em que há energia elétrica no local, não haverá custo com a instalação, porém será necessário contabilizar custos mensais com a conta de energia.

Para o funcionamento do sistema é necessário internet no local, o que pode ser feito de duas formas, pela contratação de uma empresa provedora de internet ou pela utilização de dados móveis, tendo em vista que o consumo de internet é bem reduzido.

Para a instalação de uma Plataforma para avaliar dez colmeias será necessário treze módulos Wi-Fi ESP8266 NodeMCU V3 (CH340), treze shield base de alimentação para ESP 8266 NodeMCU, 12 sensores DHT 21 de temperatura/umidade, jumper fio dupont conector para ESP 8266 male female 100 cm, um sensor de radiação ultravioleta modelo ML8511, um anemômetro digital com biruta eletrônico, uma tomada para energia com base para aterramento, um estabilizador, uma fonte chaveada de 10 amperes, um Hub com treze saídas, 100 metros de cabo cat5 e 26 conectores Intelbrás.

O acompanhamento do funcionamento da Plataforma no Apiário Experimental no período de outubro de 2021 a setembro de 2022, mostrou que para evitar gastos com a substituição de módulos Wi-Fi ESP8266 NodeMCU V3 (CH340), de shield base de alimentação para ESP 8266 NodeMCU, e da fonte chaveada de 10 amperes, será necessário revesti-los com tela de fibra de vidro ou com outro material similar, para dessa forma evitar, essencialmente na época chuvosa, o contato de rãs com os circuitos elétricos, conforme Figura 1 a seguir.



**Figura 1 – Esp8266 revestido com tela transparente**

**Fonte:** Autor (2022)

Os sensores DHT 21 (temperatura e umidade), precisam estar revestidos com tela de fibra de vidro, Figura 2, abaixo, para evitar que as abelhas propolizem os sensores e interfiram em seu funcionamento.



**Figura 2 – Sensor DHT 21 revestido com tela de fibra de vidro**  
**Fonte:** Autor (2022)

No caso da utilização de energia elétrica, a instalação do sistema se dá da seguinte forma: o estabilizador é ligado à tomada para ser alimentado, a fonte chaveada de 10 amperes é ligada ao estabilizador, o HUB é ligado à fonte chaveada de 10 amperes e os cabos com os conectores intelbrás em suas extremidades são ligados ao HUB e aos shield base de alimentação para ESP 8266 NodeMCU. Os módulos Wi-Fi ESP8266 NodeMCU V3 encaixados nos shield base de alimentação para ESP 8266 NodeMCU são conectados aos sensores por cabos.

Outro custo necessário é com a contratação de um servidor para receber os dados captados pelos sensores e enviados pelos ESP 8266 NodeMCU via wifi, armazenar e disponibilizar para consulta por aplicativo ou endereço eletrônico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1, contém o orçamento para instalação de energia fotovoltaica para a Plataforma. Sua confecção ocorreu com a utilização da experiência adquirida no desenvolvimento da pesquisa para elaboração da tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande no Estado da Paraíba (OLIVEIRA NETO; MASCIMENTO; FERREIRA, 2022).

**Tabela 1 – Orçamento de energia fotovoltaica para a plataforma.**

<b>ORÇAMENTO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA A PLATAFORMA</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor unit.</b>	<b>Valor tot.</b>
PAINEL FOTOVOLTAICO RESUN 60 W	02	249,00	498,00
CONTROLADOR DE CARREGAMENTO DE BATERIA EPSOLAR	01	58,19	58,19
BATERIA ESTACIONÁRIA 12V 7AH	02	139,90	279,80
CABO FOTOVOLTAICO PARA PAINEL SOLAR	01	115,99	115,99
<b>TOTAL</b>			<b>951,98</b>

Fonte: Autor (2022)

Foi realizada pesquisa de preços pela internet, nos endereços eletrônicos do Mercado Livre, da Energysshop e do Aliexpress, chegando-se ao valor de R\$ 951,98 (novecentos e cinquenta e um reais e noventa e oito centavos), investidos na produção de energia para a Plataforma.

No Mercado Livre foram pesquisados os preços de duas baterias estacionárias 12v 7ah e 10 metros de cabos fotovoltaico para painel solar, Figuras 3 e 4, abaixo.



