

3

**Desenvolvimento de um meliponário modular
com sistema de monitoramento automatizado**

Recebido em: 05/12/2023
Aprovado em: 26/12/2023

DESENVOLVIMENTO DE UM MELIPONÁRIO MODULAR COM SISTEMA DE MONITORAMENTO AUTOMATIZADO

DEVELOPMENT OF A MODULAR MELIPONARY WITH AN AUTOMATED MONITORING SYSTEM

Juliana Bauer

julianabauer.f@gmail.com – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Ana Veronica Pazmino

anaverpw@gmail.com – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Resumo: Este artigo aborda o desenvolvimento de um produto e um app destinados à criação de abelhas sem ferrão. O meliponário desenvolvido é o resultado de um projeto de conclusão do curso de Design de Produto, na Universidade Federal de Santa Catarina. O produto visa contribuir com a preservação das espécies nativas de abelhas no Brasil, auxiliar e facilitar os processos de manejo e controle na prática da meliponicultura, assegurando a qualidade e promovendo a saúde das abelhas, por meio da implementação de um sistema de monitoramento automatizado de um modelo modular de caixas, adaptável a diferentes espécies de meliponas. Ainda, busca oferecer um produto inovador para um setor pouco explorado no mercado atual, tratando-se de uma prática de nicho artesanal, com pouca aplicação tecnológica. Dessa forma, o trabalho apresenta o processo de projeto por meio do método de *Design Thinking*, e métodos de design como entrevista, análise da tarefa para a coleta dados sobre oportunidades, público-alvo, bem como especificações técnicas dos ambientes apropriados para a criação das meliponas e sua biologia. O resultado final é um protótipo funcional de um meliponário e a criação da interface gráfica do app.

Palavras-chave: Meliponário, Abelhas sem ferrão, Design de produto, Tecnologia.

Abstract: *This article addresses the development of a product and an app intended for breeding stingless bees. The meliponary developed is the result of a project to complete the Product Design course at the Federal University of Santa Catarina. The product aims to contribute to the preservation of native bee species in Brazil, assist and facilitate the management and control processes in the practice of meliponiculture, ensuring quality and promoting the health of bees, through the implementation of an automated monitoring system of a modular model of boxes, adaptable to different species of meliponas. Furthermore, it seeks to offer an innovative product for a sector that is little explored in the current market, as it is a niche artisanal practice, with little technological application. In this way, the work presents the design process through the Design Thinking method, and design methods such as interviews, task analysis to collect data on opportunities, target audience, as well as technical specifications of appropriate environments for breeding meliponas and their biology. The end result is a functional prototype of a meliponary and the creation of the app's graphical interface.*

Keywords: *Meliponary, Stingless bees, Product design, Technology.*



1. Introdução

Os meliponíneos, popularmente conhecidos como abelhas sem ferrão, constituem os gêneros *Melipona* e *Trigona*, formando mais de 300 espécies globalmente, muitas destas sendo nativas do Brasil (Roubik, 1995). São essenciais para o ciclo natural de dependência das espécies, atuando na polinização responsável pelo auxílio na produção agrícola alimentícia no país, além de performar papéis fundamentais no funcionamento do ecossistema nacional ao corroborar com a manutenção das espécies nativas, cujos subprodutos fazem parte da alimentação de outras espécies (Magalhães; Venturieri, 2010).

Entretanto, seu local de nidificação justifica o processo de desaparecimento das melíferas em seu habitat natural. Essas espécies demonstram vulnerabilidade ao qualificarem-se pela construção de seus ninhos em cavidades de árvores de caráter particular, como troncos espessos, criando uma relação de dependência entre determinadas espécies botânicas para que possam existir na natureza. Dessa forma, ações antropológicas como a destruição de áreas naturais para benefício inconsequente da expansão agrícola, o crescimento urbano desordenado e o uso de agrotóxicos, são os maiores responsáveis pela posição multifacetada de risco em que essas espécies nativas se encontram (Imperatriz- Fonseca, 2006).

A meliponicultura, quando praticada de forma adequada, gera numerosos benefícios ecológicos, ao evitar a perda de colônias, a depredação de ninhos naturais, e corrobora com a manutenção da biodiversidade através da polinização de grande parte das espécies de plantas nativas (Venturieri, 2008 *apud* Witter; Nunes-Silva, 2014). Surge, portanto, como alternativa de implementação para a recuperação de áreas desmatadas, uma vez que a qualidade do mel produzido decorre, não somente de ambientes bem preservados, como de espécies nativas específicas para produção meleira de variedades mais exóticas, incentivando comunidades e produtores locais a atentarem para assuntos diretamente relacionados à preservação ambiental, compreendendo uma relação de benefício mútuo da criação de abelhas sem ferrão, para a preservação das espécies, e renda, para agricultores (Magalhães; Venturieri, 2010).

