

Hardware não Invasivo Para Sensoriamento Remoto de Colônias de Abelhas

Felipe J. Santos¹, Yuri C. Mendes², Davi F. M. Mota²,
Alexandre A. P. Coelho², Danielo G. Gomes¹

¹Grupo de Redes de Computadores, Engenharia de Software e Sistemas (GREat)
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Teleinformática (PPGETI)
Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza - CE

²Laboratório de Engenharia de Sistemas de Computação (LESC)
Departamento de Engenharia de Teleinformática
Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza - CE

{felipejuca, yurimendes}@alu.ufc.br

{alexandre, davimota}@lesc.ufc.br, danielo@ufc.br

Abstract. *Monitoring the status of bee colonies is fundamental for precision beekeeping and stingless beekeeping. Typically, this task is carried out manually, requiring the presence of a professional to assess the colonies' condition. In this article, we propose an affordable and non-invasive hardware for remote sensing of beehives. The proposed hardware includes sensors for weight, temperature, and humidity both inside and outside the hive, controlled by an Arduino microcontroller that operates in conjunction with a LoRa module for transmitting data to a gateway, enabling remote and real-time analysis of colony status.*

Resumo. *O monitoramento do estado de colônias de abelhas é fundamental para a apicultura e meliponicultura de precisão. Em geral, esta tarefa é realizada de forma manual, necessitando a presença de um profissional para a avaliação do estado das colônias. Neste artigo, propomos um hardware acessível e não invasivo para sensoriamento remoto de colmeias de abelhas. O hardware proposto contém sensores de peso, temperatura e umidade, interna e externa à colmeia, e são controlados por um microcontrolador Arduino que opera em conjunto com um módulo LoRa para envio de dados a um gateway, possibilitando a análise remota e em tempo real do estado das colônias.*

1. Introdução

As abelhas são consideradas importantes agentes biológicos para o ecossistema. Porém, apesar da sua valiosa contribuição para a manutenção da biodiversidade, estes agentes tem apresentado um declínio na sua diversidade [Sponsler et al. 2019]. Além das condições climáticas, existem eventos que influenciam no estado da colônia, como por exemplo o enxameamento. Neste sentido, é necessário uma avaliação frequente por parte dos profissionais da apicultura e meliponicultura, a fim de avaliar o estado das colônias [Aumann et al. 2021].

É comum na apicultura tradicional a abertura da colmeia para verificar manualmente o estado de saúde das abelhas. Tais práticas aumentam os níveis de estresse da

colônia [Braga et al. 2020]. É importante notar que alguns procedimentos invasivos, tais como abrir as colmeias e remover seus quadros para inspeção, podem ser agressivos a ponto de ferir gravemente ou até mesmo matar as abelhas. Além disso, muitas colmeias são mantidas em locais com pouco ou nenhum suporte energético e distantes, exigindo longos deslocamentos do apicultor [Maciel et al. 2018].

Grandezas como peso, umidade e temperatura indicam informações importantes sobre o estado das colônias [Ziegler et al. 2022]. Assim, este trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento e a confecção de um hardware que comporte e comunique módulos e componentes eletrônicos para o sensoriamento remoto destas três grandezas em colônias de abelhas. Como objetivo secundário, este trabalho visa o desenvolvimento do hardware utilizando componentes eletrônicos de fácil aquisição no mercado e uma arquitetura de baixo custo financeiro, além do suporte energético através de baterias, as quais podem ser carregadas por painéis fotovoltaicos. Este hardware será utilizado para coletar e enviar dados das colmeias para um serviço de internet nas nuvens, o qual será responsável pelo gerenciamento e processamento desses dados.

2. Material e Método

A Figura 1 mostra a visão geral de um sistema de monitoramento remoto de apiário/meliponário. Este sistema é baseado na detecção de grandezas físicas como peso, umidade e temperatura, que são mensuradas de forma interna e externa à colmeia por meio de sensores presentes no hardware. Os sensores enviam os dados obtidos para um microcontrolador, no nosso caso um Arduino, o qual decodifica e encapsula esses dados e os envia através de um protocolo de comunicação sem fio denominado LoRa. Estes dados trafegam por um Gateway LoRa externo, através de uma rede LoRaWAN. Iremos descrever cada componente do sistema nas subseções que se seguem.

