

SISTEMA DE MONITORAMENTO IOT NO ÂMBITO DA APICULTURA 5.0

CAROLINE VERGARA FONSECA NUNES¹:

HENRIQUE BIERHALS TIETZ²; MAIQUEL S CANABARRO³

¹Universidade Federal de Pelotas – carolinevfn@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – henrique.b.tietz@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – maiquel.canabarro@edu.ufpel.br

1. DESCRIÇÃO DA INOVAÇÃO

A atividade apícola exige acompanhamento periódico das colmeias para orientar decisões de manejo e conservação das colônias. Inspeções presenciais demandam deslocamentos até o apiário e podem alterar temporariamente as condições internas da colmeia, limitação particularmente relevante em áreas rurais ou de difícil acesso.

Propõe-se o desenvolvimento de um sistema embarcado para monitoramento *IoT-internet das coisas* e não invasivo de colmeias, baseado em um ARM Cortex M4 e comunicação LoRaWAN. A arquitetura reúne sensoriamento ambiental, aquisição de massa e registro de eventos de abertura em um nó de baixo consumo energético, com transmissão periódica das informações para acompanhamento remoto.

O sistema emprega um sensor para temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica e indicadores relacionados à qualidade do ar; células de carga associadas ao conversor A/D para aquisição de massa; e Reed Switch para registro de eventos de abertura. A integração desses módulos permite construir séries temporais e contextualizar alterações observadas na colmeia.

A inovação não reside no ineditismo de cada sensor, uma vez que soluções acadêmicas e comerciais já empregam pesagem, variáveis ambientais e conectividade remota. O diferencial pretendido concentra-se na arquitetura modular de baixo consumo, na integração temporal dos diferentes parâmetros e na possibilidade de adaptação progressiva da plataforma a diferentes configurações de apiário, buscando transformar medições isoladas em informações de apoio ao manejo, (SANTOS et al., 2024; MARQUES et al., 2024), bem como indicadores de sustentabilidade do entorno das colmeias.

2. ANÁLISE DE MERCADO

O público-alvo inicial compreende pequenos e médios apicultores com apiários rurais ou afastados, além de associações, cooperativas e instituições de pesquisa e extensão, bem como certificadoras de sustentabilidade. A arquitetura modular permite diferentes escalas de implantação, conforme o número de colmeias e a infraestrutura de conectividade disponível.

Existem soluções comerciais consolidadas, como BEEP, BroodMinder e Hive-Tech Pro, que combinam pesagem, monitoramento ambiental e conectividade (BEEP, s.d.; BROODMINDER, s.d.; 3BEE, 2025). A presença dessas soluções demonstra a consolidação da aplicação de monitoramento remoto de colmeias e, ao mesmo tempo, evidencia espaço para arquiteturas modulares adaptadas às condições de implantação do contexto brasileiro.

A produção brasileira de mel alcançou 67.313.986 kg em 2024, o maior resultado histórico da Pesquisa da Pecuária Municipal, indicando a relevância econômica da atividade e um mercado potencial para tecnologias de manejo e monitoramento (IBGE, s.d.). A estimativa poderá ser estruturada a partir do número de colmeias potencialmente atendidas e do valor estimado da solução por unidade. Dessa forma, as métricas poderão ser expressas tanto em número de colmeias quanto em valor financeiro potencial, permitindo relacionar o tamanho do mercado à capacidade de implantação da tecnologia. Os valores definitivos de TAM, SAM e SOM serão calculados após a definição da arquitetura final, do custo unitário do sistema, do modelo de comercialização e das premissas de implantação.

3. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

O projeto encontra-se em desenvolvimento acadêmico e validação tecnológica. A estratégia compreende testes individuais dos módulos, caracterização das células de carga e do conversor A/D, integração do Sensor de Temperatura e Umidade e do Reed Switch ao microcontrolador ARM CórteX M4, testes de comunicação LoRaWAN, caracterização do consumo energético, montagem do protótipo e posterior avaliação em condições reais de operação.

