



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

José Veríssimo de Oliveira Queiroz

Tecnologia acessível no campo: projeto de chocadeira com controle térmico baseado em
Arduino

PAU DOS FERROS

2025

José Veríssimo de Oliveira Queiroz

Tecnologia acessível no campo: projeto de chocadeira com controle térmico baseado em
Arduino

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para a obtenção do título de Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Thiago Valério de Souza

PAU DOS FERROS

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Q3t Queiroz, José Veríssimo de Oliveira.
 Tecnologia acessível no campo: projeto de
 chocadeira com controle térmico baseado em
 Arduino / José Veríssimo de Oliveira Queiroz. -
 2025.
 42 f. : il.

 Orientador: Pedro Thiago Valério de Souza.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2025.

 1. Madeira compensada. 2. Incubação. 3. Sensor.
 4. Microcontrolador. 5. Agricultura 4.0. I.
 Souza, Pedro Thiago Valério de , orient. II.
 Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

 Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

José Veríssimo de Oliveira Queiroz

**Tecnologia acessível no campo: projeto de chocadeira com controle térmico baseado em
Arduino**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 04/08/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



PEDRO THIAGO VALERIO DE SOUZA

Data: 09/08/2025 13:28:50-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Pedro Thiago Valério de Souza, Prof. Dr. (UFERSA)

Documento assinado digitalmente



CECILIO MARTINS DE SOUSA NETO

Data: 07/08/2025 19:53:22-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Cecilio Martins de Sousa Neto, Prof. Dr. (UFERSA)

Documento assinado digitalmente



FRANCISCO CARLOS GURGEL DA SILVA SEGUNDO

Data: 07/08/2025 19:44:02-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Francisco Carlos Gurgel da Silva Segundo, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me concedido saúde, força e sabedoria ao longo desta jornada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Pedro Thiago Valério de Souza, pela paciência, dedicação e orientações fundamentais para a construção deste trabalho. Sua contribuição foi essencial para o desenvolvimento do meu conhecimento acadêmico e profissional.

Aos meus pais, João Bosco Queiroz Filho e Sinforosa Maria Paiva de Oliveira Queiroz, por todo o amor, apoio incondicional e por sempre acreditarem no meu potencial. Sem vocês, nada disso seria possível.

Aos meus irmãos, Sara Jackeline de Oliveira Queiroz, Saynara Jordania de Oliveira Queiroz e Sillas Emanuel de Oliveira Queiroz: agradeço por todo o carinho, incentivo e pelas palavras de apoio ao longo dessa caminhada. Cada um de vocês, à sua maneira, contribuiu para que eu me mantivesse firme até aqui. Ter vocês ao meu lado são um presente que levo para a vida toda.

À minha namorada, Samya Beatriz Alves da Costa, agradeço pela companhia, pela paciência nos momentos mais corridos e por estar ao meu lado ao longo dessa fase. Ter você por perto fez diferença.

Agradeço à banca examinadora, pelo interesse e disponibilidade.

Aos meus amigos, Alex Bruno Duarte, Arquimedes Rodrigues Moura, Carlos Henrique de Queiroz, Gabrielle Soares de Lima, Guilherme De Franca Vasconcelos, Gustavo Fernandes Gomes do Nascimento, Harley Lucas De Souza Batista, João Lucas Oliveira de Andrade e Thallys Araújo de Moraes, agradeço pela amizade, companheirismo e por estarem ao meu lado nos momentos bons e nos desafios. A convivência com vocês tornou essa caminhada mais leve e especial.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste trabalho.

"I'm fine with being a fool.

*If there's no way I can win with my abilities,
then I'll stick with being a fool to the end!"*

Issei Hyoudou (DXD)

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma chocadeira automatizada de baixo custo, com controle térmico baseado na plataforma Arduino, visando atender às necessidades de pequenos produtores rurais, especialmente na agricultura familiar. A proposta consiste em integrar sensores, atuadores e um microcontrolador para realizar o monitoramento e controle automático da temperatura interna da chocadeira, promovendo melhores condições para o processo de incubação artificial de ovos. Foram utilizados componentes acessíveis, como o *Digital Humidity and Temperature sensor* (DHT22), lâmpada incandescente acionada por relé, display *Liquid Crystal Display* (LCD) 20x4 com interface *Inter-Integrated Circuit* (I2C) e estrutura física em madeira compensada. O sistema foi validado por meio de testes simulados, demonstrando estabilidade térmica e precisão de leitura, além de apresentar potencial de replicação e expansão futura com recursos de *Internet of Things* (IoT). O projeto também possui aplicação educacional, podendo ser utilizado em escolas técnicas e universidades.

Palavras-chave: madeira compensada; incubação; sensor; microcontrolador; agricultura 4.0.

ABSTRACT

This work aims to develop a low-cost automated incubator with thermal control based on the Arduino platform, designed to meet the needs of small rural producers, especially within family farming. The proposal consists of integrating sensors, actuators, and a microcontroller to monitor and automatically control the internal temperature of the incubator, ensuring better conditions for the artificial incubation of eggs. Accessible components were used, such as the Digital Humidity and Temperature sensor (DHT22), an incandescent lamp activated by a relay, a 20x4 Liquid Crystal Display (LCD) with Inter-Integrated Circuit (I2C) interface, and a physical structure made of plywood. The system was validated through simulated tests, demonstrating thermal stability and reading accuracy, and it shows potential for replication and future expansion with Internet of Things (IoT) capabilities. The project also has educational applications, making it suitable for use in technical schools and universities.

Keywords: plywood; incubation; sensor; microcontroller; agriculture 4.0.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Justificativa	17
1.2	Objetivos.....	18
1.2.1	Objetivo geral	18
1.2.2	Objetivos específicos	18
2	REVISÃO TEÓRICA	19
2.1	Incubação Artificial de Ovos: Parâmetros e Requisitos	19
2.2	Plataformas de Automação de Baixo Custo: O Papel do Arduino	19
2.3	Projetos Similares e <u>Casos</u> de Sucesso no Brasil.....	20
2.3.1	Replicabilidade e Sustentabilidade Tecnológica na Agricultura Familiar	20
3	METODOLOGIA.....	22
3.1	Levantamento de Requisitos.....	22
3.2	Seleção de Componentes e Projeto do Sistema	22
3.2.1	Microcontrolador – Arduino Uno R3	22
3.2.2	Sensor de Temperatura e Umidade – DHT22	23
3.2.3	Atuador Térmico – Lâmpada Incandescente	23
3.2.4	Módulo de acionamento – Relé	24
3.2.5	Display LCD – 20x4 com Módulo I2C	25
3.2.6	Fonte de Alimentação – DC 12V/5V Estabilizada.....	26
3.2.7	Estrutura Física – Caixa de madeira compensada	27
3.3	Montagem Física do Protótipo	27
3.4	Programação e Lógica de Controle.....	30
3.5	Testes e Validação.....	32
3.6	Análise de Viabilidade.....	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1	Montagem Final do Protótipo	34

4.2	Funcionamento do Sistema de Controle Térmico	35
4.3	Exibição das Informações no <i>Display</i> LCD	38
4.4	Comparação entre Fluxograma, Código e Funcionamento Real	39
4.5	Avaliação de Consumo Energético e Custo Total.....	40
4.6	Pontos Fortes e Limitações do Projeto	42
4.7	Trabalhos Futuros	43
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
	REFERÊNCIAS	44
	ANEXO A – PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA CHOCADEIRA F1800	46

1 INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 marca a atual fase da revolução industrial, caracterizada pela integração entre sistemas físicos e digitais, utilizando tecnologias como automação, inteligência artificial, sensores e *Internet of Things (IoT)* para aprimorar processos produtivos (Santos *et al.*, 2023). No campo, essa transformação impulsionou a chamada Agricultura 4.0, que busca aplicar essas mesmas tecnologias à produção agrícola, promovendo maior controle, eficiência e sustentabilidade.