Atualmente, são utilizados meliponários modulares constituídos em madeira, específicos para a criação destas espécies, cujos arranjos variam de acordo com as dinâmicas de cada colônia, caracterizam-se como materiais de baixo custo de implementação e ainda podem ser fabricados pelos próprios meliponicultores. Estes formatos de abrigo permitem a propagação dos enxames por meio da técnica de multiplicação artificial, consistindo na divisão de colônias tidas como fortes e bem estruturadas, ampliando as criações e perpetuando a sobrevivência das espécies (Roubik, 1995 *apud* Witter; Nunes-Silva, 2014).

Em posse dessas informações, desenvolve-se, para o projeto de conclusão do curso de graduação em Design de Produto na Universidade Federal de Santa Catarina, o projeto de um meliponário (abrigos das abelhas sem ferrão, espécies nativas do Brasil) modular com sistema automatizado. O objetivo é agregar ao método de divisão de enxames com perturbação mínima para abelhas sem ferrão, seguindo panoramas preservacionistas. Isso significa possibilitar a facilitação da atividade da meliponicultura e difundir sua tecnologia com enfoque na expansão consciente da atividade, fortalecendo seu papel ecológico por meio da atuação como vetor de auxílio para a preservação de espécies, a partir da garantia da prática das técnicas adequadas de manejo das meliponas, evitando perdas de ninhos e fortalecendo as espécies.



Aplica-se o processo do *Design Thinking* devido à sua qualidade exploratória, permitindo ajustes e investigação de novos caminhos conforme a identificação de tais necessidades ao longo do processo, através das etapas transitórias de 1) Imersão; 2) Ideação e 3) Prototipação.

2. Meliponários modulares

O objetivo das colmeias artificiais é replicar os habitats naturais das abelhas, ou até mesmo oferecer espaços ainda mais propícios para que as espécies floresçam, ao passo que é feita a produção higiênica do mel e subprodutos, como cera e própolis, sendo estabelecidas ferramentas que permitam sua coleta adequada.

Em relação ao funcionamento dos meliponários e condições de sustentação e separação dos ninhos, há ampla variedade. Serão enfocadas neste artigo os modelos de colmeias modulares, que representam os modelos mais amplamente utilizados e indicados pelos meliponicultores, podendo ser divididos entre arranjos horizontais ou verticais. Diferindo-se por suas estruturas, organização dos ninhos e acesso dos meliponicultores, mostram-se bem-sucedidos na manutenção dos ninhos e da extração higiênica do mel e também auxiliam nos métodos de divisão artificial dos enxames.

Todavia, apresentam qualidades rudimentares para sua manutenção e uso básico, abrindo possibilidades para danos aos materiais e estruturas, tornando etapas do manejo sujeitas a erros por conta de sua simplicidade, apresentando escassa tecnologia para a garantia da qualidade e praticidade de todas as etapas e requerimentos necessários para atividade (Villas-Boas, 2012 *apud* Witter; Nunes-Silva, 2014).

Estes modelos apresentam sistemas de divisão de ninho que permitem a separação dos compartimentos para a formação de novos enxames. Essas divisões são realizadas através da utilização de divisórias internas e separadores, que possibilitam a separação do espaço utilizado pelas abelhas e o armazenamento do mel. A reprodução natural das abelhas (enxameação) pode ser realizada de forma artificial a partir de sua indução por métodos de divisão de enxames. O método de perturbação mínima consiste na divisão das colônias visando ao contato mínimo com os meliponíneos, através do uso dos meliponários modulares, transferindo caixas com as melgueiras e o sobreninho para outras estruturas. Isso faz com que as abelhas trabalhem em colônias adjuntas enquanto realizam a mudança de espaço, finalmente, resultando na multiplicação de colônias (Witter; Nunes-Silva, 2014).

Ambos os modelos (horizontal e vertical) apresentam a possibilidade de divisão em ninhos, sobreninhos e melgueiras para facilitar o manejo e garantir a sobrevivência e desenvolvimento das colônias de abelhas. A escolha entre os modelos dependerá das preferências do meliponicultor e das necessidades das espécies.

Os modelos verticais apresentam as caixas empilhadas verticalmente, permitindo que as abelhas se movam de cima para baixo, possibilitando maior controle sobre o fluxo de entrada e saída das abelhas. Por outro lado, os modelos horizontais apresentam as caixas organizadas horizontalmente.

As partes do ninho são setorizadas em caixas, podendo ser reorganizadas, retiradas e postas, de acordo com a espécie e as necessidades da colmeia. A ordenação base para cada setor é



predeterminada de acordo com Portugal-Araújo (1955), Oliveira e Kerr (2000) e Venturieri, Raiol e Pereira (2003), projetistas do modelo atual. Dessa forma, os favos de cria isolam-se dos potes de alimento, de maneira que a rainha e as crias permanecem separadas do resto da colônia, não interferindo nas atividades das operárias e facilitando o manejo do meliponicultor durante as manutenções do ninho ao entrar em contato com menor número de abelhas e possibilitar a retirada de partes seletas da colmeia (Witter; Nunes-Silva, 2014).

