

Escola Municipal Dona Gercina vilas Boas Alves

**USO DE SENSORES DE TEMPERATURA E UMIDADE NA CONSERVAÇÃO DO
MEL: Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento Inteligente**

Porteirinha, MG

2025



Alana Fainny Silva Araújo
Dienifer Emanuely de Souza Verissimo
Luane Samira Ferreira Soares

Franciele Marques

Uso de Sensores de Temperatura e Umidade na Conservação do Mel: Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento Inteligente

Relatório apresentado à 9ª FEMIC - Feira
Mineira de Iniciação Científica.

Orientação da prof. a Franciele Marques

Porteirinha, MG

2025



RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo desenvolver um sistema automatizado para o monitoramento da temperatura e umidade do ambiente de armazenamento do mel, utilizando sensores conectados a um microcontrolador Arduino. A pesquisa partiu da constatação de que a conservação inadequada do mel compromete sua qualidade, afetando especialmente os pequenos produtores, que muitas vezes não dispõem de recursos tecnológicos para controlar essas variáveis. O mel não deve ser submetido a altas temperaturas, pois isso acelera processos como a cristalização, a fermentação e a formação do Hidroximetilfurfural (HMF), substância resultante da degradação dos açúcares em condições de calor excessivo. O aumento do HMF é um importante indicador de má conservação, podendo desqualificar o mel para o consumo humano. Para alcançar esse objetivo, foi construído um protótipo funcional que realiza medições em tempo real, exibindo as informações de temperatura e umidade em um display LCD. A metodologia envolveu pesquisa bibliográfica, seleção e montagem dos componentes eletrônicos (Arduino Uno, módulo sensor DHT11 e display LCD I2C), elaboração e correção do código de programação, além da realização de testes em diferentes condições de ambiente. Os resultados comprovaram que o sistema é eficaz, estável e de baixo custo, podendo ser facilmente replicado por pequenos apicultores. O protótipo demonstrou potencial para reduzir perdas durante o armazenamento, preservar as propriedades do mel e incentivar o uso de tecnologias acessíveis no meio rural, unindo ciência, inovação e sustentabilidade.

Palavras-chave: mel, Arduino, conservação



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 JUSTIFICATIVA.....	7
3 OBJETIVO GERAL	8
4 METODOLOGIA	9
5 RESULTADOS OBTIDOS	13
6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	15
REFERÊNCIAS.....	16

1 INTRODUÇÃO

A Escola Municipal Dona Gercina está situada na zona rural do distrito do Tanque, no município de Porteirinha, norte de Minas Gerais. Localizada em meio a uma paisagem marcada pela simplicidade e riqueza natural, a escola desempenha um papel fundamental na formação educacional das crianças e jovens da comunidade local. Nas comunidades próximas ao Tanque existem diversos pequenos produtores de mel, que, com dedicação e conhecimento tradicional, mantêm viva uma importante atividade econômica da região: a apicultura. A produção de mel é uma das principais fontes de renda para muitas famílias locais e representa um elo forte entre a comunidade e a natureza.

O mel é reconhecido globalmente não apenas como um adoçante natural, mas como um alimento funcional com vastas propriedades nutricionais e medicinais, sendo amplamente explorado na alimentação humana (Pereira et al., 2023). No entanto, sua qualidade é altamente sensível às condições de armazenamento, especialmente a variações de temperatura e umidade, devendo-se evitar temperaturas superiores a 26 °C. (Camargo et al., 2023)

Esses fatores são os principais catalisadores da cristalização acelerada, da fermentação (devido ao aumento da umidade) e da degradação de componentes essenciais, como enzimas, o que leva ao aumento do índice de Hidroximetilfurfural (HMF), um indicador de má conservação do produto, desqualificando-o para o consumo se exceder o limite legal de 60 mg kg (Brasil, 2000). O controle rigoroso desses parâmetros é, portanto, indispensável para manter a integridade, o valor comercial e a conformidade do mel.

É nesse contexto que as tecnologias de código aberto e baixo custo, como os microcontroladores Arduino e sensores de temperatura e umidade (DHT11/DHT22), apresentam-se como uma alternativa viável para a gestão da qualidade.