Novo | 105 vendidos

**Bateria Nobreak 12v 7ah Vrla**

Ups Segurança Alarme Central

R\$ 139<sup>90</sup>

12x sem cartão  
Ative o Mercado Crédito agora e pague em parcelas fixas  
[Ative agora](#)

ou em 12x R\$ 13,56 com cartões de crédito  
[Ver os meios de pagamento](#)

**Frete grátis**  
Saiba os prazos de entrega e as formas de envio.  
[Calcular o prazo de entrega](#)

Estoque disponível

**Figura 3 - Bateria estacionária 12v 7ah**

Fonte: produto.mercadolivre.com.br (2022)



**Cabo Fotovoltaico P/painel Solar 6mm + Mc4 (5mt Preto + 5mt)**

R\$ 115<sup>99</sup>

em 6x R\$ 19<sup>99</sup> sem juros

[Ver os meios de pagamento](#)

**Frete grátis**

Saiba os prazos de entrega e as formas de envio.

[Calcular o prazo de entrega](#)

Estoque disponível

Quantidade: 1 unidade (8 disponíveis)

[Comprar agora](#)

**Figura 4 – Cabo fotovoltaico para painel solar 6 mm**

Fonte: produto.mercadolivre.com.br (2022)

O preço dos painéis fotovoltaicos necessários para a produção de energia foi encontrado no site da empresa Energysshop, Figura 5 a seguir.

Placa Solar entre 50W e 150W /



**PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO RESUN 60W**

5 de 5 ★★★★★ (1) Clique e veja!

• DESTAQUE •  
• LANÇAMENTO •

Marca: **Resun**  
Modelo: 60W  
Disponibilidade: Imediata

De R\$ 279,00  
Por:  
**R\$ 249,00**

ECONOMIZE R\$ 30,00  
R\$ 239,04 à vista com desconto Boletão - Vindi  
ou 4x de R\$ 62,25 Sem juros

**Figura 5 – Pannel solar fotovoltaico Resun 60 W**  
Fonte: energysshop.com.br (2022)

O preço do controlador de carregamento de bateria Epsolar LS1024e 10a epever foi obtido no endereço eletrônico da empresa Aliexpress, Figura 6 abaixo.

Ls1024e 10a 10amps epever controlador de carregamento de bateria epsolar peque no estação de energia solar 12v 24v regulador de trabalho automático  
2 pedidos



**R\$ 58,19** ~~R\$ 65,39~~ -11%

🛒 4x R\$ 14,54 sem juros Saiba Mais >

cor:  


Atual:

Tensão nominal:

Quantidade:  
 Adicional 2% desc. (2 itens ou mais)  
388 itens disponíveis

**Figura 6 – Controlador de carga de bateria**  
Fonte: produto.mercadolivre.com.br (2022)

A instalação e o funcionamento do Sistema gerador de energia fotovoltaica para a Plataforma são bem simples. Os painéis expostos ao sol recebem energia, que pelos cabos

fotovoltaicos passa pelo controlador de carga e é armazenada nas duas baterias estacionárias, conforme demonstrado no esquema da Figura 7.



**Figura 7 – Esquema mostrando geração de energia fotovoltaica para a plataforma**  
Fonte: Autor (2022)

Também há a opção de utilizar energia elétrica, caso haja no local do Apiário, porém a energia fotovoltaica além de proporcionar proteção ambiental, se mostra mais viável, tendo em vista que embora não haja consumo significativo de energia, com a utilização de energia elétrica é preciso pagar a taxa mínima, que é em média R\$ 45,86 (quarente e cinco reais e oitenta e seis centavos), que em um ano importa no investimento de R\$ 550,32 (quinhentos e cinquenta reais e trinta e dois centavos).

Em apenas dois anos, o custo gerado com energia elétrica chega a 1.100,64 (um mil e cem reais e sessenta e quatro centavos), portanto superior ao custo de 951,98 (novecentos e cinquenta e um reais e noventa e oito centavos) necessário para a geração de energia solar, sendo que as baterias têm vida útil de quatro anos e os painéis entre vinte e cinco a trinta anos.

A Tabela 2, contempla o orçamento para a instalação de uma Plataforma para a avaliação da ambiência interna e externa de dez colmeias. Sua elaboração também ocorreu com a utilização da experiência adquirida no desenvolvimento da pesquisa para elaboração da tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande no Estado da Paraíba (OLIVEIRA NETO; MASCIMENTO; FERREIRA, 2022).