No Brasil, a agricultura tem passado por avanços expressivos, principalmente nas grandes propriedades. No entanto, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), cerca de 77% dos estabelecimentos agropecuários do país são de base familiar, e muitos ainda enfrentam dificuldades no acesso a tecnologias básicas de automação e monitoramento. Essa disparidade tecnológica é ainda mais visível em regiões como o semiárido nordestino, onde predominam pequenas propriedades e a agricultura de subsistência.

Nessa realidade, municípios como Tenente Ananias/RN e Pau dos Ferros/RN apresentam exemplos típicos de pequenos criadores de aves que utilizam métodos rudimentares para a incubação de ovos. Esses métodos, embora funcionais, são ineficientes e dependem do controle manual de variáveis críticas como a temperatura e a umidade, fatores diretamente relacionados ao sucesso da incubação artificial (Lima *et al.*, 2021). Alternativas comerciais automatizadas existem, mas seu custo elevado, a necessidade de manutenção técnica especializada e a dependência de energia contínua tornam sua adoção inviável para muitos produtores.

Diante disso, o desenvolvimento de soluções acessíveis, sustentáveis e replicáveis se torna urgente. O uso de plataformas abertas como o Arduino tem se destacado em projetos de baixo custo, especialmente na área de agricultura de precisão. Trata-se de um microcontrolador de hardware livre, com ampla documentação e suporte, permitindo sua integração com sensores, relés, displays e outros módulos de forma simples e eficiente (Oliveira; Mendes, 2022). Essa flexibilidade torna o Arduino uma ferramenta estratégica para projetos educacionais e aplicações práticas no meio rural (Instituto Federal Do Sertão Pernambucano, 2023).

Este trabalho tem como proposta o desenvolvimento de uma chocadeira automatizada de baixo custo com controle térmico baseado em Arduino, utilizando materiais acessíveis como madeira compensada para a estrutura e uma lâmpada incandescente como fonte de

calor. O sistema contará com um sensor DHT22 para leitura de temperatura e umidade, um módulo relé para controle da lâmpada, e um display LCD 20x4 com interface I2C para exibição dos dados. A lógica de controle será programada na linguagem C/C++ por meio da IDE do Arduino, com acionamento térmico automático sempre que a temperatura estiver abaixo de 37 °C, desligando-se ao atingir 38 °C — respeitando a faixa ideal de incubação artificial de ovos (Lima *et al.*, 2021).

Além de atender às necessidades de pequenos produtores, o projeto possui forte potencial educacional, podendo ser adotado como ferramenta de apoio em disciplinas como eletrônica básica, automação e *IoT*, em cursos técnicos e universitários. Futuramente, o sistema poderá ser expandido com recursos como controle automático da umidade, rotação motorizada dos ovos, registro de dados e monitoramento remoto por meio de plataformas como *Blynk* ou *ThingSpeak*.

Dessa forma, o presente trabalho se justifica pela sua relevância técnica, social e educacional, ao propor uma solução viável, sustentável e de baixo custo para um problema recorrente no meio rural. O projeto contribui para a democratização do acesso à tecnologia, aproxima a inovação da realidade de pequenos produtores e fortalece iniciativas de formação técnica e extensão tecnológica no contexto da agricultura familiar (Brasil, 2024).

1.1 Justificativa

O acesso a tecnologias aplicadas à agricultura ainda é restrito para muitos pequenos produtores brasileiros, principalmente nas regiões mais carentes de infraestrutura, como o semiárido nordestino. Soluções automatizadas, como as chocadeiras industriais, estão disponíveis no mercado, mas seus preços elevados — que variam entre R\$ 450,00 e R\$ 800,00 —, aliados à dificuldade de manutenção e ao consumo contínuo de energia, tornam sua adoção inviável em muitos casos (Amorim, 2021; Brasil, 2024).

Esse cenário reforça a necessidade de desenvolver alternativas mais simples e econômicas, que possam ser replicadas localmente. É nesse contexto que o presente projeto se insere, propondo a criação de uma chocadeira automatizada de baixo custo, utilizando a plataforma Arduino, sensores acessíveis e materiais reutilizáveis ou fáceis de encontrar.

A proposta é oferecer uma solução funcional, que melhore a eficiência no processo de incubação de ovos para pequenos criadores, mas que também possa ser usada em ambientes educacionais — como escolas técnicas e universidades —, servindo como recurso didático em disciplinas de automação, eletrônica básica e Internet das Coisas (*IoT*).

Mais do que um simples protótipo, o projeto busca contribuir com a inclusão tecnológica no campo, fortalecendo a autonomia do pequeno produtor e fomentando práticas sustentáveis na agricultura familiar.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver uma chocadeira automatizada de baixo custo utilizando a plataforma Arduino, com controle térmico baseado em sensores e atuação por relé, visando atender às necessidades de pequenos produtores rurais e permitir futura integração com tecnologias da *IoT*.

1.2.2 Objetivos específicos

- Levantar os requisitos técnicos e funcionais necessários para o processo de incubação artificial de ovos.
- Selecionar e implementar os componentes eletrônicos e estruturais da chocadeira, com foco em baixo custo e acessibilidade.
- Projetar e montar o sistema físico com estrutura em madeira compensada, incluindo sensor DHT22, lâmpada aquecedora, relé e *display* LCD 20x4.
- Desenvolver a lógica de controle para acionamento térmico automatizado utilizando o Arduino.
- Testar o protótipo em condições simuladas, verificando a estabilidade térmica, a precisão do sensor e o funcionamento da lógica de controle.
- Analisar o custo total do projeto e sua viabilidade para aplicação na agricultura familiar.
- Documentar o projeto com orientações técnicas, lista de materiais e sugestões de expansão, permitindo replicação por terceiros.

2 REVISÃO TEÓRICA

A Agricultura 4.0 representa a incorporação de tecnologias digitais, sensores, automação e inteligência artificial aos processos agrícolas. Essa transformação tem possibilitado ganhos significativos em eficiência, produtividade e sustentabilidade, mesmo em pequenas propriedades (Santos *et al.*, 2023). No Brasil, a adoção de soluções tecnológicas ainda enfrenta desigualdades, especialmente no semiárido nordestino, onde a agricultura familiar predomina e muitas vezes carece de acesso a inovações acessíveis.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), cerca de 77% dos estabelecimentos agropecuários brasileiros são de base familiar, e a maioria deles possui baixa mecanização. Tornar tecnologias mais acessíveis é, portanto, uma necessidade urgente para promover equidade e modernização no campo.

2.1 Incubação Artificial de Ovos: Parâmetros e Requisitos

A incubação artificial de ovos é um processo sensível que exige controle rigoroso de variáveis ambientais para garantir a viabilidade embrionária. A temperatura ideal deve permanecer entre 37 °C e 38 °C, com umidade relativa do ar entre 55% e 65% (Lima *et al.*, 2021). Além disso, é essencial realizar a rotação periódica dos ovos — preferencialmente entre três e cinco vezes ao dia — para evitar aderência do embrião à casca.

Chocadeiras comerciais realizam esse controle de forma automatizada, mas seu custo elevado as torna inviáveis para pequenos produtores. Isso reforça a necessidade de soluções que utilizem tecnologias de menor custo e fácil replicação.

2.2 Plataformas de Automação de Baixo Custo: O Papel do Arduino

O Arduino é uma plataforma de *hardware* livre em microcontroladores de fácil uso, ideal para prototipagem rápida e desenvolvimento de sistemas embarcados. Sua popularização no meio acadêmico e entre *makers* se deve à ampla documentação, à vasta comunidade de usuários e ao suporte a sensores e atuadores diversos (Oliveira; Mendes, 2022).