Existem estudos que já exploram a aplicação de sensores programáveis em ambientes apícolas (Paulino, 2018), focando geralmente na gestão do apiário em si, como controle de colmeias e monitoramento de peso. Contudo, há uma necessidade clara de aprofundar a aplicação dessa tecnologia especificamente no monitoramento pós-colheita, visando a otimização da fase de armazenamento e conservação do mel finalizado, que é onde grande parte da deterioração pode ocorrer. Diante disso, surgiu o questionamento: Como a

implementação de sensores de temperatura e umidade pode otimizar a conservação do mel, garantindo sua qualidade e prolongando sua vida útil?

2 JUSTIFICATIVA

A conservação inadequada do mel pode comprometer sua qualidade e reduzir sua vida útil, resultando em perdas para produtores e consumidores. Muitos pequenos apicultores não dispõem de equipamentos sofisticados para o monitoramento das condições ambientais durante o armazenamento.

A falha no controle de temperatura e umidade é a principal causa da degradação do mel, pois altas temperaturas promovem processos como a cristalização acelerada, a fermentação e o aumento dos níveis de Hidroximetilfurfural (HMF), desqualificando o produto para o mercado.

O uso de sensores de temperatura e umidade integrados ao Arduino oferece uma solução acessível e eficaz para esse problema. A implementação desse sistema permitirá um acompanhamento em tempo real das condições de armazenamento. A importância deste trabalho reside em democratizar o acesso à tecnologia de monitoramento de precisão, fornecendo aos pequenos produtores uma ferramenta de baixo custo para mitigar perdas, preservar suas propriedades nutricionais e seu valor de mercado.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Desenvolver um sistema de monitoramento automatizado para controle da temperatura e umidade no armazenamento do mel, utilizando sensores conectados ao Arduino.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar os principais fatores que afetam a conservação do mel;
- Desenvolver um protótipo funcional de monitoramento desses parâmetros;
- Avaliar o desempenho do sistema em diferentes condições ambientais;

