



MELIPONÁRIO



— TECNOLOGIA · MATERIAL 04/04

# MONITORAMENTO DO MELIPONÁRIO

Conheça como sensores e tecnologia podem auxiliar no acompanhamento das colônias.

PDF · 12 PÁGINAS · 2026

## ABERTURA

## COMECE POR AQUI

## SUMÁRIO

- 03 Por que monitorar
- 04 O que medir
- 05 Sensores
- 06 O microcontrolador
- 07 Da colmeia ao dashboard
- 08 O dado
- 09 Painel e histórico
- 10 Interpretação responsável
- 11 Revise e pratique
- 12 Glossário e referências

## AO FINAL VOCÊ VAI SABER

Sensores registram temperatura, umidade e vibração dentro e fora da colmeia. Os dados percorrem um caminho até virar gráficos. Mas um número isolado não diz se a colônia está saudável: ele é um **indicador** que precisa de contexto (espécie, estação, histórico e observação direta) antes de virar decisão.



## NESTE MATERIAL NÃO HÁ DADOS REAIS

Os gráficos aparecem como esquemas, sem valores. Dados reais do MeliSensores serão incluídos quando houver histórico suficiente.

## A ESCADA: DO DADO À DECISÃO



O MeliTech é um projeto de uma Etec paulista que une meliponário escolar, pesquisa e tecnologia. As fontes aparecem entre colchetes e estão completas na página 12.

## BASE CIENTÍFICA

# POR QUE MONITORAR

O interior do ninho tem um **microclima** próprio: condições de temperatura e umidade de um espaço pequeno, diferentes do ambiente ao redor.



**Q FATO** Numa compilação de estudos com **36 espécies** de abelhas sem ferrão, a área de cria ficou, em média, **4,8 °C ( $\pm 4,1$ )** mais quente que a periferia do ninho e **6,8 °C ( $\pm 6,1$ )** mais quente que o ambiente [dos Santos et al., 2026].

**Q FATO** A temperatura foi mais estável na cria (coeficiente de variação de 11,7%) do que na periferia (23,3%) e no ambiente (35,3%) [dos Santos et al., 2026].

**Q FATO** Espécies que constroem *invólucro* tiveram ninhos cerca de 5 °C mais quentes, em média [dos Santos et al., 2026].

**Q FATO** Na jataí, as forrageiras enfrentam microclimas mais quentes e variáveis que as guardas [Robinson & Baudier, 2024].

Acompanhar o interior e o exterior da colmeia ao longo do tempo ajuda a conhecer esse microclima **sem abrir a caixa**, o que perturba menos a colônia.

**ATENÇÃO**

Os autores alertam que as temperaturas variam entre espécies e que muitas espécies têm poucos registros. **Não existe uma "temperatura ideal" única para todas as abelhas sem ferrão** [dos Santos et al., 2026]. Os números do esquema são médias de 36 espécies, e não valores de referência.

VARIÁVEIS

# O QUE MEDIR

O sistema **MeliSensores** do MeliTech registra cinco variáveis, em dois lugares: dentro e fora da colmeia.

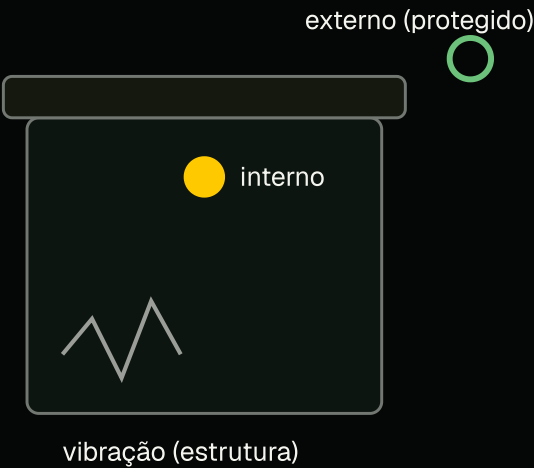
| VARIÁVEL            | ONDE               | O QUE PODE INDICAR        | LIMITE IMPORTANTE                                                                       |
|---------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Temperatura interna | Dentro da colmeia  | O microclima do ninho     | Depende da posição do sensor; não há valor ideal universal<br>[dos Santos et al., 2026] |
| Umidade interna     | Dentro da colmeia  | A condição do ar no ninho | Valores de referência por espécie precisam de fonte científica                          |
| Temperatura externa | Fora, protegida    | A condição do ambiente    | O sol direto distorce a medida                                                          |
| Umidade externa     | Fora, protegida    | A condição do ambiente    | Chuva e orvalho podem afetar o sensor                                                   |
| Vibração            | Estrutura da caixa | Movimento na estrutura    | O que a vibração significa para a colônia ainda precisa de estudo                       |