2.1. Estruturas internas dos modelos de colmeia modulares

Os modelos de colmeia modulares, vertical são setorizados por (1) ninho; (2) sobreninho e (3) melgueira (Venturieri, 2008 *apud* Witter; Nunes-Silva, 2014). A Figura 1, mostra o modelo de colmeia modular.

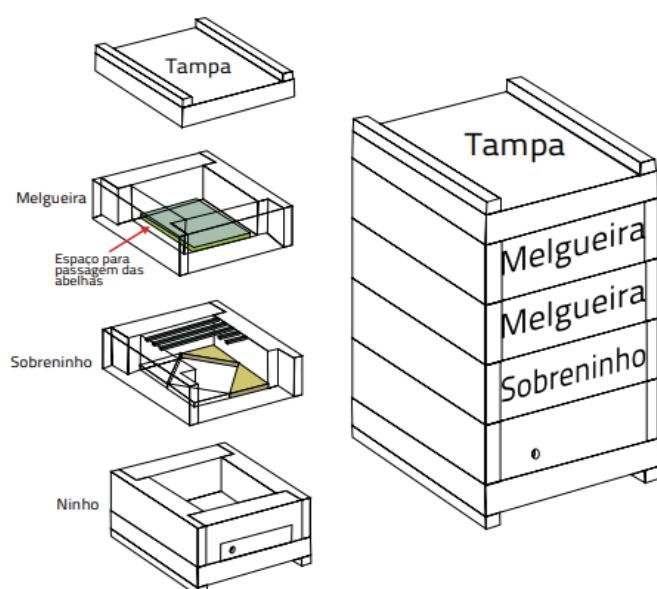


Figura 1 – Disposição dos módulos ninho, sobreninho, melgueira em colmeia vertical para criação de meliponíneos. Ilustração por Ronaldo Gemerasca da Silva. Fonte: Witter; Nunes-Silva, 2014, p. 81.

Ninho (1): Performa o mesmo papel dos ninhos naturais, de instalação das crias. No meliponário modular, deve estar situado na base; apresentar um orifício, de diâmetro aproximado de 2 cm, para a entrada e a saída das abelhas, simulando as entradas dos ninhos naturais. Ainda, deve possuir suportes para que não esteja em contato com o chão.

Sobreninho (2): Realiza a divisão da colmeia, isolando os favos de cria. Apresenta uma abertura interna em forma losangular dando acesso aos favos para abelhas e para o meliponicultor durante os processos de multiplicação de ninhos. É preciso aplicar técnicas caseiras a fim de evitar danos aos favos de cria, de forma que a prática mais utilizada para que o invólucro dos favos não agarre à tampa é o uso de bastões, palitos ou finas camadas de materiais plásticos instalados entre os favos e o fundo ou a tampa da caixa de sobreninho.

Melgueira (3): Localiza-se acima do sobreninho e tem o papel de simular as áreas naturais de depósito de alimento, de forma que as abelhas se preocupam apenas com a produção do mel uma vez que sua estrutura de armazenamento já esteja estabelecida para a construção dos

potes de mel. Nesse modelo, são telas produzidas com molduras de madeira e preenchidas em arame trançado, os potes de mel são construídos entre as cavidades, permitindo o estoque do mel.

2.2. Modelo INPA

O modelo vertical mais utilizado e definido para o projeto é o INPA, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Nele, cada caixa possui uma entrada lateral para as abelhas, além de tampa removível para o acesso interno e um sistema de ventilação, que auxilia na regulação de temperatura e umidade internas. Existem diversos modelos de meliponários desenvolvidos e estudados, cada modelo com suas particularidades. A escolha do modelo ideal depende das necessidades e preferências do meliponicultor, além de garantir o bem-estar das colônias e a qualidade do mel produzido.

2.3. Manutenção dos ambientes artificiais

Para os cuidados periódicos com os ninhos é essencial que sejam feitas vistorias e monitoramentos, possibilitando a determinação dos passos de cuidado adequados para cada colmeia. Deve-se realizar um monitoramento dos meliponíneos ao longo do ano, observando e relatando seu estado (Witter; Nunes-Silva, 2014).

Algumas características que revelam o estado da colônia podem ser observadas em área externa, como na entrada do ninho, identificando adequação quanto à espécie. Entretanto, é importante a análise cautelosa de seu interior, uma vez que, dependendo da estação do ano, ações específicas devem ser praticadas para o fortalecimento das espécies, especialmente durante épocas de escassez, como o inverno, ou épocas de chuva, evitando o excesso de umidade que pode causar áreas mofadas na colônia, influenciando a qualidade do mel e a saúde das abelhas (Villas-Boas, 2012 *apud* Witter; Nunes-Silva, 2014).