**Tabela 2 – Orçamento da plataforma para avaliação de 10 colmeias**

ORÇAMENTO DA PLATAFORMA PARA AVALIAÇÃO DE 10 COLMEIAS			
Descrição	Quantidade	Valor unitário	Valor total
ESTABILIZADOR DE ENERGIA 1000va (600w)	01	126,98	126,98
FONTE CHAVEADA 10ª 12v 120w	01	39,50	39,50
PLACA DE COMPOSITE 10*10 (HUB)	01	22,80	22,80
100 METROS DE CABO CAT 5	01	305,00	305,00
CONECTORES INTELBRÁS	26	3,00	78,00

100 M DE JUMPER FIO DUPONT CONECTOR PARA ESP 8266	01	89,68	89,68
MÓDULO ESP 8266 SEM FIO NODEMCU	13	14,51	188,63
NODEMCU BASE ESP 8266	13	4,87	63,31
DHT21 SENSOR DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA	13	11,52	149,76
SENSOR DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA MODELO ML8511	01	80,00	80,00
ANEMÔMETRO DIGITAL COM BIRUTA ELETRÔNICO	01	400,00	400,00
<b>TOTAL</b>			<b>1.543,66</b>

Fonte: Autor (2022)

Para a realização do orçamento da Plataforma para avaliação da ambiência das colmeias, foi realizada pesquisa de preços pela internet, nos endereços eletrônicos do Mercado Livre, da Amazon e do Aliexpress, totalizando R\$ 1.543,66 (um mil quinhentos e quarenta e três reais e sessenta e seis centavos).

No Mercado Livre foi pesquisado o preço de um Estabilizador de Energia 100va (600w), Figura 8, a seguir.



Novo | 1090 vendidos

**Protetor 1000va (600w)**  
Mono 127v Estabilizador De Energia

★★★★★ (39)

R\$ 126<sup>98</sup>

em 6x R\$ 21<sup>16</sup> sem juros

[Ver os meios de pagamento](#)

**Frete grátis**  
Saiba os prazos de entrega e as formas de envio.  
[Calcular o prazo de entrega](#)

Cor: Preto

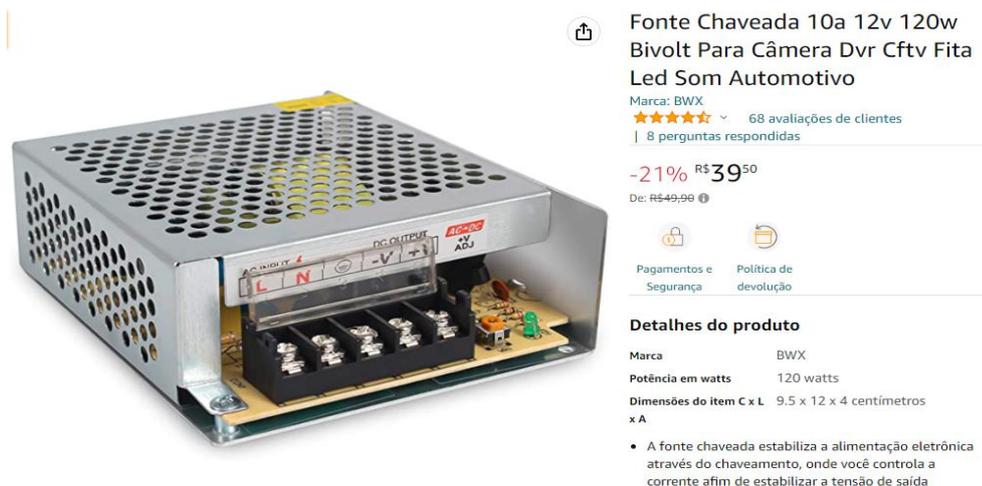
Estoque disponível

Quantidade: 1 unidade (10 disponíveis)