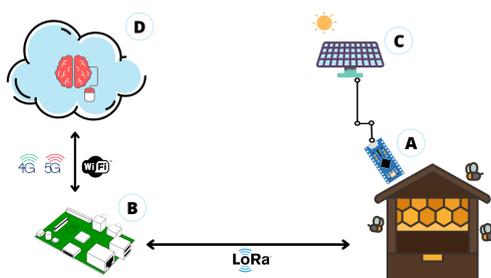


Figura 1. Visão geral de um sistema de monitoramento remoto de um apiário. A: Nó sensor (Hardware desenvolvido nesse artigo), B: Gateway LoRa, C: Suporte Energético (painel fotovoltaico), D: Serviço de armazenamento/processamento em nuvem.

2.1. Microcontrolador Arduino e Sensores

Para tratar do recebimento dos dados provenientes dos sensores e do envio destes dados para um gateway LoRa, utilizamos um Arduino Nano, que é baseado no microchip ATmega328. O Arduino Nano é um microcontrolador com custo acessível e de fácil programação baseado em linguagem de programação C.

Para a medição do peso da colmeia, foram utilizadas 4 transdutores do tipo célula de carga que produzem sinal elétrico com magnitude proporcional a força a qual são

submetidos. Em geral, o sinal elétrico gerado, é da ordem de milivolts (mV), portanto, estes 4 transdutores são ligados a um módulo amplificador HX711. Este módulo amplifica e converte o sinal analógico em digital e envia os dados a um microcontrolador. Para a coleta dos dados de temperatura e umidade foram utilizados dois sensores DHT22 sendo um na região interna e outro na externa da colmeia. Este sensor é utilizado para aferir a temperatura e a umidade do ambiente em uma faixa de temperatura de -40 a 80 graus Celsius com precisão de $0,5$ grau e em uma faixa de umidade relativa do ar de 0 a 99.9% RH com precisão de 2% RH.

2.2. Comunicação sem fio

Para realizar a comunicação entre o microcontrolador e o gateway, utilizamos o protocolo LoRa (acrônimo para *Long Range*, do inglês, Longo Alcance) e criamos uma LoRaWAN (rede com arquitetura centralizada baseada no protocolo LoRa). O dispositivo emissor utilizado foi o módulo SX1276, tendo como receptor um módulo LILYGO TTGO LoRa32 V1.0 ESP32 LoRa. O Módulo receptor foi conectado a uma placa Raspberry Pi Zero W, que recebe os dados e os envia a um serviço de internet nas nuvens. O protocolo LoRa, possui características como baixo consumo energético, envia pequenos pacotes de dados e possui longo alcance de comunicação (podendo chegar a aproximadamente 10 Km em áreas rurais). A LoRaWAN permite que vários nós (dispositivos) da rede possam enviar informações a um Gateway por meio do protocolo LoRa. O Gateway fica responsável por gerenciar os dados recebidos dos nós.