Variáveis do MeliSensores: documentação do projeto MeliTech.

## POR QUE MEDIR DENTRO E FORA?

A comparação entre o interior e o ambiente é o que permite perceber o microclima do ninho (página 3). Uma medida só interna não diz se a variação veio do ambiente.

Outros sistemas medem ainda luminosidade, som ou peso da colmeia. O MeliSensores não está listado com essas variáveis aqui.



Esquema ilustrativo; a posição real dos sensores é definida pela equipe do projeto.

## HARDWARE

# SENSORES

Um sensor converte uma grandeza física (calor, umidade, movimento) em um sinal elétrico, que o microcontrolador transforma em número.



## TIPOS

Há sensores digitais que medem temperatura e umidade juntos, sensores só de temperatura e sensores de vibração. Em trabalhos sobre colmeias, aparecem sensores de temperatura e umidade instalados um dentro e outro fora da colmeia.



## POSIÇÃO

Como boa prática geral, o sensor interno deve medir o ar da colmeia sem encostar na cria nem nos potes, e o externo deve ficar protegido de sol direto e chuva, para medir o ambiente.



## CALIBRAÇÃO

Todo sensor tem margem de erro, informada no *datasheet* (documento técnico do fabricante). Comparar de vez em quando com um instrumento de referência ajuda a perceber desvios.



### PARA IR ALÉM · POR QUE DOIS SENSORES IGUAIS MOSTRAM VALORES DIFERENTES?

Por causa da margem de erro de cada um, do tempo que levam para responder a uma mudança e da posição onde estão. Por isso, o valor de precisão deve sempre ser lido no datasheet do modelo usado, e não assumido.



### ATENÇÃO

Este material não indica modelos de sensor nem valores de precisão, porque eles dependem do componente escolhido pela equipe. Quem monta o sistema deve consultar o datasheet do modelo.



### EXEMPLO NA LITERATURA

Um trabalho brasileiro de sensoriamento de colônias de abelhas descreve uma abordagem não invasiva, com um sensor de temperatura e umidade dentro e outro fora da colmeia [Hardware não invasivo..., SBC/WCAMA].

## O CÉREBRO DO SISTEMA

# O MICROCONTROLADOR

Microcontrolador é um pequeno computador em um único chip, que lê os sensores e executa um programa de forma repetida.

O MeliSensores usa um **ESP32**. É uma família de microcontroladores da Espressif que reúne um processador Xtensa de 32 bits, Wi-Fi e Bluetooth

[Espressif, ESP32 Series Datasheet v5.3].

## O QUE ELE FAZ NO MELISENORES

- **Ler:** a cada intervalo, lê os sensores.
- **Registrar:** associa a cada leitura a data e a hora.
- **Guardar:** grava as leituras em um arquivo, num **pendrive**, porque o meliponário **não tem Wi-Fi**.

Funcionamento do MeliSensores: documentação do projeto MeliTech.



### SEM INTERNET NO LOCAL

O Wi-Fi do ESP32 só ajuda onde existe uma rede. Sem rede, os dados precisam ser guardados no próprio equipamento e levados até o computador depois.



### PARA IR ALÉM · PENDRIVE OU CARTÃO?

Ler e gravar em pendrive exige um microcontrolador com porta USB em modo *host*, como o ESP32-S3 [Espressif, ESP-IDF, USB Host]. O datasheet do ESP32 "clássico" não lista USB, mas lista um controlador de cartões SD/MMC [Espressif, ESP32 Series Datasheet v5.3]. Por isso, quem monta um sistema parecido precisa escolher a placa e a forma de armazenamento ao mesmo tempo.