**Figura 8 – Estabilizador de energia 1000va (600)**

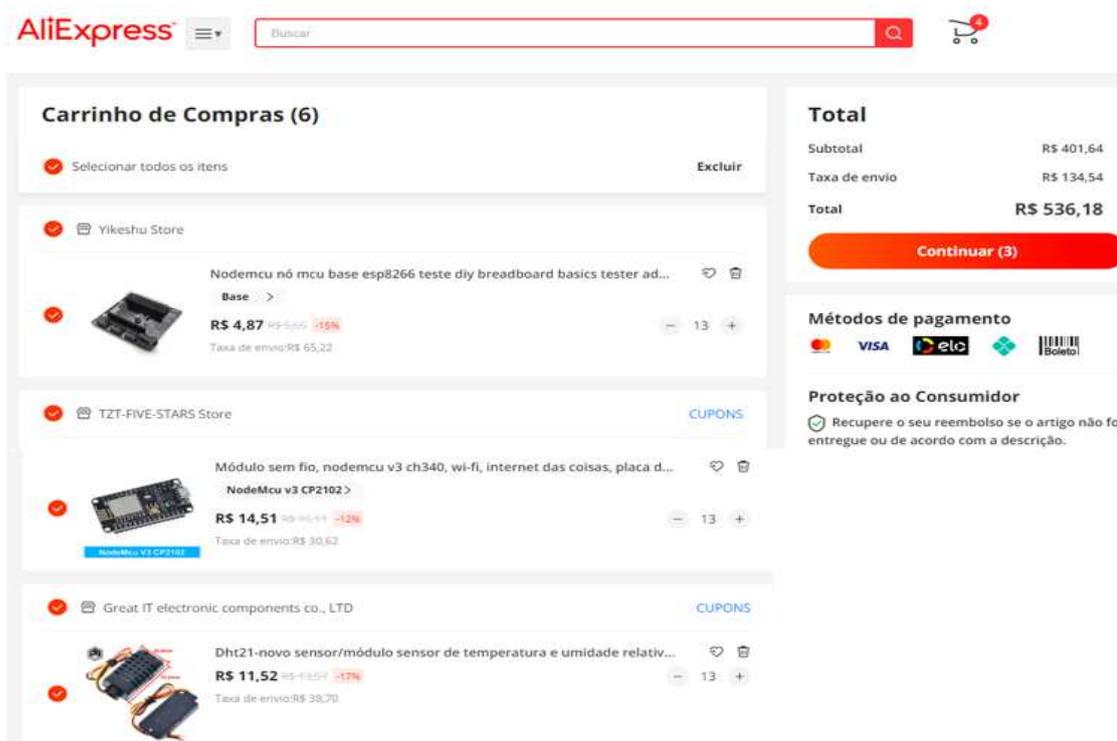
Fonte: produto.mercadolivre.com.br (2022)

Na Amazon foi verificado o preço de uma fonte chaveada 10ª 12v 120 w, Figura 9, abaixo.

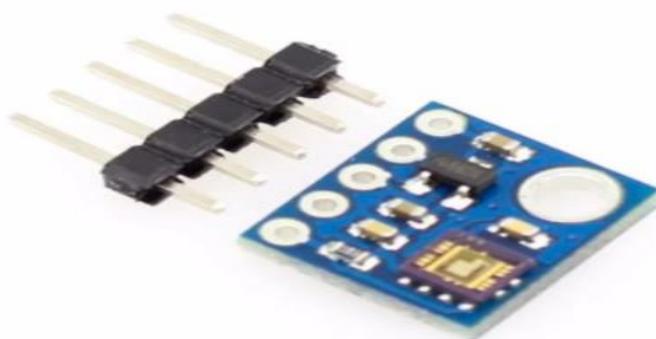


**Figura 09 – FONTE CHAVEADA 10ª 12V 120W**  
Fonte: amazon.com.br (2022)

Os principais equipamentos da plataforma, sensores DHT 21, módulos Wi-Fi ESP8266 NodeMCU, shield base de alimentação para ESP 8266 NodeMCU, anemômetro digital com biruta eletrônico e um sensor de radiação ultravioleta modelo ML8511, Figuras 10, 11 e 12 a seguir, tiveram seus preços pesquisados nos sites Aliexpress e Mercado Livre.

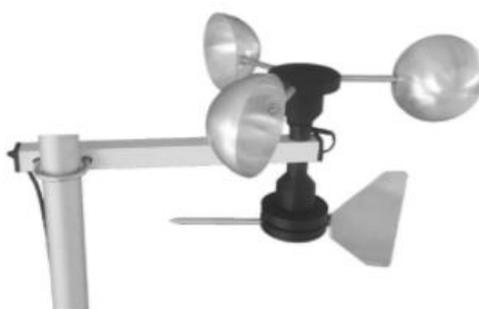


**Figura 10 – Carrinho de compras com 13 sensores dht 21, 13 esp8266 e 13 bases de alimentação nodemcu para esp8266**  
Fonte: aliexpress.com (2022)



**FIGURA 11 - SENSOR DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA MODELO ML8511**

Fonte: [duto.mercadolivre.com.br](https://duto.mercadolivre.com.br) (2022)



**Figura 12 - Anemômetro digital com biruta eletrônico**

Fonte: [duto.mercadolivre.com.br](https://duto.mercadolivre.com.br) (2022)

O investimento necessário para a aquisição dos equipamentos da Plataforma é de R\$ 1.543,66 (um mil quinhentos e quarenta e três reais e sessenta e seis centavos), porém, apenas o acompanhamento de temperatura e umidade no ninho das colmeias, já se mostra suficiente para o apicultor acompanhar seu apiário e saber quando determinada colônia está fraca ou sofrendo ataques, e assim poder interferir para evitar sua perda.