É recomendado que, ao menos uma vez ao mês, sejam feitas revisões internas rápidas e eficientes, a fim de que o ninho fique aberto e exposto pelo mínimo de tempo possível. Durante as inspeções é preciso analisar todas as estruturas principais, como potes de alimento e favos de cria, além da presença de espécies invasoras. Uma etapa importante nas revisões é observar o estado da produção de mel de acordo os períodos de floração das espécies botânicas visitadas pelas abelhas criadas. Desse modo, é importante a formulação de um calendário de floração, com as respectivas ações a serem realizadas durante cada período, bem como relatos quanto ao estado do ninho, com a intenção de reunir um histórico (Villas-Boas, 2012 *apud* Witter; Nunes-Silva, 2014).

2.4. Especificações estruturais dos ambientes artificiais

A fim de simular integralmente os ambientes naturais das abelhas, é preciso que seus espaços de criação sejam reconhecidos pelas espécies, de forma similar ao que ocorre na natureza, considerando características biológicas dos meliponíneos, como a distinção visual e de odores para localização e identificação de espaços seguros. Portanto, o material utilizado na construção desses ninhos é de grande importância.

É recomendado que sejam constituídos de madeiras em estado natural, em boas condições, secas e leves (Villas-Boas, 2012 *apud* Witter; Nunes-Silva, 2014). Segundo Dutra e Pontes (2002),



conforme a porosidade do material é ampliada, observa-se uma redução na condutividade térmica. Dessa forma, é evidente que a presença de ar nos poros dificulta a transferência de calor, conferindo ao material maior capacidade de isolamento térmico. Portanto, é interessante o emprego de madeiras porosas para a construção dos meliponários.

As proporções da madeira variam de acordo com o modelo de meliponário e espécie a ser criada. De modo geral, recomenda-se a espessura de 2,5 cm, a ser amplificada em locais de instalação mais frios, para que a temperatura do ninho seja mantida (Witter; Nunes-Silva, 2014).

As dimensões indicadas para os ninhos variam de acordo com as espécies, considerando as dimensões máximas de seus favos e, a partir deste valor, deve-se adicionar aproximadamente 2 cm em altura e largura (Villas-Boas, 2012 *apud* Witter; Nunes-Silva, 2014). Estima-se que cada recipiente contendo o mel a ser extraído (melgueira), quando totalmente preenchido, pode armazenar até 1350 ml de mel (Venturieri, 2008).

Em relação às customizações, não é adequado o tratamento do material com produtos químicos, uma vez que influenciam na capacidade de distinção olfativa dos meliponíneos. É possível que as colmeias sejam tratadas externamente com vernizes ecológicos e pintadas com tintas atóxicas em cores específicas que fazem parte da seleção de distinção visual das abelhas, como amarelo, azul, verde e branco. Ainda, para a proteção contra intempéries, são instaladas telhas para a disposição de sombra e cobertura contra chuvas (Fonseca *et al.*, 2006 *apud* Witter; Nunes-Silva, 2014).

3. Procedimentos metodológicos

Definiu-se como abordagem central para o processo projetual o *Design Thinking*, ao caracterizar-se por sua qualidade exploratória, permitindo a revisão dos pontos determinantes do projeto visando um resultado final integralmente útil no desenvolvimento de um meliponário (Brown, 2010).

Nesse contexto, definem-se as fases transitórias ou cíclicas, de análise, produção e escolha, sendo 1) Imersão; 2) Ideação e 3) Prototipação. O problema foi contextualizado, definindo diretrizes base para o projeto e reunindo os dados necessários. Trata-se de uma etapa cujo enfoque é na pesquisa circundando o assunto do projeto, visando a identificação de funcionamentos sistemáticos para a estipulação final de oportunidades, caminhos e necessidades.

Posteriormente, houve a definição do público-alvo e aplicação de um questionário *online* através do *Google Forms*, sendo aplicado no período de 10 de abril de 2023 até 21 de abril de 2023, para criadores de abelhas sem ferrão. Findando o levantamento de dados a respeito de suas maiores dificuldades durante a prática, foram coletados dados sobre o uso de todos os modelos de meliponários, de acordo com as respostas obtidas a partir do questionário aplicado. As pesquisas foram realizadas com alcance regional, a fim de estreitar a variedade de espécies de abelhas criadas, bem como observar questões específicas da região, como adversidades com intempéries, acesso à informação e aos materiais, situação do mercado e empreendedorismo.

Em seguida, foram realizadas duas visitas técnicas ao Parque Ecológico Cidade das Abelhas, situado em Florianópolis, Santa Catarina, sob a orientação do coordenador técnico, Willian Goldoni Costa. Objetivou-se complementar e validar as informações coletadas por meio do



questionário e pesquisa imersiva, investigando a viabilidade do projeto, permitindo formar as delimitações projetuais de acordo com as necessidades e aspirações do usuário, bem como as demandas das abelhas.