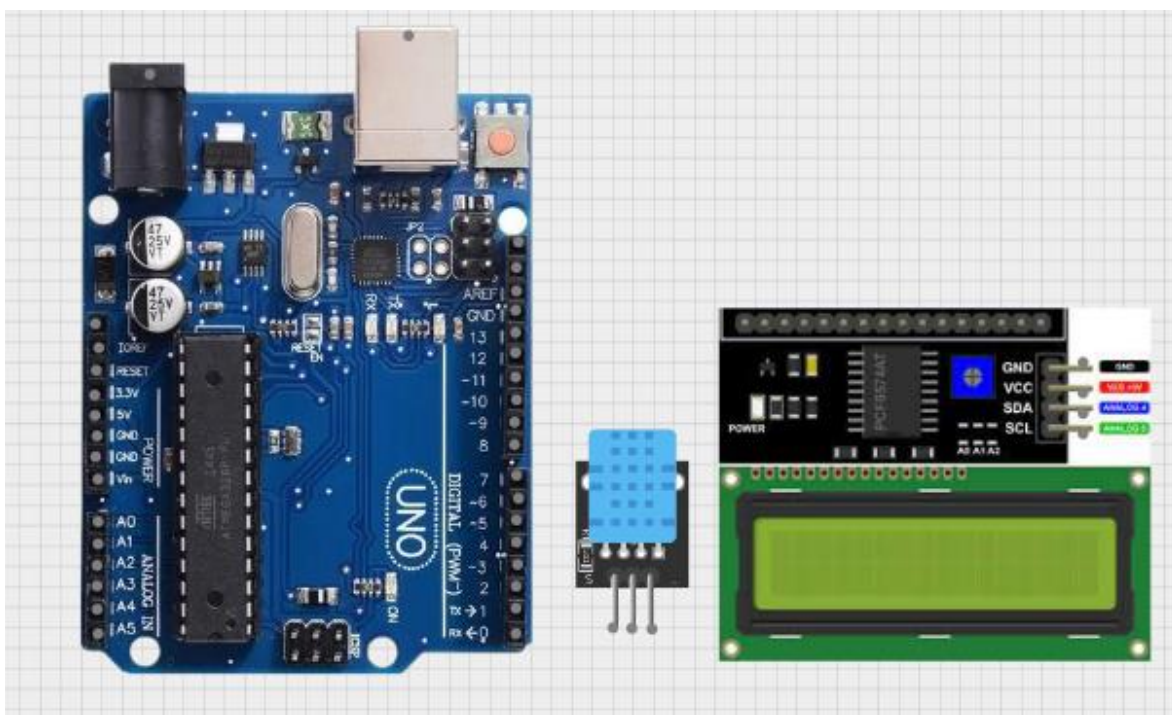
4 METODOLOGIA

O desenvolvimento do sistema de monitoramento ambiental de conservação do mel seguiu uma metodologia experimental e iterativa, focada na construção e validação de um protótipo de baixo custo baseado em microcontrolador, visando a aplicação prática por pequenos produtores.

1. Componentes e Seleção de Hardware

Para a construção do protótipo funcional, foram selecionados componentes eletrônicos acessíveis e de mercado, priorizando a relação custo-benefício e a facilidade de replicação: São estes,

Figura 1: componentes: Arduino Uno, modulo sensor DHT11, Display LCD I2C



Fonte: <https://app.circuitdesigner.com/>

2. Desenvolvimento Iterativo do Protótipo

O processo de montagem e programação foi realizado em fases distintas, documentando a abordagem de tentativa e erro, que é inerente ao desenvolvimento de hardware e software.

Fase 1: Testes Iniciais e Desafios de Componentes

O desenvolvimento inicial foi guiado por um vídeo de referência do canal *Catarina Mouro* no YouTube. O primeiro teste de montagem incluiu a placa Arduino Uno, o display LCD I2C e o sensor DHT11 (componente individual, sem módulo).

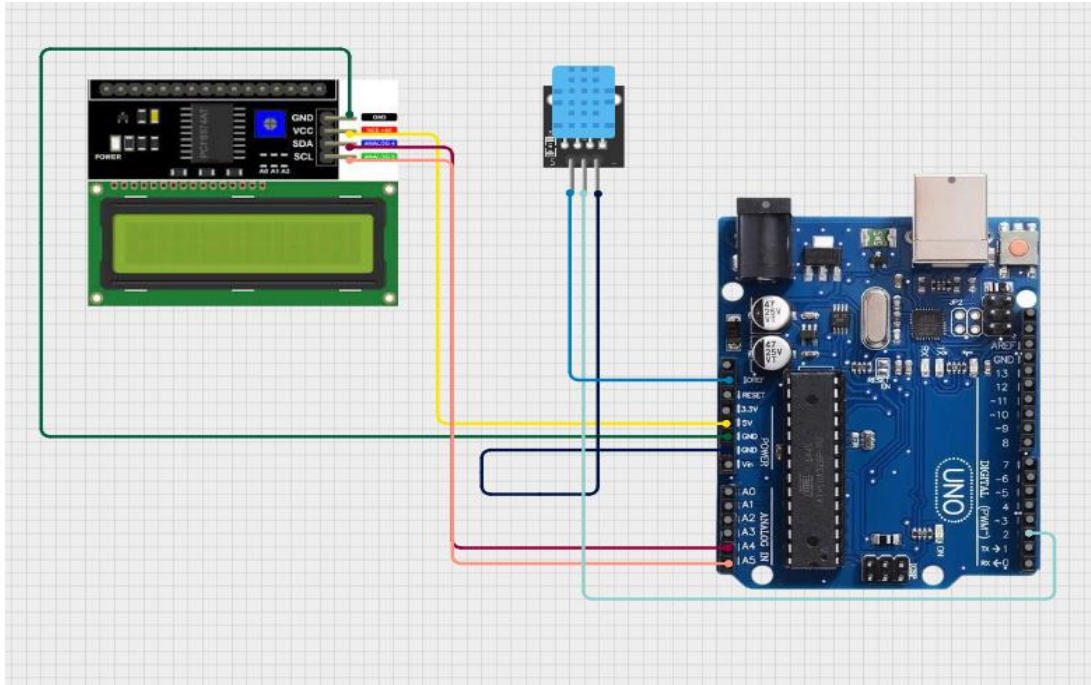
- **Problema Identificado:** Esta montagem inicial não resultou na produção de nenhum dado. O desafio técnico foi atribuído à necessidade do resistor *pull-up*, essencial para a comunicação estável do pino de dados do sensor com o microcontrolador, o qual não estava presente no circuito.
- **Ação Corretiva:** Em um processo de refinamento (*hardware*), o sensor DHT11 foi substituído pelo Módulo Sensor DHT11. O módulo, por ter o resistor *pull-up* já integrado em sua placa, eliminou a necessidade de fiação auxiliar e assegurou a estabilidade necessária para a coleta de dados.