Na agricultura, o Arduino tem sido amplamente utilizado em sistemas de irrigação automática, permitindo maior eficiência no uso da água por meio do controle de sensores e relés de forma autônoma (Cunha; Rocha, 2015; Aslinda *et al.*, 2018) e também em aplicações

com estufas inteligentes, integrando sensores de temperatura e umidade a sistemas de controle remoto via *IoT* (Beuter *et al.*, 2022).

Mais recentemente, essa plataforma também tem sido aplicada em projetos de chocadeiras automatizadas, demonstrando sua versatilidade em ambientes controlados, com resultados promissores em replicabilidade e baixo custo. Sua capacidade de leitura de sensores como o DHT22 e controle de relés para aquecimento ou ventilação o torna altamente funcional para esse tipo de aplicação.

2.3 Projetos Similares e Casos de Sucesso no Brasil

Diversos projetos acadêmicos demonstram a viabilidade do uso de Arduino e *IoT* na construção de chocadeiras automatizadas. Almeida (2020), por exemplo, desenvolveu um sistema simples com controle térmico usando DHT11 e relé, alcançando uma taxa de eclosão superior a 80% em testes controlados. Já Costa e Lima (2022) desenvolveram um modelo de chocadeira com sistema de monitoramento remoto dos dados de temperatura e umidade utilizando transmissão por rádio frequência, solução particularmente adequada para regiões rurais sem acesso à internet, reforçando a aplicabilidade de tecnologias acessíveis em áreas de difícil conectividade.

Amorim (2021) desenvolveu uma chocadeira automatizada de baixo custo com microcontrolador, cujo protótipo apresentou custo total de R\$ 156,48 e eficiência de 88%, demonstrando viabilidade técnica e econômica em comparação com modelos comerciais. Esses estudos reforçam o potencial dessas tecnologias quando aplicadas de forma planejada e contextualizada à realidade de pequenos produtores.

2.3.1 Replicabilidade e Sustentabilidade Tecnológica na Agricultura Familiar

A replicabilidade é um fator chave em projetos voltados à agricultura familiar. Segundo o Instituto Federal do Sertão Pernambucano (2023), soluções baseadas em Arduino e sensores simples permitem que outros produtores ou instituições de ensino reproduzam os sistemas com baixo investimento e boa eficácia.

Além disso, projetos como este contribuem para o fortalecimento da sustentabilidade tecnológica, promovendo inclusão produtiva, autonomia técnica e estímulo à inovação no meio rural. As diretrizes de programas federais como o Programa Nacional de Fortalecimento

da Agricultura Familiar (PRONAF) também incentivam a adoção de tecnologias apropriadas à realidade socioeconômica do campo (Brasil, 2024).

3 METODOLOGIA

Este trabalho adota uma abordagem aplicada e experimental, com foco no desenvolvimento de um protótipo funcional de uma chocadeira automatizada, utilizando a plataforma Arduino e materiais de baixo custo. A metodologia está organizada em seis etapas principais, conforme descritas a seguir.

3.1 Levantamento de Requisitos

A primeira etapa consistiu em uma pesquisa bibliográfica e técnica para identificar os principais parâmetros exigidos no processo de incubação artificial de ovos. A literatura aponta que a temperatura ideal deve estar entre 37,5 °C e 38,0 °C, com umidade relativa do ar entre 55% e 65%, além da necessidade de rotação periódica dos ovos (Lima *et al.*, 2021).

Também foram analisadas as principais limitações enfrentadas por pequenos produtores, como o alto custo de equipamentos automatizados, a ausência de conectividade em áreas rurais e a necessidade de soluções replicáveis com baixa complexidade de operação.

3.2 Seleção de Componentes e Projeto do Sistema

Com base nos requisitos levantados, foram selecionados os seguintes componentes eletrônicos e estruturais para o desenvolvimento do protótipo da chocadeira automatizada.

3.2.1 Microcontrolador – Arduino Uno R3

O Arduino Uno R3 foi escolhido como unidade central de controle do sistema. Trata-se de uma plataforma de prototipagem baseada no microcontrolador ATmega328P, amplamente utilizada em projetos acadêmicos e industriais devido à sua facilidade de programação, compatibilidade com diversos sensores e atuadores, e vasta documentação disponível. A Figura 1 apresenta o modelo utilizado no projeto. É responsável por processar os dados fornecidos pelos sensores e controlar o acionamento da lâmpada aquecedora por meio do módulo relé.

Figura 1 - Arduino Uno R3



Fonte: Disponível em: <https://shre.ink/tiY0> (2025)

3.2.2 Sensor de Temperatura e Umidade – DHT22

O sensor DHT22 foi selecionado por oferecer boa precisão na leitura de temperatura ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa ($\pm 2\text{--}5\%$), além de ser compatível com microcontroladores de 3,3 V e 5 V. Sua comunicação digital facilita a integração com o Arduino, permitindo leituras periódicas das condições ambientais internas da chocadeira. A Figura 2 apresenta o modelo do sensor utilizado no projeto. O sensor é essencial para garantir que a faixa térmica ideal para incubação (entre 37°C e 38°C) seja respeitada.

Figura 2 – Sensor de temperatura e umidade em 1 | DHT22



Fonte: Disponível em: <https://shre.ink/tiYb> (2025)

3.2.3 Atuador Térmico – Lâmpada Incandescente

Para a geração de calor, optou-se por uma lâmpada incandescente de baixa potência, que apresenta aquecimento rápido, baixo custo e fácil substituição. A Figura 3 apresenta o

modelo da lâmpada utilizado no protótipo. O acionamento é realizado por meio de um módulo relé, que funciona como uma chave eletrônica controlada pelo Arduino. Essa combinação permite ligar e desligar o aquecedor automaticamente, conforme a leitura do sensor de temperatura.

Figura 3 – Lâmpada Incandescente



Fonte: Disponível em: <https://shre.ink/tiPR> (2025)

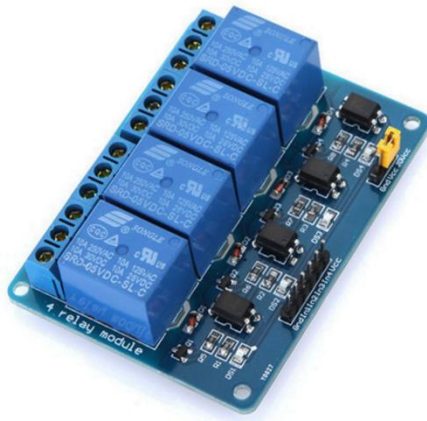
A escolha da lâmpada como elemento de aquecimento foi baseada em seu custo acessível, fácil substituição e adequação ao projeto de baixo custo. No entanto, é importante destacar que existem outras opções viáveis de aquecimento, como as lâmpadas infravermelhas específicas para chocadeiras, que oferecem maior eficiência térmica e distribuição uniforme de calor. Essas lâmpadas são projetadas para operar por longos períodos com menor risco de superaquecimento e são comumente utilizadas em sistemas comerciais. Apesar do custo mais elevado, representam uma alternativa interessante para futuras melhorias no projeto, especialmente em aplicações que demandem maior robustez e estabilidade térmica contínua.

3.2.4 Módulo de acionamento – Relé

Os relés são componentes eletromecânicos capazes de controlar circuitos externos de maiores correntes a partir de sinais de baixa potência provenientes de microcontroladores.

O módulo relé 5V de 4 canais utilizado no projeto está representado na Figura 4, sendo amplamente empregado em sistemas de automação por permitir o controle de cargas AC de até 10A por canal. Conforme destacado por especialistas da (MasterWalker Shop, 2025), esse tipo de relé é adequado para acionar dispositivos como lâmpadas, ventiladores e aquecedores de forma segura e eficiente, possibilitando sua integração com plataformas como o Arduino de maneira prática.