Durante a primeira visita, procedeu-se à observação de colmeias pertencentes a diferentes espécies de meliponíneos, comentando a respeito dos modelos e materiais postos à observação e uso no Parque Ecológico, assim como os procedimentos realizados. Foram pontuados os fatores positivos e negativos dos modelos e apresentadas as possíveis justificativas para sua eficiência ou ineficiência em cada ninho presente no local, por meio de demonstração de tarefas e indicação de funcionamentos.

Com o intuito de ampliar as informações obtidas por meio do questionário, foram conduzidas duas entrevistas. A primeira, presencialmente, durante a segunda visita de campo, com Willian Goldoni Costa, focando nas questões técnicas que permeiam os meliponários, e as biológicas, com relação às abelhas, visando mapear possibilidades em relação aos materiais e formatos a serem realizados nas futuras etapas de materialização do projeto, com perguntas semelhantes às aplicadas no questionário *online*, porém com a possibilidade de respostas mais longas e detalhadas por parte do especialista.

A segunda entrevista se deu virtualmente, ainda, utilizando as mesmas perguntas do questionário para o público-alvo, concentrando-se nos desafios e preferências relacionados à meliponicultura. As respostas obtidas foram provenientes do meliponicultor Valmir, do sexo masculino, com 60 anos de idade, cuja experiência com a criação de abelhas sem ferrão alcança os 20 anos.

Formularam-se, por seguinte, *personas* a fim de compreender integralmente as características e jornadas do público alvo, bem como o desenvolvimento de análise de concorrentes e sua análise funcional e estrutural. Isso permitiu compreender os produtos existentes no mercado cujos objetivos ou propostas sejam parecidos para com os deste projeto, estabelecendo um parâmetro do que há de disponível no mercado para o público-alvo, entendendo os custos e diferentes objetivos. Os critérios comparativos para análise foram preço, dimensões, material, funcionamento, estrutura e diferencial, embasando uma análise crítica acerca da eficiência. No total, foram nove produtos analisados, procurando obter uma visão geral dos modelos disponíveis no mercado e seus pontos positivos ou negativos.

Por fim, visando o desenvolvimento de alternativas superiores e inovadoras, foi elaborada uma Lista de Verificação. Nesse sentido, os produtos mencionados na análise sincrônica foram submetidos a uma análise mais detalhada, permitindo determinar o concorrente direto mais significativo, o concorrente indireto e o principal produto similar, resultando no desenvolvimento de gráficos de relação de custo-benefício a fim de identificar áreas de oportunidade.

4. Aplicação e resultados

Foi delimitado o público de meliponicultores como alvo do projeto. O segmento caracteriza-se por pessoas que praticam a criação de abelhas sem ferrão, realizando ou não a extração do mel para comercialização, consumo próprio ou pesquisa; trata-se de um grupo que engloba criadores de abelhas por recreação, pesquisadores, pequenos agricultores e aspirantes a empenhedores



Durante o período de aplicação de questionário à distância (10 de abril de 2023 até 21 de abril de 2023) aos meliponicultores regionais, foram coletadas 25 respostas. Enfatizam-se as dificuldades lidando com controle de pragas (27,5%); intempéries (15%); falta de espaço (15%); manutenção (7,5%) e extração do mel (7,5%). Destaca-se a preservação das espécies como maior motivo para a realização da prática e o forte interesse por um modelo de meliponário que ofereça maior praticidade e automatismo, definindo os enfoques do projeto.

No decorrer da primeira visita técnica ao Parque Ecológico Cidade das Abelhas para a análise dos variados tipos de meliponários, foram observadas as características de uso de cada modelo, em formato e material. Durante a observação do meliponário horizontal, as abelhas não apresentaram boa adaptação ao ambiente. Constatou-se a presença de um grande espaço vazio no interior da caixa, uma vez que as abelhas preferiram concentrar-se apenas em uma extremidade dela. Essa escolha, segundo Willian, possivelmente ocorreu com o objetivo de manter a temperatura adequada em dias frios. Isso sugere que o modelo horizontal apresenta limitações quanto à capacidade de manter ambientes térmicos adequados para a colmeia quando as abelhas não o preenchem. Ainda, o espaço não ocupado faz com que o meliponário fique mais sujeito a invasão de outros insetos. Por outro lado, os modelos verticalizados apresentam completo preenchimento por parte das abelhas.

Posteriormente, foi apresentado o modelo de caixa racional em cimento. Segundo Willian, o modelo de caixa racional em cimento pode apresentar algumas limitações e desvantagens para os meliponicultores. O cimento é um material pesado que pode dificultar as manutenções necessárias na colmeia, além de gerar problemas no encaixe e proteção da caixa devido à falta de uma tampa específica. Esses fatores podem afetar a qualidade do ambiente interno da colmeia e o bem-estar das abelhas, diminuindo a produtividade e a saúde da colônia. Dessa forma, foi determinado que o projeto seria desenvolvido seguindo o modelo vertical, excluindo a possibilidade de uso do cimento.

