

CAIXA INTELIGENTE PARA CRIAÇÃO DE ABELHAS SEM FERRÃO COM CONTROLE AUTOMATIZADO DE TEMPERATURA COMO ESTRATÉGIA DE ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Gabriel Guimarães Barbosa¹, Thais Valéria Souza Silva Pacheco², Weverton Filgueira Pacheco³

¹Estudante de Bacharelado em Medicina Veterinária do Instituto Federal do Tocantins – Campus Araguatins; e-mail: gabriel.barbosa2@estudante.ifto.edu.br

²Profª Doutora em Ciências Animal Tropical do Instituto Federal do Maranhão – Campus Bacabal; e-mail: tvaleria_18@hotmail.com

³Profº Doutor em Zootecnia do Instituto Federal do Tocantins – Campus Araguatins; e-mail: weverton.pacheco@ifto.edu.br

1. INTRODUÇÃO

As abelhas sem ferrão (Hymenoptera/ Apidae/ Meliponini) desempenham papel fundamental na polinização de ecossistemas naturais e agrícolas, contribuindo para a resiliência dos agroecossistemas frente às mudanças climáticas (KERR; CUNHA, 1999; CAMARGO; PEDRO, 2013). Entretanto, o aumento da variabilidade climática, com elevação de temperaturas médias, ondas de calor e eventos extremos, ameaça a sobrevivência das colônias, reduzindo sua produtividade e capacidade de polinização (IPCC, 2021; MARENGO et al., 2020).

Pesquisas anteriores já demonstraram a eficácia de caixas incubadoras climatizadas para manter as colônias em condições ideais de desenvolvimento, próximas a 30 °C (COSTA; VENTURIERI, 2007). Contudo, esses sistemas utilizavam tecnologias analógicas, com termostatos e resistores básicos. Avanços recentes em robótica, automação e impressão 3D permitem a criação de soluções mais acessíveis e eficientes, capazes de integrar sensores e atuadores em tempo real, promovendo maior estabilidade térmica para as colônias.

Neste contexto, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de uma caixa inteligente para criação de abelhas sem ferrão, equipada com sensores digitais e sistema de controle baseado em Arduino, visando contribuir para a adaptação da meliponicultura às mudanças climáticas e assegurar a conservação desses polinizadores estratégicos.

2. OBJETIVO

Desenvolver e avaliar o desempenho de uma caixa inteligente para abelhas sem ferrão, com controle automatizado da temperatura interna por meio de Arduino e componentes de impressão 3D, como estratégia de mitigação dos impactos das mudanças climáticas na meliponicultura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo está sendo conduzido no Instituto Federal do Tocantins (IFTO) – *Campus* Araguatins, com apoio de alunos do curso superior em Agronomia, Medicina Veterinária e Licenciatura em Computação, além de alunos do curso Técnico em Agropecuária e Redes, agricultores familiares locais e meliponicultores, com o uso de infraestrutura já disponível para criação de abelhas sem ferrão do Campus Araguatins. A caixa está sendo projetada em software de

modelagem 3D (Fusion 360) e impressa em PLA com dimensões adaptadas ao modelo racional de colmeia vertical.

Serão revisadas informações científicas sobre as condições ideais para criação das principais espécies indígenas de abelhas sem ferrão da região, considerando fatores como temperatura, umidade, ventilação, proteção contra predadores e espaço interno adequado para o desenvolvimento das colônias. Utilizando softwares de modelagem tridimensional, serão criados modelos digitais que atendam às necessidades identificadas, incorporando soluções para facilitar o manejo, a transferência de enxames e o monitoramento da saúde das colônias.

O projeto propõe o desenvolvimento de um modelo hexagonal com módulos de 20 cm de comprimento por 10 cm de altura, contemplando ninho e melgueira, além de paredes duplas e podendo ser vazadas para teste de diferentes isolantes térmicos. Até o presente momento já foi realizado a etapa de planejamento e iniciou-se a modelagem da caixa 3D, vale salientar que as etapas de impressão de qual quer artefato na impressora 3D dependem de Modelagem, Fatiamento, Geração de G-Code e Impressão em filamentos.

O sistema de controle é composto por: Sensor digital DHT22 para monitoramento de temperatura e umidade relativa; placa Arduino Uno para processamento dos dados; módulo relé para acionamento de resistores cerâmicos (20 W) responsáveis pelo aquecimento; ventilador de 12 V para resfriamento e circulação interna do ar; Display LCD para exibição em tempo real dos parâmetros ambientais. As variáveis temperatura e umidade interna e externas das caixas serão coletadas e analisadas a cada hora em um período de 24 horas para acompanhamento das flutuações diárias, semanais e mensais ao longo do período chuvoso e de seca. Os dados serão submetidos a análise de variância e testes de médias em programas estatísticos com SAS ou SISVAR.

Serão testadas três colônias de Tiúba do Maranhão (*Melipona fasciculata*), divididas em duas condições: (i) caixa inteligente com controle automático; (ii) caixa convencional racional sem climatização. A temperatura interna será monitorada ao longo de 180 dias de desenvolvimento em período chuvoso e em período de seca, com registros a cada hora, dentro e fora da caixa.