Fase 2: Montagem Final e Solução de Erros de Código

Com o componente de leitura de dados estabilizado (Módulo DHT11), a equipe prosseguiu para a fase de programação:

1. **Conexão Física:** As ligações elétricas foram estabelecidas seguindo o padrão de pinagem do módulo DHT11 e display I2C com o Arduino Uno.

Figura 2: Esquema do protótipo



Fonte: <https://app.cirkitdesigner.com/project/b9f810b3-0d26-4382-af65-abb9d35326da>

2. Programação e Erro: O código-fonte sugerido pelo canal de referência foi baixado, juntamente com as bibliotecas correspondentes. Após o upload, o protótipo não funcionou, indicando um erro no código de programação (falha de software).

3. Resolução (Apoio de IA): Dada a restrição de tempo para depuração manual, a equipe utilizou o ChatGPT para analisar o código identificar a falha e gerar uma solução. Esta intervenção permitiu obter um código estável e funcional para o protótipo.

Fase 3: Testes Experimentais e Validação do Protótipo

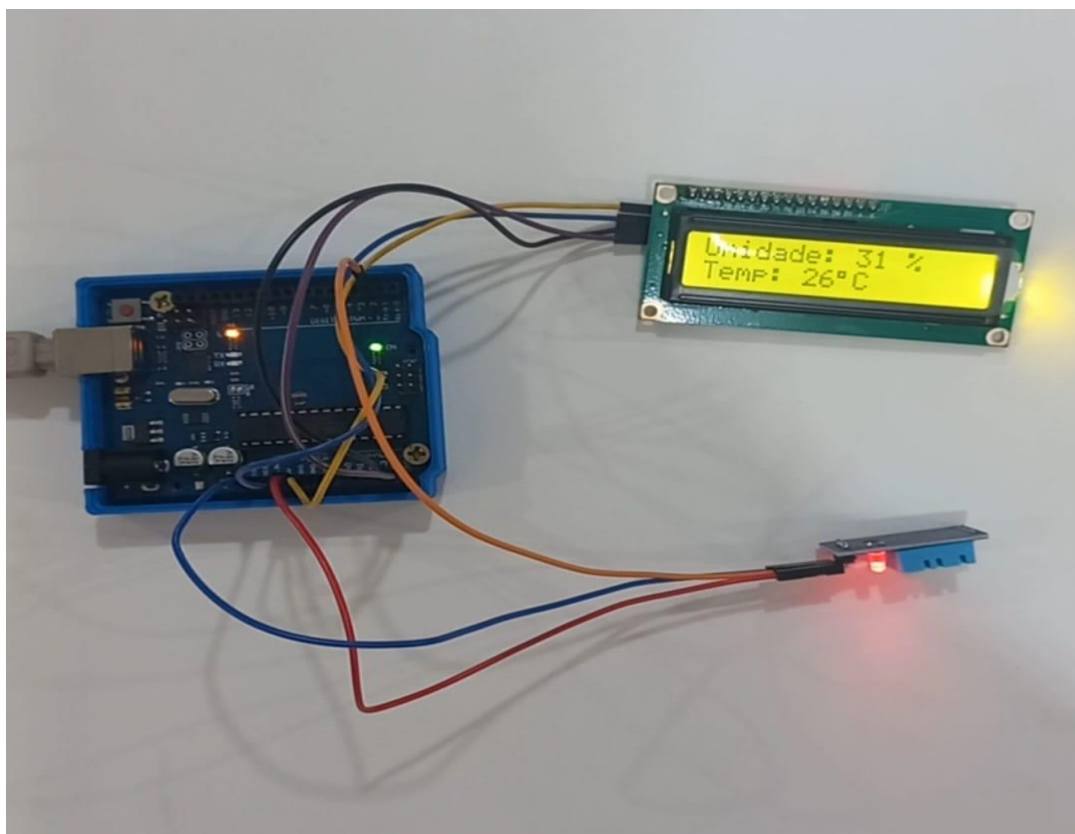
Com a funcionalidade garantida, o protótipo foi submetido a testes para validar a sua capacidade de monitorar o ambiente em tempo real:

- **Teste 1:** Medições realizadas em sala com ar condicionado ligado (temperatura baixa e estável).

- **Teste 2:** Medições realizadas em sala sem climatização artificial (ambiente sujeito à flutuação diária de temperatura e umidade).

O sucesso na coleta e exibição contínua dos dados nessas diferentes condições ambientais confirmou a eficácia do protótipo desenvolvido para a finalidade de monitoramento do ambiente de conservação do mel.

Figura 3: Protótipo final



Fonte: arquivo pessoal

5 RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos durante o desenvolvimento e os testes do protótipo confirmaram a viabilidade técnica e funcional do sistema de monitoramento de temperatura e umidade destinado à conservação do mel. A metodologia experimental e iterativa adotada possibilitou a construção de um dispositivo de baixo custo, fácil replicação e operação estável, atendendo às necessidades de pequenos produtores que desejam controlar o ambiente de armazenamento do produto.

Durante a fase inicial de testes, verificou-se que o sensor DHT11 na versão individual não funcionou, impossibilitando a obtenção de leituras de temperatura e umidade. Essa falha foi associada à ausência de um pequeno componente eletrônico essencial para a comunicação correta entre o sensor e o microcontrolador. A substituição pelo Módulo Sensor DHT11, que já possui o circuito necessário integrado, solucionou o problema e demonstrou a importância da seleção adequada de hardware para o desempenho do sistema.

Com a substituição concluída, foi possível analisar o funcionamento de cada parte do protótipo:

- **Placa Arduino Uno:** atuou como o “cérebro” do sistema, responsável por processar os sinais enviados pelo sensor e converter os dados em valores compreensíveis de temperatura e umidade (Ramos, 2024). Também executou o código de controle, gerenciando o tempo de leitura e a atualização das informações no display.
- **Módulo Sensor DHT11:** desempenhou o papel de sensor principal, captando a temperatura e a umidade do ar do ambiente em tempo real (Ramos, 2024). Os dados coletados foram transmitidos digitalmente ao Arduino, permitindo a análise imediata das variações ambientais.
- **Display LCD 16×2 com interface I2C:** funcionou como a interface de saída visual, exibindo de forma clara e contínua os valores de temperatura e umidade coletados pelo sensor. O uso do módulo I2C reduziu a quantidade de fios necessários e simplificou as conexões elétricas com o Arduino. (Ramos, 2024).
- **Cabos jumper e protoboard:** foram utilizados para interligar os componentes, facilitando a montagem e possíveis ajustes durante a fase de testes, sem necessidade de soldagem permanente.

Assim temos o seguinte diagrama:

Figura 4- Diagrama em Blocos



Fonte: canva

Na etapa de **integração de software**, o código inicial obtido de uma fonte online apresentou erros e impediu o funcionamento do sistema. A análise e correção, realizadas com apoio da ferramenta de inteligência artificial (ChatGPT), resultaram em um programa funcional, capaz de coletar os dados do sensor e exibi-los de forma estável no display. Essa intervenção demonstrou a relevância do uso de recursos de IA como apoio técnico em projetos de prototipagem.

A validação experimental foi conduzida em dois contextos distintos para verificar a estabilidade do sistema. No Teste 1, realizado em ambiente climatizado, o protótipo apresentou valores estáveis de temperatura e umidade, indicando boa precisão e resposta uniforme. No Teste 2, executado em ambiente sem climatização, foram observadas variações graduais nas medições, correspondentes às mudanças naturais de temperatura e umidade ao longo do dia. Em ambos os testes, o protótipo manteve o funcionamento contínuo e sem interrupções, comprovando sua eficiência na coleta e exibição dos dados.