Figura 4 – Módulo relé 5V e 4 canais

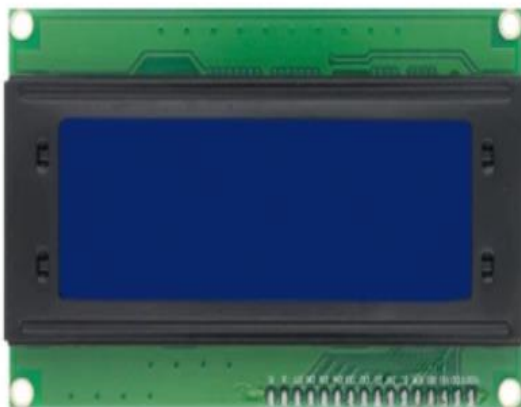


Fonte: Disponível em: <https://shre.ink/tiP8> (2025)

3.2.5 Display LCD – 20x4 com Módulo I2C

A exibição de dados ao usuário é feita por meio de um display LCD 20x4 com interface I2C, utilizado para apresentar informações em tempo real durante o funcionamento da chocadeira. A Figura 5 mostra o modelo adotado no projeto. Esse tipo de display permite a visualização simultânea de variáveis como temperatura, umidade e estado do sistema (“Ligada” ou “Desligada”), sem ocupar muitos pinos digitais do Arduino. A interface I2C simplifica tanto o cabeamento quanto a programação, otimizando o espaço interno e contribuindo para uma montagem mais organizada.

Figura 5 - Display LCD – 20x4 com Módulo I2C



Fonte: Disponível em: <https://shre.ink/tiP9> (2025)

De acordo com o (Blog da Robótica, 2025) no centro do módulo I2C, está o chip PCF8574, um expensor de 8 *bits* que converte os dados I2C de um microcontrolador nos dados paralelos exigidos pelo *display* LCD. Na parte lateral, o módulo I2C conta com quatro pinos para conexão com o Arduino ou qualquer outro microcontrolador que suporte o protocolo de comunicação I2C. Estes quatro pinos são: GND, VCC, SDA e SCL. O pino SDA (do inglês, *Serial Data*) é o responsável pela transferência e recebimento de dados. Por sua vez, o pino SCL (do inglês, *Serial Clock*) é utilizado para temporização.

O módulo I2C conta também com dois pinos para controle da luz de fundo do visor do display, que se encontram conectados por um *jumper*, por padrão. Assim, a luz de fundo estará sempre ligada. Além disto, a placa conta com um pequeno *trimpot* para fazer ajustes finos no contraste do display e um barramento para configuração do endereço I2C.

3.2.6 Fonte de Alimentação – DC 12V/5V Estabilizada

Para alimentar os componentes do sistema com segurança e estabilidade, foi utilizada uma fonte chaveada de 12 V, amplamente empregada em projetos eletrônicos pela sua eficiência e confiabilidade. A Figura 6 apresenta o modelo utilizado no protótipo. Essa fonte é conectada diretamente à rede elétrica (110 V ou 220 V AC) por meio dos terminais identificados como L (fase), N (neutro) e $\perp$ (terra). Na saída, a fonte disponibiliza tensão contínua de 12 V DC nos terminais V+ e V-, os quais são utilizados para alimentar dispositivos como o módulo relé, a ventoinha e o próprio Arduino.

Figura 6 – Fonte Chaveada Bivolt 15a 12v 180w Cftv Led Som Automotivo



Fonte: Disponível em: <https://shre.ink/tZmE> (2025)

3.2.7 Estrutura Física – Caixa de madeira compensada

A estrutura física da chocadeira foi desenvolvida com o objetivo de oferecer isolamento térmico, facilidade de montagem e baixo custo de produção. Para isso, optou-se pela construção de uma caixa feita em madeira compensada, material amplamente disponível, de fácil manuseio e com bom desempenho térmico em aplicações de pequeno porte.

A caixa foi dimensionada para comportar os principais componentes do sistema: a lâmpada aquecedora, o sensor DHT22, os cabos de alimentação, o *display* LCD e os recipientes para controle de umidade. A parte frontal conta com uma tampa articulada com dobradiças (tipo fazola) e fechadura externa, permitindo acesso interno fácil e seguro para manutenção, observação ou reposição de ovos.

No interior da caixa, os ovos serão posicionados sobre uma rede fina, fixada sobre um conjunto de canos de Policloreto de Vinila (PVC) paralelos, que funcionarão como base do sistema de rolagem manual. Essa estrutura visa facilitar o giro dos ovos de forma uniforme e segura.

Todo o conjunto será montado com pregos, parafusos e cola branca, garantindo estabilidade e vedação suficiente para manter a temperatura interna controlada.

3.3 Montagem Física do Protótipo

A montagem da chocadeira será realizada utilizando madeira compensada como material estrutural principal, devido à sua disponibilidade no mercado, fácil usinagem e boa capacidade de retenção térmica quando bem vedado. A estrutura será dimensionada para comportar o número desejado de ovos, com espaço adequado para circulação de ar e instalação dos componentes eletrônicos.

Figura 7 – Montagem Física



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

A lâmpada incandescente, posicionada no interior da caixa, será a responsável pelo aquecimento do ambiente interno. Ela será controlada por um módulo relé, ligado ao Arduino, que atuará conforme a leitura da temperatura fornecida pelo sensor DHT22.

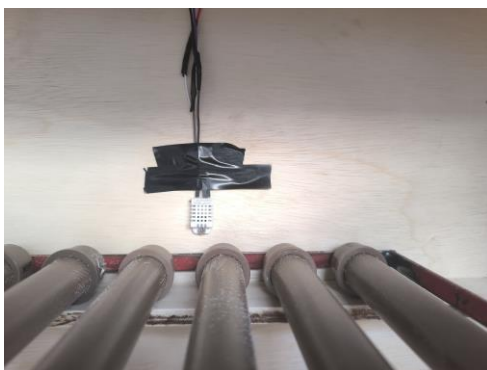
Figura 8 – Local da lâmpada



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

O sensor DHT22 será fixado próximo à altura dos ovos, para garantir uma leitura precisa da temperatura e da umidade na zona crítica de incubação. O sensor será protegido contra contato direto com a lâmpada, evitando leituras distorcidas por aquecimento pontual.

Figura 9 – Local do sensor DHT22



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Na parte frontal da chocadeira, será instalado um *display* LCD 20x4 com módulo I2C, que exibirá informações como temperatura, umidade e o estado do sistema. Um *Light Emitting Diode* (LED) indicador pode ser adicionado para sinalizar visualmente o acionamento da lâmpada.

Figura 10 – Display LCD e LEDs



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

A rotação dos ovos será realizada manualmente, com orientações detalhadas no manual do usuário, respeitando a frequência recomendada (3 a 5 vezes por dia). A porta frontal da chocadeira será construída em madeira compensada e fixada à estrutura com dobradiças tipo fazola, permitindo abertura rotacional lateral. Essa porta dará acesso ao interior da chocadeira para realização da rotação manual dos ovos e inspeções. Para garantir vedação e segurança, será instalada uma fechadura externa também na parte frontal, evitando abertura acidental e ajudando na manutenção da temperatura interna estável.