A maturidade tecnológica é estimada atualmente em TRL 4, com evolução pretendida para TRL 5 após a conclusão dos testes de bancada e da integração dos módulos. Os principais riscos estão relacionados à estabilidade da pesagem, às condições ambientais, ao consumo energético, à conectividade e ao comportamento mecânico da estrutura. A mitigação inclui calibração, testes de repetibilidade e erro, ensaios de comunicação, avaliação energética e validação progressiva da montagem.

4. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO

Espera-se a validação de um protótipo funcional para aquisição multiparamétrica e transmissão remota de dados com consumo gerenciável. A validação experimental deverá quantificar o desempenho dos módulos, identificar limitações e verificar a integração entre massa, parâmetros ambientais e eventos de intervenção em séries temporais. A arquitetura poderá, em etapas futuras, subsidiar mecanismos de alerta e apoio à decisão de modelos complexos com inteligência artificial.

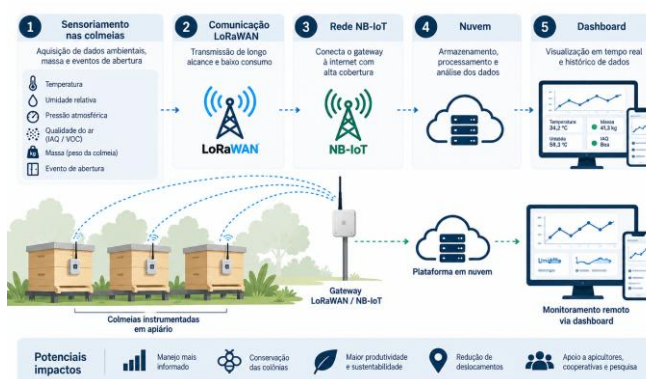


Figura 1 – Arquitetura do sistema de monitoramento remoto de colmeias: sensoriamento, comunicação LoRaWAN/NB-IoT, processamento em nuvem e visualização em dashboard produzida com apoio de IA.

A Figura 1 sintetiza o fluxo de aplicação previsto: sensores instalados nas colmeias realizam a aquisição dos parâmetros; os dados são transmitidos por LoRaWAN a um gateway e encaminhados à plataforma para armazenamento, processamento e visualização. A arquitetura busca ampliar a disponibilidade de informações para o manejo remoto e reduzir a dependência de inspeções presenciais rotineiras.

5. CONCLUSÕES

O sistema proposto integra sensoriamento ambiental das colmeias, medição de massa, registro de abertura e comunicação LoRaWAN em uma arquitetura embarcada. Seu diferencial pretendido está na modularidade e na integração temporal dos parâmetros, permitindo evolução futura para mecanismos de alerta e apoio à tomada de decisão na apicultura de precisão, assim como certificações de sustentabilidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 3BEE. Hive-Tech Pro V.2: datasheet. 2025. Disponível em: <https://www.3bee.com/documents/en/hivetech-datasheet.pdf>. Acesso em: 6 set. 2026.
- BEEP. BEEP base: technical specifications and applications. s.d. Disponível em: <https://beep.nl/beep-base>. Acesso em: 6 set. 2026.
- BROODMINDER. BroodMinder-W5 weight scale. s.d. Disponível em: <https://broodminder.com/products/broodminder-w5-weight-scale>. Acesso em: 6 set. 2026.
- IBGE. Abelhas. IBGE Educa. s.d. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/criancas/voce-sabia/23039-abelhas.html>. Acesso em: 6 set. 2026.
- MARQUES, R. et al. Sistema IoT de monitoramento de colmeias de abelhas *Apis mellifera*. In: ESCOLA REGIONAL DE COMPUTAÇÃO DO CEARÁ, MARANHÃO E PIAUÍ, 12., 2024, Parnaíba. Anais [...]. Porto Alegre: SBC, 2024. p. 297-302.
- SANTOS, F. J. et al. Hardware não invasivo para sensoriamento remoto de colônias de abelhas. In: WORKSHOP DE COMPUTAÇÃO APLICADA À GESTÃO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS, 15., 2024, Brasília. Anais [...]. Porto Alegre: SBC, 2024. p. 207-210.