Sem a instalação das estações, que é importante para pesquisa científica, mas dispensável para o acompanhamento da ambiência apícola, o custo será reduzido para R\$ 1.013,38 (um mil e treze reais e trinta e oito centavos).

Na Tabela 3 seguinte, tem-se os custos com a programação dos Hardware e a hospedagem e disponibilização dos dados. Sua elaboração ocorreu com a utilização de dados constantes em orçamento apresentado pelo profissional que desenvolveu a Plataforma Web e os Firmware para os ESP8266, utilizados na pesquisa para o desenvolvimento de tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande no Estado da Paraíba (OLIVEIRA NETO; MASCIMENTO; FERREIRA, 2022).

**Tabela 3 – Orçamento da programação de hardware e hospedagem de dados**

<b>ORÇAMENTO PROGRAMAÇÃO DE HARDWARE E HOSPEDAGEM DE DADOS</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor unitário</b>	<b>Valor total</b>
INSTALAÇÃO DE INTERNET	01	150,00	150,00
SERVIÇO DE INTERNET POR DOZE MESES	12	65,00	760,00
ALUGUEL DE SERVIDOR LINUX COM APACHE INSTALADO	12	155,01	1.860,12
DESENVOLVIMENTO DE FIRMWARE PARA ESP 8266	13	230,76	3.000,00
DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMA WEB	01	5.600,00	5.600,00
<b>TOTAL</b>			<b>11.370,00</b>

Fonte: Autor (2022)

Esse investimento com a programação dos hardwares e com a hospedagem e disponibilização dos dados, tornam inviável o uso da plataforma por pequenos apicultores, no entanto, os gastos com aluguel de servidor, com o desenvolvimento de Firmware e com o desenvolvimento de Plataforma Web, podem ser substituídos por serviços gratuitos do google.

Quanto aos custos com internet, caso haja sinal de alguma operadora de telefone móvel no local, pode ser utilizado um aparelho telefônico conectado à internet para fornecer o sinal, com a utilização de um pacote de dados que pode ser encontrado a partir de 30,00 (trinta reais) mensais, conforme oferta no site da Vivo, Figura 13 a seguir.



**Figura 13 – OFERTA CONSTANTE NO SITE DA OPERADORA VIVO**

Fonte: vivo.com.br (2022)

No que tange ao desenvolvimento de Firmware para ESP8266, esses já foram desenvolvidos na pesquisa aqui referida e podem ser fornecidos aos pequenos apicultores.

A partir dos resultados da pesquisa aqui expostos e analisados, chega-se ao custo do desenvolvimento da Plataforma para avaliação da ambiência apícola de produção de mel, que é de R\$ 13.335,36 (treze mil e trezentos e trinta e cinco reais e trinta e seis centavos).

Embora não seja um valor muito elevado, diante das condições econômicas dos pequenos apicultores, para eles se mostra inviável, porém, com a substituição do provedor de internet pelo uso de internet móvel e com a utilização de serviços gratuitos oferecidos pelo google, fica viável também para esses pequenos produtores.

Um aparelho celular usado, conectado à internet, com um pacote de dados no valor de R\$ 30,00 (trinta reais) mensais, já é suficiente para possibilitar o armazenamento e a disponibilização dos dados da plataforma.

Promovendo essas substituições, o custo total com a plataforma cai de R\$ 13.335,36 (treze mil e trezentos e trinta e cinco reais e trinta e seis centavos) para R\$ 1.995,36 (um mil, novecentos e noventa e cinco reais e trinta e seis centavos).

Diante do novo valor de investimento apresentado, o projeto fica perfeitamente viável para pequenos apicultores, principalmente pelo fato de que a pesquisa que motivou esse trabalho possibilitou o desenvolvimento de uma plataforma com custo de manutenção anual, no primeiro ano, com apenas o valor da internet, de trinta reais mensais, que totaliza R\$ 360,00 (trezentos e sessenta reais) em um ano.

Para corroborar a viabilidade do Sistema de monitoramento, é importante ressaltar que ele evita manejos ordinários e periódicos do apiário, indicando sempre que houver necessidade de manejo, evitando também um grande problema enfrentado pelos apicultores que é a perda de colmeias pelo abandono das abelhas.