Figura 11 – Rolagem dos ovos



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

3.4 Programação e Lógica de Controle

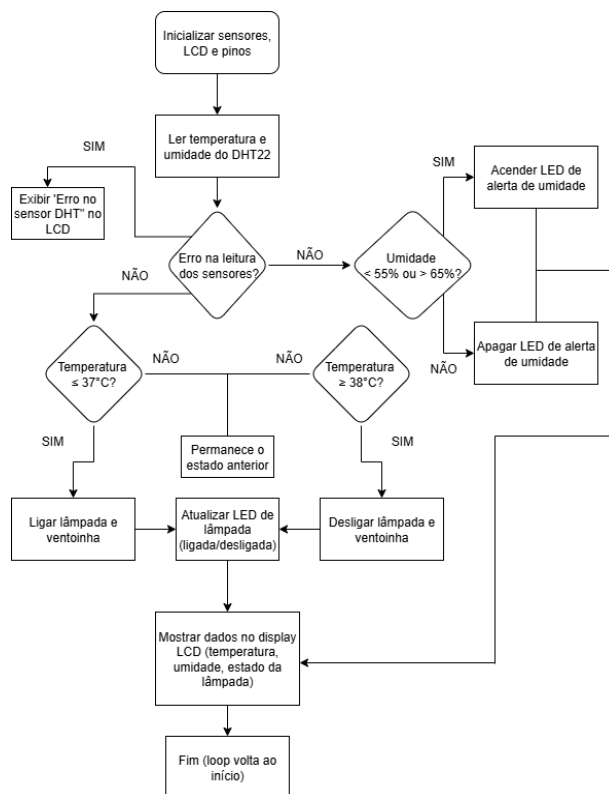
O sistema de controle da chocadeira será implementado utilizando a plataforma Arduino Uno, programada na IDE oficial do Arduino, com linguagem baseada em C/C++. O algoritmo terá como objetivo manter a temperatura interna dentro da faixa ideal para incubação de ovos, utilizando como atuador uma lâmpada incandescente, controlada via módulo relé.

A lógica de controle térmico adotada no projeto é baseada em limiares simples com histerese definida:

- Quando a temperatura lida for inferior a 37 °C, o sistema acionará a lâmpada, ativando o aquecimento interno;
- Quando a temperatura ultrapassar 38 °C, a lâmpada será desligada automaticamente;
- Dentro do intervalo entre 37 °C e 38 °C, o sistema manterá o estado anterior, evitando acionamentos repetitivos (efeito conhecido como "oscilação de controle").

O fluxograma a seguir (Figura 12) ilustra essa estrutura lógica de operação do sistema:

Figura 12 – Fluxograma do controle térmico da chocadeira automatizada



Fonte: Autoria própria (2025)

O fluxograma apresentado ilustra o funcionamento lógico do sistema de controle térmico e de umidade da chocadeira automatizada. O processo tem início com a inicialização dos sensores, do display LCD e dos pinos do Arduino. Em seguida, o sistema realiza a leitura da temperatura e umidade ambiente por meio do sensor DHT22.

Caso ocorra falha na leitura dos sensores, uma mensagem de erro é exibida no LCD, indicando que não foi possível obter os dados corretamente. Se a leitura for bem-sucedida, o sistema avalia as condições de umidade relativa do ar: caso esteja fora da faixa ideal (55%–65%), o LED de alerta de umidade é aceso, caso contrário, o LED permanece apagado.

Em paralelo, o sistema verifica se a temperatura está abaixo de 37 °C. Se sim, a lâmpada e a ventoinha são ligadas para iniciar o aquecimento do ambiente interno. A partir daí, o sistema monitora continuamente até que a temperatura atinja 38 °C, momento em que a lâmpada e a ventoinha são desligadas automaticamente.

Durante todo o processo, o estado da lâmpada (ligada/desligada) é atualizado em um LED indicador, e o display LCD exibe em tempo real os valores de temperatura, umidade e o estado do sistema. O processo se repete continuamente em loop, garantindo o monitoramento constante das condições internas da chocadeira e promovendo um ambiente estável para a incubação dos ovos.

O controle da umidade será feito de forma manual, com base em suspiros na estrutura da chocadeira, para que seja possível fazer esse controle da umidade. Nesta versão do protótipo, utilizando recipientes com água no interior da chocadeira. Contudo, o valor da umidade relativa do ar será exibido em tempo real no *display* LCD 20x4, permitindo que o usuário faça os ajustes conforme necessário.

A interface do sistema exibirá, no *display* LCD:

- Temperatura atual;
- Umidade relativa do ar;
- Status do sistema (ex: “Ligada” ou “Desligada”);
- Nome da Chocadeira (“F1800”).

Além disso, será implementado LEDs indicadores para sinalizar o estado da lâmpada como alerta visual simples e eficiente.

O código será estruturado em módulos, facilitando a leitura, manutenção e expansão futura (como inclusão de conectividade *IoT*, controle automático da umidade ou sistema de rotação).

3.5 Testes e Validação

Após a montagem completa do protótipo, serão realizados testes experimentais com o objetivo de validar o funcionamento do sistema automatizado de controle térmico. Os testes visam verificar se a chocadeira é capaz de manter as condições ideais de incubação — com ênfase na estabilidade térmica, precisão das leituras e resposta do sistema ao controle da lâmpada.

Os principais aspectos avaliados serão:

- Estabilidade da temperatura interna: análise da capacidade do sistema manter a temperatura entre 37 °C e 38 °C, com o controle adequado da lâmpada baseado na leitura do sensor DHT22;
- Tempo de resposta do sistema: tempo que o sistema leva para acionar ou desligar a lâmpada após identificar variações fora da faixa programada;
- Monitoramento da umidade relativa do ar: embora o controle seja manual utilizando suspiros, o valor será observado e comparado com parâmetros esperados (entre 55% e 65%);
- Funcionamento da interface LCD: testes da legibilidade e atualização correta das informações de temperatura, umidade e status do sistema no *display* 20x4;
- Avaliação do isolamento térmico da estrutura em madeira compensada e da influência de aberturas;
- Funcionamento da porta com fechadura: verificação de vedação adequada e acesso seguro ao interior do sistema.

Os testes serão realizados em ambiente controlado, com registro de dados ao longo de ciclos de 12 a 24 horas, simulando o comportamento contínuo do sistema. Os dados obtidos serão tabulados e analisados para verificar:

- Variação média da temperatura interna;
- Número de acionamentos da lâmpada;
- Tempo médio para atingir a temperatura ideal após queda térmica;

- Estimativa de consumo elétrico.

3.6 Análise de Viabilidade

Será realizada uma comparação entre o custo total do protótipo e o valor médio de chocadeiras comerciais disponíveis no mercado, considerando as funcionalidades básicas equivalentes. A viabilidade será avaliada levando em conta:

- Custo total do projeto (materiais + estimativa de energia consumida);
- Facilidade de aquisição de componentes no comércio local ou online;
- Manutenção simplificada e baixo custo de reposição de peças;
- Potencial de reaproveitamento de materiais, como lâmpadas, madeira e fontes de alimentação.

A expectativa é que o protótipo atenda aos critérios de baixo custo, simplicidade de uso, eficiência térmica e possibilidade de expansão, tornando-se uma solução tecnológica compatível com a realidade de pequenos produtores rurais e projetos de extensão rural.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Montagem Final do Protótipo

A montagem final da chocadeira foi realizada utilizando uma estrutura em madeira compensada, escolhida por sua disponibilidade, facilidade de manuseio e custo acessível. Os componentes eletrônicos — Arduino Uno R3, sensor DHT22, módulo relé de 4 canais, display LCD 20x4 com interface I2C, LEDs de indicação e fonte chaveada de 12 V — foram fixados de forma estratégica para facilitar a ventilação, a organização dos fios e a manutenção do sistema. Durante a montagem, alguns ajustes foram necessários, como:

- Reforço na estrutura interna para melhor isolamento térmico;
- Acomodação do sensor DHT22 em posição central e suspensa para leituras mais precisas;
- Fixação do display LCD em área visível ao operador;
- Organização dos fios com canaletas e abraçadeiras para evitar curtos e facilitar a inspeção.

As Figuras 13, 14 e 15 apresentam o protótipo final montado, com destaque para os principais elementos estruturais e eletrônicos.