Na entrevista com Willian foi destacado e definido o modelo INPA como melhor possibilidade de aplicação, devido a permitir maior isolamento térmico e menor peso de transporte, facilitando no manejo para manutenção e monitoramento das colônias, realocação das colmeias, e controle de pragas e temperatura. Entretanto, há dificuldades que não são resolvidas por nenhum modelo presente no mercado atual, como a necessidade de variados componentes de encaixe específico e exclusivo de acordo com suas respectivas caixas. Soluções através de encaixes com pinos ou entaves dificultam a abertura das caixas devido à vedação natural das abelhas e os módulos com altura elevada dificultam o acesso durante o manejo e geram danos ao ninho durante o processo de divisão.

A Figura 2 mostra o infográfico que sintetiza a pesquisa de campo.





Figura 2 – Infográfico das respostas do questionário com os meliponicultores. Fonte: Elaboração própria.

A partir do desenvolvimento de *sketches* exploratórios foi desenvolvida a alternativa final do projeto e sua modelagem 3D, a partir do *software* Rhinoceros.

Identificou-se como principal qualidade funcional externa de cada módulo a interação facilitada com o usuário, a fim de que cada um pudesse ser retirado e levantado com facilidade. Na esfera estética, são abordadas as ideias de Norman (2005), vendo o design como não exclusivamente uma questão de funcionalidade e usabilidade, mas também de estética e emoção, discutindo o design emocional e como as pessoas respondem aos objetos e produtos ao seu redor. Em

relação à morfologia das formas, Norman (2005) apresenta a ideia de que as formas arredondadas possuem uma propensão intrínseca a evocar respostas emocionais positivas nos indivíduos, gerando percepções de amabilidade, suavidade e acolhimento. Entretanto, a preferência por formas arredondadas ou angulares pode manifestar variações, sendo influenciadas pelo contexto cultural e pelas vivências pessoais dos sujeitos. Certas culturas podem associar as formas arredondadas a atributos amigáveis e delicados, ao passo que outras podem inclinar-se a formas mais angulares e assertivas, a exemplo dos grafismos indígenas.

Logo, considerou-se interessante a mistura de texturas ou padrões, unindo as inspirações visuais nos ninhos naturais das abelhas sem ferrão com os grafismos referentes a favos de mel e ramos de árvores dos indígenas Kayapó. A simbologia do projeto procura referenciar tal povo indígena em virtude de seu conhecimento profundo sobre as abelhas sem ferrão no Brasil. Segundo Camargo e Posey (1983), esse conhecimento abrange desde sua biologia até seu comportamento, mantendo uma relação com as espécies que se mostra significativa em aspectos culturais, religiosos e medicinais. A contribuição dos Kayapó nas fases preliminares das pesquisas voltadas a tais espécies é de extrema relevância. A referência indígena reforça a característica nativa dessas espécies.

Compõe-se, portanto, algumas opções orgânicas e outras geométricas, aplicando as referências a características essenciais de aspectos da temática projetual. Dessa forma, foram desenvolvidos oito módulos no total, sendo 6 destes os módulos a serem utilizados para ninho, sobreninho ou melgueira, formando três pares com formas 1) Geométricas; 2) Retilíneas; e 3) Orgânicas. Os dois módulos restantes destinam-se apenas ao armazenamento dos componentes eletrônicos. Ainda, as formas orgânicas aplicam-se no formato redondo dos módulos, compondo uma estrutura suavizada, como pode ser visto na Figura 3.

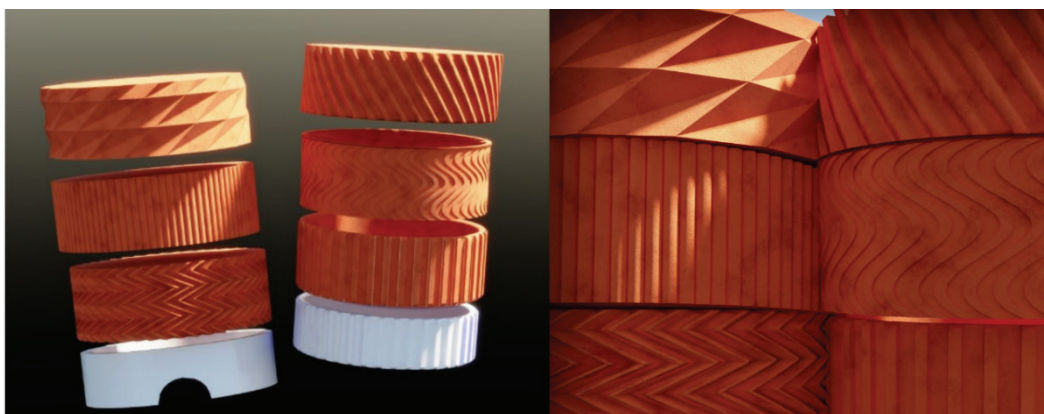


Figura 3 – Modelagem 3D dos módulos projetuais. Fonte: Elaboração própria.