De acordo com Holanda Neto et. al., (2015), no Brasil, o índice de abandono de enxames, de acordo com pesquisa realizada em quatro municípios do Estado do Rio Grande do Norte é de 55,53 %.

## **CONCLUSÕES**

A partir da análise econômica da Plataforma para Avaliação da Ambiência Apícola de Produção de mel, verificou-se sua viabilidade, inclusive para pequenos apicultores, essencialmente por tratar-se de um sistema com custo de manutenção praticamente inexistente, qual seja, R\$ 30,00 (trinta reais) mensais com internet, tendo em vista que os demais equipamentos funcionaram um ano sem apresentar problemas.

A exceção é referente à fonte chaveada de 10 amperes e a duas bases de alimentação Nodemcu para ESP 8266, que apresentaram problemas, mas que foram identificados como sendo devido ao contato de rãs com os circuitos das placas e apresentada como solução seu revestimento com tela, conforme Fig. 01, para evitar que novos danos venham a ocorrer.

O investimento com o desenvolvimento da plataforma para pequenos apiários gera um custo de R\$ 1.995,36 (um mil, novecentos e noventa e cinco reais e trinta e seis centavos).

A produção e a comercialização de mel apícola vêm crescendo significativamente no Brasil a cada ano, além de apresentar um potencial de crescimento bastante elevado, devido às condições geográficas do Brasil.

A apicultura é uma atividade complementar desenvolvida por muitos apicultores, que com apenas dez colmeias podem acrescentar em suas rendas anuais aproximadamente R\$ 4.000,00 (quatro mil reais), com dez colmeias produzindo 20 litros de mel por ano cada.

Dessa forma, em apenas um ano, um apiário com dez colmeias, produzindo 200 litros de mel em um ano, no valor de R\$ 4.000,00 (quatro mil reais), paga o investimento de R\$ 1.995,36 (um mil, novecentos e noventa e cinco reais e trinta e seis centavos) e o custo permanente com internet de R\$ 360,00 (trezentos e sessenta reais) no ano, gerando ainda um lucro de R\$ 1.644,64 (um mil seiscentos e quarenta e quatro reais e sessenta e quatro centavos). A partir do segundo ano o custo será apenas de R\$ 360,00 (trezentos e sessenta reais) com internet.

## REFERÊNCIAS

BALBINO, V. A.; BINOTTO, E.; SIQUEIRA, E. E. **Apicultura e responsabilidade Social: Desafios da Produção e Dificuldades em adotar Práticas Social e Ambientalmente Responsáveis**. Doi.org/10.1590/1413-2311.0442013.44185. Revista Eletrônica de Administração. ISSN 1413-2311 (Versão online read)/Porto Alegre-Edição 81-Nº 2, agosto 2015, p. 348-377.

BRASIL. Confederação brasileira de apicultura- CBA. **Realidade e perspectiva do mercado do mel no Brasil**. Disponível em: <http://pecnordeste.faec.org.br/2018/wpcontent/uploads/2018/07/Realidade-e-Perspectiva-do-Mercado-de-Mel-no-Brasil.pdf>. Acessado em: 11/03/2020.

HOLANDA NETO, J. P. de. et al. **Comportamento de Abelhas Africanizadas em Apiários durante a entressafra, na região do Alto Oeste Potiguar, Brasil**. Revista Agropecuária Científica do semiárido – ACSA, ISSN 1808-6845, V.11, n.2, p. 77-85, abr-jun, 2015. Patos, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1022908/comportamento-de-abandono-de-abelhas-africanizadas-em-apiarios-durante-a-entressafra-na-regiao-do-alto-oeste-potiguar-brasil>. Acesso em 04 set. 2020.

MAGALHÃES, E.O. **Apicultura alternativa de Geração de Emprego e renda**. Disponível em: Acessado em: 30/01/2020.

MELO, A. S. et al. **Mapeamento de Apiários no município de Bahia da Traição**. XV Encontro Latino Americano de Iniciação Cultural e XI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. Universidade do Vale do Paraíba. Disponível em: [http://www.inicep.g.univap.br/cd/INIC\\_2011/anais/arquivos/RE\\_0117\\_0771\\_01.pdf](http://www.inicep.g.univap.br/cd/INIC_2011/anais/arquivos/RE_0117_0771_01.pdf). Acessado em: 30/12/2020.