Figura 13 - Chocadeira



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Figura 14 – Parte Interna



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Figura 15 – Chocadeira 2.0



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

4.2 Funcionamento do Sistema de Controle Térmico

O sistema de controle térmico foi programado para manter a temperatura interna da chocadeira dentro da faixa ideal de incubação, entre 37 °C e 38 °C. A lógica implementada no Arduino utiliza a leitura contínua do sensor DHT22 e realiza o acionamento da lâmpada aquecedora por meio do módulo relé.

O comportamento do sistema pode ser descrito da seguinte forma:

- Quando a temperatura medida estiver abaixo de 37 °C, o Arduino ativa o relé, ligando a lâmpada;
- Quando a temperatura atinge ou ultrapassa 38 °C, o relé é desativado, desligando a lâmpada;
- A lâmpada permanece desligada até que a temperatura caia novamente para 37 °C, reiniciando o ciclo.

Durante os testes, foi possível observar que a temperatura se manteve estável dentro da faixa definida, com oscilações mínimas. Esse controle permitiu simular as condições ideais de incubação artificial, mesmo em ambiente externo não controlado.

A resposta do sistema foi rápida, com o aquecimento ocorrendo em poucos minutos após a ativação, e o desligamento sendo acionado automaticamente assim que o limite superior foi atingido. A figura 16 mostra o comportamento do sistema em operação, e a figura 17 mostra os dados coletados durante uma hora para cada período do dia, figura 18 resume os tempos médios em que a lâmpada permaneceu ligada e desligada durante um ciclo completo de 60 minutos.

Figura 16 – Sistema em operação



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Na figura 16, podemos ver o sistema em pleno funcionamento, com o acionamento de ambas as lâmpadas incandescentes, juntamente da ventoinha.

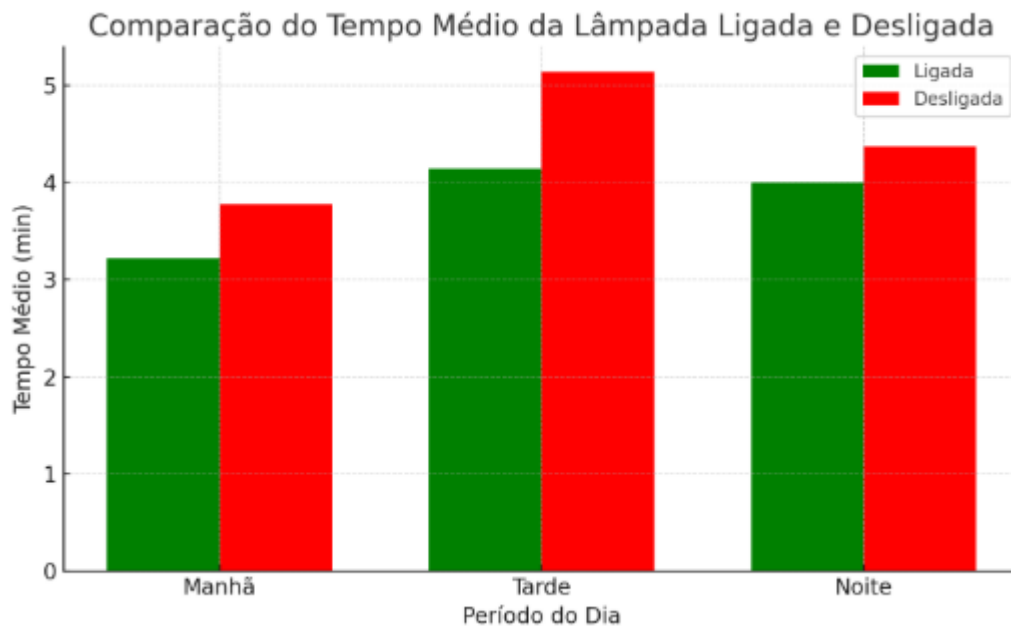
Figura 17 - Dados coletados durante teste de funcionalidade da chocadeira

MANHÃ			TARDE			NOITE		
Horário	Lâmpada	Umidade %	Horário	Lâmpada	Umidade %	Horário	Lâmpada	Umidade %
09:30	D	68	15:31	D	68	19:58	D	69
09:34	L	66	15:35	L	66	20:02	L	71
09:38	D	67	15:38	D	67	20:07	D	70
09:42	L	65	15:45	L	65	20:12	L	73
09:46	D	67	15:49	D	67	20:16	D	72
09:50	L	66	15:54	L	66	20:21	L	71
09:54	D	67	15:58	D	67	20:24	D	71
09:59	L	68	16:05	L	68	20:28	L	70
10:02	D	66	16:08	D	66	20:31	D	69
10:06	L	66	16:12	L	66	20:36	L	68
10:10	D	68	16:16	D	68	20:40	D	67
10:05	L	69	16:21	L	69	20:44	L	66
10:08	D	69	16:26	D	69	20:49	D	69
10:12	L	68	16:30	L	68	20:53	L	68
10:16	D	68	16:36	D	68	20:57	D	68
10:21	L	69				21:01	L	69
10:24	D	67				21:05	D	70
10:29	L	66						
10:33	D	65						

Fonte: Autoria própria (2025)

Durante os testes, foi observado que os valores de umidade relativa do ar registrados pelo sensor DHT22 apresentaram níveis mais altos do que o esperado. Essa variação pode ser explicada por dois fatores principais: a ausência de suspiros (aberturas de ventilação) na estrutura da chocadeira, que comprometeu a renovação do ar interno, e a posição da bacia com água utilizada para umidificação, que foi colocada muito próxima ao sensor, influenciando diretamente as leituras. Esses aspectos serão ajustados em futuras versões do protótipo para garantir medições mais equilibradas e condizentes com a realidade da câmara de incubação.

Figura 18 – Tempo de acionamento e conservação de temperatura



Fonte: Autoria própria (2025)

O gráfico acima apresenta a comparação entre os tempos médios em que a lâmpada permaneceu ligada e desligada nos três principais períodos do dia: manhã, tarde e noite. Os valores foram obtidos a partir da análise de registros temporais de acionamento da lâmpada.

Observa-se que, em todos os períodos analisados, o tempo médio em que a lâmpada permaneceu desligada foi superior ao tempo em que esteve ligada, o que pode indicar um bom desempenho do sistema de controle ou uma eficiência energética desejável.

Durante a manhã, a lâmpada permaneceu ligada por uma média de aproximadamente 3,2 minutos e desligada por cerca de 3,8 minutos. Na tarde, esses valores foram os mais altos entre os períodos analisados: cerca de 4,2 minutos ligada e 5,2 minutos desligada, sugerindo ciclos mais longos de funcionamento. Já no período da noite, os tempos médios foram mais equilibrados, com 4,0 minutos ligada e 4,4 minutos desligada, o que indica uma maior frequência de acionamento nesse período.

4.3 Exibição das Informações no *Display* LCD

A visualização dos dados ao usuário foi feita por meio de um display LCD 20x4 com interface I2C, que apresentou bom desempenho e exibição das informações durante os testes. A disposição dos dados foi organizada de modo a permitir fácil leitura e acompanhamento em tempo real das variáveis ambientais e do status do sistema.

Na linha superior do display, era exibido o nome do projeto (“Chocadeira Arduino”), enquanto as demais linhas mostravam a temperatura, a umidade relativa do ar e o estado da lâmpada (“Ligada” ou “Desligada”), conforme os comandos gerados pelo microcontrolador. Essa disposição facilitou o monitoramento e permitiu ao operador avaliar, de forma imediata, se a incubação estava ocorrendo dentro dos parâmetros adequados, veja a seguir nas figuras 19 e 20, o display em funcionamento.