De forma geral, o protótipo apresentou resultados positivos, mostrando-se confiável, econômico e de fácil utilização, o que o torna uma alternativa viável para pequenos produtores que necessitam monitorar o ambiente de armazenamento do mel. O processo de desenvolvimento também demonstrou que a experimentação prática e os ajustes sucessivos são etapas decisivas para garantir o bom desempenho de tecnologias simples, mas eficazes, voltadas à realidade do campo.

6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento bem-sucedido do protótipo de monitoramento de temperatura e umidade para a conservação do mel reforça a viabilidade e a eficácia da aplicação de tecnologias de baixo custo, como o Arduino e o sensor DHT11, no controle ambiental durante o armazenamento do produto. O sistema construído não apenas se mostrou funcional e estável, mas também capaz de fornecer leituras confiáveis em diferentes condições, confirmando plenamente a validade técnica da proposta.

Durante a prototipagem, a superação de desafios técnicos foi crucial. A decisão de substituir o sensor DHT11 individual pelo módulo sensor integrado demonstrou a importância crítica da seleção de componentes para a confiabilidade do sistema.

Adicionalmente, o uso estratégico de ferramentas de Inteligência Artificial (IA) no ajuste e depuração do código evidenciou o papel acelerador dos recursos digitais na otimização do processo de desenvolvimento.

Os testes realizados validam que o sistema atende diretamente às necessidades dos pequenos produtores, oferecendo informações em tempo real sobre as condições de armazenamento do mel. Essa capacidade de monitoramento contínuo permite intervenções rápidas e eficazes, preservando a qualidade, as propriedades nutricionais e o valor comercial do produto.

Em síntese, o trabalho cumpre integralmente os objetivos propostos ao disponibilizar uma solução acessível, prática e replicável. Este estudo não só reforça a integração entre tecnologias digitais e práticas apícolas, mas também aponta para o vasto potencial de expansão desse tipo de monitoramento no contexto de uma produção de alimentos naturais mais sustentável e de gestão mais eficiente.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/defesa-agropecuaria/suasa/regulamentos-tecnicos-de-identidade-e-qualidade-de-produtos-de-origem-animal-1/rtiq-mel-e-produtos-apicolas> Acesso em: 11 jun. 2025.

CAMARGO, R. C. R. de; RÊGO, J. G. S.; LOPES, M. T. do R.; PEREIRA, F. de M.; MELO, A. L. Boas práticas na colheita, extração e beneficiamento do mel. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2003. 28 p. (Documentos Embrapa Meio-Norte, n. 78). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/66838/boas-praticas-na-colheita-extracao-e-beneficiamento-do-mel> Acesso em: 11 jun. 2025.

MOURO, Catarina. Como criar Sensor Temperatura e Umidade Arduino | DHT11. YouTube, 19 nov. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=obmUmRir6Fk>. Acesso em: 28 ago. 2025.

PAULINO, Lucas Kovalczuk. Apicultura de alta performance: uso de sensores programáveis aplicados na gestão de um apiário. São Bento do Sul, SC: Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação do Planalto Norte – CEPLAN, 2018. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação). Disponível em: <http://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/000094/000094d8.pdf> Acesso em: 11 jun. 2025.

PEREIRA, F. de M.; LOPES, M. T. do R.; CAMARGO, R. C. R. de; VILELA, S. L. de O. Sistema de produção de mel. Brasília, DF: Embrapa, 2023. 78 p. (Sistemas de Produção, v. 3. Versão eletrônica). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1156063/1/SistemaProducaoMelVersaoEletronica2023.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2025.

RAMOS, Sherwin. Guia passo a passo: Exibindo dados no sensor DHT11 no LCD I2C com Arduino. 2024. Disponível em: https://arduinointro.com/articles/projects/step-by-step-guide-displaying-dht11-sensor-data-on-i2c-lcd-with-arduino?utm_source=chatgpt.com Acesso em: 11 jun. 2025.