OLIVEIRA NETO, J. N.; NASCIMENTO, J. W.B.; FERREIRA, A. C. **Plataforma de Avaliação da Ambiência Apícola de Produção de Mel no Semiárido Brasileiro**. (Tese de Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2022.

PIRES, C. S. S. et al. **Enfraquecimento e Perda de Colônias de Abelhas no Brasil: há casos de CCD?** Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 51, n.5, p. 422-442, maio 2016. Doi: 10.1590/S0100-204X2016000500003. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v51n5/1678-3921-pab-51-05-00422.pdf>. Acesso em 23 jul.2020. Acesso em 23 jul. 2020.

RAMBO, J.M.C.; FÉLIX, W. E.C.; SILVEIRA, R.K. **Avaliação da Temperatura Interna de Colmeias de Abelhas Apis melífera durante o inverno na região do Vale do Guaporé**. 55ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia – ISSN: 2358 – 2030, 28º Congresso Brasileiro de Zootecnia – ISSN: 1983 - 4357, Goiânia, 27 a 30 de agosto de 2018.

## ANEXO – APLICAÇÃO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA E DO TESTE TUKEY

-----  
 Variável analisada: TEMPERATUR

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )  
 -----

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	11	251.004444	22.818586	12.925	**
REPETI__O	5	7.327778	1.465556	0.830	ns
erro	55	97.098889	1.765434		
Total corrigido	71	355.431111			
CV (%) =	3.98				
Média geral:	33.4111111	Número de observações:	72		

-----  
 Teste Tukey para a FV TRATAMENTO  
 -----

DMS: 2,6182028870572 NMS: 0,05  
 -----

Média harmonica do número de repetições (r): 6  
 Erro padrão: 0,542438067652941

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
T11	28.833333	b
TAMB	30.200000	b
T9	32.833333	a
T7	33.600000	a
T8	33.650000	a
T1	33.816667	a
T6	34.133333	a
T2	34.400000	a
T3	34.833333	a
T5	34.866667	a
T4	34.883333	a
T10	34.883333	a

Variável analisada: UMIDADE

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	11	717.343217	65.213020	0.599	ns
REPETI__O	5	2704.662917	540.932583	4.965	ns
erro	55	5991.815417	108.942098		
Total corrigido	71	9413.821550			
CV (%) =	16.83				
Média geral:	62.0158333	Número de observações:	72		

Teste Tukey para a FV TRATAMENTO

DMS: 20,5672099001904 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 6  
 Erro padrão: 4,26110506959655

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
T9	55.123333	a
T8	58.683333	a
T6	58.716667	a
TAMB	60.833333	a
T11	61.200000	a
T2	62.850000	a
T5	62.883333	a
T4	63.150000	a
T1	64.000000	a
T10	64.166667	a
T3	66.033333	a
T7	66.550000	a

-----  
 Variável analisada: TEMPERATUR

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )  
 -----

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
COLHEITAS	1	0.003750	0.003750	0.005	NS
COLMEIAS_erro	11	228.514583	20.774053	27.298	**
	11	8.371250	0.761023		
Total corrigido	23	236.889583			
CV (%) =	2.63				
Média geral:	33.1958333	Número de observações:		24	

-----  
 Teste Tukey para a FV COLHEITAS  
 -----

DMS: 0,783863424483473 NMS: 0,05  
 -----

Média harmonica do número de repetições (r): 12  
 Erro padrão: 0,251830420334916  
 -----

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
COLHEITA 1	33.183333	a
COLHEITA 2	33.208333	a

-----  
 Teste Tukey para a FV COLMEIAS\_  
 -----

DMS: 3,52556912285963 NMS: 0,05  
 -----

Média harmonica do número de repetições (r): 2  
 Erro padrão: 0,616856031531154  
 -----

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
T11 COLHEITA	26.350000	b
T AMB COLHEITA	26.400000	b
T9 COLHEITA	33.500000	a
T8 COLHEITA	33.900000	a
T1 COLHEITA	34.350000	a
T7 COLHEITA	34.400000	a
T4 COLHEITA	34.550000	a
T2 COLHEITA	34.800000	a
T10 COLHEITA	34.850000	a
T6 COLHEITA	35.050000	a
T3 COLHEITA	35.050000	a
T5 COLHEITA	35.150000	a

Variável analisada: UMIDADE

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
COLHEITAS	1	5.703750	5.703750	0.454	ns
COLMEIAS_erro	11	960.474583	87.315871	6.948	**
	11	138.241250	12.567386		
Total corrigido	23	1104.419583			
CV (%) =	5.35				
Média geral:	66.2458333	Número de observações:	24		