Figura 19 – Display LCD lâmpada desligada



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Figura 20 – Display LCD lâmpada ligada



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

4.4 Comparação entre Fluxograma, Código e Funcionamento Real

Durante o desenvolvimento do projeto, foi elaborado um fluxograma com a lógica de funcionamento do sistema de controle térmico, servindo como base para a implementação do código em linguagem C/C++ na IDE do Arduino. O fluxograma representava, de forma sequencial, as etapas de leitura da temperatura, tomada de decisão e acionamento da lâmpada. Na prática, observou-se que o comportamento do sistema correspondeu fielmente à lógica definida no fluxograma:

- Quando a temperatura lida pelo sensor DHT22 era inferior a 37 °C, o sistema acionava o módulo relé, ligando a lâmpada aquecedora.
- Ao atingir 38 °C, a lâmpada era automaticamente desligada, mantendo a temperatura dentro da faixa ideal para incubação.

Essa correspondência entre a lógica planejada e a operação real evidencia a consistência do projeto, validando tanto o algoritmo desenvolvido quanto a estrutura de decisão adotada no fluxograma. A sincronização entre sensores, atuadores e microcontrolador ocorreu sem falhas, demonstrando a viabilidade do sistema como uma solução funcional e acessível para controle térmico em incubadoras de pequeno porte.

4.5 Avaliação de Consumo Energético e Custo Total

Para quantificar a viabilidade econômica do protótipo, foi elaborada a Tabela 4.1 com os valores dos componentes utilizados, obtidos em pesquisa de mercado (local e online):

Figura 21 – Custo do Protótipo

Componentes	Quantidade	Valor Unitário (R\$)
Arduino Uno	1	40,00
Sensor DHT22	1	21,89
Ventoinha	1	11,73
Lâmpada Incandescente	2	3,64
Lâmpada LED	1	12,90
Bocais	3	8,70
Fonte chaveada	1	31,15
Módulo relé (4 canais)	1	27,00
LCD 20x4	1	24,00
Protoboard	1	12,49
Plug macho	1	2,00
Fios 1 mm ²	10 m	20,00
Total estimado	—	215,50

Fonte: Autoria própria (2025)

O custo total do protótipo, conforme detalhado na figura 21, foi de R\$ 215,50, utilizando componentes acessíveis e fáceis de encontrar no mercado nacional.

Para avaliar o consumo energético, considerou-se o funcionamento da lâmpada incandescente (60 W) por 11:49 horas, tempo diário obtido depois do cálculo feito com base

nos dados colhidos, e tendo como base 24 dias consecutivos, simulando um ciclo completo de incubação. Com base nesses dados podemos fazer o consumo de energia:

Figura 22 – Consumo de energia

Tipo de Tarifa	Valor por kWh	Custo Total (R\$)
Tarifa Convencional	R\$ 0,744	R\$ 12,65
Tarifa Baixa Renda	R\$ 0,30427	R\$ 5,18

Fonte: Autoria própria (2025)

Esses valores reforçam o baixo custo operacional do sistema, especialmente para famílias inscritas em programas sociais. Assim, além do investimento inicial reduzido em comparação com chocadeiras comerciais (que variam entre R\$ 450,00 e R\$ 800,00), o projeto também se destaca pela economia no consumo de energia elétrica, contribuindo para a viabilidade econômica da proposta.

Figura 23 – Custo do Protótipo

Funcionalidades	Protótipo com Arduino	Chocadeira Comercial 1 (Básica)	Chocadeira Comercial 2 (Intermediária)	Chocadeira Comercial 3 (Avançada)
Controle de temperatura automático	Sim	Sim	Sim	Sim
Exibição de temperatura no display	Sim (LCD 20x4)	Sim (display digital simples)	Sim	Sim
Exibição de umidade	Sim	Não	Sim	Sim
Aviso visual de erro ou umidade	Sim (LEDs de alerta)	Não	Não	Sim (em alguns modelos)
Controle de umidade	Não (manual)	Não	Opcional (em modelos específicos)	Sim
Rotação automática dos ovos	Não	Não	Sim	Sim
Registro de dados (histórico)	Não	Não	Não	Em alguns modelos
Conectividade (IoT / Wi-Fi / Bluetooth)	Não	Não	Não	Sim (em modelos com app)
Facilidade de manutenção	Alta	Média	Baixa	Baixa
Custo aproximado (R\$)	R\$ 215,50	R\$ 369,00	R\$ 549,00	R\$ 720,00

Fonte: Autoria própria (2025)

O protótipo desenvolvido apresenta excelente custo-benefício em comparação com modelos comerciais, oferecendo funcionalidades essenciais como controle automático de temperatura, exibição em tempo real de dados no display LCD e alerta visual por LEDs, tudo isso com um custo significativamente mais baixo. Apesar de não possuir rotação automática dos ovos nem controle automatizado de umidade, esses recursos podem ser integrados futuramente, tornando o sistema ainda mais completo.

Além disso, o protótipo se destaca pela facilidade de manutenção e possibilidade de replicação, o que é especialmente vantajoso em regiões rurais com acesso limitado a suporte técnico. Já as chocadeiras comerciais, embora contem com mais automações, como controle de umidade, conectividade com aplicativos e rotação de ovos, exigem um investimento inicial muito mais elevado. Assim, o projeto se mostra uma alternativa viável, econômica e funcional para pequenos produtores e instituições de ensino.

4.6 Pontos Fortes e Limitações do Projeto

O projeto da chocadeira automatizada apresentou diversos pontos fortes que evidenciam sua viabilidade técnica e aplicabilidade no contexto da agricultura familiar. Um dos principais destaques foi o baixo custo de construção, que totalizou aproximadamente R\$ 215,50, valor significativamente inferior ao de modelos comerciais com funcionalidades similares.

Além disso, a montagem do protótipo se mostrou simples e acessível, utilizando materiais de fácil aquisição e componentes com ampla documentação disponível, como o Arduino Uno, o sensor DHT22 e o módulo relé. O funcionamento do sistema foi estável, mantendo a temperatura controlada dentro da faixa ideal de incubação (entre 37 °C e 38 °C), conforme validado em testes simulados. Outro aspecto positivo foi a clareza das informações exibidas no display LCD, que facilitou o monitoramento em tempo real das variáveis críticas.

Apesar desses pontos positivos, algumas limitações foram observadas. O controle de umidade ainda é manual com suspiros, o que pode comprometer a precisão e constância desse parâmetro durante o processo de incubação. A ausência de um sistema de rotação automática dos ovos também limita a funcionalidade da chocadeira, exigindo intervenção humana para garantir o bom desenvolvimento embrionário. Além disso, o projeto ainda não possui conectividade com a internet (*IoT*), o que impede o monitoramento remoto dos dados ambientais. Essas limitações, no entanto, não comprometem o objetivo central do projeto e

podem ser superadas em futuras versões com a adição de novos módulos e melhorias na programação.

4.7 Trabalhos Futuros

Apesar dos resultados positivos obtidos, o projeto da chocadeira automatizada ainda possui diversas possibilidades de aprimoramento. Uma das principais melhorias futuras será a implementação de umidificação automática, por meio de sensores e atuadores adicionais que permitam controlar com precisão a umidade interna, garantindo maior estabilidade no ambiente de incubação. Outra evolução relevante é a inclusão de um sistema de rotação automática dos ovos, o que tornaria o processo mais eficiente e menos dependente de intervenção manual.

Além disso, pretende-se integrar ao projeto recursos de *IoT*, permitindo que os dados de temperatura e umidade sejam enviados para a nuvem, possibilitando o monitoramento remoto em tempo real por meio de aplicativos ou páginas web. Isso traria mais comodidade ao usuário e abriria espaço para análises históricas e alertas inteligentes. Também se considera o desenvolvimento de um painel gráfico ou dashboard interativo, reunindo os dados coletados durante a incubação para fins de controle e estudo.