### PARA IR ALÉM · E O RELÓGIO?

Sem internet, o microcontrolador não consegue acertar a hora sozinho. Por isso, sistemas de registro em campo costumam incluir um **relógio de tempo real (RTC)**. Datas erradas estragam a análise (página 8).

O modelo exato da placa, a fonte de energia e o intervalo entre leituras são definidos pela equipe e não são detalhados aqui.

## O CAMINHO DO DADO

## DA COLMEIA AO DASHBOARD

## NO MELIPONÁRIO

- 1 · **SENSORES**  
medem temperatura e umidade (dentro e fora) e vibração
- 2 · **MICROCONTROLADOR (ESP32)**  
lê os sensores e marca data e hora
- 3 · **ARQUIVO CSV NO PENDRIVE**  
uma linha por leitura

- 4 · **TRANSPORTE FÍSICO**  
o pendrive é retirado, levado ao computador e depois devolvido ao ESP32

PONTE · SEM WI-FI

## NO SITE MELITECH

- 5 · **IMPORTAÇÃO (MODO ADMINISTRADOR)**  
envia o arquivo, mostra a prévia, descarta linhas inválidas e pede confirmação
- 6 · **PROCESSAMENTO**  
cálculo de médias, mínimos e máximos, por dia e por mês
- 7 · **DASHBOARD**  
Painel e Histórico do site
- 8 · **INTERPRETAÇÃO**  
pessoas analisam, com contexto e observação



## COMPARE

Onde há internet, a etapa 4 pode ser substituída por transmissão sem fio (Wi-Fi ou outras redes), e os dados chegam quase em tempo real. No meliponário do MeliTech não há Wi-Fi: o transporte é físico, e o site mostra registros consolidados, e não leituras ao vivo.

## FORMATO E QUALIDADE

# O DADO

**CSV** (*comma-separated values*) é um arquivo de texto em que cada linha é um registro e as colunas são separadas por vírgulas. É simples para o microcontrolador gravar: basta acrescentar uma linha a cada leitura.

## CABEÇALHO DO ARQUIVO DO MELISENORES

```
colmeia_id,timestamp,temperatura_interna,umidade_interna,  
temperatura_externa,umidade_externa,vibracao  
identificação da colmeia; data e hora da leitura; as cinco medidas
```

## UMA LINHA DE EXEMPLO (SEM VALORES REAIS)

```
jatai-01,AAAA-MM-DDThh:mm:ss-03:00,<°C>,<%>,<°C>,<%>,<vibração>  
data e hora no formato ISO 8601, com o fuso horário (-03:00)
```

## PROBLEMAS COMUNS DE QUALIDADE

| PROBLEMA           | COMO APARECE                                                     | CUIDADO                                                              |
|--------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Lacuna             | Período sem leituras (por exemplo, pendrive fora do equipamento) | Não preencher com valores inventados; registrar a lacuna             |
| Valor impossível   | Número fora do que o sensor consegue medir                       | Verificar o sensor; excluir registrando o motivo                     |
| Relógio errado     | Datas fora de ordem ou no futuro                                 | Conferir o relógio e o fuso horário                                  |
| Sensor deslocado   | Mudança brusca e permanente                                      | Anotar a data da mudança; não comparar períodos sem ressalva         |
| Arquivo corrompido | Linhas incompletas                                               | A importação do site ignora linhas inválidas e informa quantas foram |



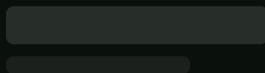
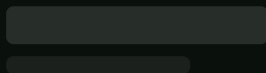
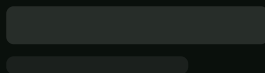
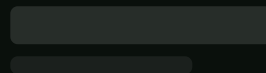
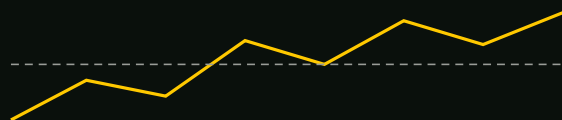
### NO MELITECH

A tela de importação do modo administrador confere se o cabeçalho é o esperado, mostra uma prévia das leituras e só importa depois da confirmação.