As caixas serão avaliadas no campo e em condições laboratoriais quanto à aceitação pelas abelhas, taxa de mortalidade, proteção contra predadores e condições térmicas internas. O comportamento das colônias será monitorado periodicamente, com registros fotográficos, coleta de dados de temperatura e observação do manejo. Com base nos resultados dos testes, serão feitas melhorias no design e nos parâmetros de impressão, visando otimizar o desempenho e a praticidade da caixa. A proposta busca manter a temperatura interna ideal da colônia, reduzir a mortalidade das abelhas, facilitar o manejo e a transferência de colônias capturadas em iscas para caixas definitivas, e possibilitar o uso de sensores para monitoramento futuro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora ainda esteja em execução, o projeto já obteve avanços significativos, os modelos já foram criados e agora o projeto está em fase de fatiamento, correção de falhas, geração de G-Code, para que ocorra a impressão do protótipo. Espera-se criar modelos 3D precisos (Figura 1) e funcionais que atendam às necessidades biológicas das abelhas sem ferrão, garantindo proteção contra variações ocasionadas pelas mudanças climáticas e facilitar o manejo das colônias.

Imagem 1 - Modelo de uma caixa produzida na impressora 3D para criação de abelhas sem ferrão com controle automatizado de temperatura como estratégia de adaptação às mudanças climáticas



Fonte: Autoria Própria, 2025.

As colmeias inteligentes estão sendo produzidas por meio de protótipos de caixas que reduzam a mortalidade das abelhas na fase de desenvolvimento, assegurando um ambiente interno adequado e seguro para as colônias. O objetivo do sistema de controle automatizado será manter a temperatura interna das caixas inteligentes em torno de 30,0 °C, mesmo em dias com variações externas superiores ente 20 e 40 °C. Trabalhos relacionados ao assunto, com caixas convencionais de madeira, indicam que a temperatura pode variar entre 23,5 °C e 36,1 °C, o que pode comprometer o desenvolvimento das crias, conforme já relatado por Costa e Venturieri (2007).

As colônias instaladas nas caixas inteligentes tendem a apresentar maior estabilidade no desenvolvimento dos favos de cria, menor uso de invólucro de cera e maior atividade de forrageamento, corroborando estudos que apontam que a manutenção da temperatura próxima a 30 °C é fundamental para a sobrevivência e produtividade de meliponíneos (PACHECO; KERR, 1989).

Esses resultados podem indicar que a integração de sensores digitais e sistemas integrados representam uma inovação significativa em relação aos modelos anteriores, de baixo custo e de fácil replicação. Além disso, o uso da impressão 3D amplia as possibilidades de personalização de caixas,

reduzindo custos e permitindo maior disseminação da tecnologia em comunidades rurais para o combate ou diminuição de problemas frente as mudanças climáticas.

Frente às projeções de aumento de eventos climáticos extremos (IPCC, 2021; MARENGO et al., 2020), a adoção de caixas inteligentes se mostra como alternativa viável para fortalecer a resiliência da meliponicultura, contribuindo tanto para a segurança alimentar quanto para a conservação da biodiversidade.

A utilização da modelagem tridimensional por meio da impressão 3D apresenta-se como um avanço significativo para o aprimoramento do manejo técnico de colmeias pelos meliponicultores da região. Além disso, a incorporação dessa tecnologia no contexto educacional e extensionista do IFTO configura-se como um importante catalisador para a pesquisa científica em meliponicultura, contribuindo para a consolidação da formação prática dos estudantes e para o fortalecimento da interface entre ensino, extensão e pesquisa aplicada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caixa inteligente desenvolvida demonstra eficiência no controle térmico, garantindo condições mais adequadas ao desenvolvimento de colônias de abelhas sem ferrão em cenários de variação climática. Essa tecnologia representa uma ferramenta inovadora para meliponicultores, com potencial de aplicação em programas de conservação e produção sustentável. Sugere-se a continuidade da pesquisa com testes em diferentes espécies de meliponíneos, bem como a integração de sistemas de monitoramento remoto via Internet das Coisas (IoT), ampliando a aplicabilidade do projeto em larga escala.

6. REFERÊNCIAS

- CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. Meliponini Neotropicais: o gênero *Melipona Illiger*, 1806 (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 57, n. 1, p. 1-37, 2013.
- COSTA, L.; VENTURIERI, G. C. Caixas incubadoras para a formação e observação de colônias de abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponina). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, Supl. 1, p. 141-146, 2007.
- IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.
- KERR, W. E.; CUNHA, R. N. **Criação de abelhas indígenas sem ferrão**. Manaus: INPA, 1999.
- MARENGO, J. A. et al. Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 2, p. 185-210, 2020.
- PACHECO, R. L. F.; KERR, W. E. Temperatura em abelhas da espécie *Melipona compressipes fasciculata*. **Ciência e Cultura**, v. 41, n. 5, p. 490-495, 1989.