5. Análise dos resultados e discussões

A partir das fases preliminares de investigação, enfatizou-se a oportunidade de um meliponário modular que integrasse o aspecto ambiental, por meio de um ambiente artificial para as abelhas, que satisfizesse completamente suas exigências, além de um produto que aprimorasse o manejo das meliponas, assegurando a adequada execução de todas as etapas.

A saída encontrada para evitar a necessidade de diversas caixas para diferentes espécies de abelhas, dificultando o processo de transição em sua criação, foi um sistema de ampliação ou redução da área interna, porém com exterior (tampa, fundo e base) em padrão fixo e único, viabilizando maior padronização dos acessórios e componentes, podendo ser utilizado para as caixas de diferentes espécies. Dessa forma, as camadas modulares adicionais atuam também como barreiras extras de isolamento térmico durante estações de baixas temperaturas.

Em relação ao material utilizado, salienta-se que a umidade natural e necessária do ninho varia de acordo com a espécie. Dessa forma, é interessante a aplicação de materiais mais porosos, que absorvam melhor a umidade, deixando o ambiente mais seco e auxiliando na normalização da temperatura. É considerada a viabilidade da aplicação da impressão 3D utilizando filamentos formados pela mistura de PLA formulado a partir de fibra vegetal e madeira. Dessa maneira, acrescenta-se durabilidade contra o apodrecimento ocasionado por intempéries e umidade natural interna, mantendo determinada porosidade para a regulação da temperatura e ventilação do ninho. Ainda, podem ser desenvolvidas texturas internas nos ninhos, que facilitem a locomoção das abelhas evitando quedas, ao gerar maior aderência e auxílio na movimentação.

Por fim, planeja-se o desenvolvimento de um sistema de monitoramento automatizado, com a finalidade de executar o controle de umidade, temperatura, a quantidade de mel e de abelhas, funcionando através da instalação não invasiva dos componentes no meliponário. Ele deverá operar em conjunto com um aplicativo próprio, como forma de visualização e monitoramento dos dados coletados, gerando dados de avisos, sugestões de ação e recolhimento do histórico de saúde do ninho, bem como realizando o acompanhamento das floradas. Os dados de cada sensor instalado podem ser recebidos e enviados para um servidor a fim de ficarem disponíveis via internet. Dessa forma, tais dados podem ainda ser reunidos e utilizados como fontes para pesquisas relacionadas.

No que diz respeito aos componentes eletrônicos destaca-se, a partir das análises de mercado e conversas com professores do curso (Dr. Rodrigo Braga – engenheiro de automação e Dr. Estevan Murai – engenheiro mecânico) que o sistema de comunicação e controle seria realizado por meio do uso de wi-fi, com a instalação dos componentes no ninho.

A definição base dos componentes foi determinada a partir das funções propostas pelo projeto, sendo elas (1) Controle de temperatura; (2) Controle de umidade; (3) Controle de peso e (4) Acompanhamento das condições do ninho através de um aplicativo. A partir disto foram discutidas e estudadas com o Prof. Dr. Estevan Murai as posições de instalação adequadas, procurando estabelecer maior direcionamento para a estrutura do meliponário, a fim de comportar cada componente em seu devido local. Ainda, fez-se necessária tal determinação para respeitar as características essenciais de cada componente, como limiares de temperatura e umidade. Os componentes definidos e suas funções estão apresentados na Figura 4.





Figura 4 – Componentes eletrônicos do projeto Fonte: Elaboração própria.

O arranjo principal escolhido para o projeto e sua materialização é apresentado na Figura 5. Sua seleção se deu pelas preferências estéticas do público-alvo, indo ao acordo das respostas do questionário aplicado. Manteve-se uma estética minimalista, discreta e coesa.



Figura 5 – Render da alternativa projetual a ser materializada. Fonte: Elaboração própria.

O meliponário é um protótipo funcional que será testado para identificar sua funcionalidade e eficácia no seu próprio controle e no das abelhas.



Por fim, define-se o nome do meliponário Mení. Refere-se à palavra *mehn-nhy*, abelha sem ferrão na linguagem Kayapó, segundo Camargo e Posey (1983). Na Figura 6 são apresentadas telas da interface gráfica do aplicativo, de mesmo nome.



Figura 6 – Interface gráfica do aplicativo Mení. Fonte: Elaboração própria.

6. Considerações finais

A colheita de produtos das abelhas sem ferrão, especialmente resina e mel, tem migrado da exploração ilegal em áreas naturais para sua criação, especialmente atraente pela relativa facilidade de gerenciamento das colônias, devido às espécies não apresentarem ferrões que oferecem risco à integridade física. Assim, é expressada a potencial promoção da sustentabilidade (Roubik, 2023). A atividade tem se consolidado como possibilidade de prática sustentável, atuando na preservação de espécies das abelhas nativas, tornando-se uma atividade tradicional de importância regional e forte oportunidade para promoção da educação ambiental (Magalhães; Venturieri, 2010).