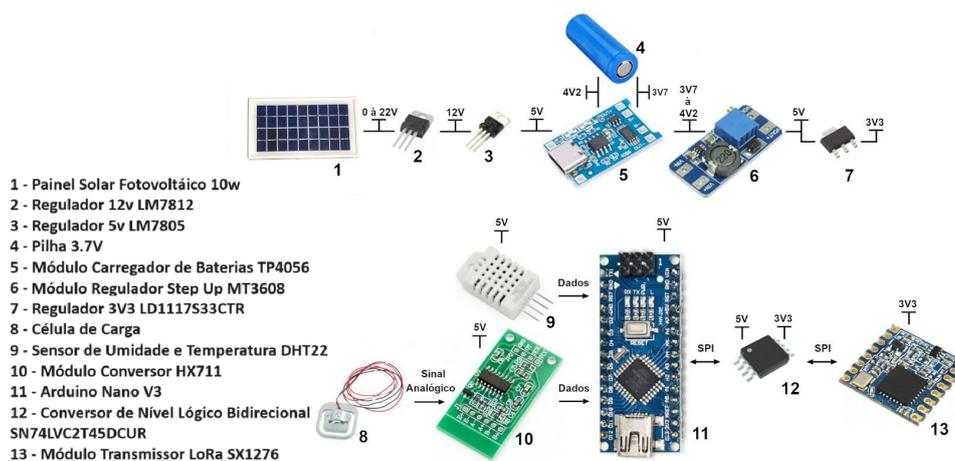


Figura 2. Componentes eletrônicos presentes no hardware proposto.

2.3. Componentes do Hardware e Arquitetura do Sistema

Para atender todos os requisitos, além dos componentes principais, citados anteriormente, foram utilizados componentes eletrônicos que permitem que o sistema opere de forma segura, estável e confiável. A Figura 2 apresenta todos os componentes que foram utilizados para a elaboração do hardware o qual foi prototipado em uma Placa de Circuito Impresso (PCI). Por razões de infraestrutura, foi necessário desenvolver um hardware que tivesse como características o baixo consumo energético, longo alcance de comunicação, custo acessível de fabricação e manutenção, seguro quanto a integridade e envio dos dados e que pudesse ser utilizado por longos períodos de tempo. A partir destes fatores, foi possível projetar e desenvolver uma PCI, no software Altium Design, capaz de atender

todas as especificações dos componentes utilizados para o sistema. A Figura 3 mostra o modelo 3D do hardware que foi enviado para a confecção das PCIs.

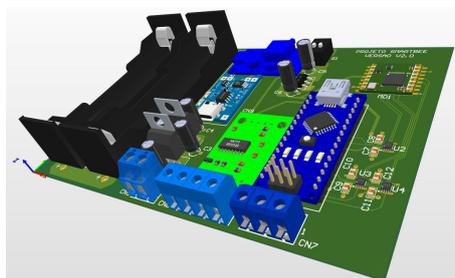


Figura 3. Modelo 3D do Hardware desenvolvido no software Altium Design.

3. Conclusão

O hardware aqui proposto visa contribuir com o manejo e monitoramento de colônias para apicultura/meliponicultura de precisão. É possível avaliar o estado das colônias em tempo real e de forma remota, através de uma solução aberta e de fácil replicação, atendendo diversos nichos de apicultores e meliponicultores. Atualmente o hardware se encontra em fase de montagem para a realização dos testes *in loco* e com variedades de espécies de abelhas com e sem ferrão.

Agradecimentos

O presente artigo foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Danielo G. Gomes agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade (processo 311845/2022-3). Felipe J. Santos agradece à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo apoio financeiro.

Referências

- Aumann, H. M., Aumann, M. K., and Emanetoglu, N. W. (2021). Janus: A combined radar and vibration sensor for beehive monitoring. *IEEE Sensors Letters*, 5(3):1–4.
- Braga, A. R., Gomes, D. G., Rogers, R., Hassler, E. E., Freitas, B. M., and Cazier, J. A. (2020). A method for mining combined data from in-hive sensors, weather and apiary inspections to forecast the health status of honey bee colonies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 169:105161.
- Maciel, F. A. O., Braga, A. R., da Silva, T. L. C., Freitas, B. M., and Gomes, D. G. (2018). Reconhecimento de padrões sazonais em colônias de abelhas *apis mellifera* via clusterização. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, 10(3):74–88.
- Sponsler, D. B., Grozinger, C. M., Hitaj, C., Rundlöf, M., Botías, C., Code, A., Lonsdorf, E. V., Melathopoulos, A. P., Smith, D. J., Suryanarayanan, S., et al. (2019). Pesticides and pollinators: A socioecological synthesis. *Science of the Total Environment*, 662:1012–1027.
- Ziegler, C., Ueda, R. M., Sinigaglia, T., Kreimeier, F., and Souza, A. M. (2022). Correlation of climatic factors with the weight of an *apis mellifera* beehive. *Sustainability*, 14(9):5302.