## LEITURA

# PAINEL E HISTÓRICO

O site resume o registro do mês e mostra o histórico de cada dia.

**ESQUEMA DO PAINEL****TEMPERATURA MÉDIA****UMIDADE MÉDIA****ÚLTIMA TEMPERATURA****ÚLTIMA UMIDADE****TEMPERATURA · POR DIA****UMIDADE · POR DIA**

Exemplo de visualização, sem dados reais. Linha tracejada cinza: média do período.

**MÉDIA**

Resume um conjunto de valores em um só. É útil, mas esconde as variações.

**MÍNIMO E MÁXIMO**

Mostram os extremos do período, que a média não revela.

**SÉRIE TEMPORAL**

Dados organizados no tempo. Permitem ver padrões diários e mudanças entre períodos.

**NO MELITECH**

O Painel mostra o resumo do mês (média, intervalo mínimo–máximo e a última leitura, com data e hora). O Histórico traz os gráficos de temperatura e umidade por dia e uma tabela com o registro de cada dia.

**ATENÇÃO**

Comparar períodos (por exemplo, esta semana com a anterior) só faz sentido se os sensores estiverem na mesma posição e funcionando da mesma forma.

## A MENSAGEM CENTRAL

# INTERPRETAÇÃO RESPONSÁVEL

Sensor não é diagnóstico. Dados ambientais são **indicadores**: ajudam a fazer boas perguntas, mas não respondem sozinhos se a colônia está bem.

**1 · DADO**

A temperatura interna registrada a cada intervalo durante um dia.

**2 ·  
INDICADOR**

A diferença entre a temperatura interna e a externa ao longo desse dia.

**3 ·  
INTERPRETAÇÃO**

O interior variou menos que o exterior? A resposta depende da espécie, da estação, da posição do sensor e do histórico daquela colmeia.

**4 ·  
DECISÃO**

Observar a entrada da colônia, verificar o sensor e, havendo dúvida, consultar uma pessoa experiente. Nenhuma intervenção deve ser feita só por causa de um número.

**ALERTAS SÃO CONVITES À OBSERVAÇÃO**

Um alerta automático (por exemplo, um valor fora do que já foi registrado) pede que alguém olhe a colmeia. Não é um diagnóstico. Limites de alerta só devem ser definidos com base no histórico daquela colmeia ou em fonte científica para a espécie. Este material não define limites.

**CUIDADO COM O CONTEXTO**

A mesma temperatura pode significar coisas diferentes em espécies, estações e locais diferentes. Os valores de referência variam entre espécies e, para muitas, ainda há poucos estudos [dos Santos et al., 2026].

**ATENÇÃO**

Dados ambientais são indicadores, e não medidas da saúde da colônia. Sem contexto e observação, um gráfico bonito pode levar a uma decisão errada.

## — FIXAÇÃO

# REVISE E PRATIQUE



## RESUMO

- O interior do ninho tem microclima próprio, mais estável que o ambiente.
- O MeliSensores mede temperatura e umidade dentro e fora da colmeia, e a vibração.
- Sem Wi-Fi, os dados vão do pendrive ao site pelo modo administrador.
- Médias, extremos e séries temporais resumem os dados, mas escondem detalhes.
- Dado, indicador, interpretação e decisão são etapas diferentes.



## ATIVIDADE · DO GRÁFICO À DECISÃO

Com a ajuda do professor, abra o Histórico do site (ou um arquivo CSV real do MeliSensores). Escolha uma semana e preencha a tabela abaixo, separando as quatro etapas.

1. Anote a maior e a menor temperatura interna e externa da semana.
2. Para três dias, compare a média interna com a externa.
3. Escreva o que você concluiria, e o que mais precisaria saber.