Teste Tukey para a FV COLHEITAS

DMS: 3,18540069569666 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 12  
 Erro padrão: 1,02336806524813

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
COLHEITA 1	65.758333	a
COLHEITA 2	66.733333	a

Teste Tukey para a FV COLMEIAS\_

DMS: 14,3269222493497 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2  
 Erro padrão: 2,50672957891716

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
T10 COLHEITA	60.650000	c
T6 COLHEITA	61.100000	c
T4 COLHEITA	62.150000	c
T1 COLHEITA	62.450000	c
T5 COLHEITA	62.600000	c
T8 COLHEITA	63.900000	c
T7 COLHEITA	64.300000	b
T2 COLHEITA	64.450000	b
T3 COLHEITA	65.000000	b
T9 COLHEITA	69.300000	b
T11 COLHEITA	78.550000	ab
T AMB COLHEITA	80.500000	a

Variável analisada: VELOCIDADE

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
COLHEITAS	1	5.703750	5.703750	0.00*	
COLMEIAS_	11	960.474583	87.315871	6.948	NS
erro	11	138.241250	12.567386		
Total corrigido	23	1104.419583			
CV (%) =	0.20				
Média geral:	0.5000000	Número de observações:		24	

Teste Tukey para a FV COLHEITAS

DMS: 0 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 12  
 Erro padrão: 0

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
COLHEITA 1	0.200000 b	
COLHEITA 2	0.800000 a	

Teste Tukey para a FV COLMEIAS\_

DMS: 0 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2  
 Erro padrão: 0

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
T6 COLHEITA	0.500000 a	
T5 COLHEITA	0.500000 a	
T4 COLHEITA	0.500000 a	
T9 COLHEITA	0.500000 a	
T8 COLHEITA	0.500000 a	
T7 COLHEITA	0.500000 a	
T10 COLHEITA	0.500000 a	
T1 COLHEITA	0.500000 a	
T AMB COLHEITA	0.500000 a	
T3 COLHEITA	0.500000 a	
T2 COLHEITA	0.500000 a	
T11 COLHEITA	0.500000 a	

Variável analisada: RADIACAO

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
COLHEITAS	1	5.703750	5.703750	0.454	NS
COLMEIAS_	11	960.474583	87.315871	6.948	NS
erro	11	138.241250	12.567386		
Total corrigido	23	1104.419583			
CV (%) =	2.34				
Média geral:	7.500000	Número de observações:	24		

Teste Tukey para a FV COLHEITAS

DMS: 0 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 12  
 Erro padrão: 0

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
COLHEITA 2	7.500000	a
COLHEITA 1	7.500000	a

Teste Tukey para a FV COLMEIAS\_

DMS: 0 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2  
 Erro padrão: 0

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
T6 COLHEITA	7.500000	a
T5 COLHEITA	7.500000	a
T4 COLHEITA	7.500000	a
T9 COLHEITA	7.500000	a
T8 COLHEITA	7.500000	a
T7 COLHEITA	7.500000	a
T10 COLHEITA	7.500000	a
T1 COLHEITA	7.500000	a
T AMB COLHEITA	7.500000	a
T3 COLHEITA	7.500000	a
T2 COLHEITA	7.500000	a
T11 COLHEITA	7.500000	a

Variável analisada: PROD

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
COLHEITAS	1	8.160834	8.160834	6.959	**
COLMEIAS_	11	205.533628	18.684875	15.933	**
erro	11	12.899603	1.172691		
Total corrigido	23	226.594066			
CV (%) =	21.64				
Média geral:	5.0043750	Número de observações:	24		

Teste Tukey para a FV COLHEITAS

DMS: 0,973046105820114 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 12  
 Erro padrão: 0,312608806815299

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
COLHEITA 2	4.421250	b
COLHEITA 1	5.587500	a

Teste Tukey para a FV COLMEIAS\_

DMS: 4,37645283431709 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2  
 Erro padrão: 0,765732065797763

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
T11 COLHEITA	0.000000	c
T AMB COLHEITA	0.000000	c
T8 COLHEITA	1.937500	bc
T7 COLHEITA	4.172500	b
T9 COLHEITA	4.477500	b
T5 COLHEITA	5.340000	b
T1 COLHEITA	5.902500	b
T4 COLHEITA	6.447500	ab
T3 COLHEITA	6.910000	ab
T10 COLHEITA	7.040000	ab
T2 COLHEITA	8.212500	ab
T6 COLHEITA	9.612500	a