A disseminação da meliponicultura, para além das motivações econômicas que galvanizam a atividade através da possibilidade de renda, vem crescendo com pesquisas que indicam benefícios variados da atuação das abelhas nativas em conjuntos de atividades agrárias, apontando a expansão da produtividade das plantas nativas e culturas agrícolas (Malagodi-Braga; Kleinert, 2007 *apud* Venturieri, 2008).

Dessa forma, este artigo trouxe informações importantes para o desenvolvimento de um meliponário que fortaleça o cenário de preservação das espécies de abelhas sem ferrão, através da prevenção contra a perda de enxames e garantia do direcionamento para o manejo correto. Constitui-se assim como ferramenta de auxílio à prática da meliponicultura, através do processo de projeto de Brown (2010), adequando-se às necessidades do projeto. O projeto encontra-se em desenvolvimento e é objeto de grande interesse por parte do público-alvo devido à facilitação das etapas de manejo a partir da adequação mútua às abelhas e aos usuários. Ainda, exibe a possibilidade de maior pesquisa interdisciplinar futura, para que possa ser propriamente testado no Parque Ecológico Cidade das Abelhas, tendo os dados recolhidos para estudo mais amplo, demarcando o fortalecimento das tecnologias aplicadas à criação e proteção de abelhas sem ferrão e seu desenvolvimento contínuo.

Referências

- BROWN, Tim. **Design Thinking**: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias. Tradução de Cristina Yamagami. Rio de Janeiro: Alta Books, 2010. 272 p.
- CAMARGO, João Maria Franco de; POSEY, D A. Conhecimento dos kayapó sobre as abelhas sociais sem ferrão (meliponidae, apidae, hymenoptera): notas adicionais. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, v. 6, n. 1, p. 17-42, 1990.
- DUTRA, R. P. S.; PONTES, L. R. A. **PROPRIEDADES TÉRMICAS E FÍSICO**: mecânicas de materiais cerâmicos em função da porosidade. 1 v. Curso de Laboratório de Materiais e Produtos Cerâmico, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2002.
- FONSECA, A. A. O. et al. **Qualidade do mel de abelhas sem ferrão**: uma proposta para boas práticas de fabricação. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2006. 70 p. Disponível em: https://www2.ufrb.edu.br/insecta/images/publicacoes/meliponicultura/S%C3%A9rie_Meliponicultura_n.5.pdf. Consulta em ago. 2023.
- MAGALHÃES, Tatiana Lobato de; VENTURIERI, Giorgio Cristino. **Aspectos Econômicos da Criação de Abelhas Indígenas Sem Ferrão (Apidae: Meliponini) no Nordeste Paraense**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. 38 p.
- NORMAN, Donald A. **Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things**. Nova York: Basic Books (AZ), 2005.
- OLIVEIRA, F.; KERR, W. E. **Divisão de uma colônia de jupará (Melipona compressipes manaosensis) usando-se a colmeia e o método de Fernando Oliveira**. Manaus: INPA, MCT, 2000.
- PORTUGAL-ARAÚJO, V. **Colmeias para “abelhas sem ferrão”**. Boletim do Instituto de Angola, 1955.
- ROUBIK, D.W. Pollination of cultivated plants in the tropics, FAO. **Bulletin of Agricultural Services**, 118, 1-194, 1995. Disponível em: <https://www.fao.org/3/v5040e/v5040e.pdf>. Acesso em: 12 out. 2023.
- ROUBIK, David W. Stingless Bee (Apidae: apinae. **Annual Review of Entomology**, [s.l.], v. 68, n. 1, p. 231-256, 23 jan. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-ento-120120-103938>.
- VENTURIERI, G. C.; RAIOL, V. F. O.; PEREIRA, C. A. B. **Avaliação da introdução da criação racional de Melipona fasciculata (Apidae: Meliponina) entre os agricultores familiares de Bragança**. Pará: Biota Neotropica, 2003.
- VENTURIERI, G. C. **Criação de abelhas indígenas sem ferrão**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008.
- VILLAS-BOAS, J. **Manual Tecnológico: Mel de Abelhas sem Ferrão**. Distrito Federal: Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN), 2012, 96 p. Disponível em: http://www.cecs.unimontes.br/media/k2/attachments/Mel%20de%20abelhas%20sem%20ferrao.pdf_7c5a540c40dcc2ddcb642051ad6151dd.pdf. Acesso em 20 out. 2023.
- WITTER, S.; NUNES-SILVA, P. **Manual de boas práticas para o manejo e conservação de abelhas nativas (meliponíneos)**. 1. ed. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2014. 144p. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201611/21110058-manual-para-boas-praticas-para-o-manejo-e-conservacao-de-abelhas-nativas-meliponineos.pdf>. Acesso em: 10 out. 2023.