### ETAPA

### O QUE VOCÊ ENCONTROU

### QUE INFORMAÇÃO A MAIS VOCÊ PRECISARIA?

Dado

Indicador

Interpretação

Decisão

## PERGUNTAS DE REVISÃO

1. Por que medir a temperatura dentro e fora da colmeia?
2. Por que não existe uma "temperatura ideal" única para as abelhas sem ferrão?
3. Descreva o caminho do dado no MeliTech, do sensor ao gráfico.
4. Cite dois problemas de qualidade de dados e como lidar com eles.
5. Qual a diferença entre um indicador e uma interpretação?

## CONSULTA

# GLOSSÁRIO E REFERÊNCIAS

## REFERÊNCIAS

DOS SANTOS, C. F.; DEVKOTA, K.; BLOCHTEIN, B.; ALMEIDA, E. A. B. **Thermal patterns in stingless bee colonies**. The Science of Nature, v. 113, n. 2, art. 29, 2026. DOI: 10.1007/s00114-026-02083-6.

ESPRESSIF SYSTEMS. **ESP32 Series Datasheet**, versão 5.3. Disponível em: [documentation.espressif.com/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](https://documentation.espressif.com/esp32_datasheet_en.pdf).

ESPRESSIF SYSTEMS. **ESP-IDF Programming Guide: USB Host (ESP32-S3)**. Disponível em: [docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/stable/esp32s3/api-reference/peripherals/usb\\_host.html](https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/stable/esp32s3/api-reference/peripherals/usb_host.html).

HARDWARE não invasivo para sensoriamento remoto de colônias de abelhas. In: Workshop de Computação Aplicada à Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais (WCAMA). Sociedade Brasileira de Computação. Disponível em: [sol.sbc.org.br/index.php/wcama/article/download/29434/29239/](https://sol.sbc.org.br/index.php/wcama/article/download/29434/29239/).

MELITECH. **Documentação do sistema MeliSensores e do site MeliTech** (variáveis, formato CSV, importação no modo administrador, Painel e Histórico). Documento interno do projeto, 2026.

ROBINSON, K. M.; BAUDIER, K. M. **Stingless bee foragers experience more thermally stressful microclimates and have wider thermal tolerance breadths than other worker subcastes**. Frontiers in Ecology and Evolution, v. 12, 1405459, 2024. DOI: 10.3389/fevo.2024.1405459.

## CRÉDITOS DE IMAGEM

Capa e p. 12: acervo MeliTech. Diagramas e esquemas: MeliTech. Nenhum gráfico deste material usa dados reais.

## GLOSSÁRIO

### CALIBRAÇÃO

Comparação de um sensor com uma referência para conhecer seu erro.

### CSV

Arquivo de texto com um registro por linha e colunas separadas por vírgulas.

### DASHBOARD

Painel que resume dados em números e gráficos.

### DATASHEET

Documento técnico do fabricante de um componente.

### INDICADOR

Medida construída a partir de dados.

### MICROCLIMA

Condições de um espaço pequeno, diferentes do entorno.

### MICROCONTROLADOR

Computador em um chip que lê sensores e executa um programa.

### RTC

Relógio de tempo real, que mantém data e hora.

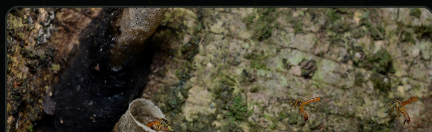
### SÉRIE TEMPORAL

Dados organizados em ordem de tempo.

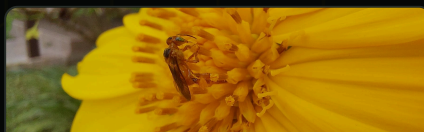
### TIMESTAMP

Registro de data e hora de uma leitura.

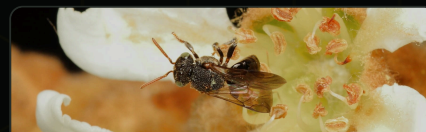
## CONTINUE NA COLEÇÃO



MELIPONICULTURA · 01  
INTRODUÇÃO À MELIPONICULTURA



ESPÉCIE EM DESTAQUE · 02  
CONHECENDO A JATAÍ



BIODIVERSIDADE · 03  
FLORA MELIPONÍCOLA