No âmbito educacional, o projeto poderá ser transformado em um kit didático replicável, com manual de montagem, código comentado e guia de experimentos, servindo como ferramenta prática em cursos de eletrônica, automação e *IoT*. Dessa forma, além de atender às necessidades da agricultura familiar, o projeto continuará contribuindo para a formação técnica e científica de estudantes e entusiastas da tecnologia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma chocadeira de baixo custo, utilizando a plataforma Arduino como base para o controle térmico automatizado, com foco na acessibilidade para pequenos produtores rurais e no potencial educacional da solução. A proposta foi concebida de modo a possibilitar a replicação com materiais simples e disponíveis no mercado nacional, sem a necessidade de conhecimentos avançados em eletrônica ou programação.

A montagem do protótipo demonstrou a viabilidade técnica e econômica do sistema. A lógica de controle baseada em histerese térmica entre 37 °C e 38 °C mostrou-se eficiente para manter a temperatura dentro da faixa ideal para incubação, e o uso do display LCD 20x4 possibilitou o acompanhamento em tempo real das variáveis de temperatura, umidade e estado do sistema. Além disso, a estrutura física em madeira compensada, combinada com materiais reaproveitados e de fácil aquisição, contribuiu para reduzir significativamente os custos em comparação a modelos comerciais disponíveis no mercado.

Durante o processo de construção, observou-se a robustez e a flexibilidade da plataforma Arduino, que permite futuras expansões, como a inclusão de controle automático da umidade, sistema de rotação motorizado dos ovos e até conectividade via Internet das Coisas (*IoT*) para monitoramento remoto. Essa aplicação é especialmente útil para pequenos produtores em zonas rurais, que podem se beneficiar de alertas em tempo real e maior controle do ambiente de incubação, mesmo à distância. Ferramentas como *Blynk* e *ThingSpeak* são amplamente utilizadas em projetos com Arduino para esse fim, e podem ser incorporadas em versões futuras do sistema proposto.

Apesar das limitações atuais — como a ausência de automação da umidade e a rotação manual —, o projeto cumpriu seus objetivos iniciais e se apresenta como uma ferramenta de grande potencial tanto para produtores quanto para atividades educacionais e projetos de extensão universitária.

Por fim, o desenvolvimento da chocadeira automatizada contribui com a democratização do acesso à tecnologia no meio rural, incentivando práticas sustentáveis, autônomas e compatíveis com a realidade socioeconômica do semiárido nordestino e de outras regiões com características similares.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Virgílio Vasconcelos de. **Automação e monitoramento de uma chocadeira**. Aracaju: Instituto Federal de Sergipe, 2020.

AMORIM, Marcos Antônio de Castro. **Chocadeira automatizada microcontrolada de baixo custo**. Trabalho de Graduação, Instituto Federal da Paraíba (IFPB), 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/1746>>. Acesso em: 16 jul. 2025.

ARDUINO. **What is Arduino?** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 15 jul. 2025.

ASLINDA, Hassan; SIAH, Bing Sheng; WAHIDAH, Md Shah; NAZRULAZHAR, Bahaman. An automated irrigation system using Arduino microcontroller. **International Journal of Research Studies in Science, Engineering and Technology**, v. 6, n. 1, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/331040519_An_Automated_Irrigation_System_Using_Arduino_Microcontroller. Acesso em: 01 ago. 2025.

BEUTER, Carlos Henrique; BORGES, Rafael Cruz; FOGACA, Rudiero Cassol. Construction of a greenhouse prototype with automated control using a low-cost microcontroller and sensors. **Revista Engenharia na Agricultura – REVENG**, v. 30, n. contínua, p. 412–423, 2022. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v30i1.14283>. Acesso em: 01 ago. 2025.

BLOG DA ROBÓTICA. **Como utilizar o display LCD 20x04 com módulo I2C no Arduino**. Disponível em: <https://www.blogdarobotica.com/2022/06/30/como-utilizar-o-display-lcd-20x04-com-modulo-i2c-no-arduino/>. Acesso em: 20 jul. 2025.

BLOG MASTERWALKER SHOP. **Como usar com Arduino: módulo relé 5V de 4 canais**. Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-modulo-rele-5v-de-4-canais>. Acesso em: 20 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/credito-rural/pronaf>>. Acesso em: 16 jul. 2025.

COSTA, João P. S.; LIMA, Maria C. de S. **Monitoramento remoto da temperatura e umidade de uma chocadeira usando radiofrequência**. Goiânia: Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/4415>>. Acesso em: 16 jul. 2025.

CUNHA, K. C. B.; ROCHA, R. V. Automação no processo de irrigação na agricultura familiar com plataforma Arduino. **RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, Tupã, v. 1, n. 2, p. 62–74, jul./dez. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/RECoDAF/article/view/9875>. Acesso em: 01 ago. 2025.

EMBRAPA – Agência de Informação Tecnológica. Pronaf: **políticas públicas voltadas à agricultura familiar**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-agricultura-familiar/politicas-publicas>>. Acesso em: 16 jul. 2025.

EMBARCADOS. **Arduino Uno R3**. Disponível em: <https://embarcados.com.br/arduino-uno/>. Acesso em: 16 jul. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2022 – Agricultura Familiar**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario>>. Acesso em: 16 jul. 2025.

INSTITUTO FEDERAL DO SERTÃO PERNAMBUCANO. **O papel do Arduino e sensores de baixo custo na agropecuária digital**. Repositório Leituras Abertas, 2023.

LIMA, F. H. et al. Parâmetros críticos para incubação artificial de ovos: revisão técnica. **Revista Brasileira de Avicultura**, v. 29, n. 3, p. 150-162, 2021.

MAKERHERO. **Sensor de Umidade e Temperatura AM2302 DHT22**. Disponível em: <https://www.makerhero.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-am2302-dht22/>. Acesso em: 16 jul. 2025.

MAKERHERO. **Módulo Relé 5 V de 4 Canais para Arduino**. Disponível em: <https://www.makerhero.com/produto/modulo-rele-5v-4-canais/>. Acesso em: 16 jul. 2025.

MERCADO LIVRE. Fonte colmeia 12V 10A 120W bivolt estabilizada LED câmera. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/fonte-colmeia-12v-10a-120w-bivolt-estabilizada-led-cmera/p/MLB29757678>. Acesso em: 30 jul. 2025.

MOURA, G. S.; SILVA, F. L. S.; BARBOSA, R. M. Uso de IoT na automação de chocadeiras: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 16, n. 2, p. 89–98, 2023. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/rbta/article/view/14723>. Acesso em: 16 jul. 2025.

OLIVEIRA, B. H.; MENDES, K. R. Aplicações do Arduino na agricultura de precisão. **Revista Eletrônica de Engenharia Agrícola**, v. 8, n. 1, p. 45–60, 2022.

PIRES JUNIOR, Miguel Alves. **Monitoramento remoto da temperatura e umidade de uma chocadeira usando radiofrequência**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação), Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/4415>>. Acesso em: 16 jul. 2025.

SANTOS, L. M. dos et al. Tecnologia e agricultura 4.0: oportunidades para pequenos produtores. **Revista Interações**, v. 26, n. 1, p. 33–47, 2023.

SOUZA, R. M.; LIMA, D. A. Automação agrícola com IoT: estudo de caso em estufas e chocadeiras. **Revista Brasileira de Inovação Tecnológica no Campo**, v. 5, n. 2, p. 73–88, 2023.

TAMIOZO, R. S.; MOURA, G. S. de; RODRIGUES, M. R. Uso de sensores de temperatura e umidade na automação de chocadeiras. **Revista AgroTec**, v. 3, n. 2, p. 85–94, 2022.
ANEXO A – PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA CHOCADEIRA F1800

Figura 24 – Base de ferro da rolagem



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Figura 25 – Rolagem com cano PVC



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Figura 27 – Montagem parte interna



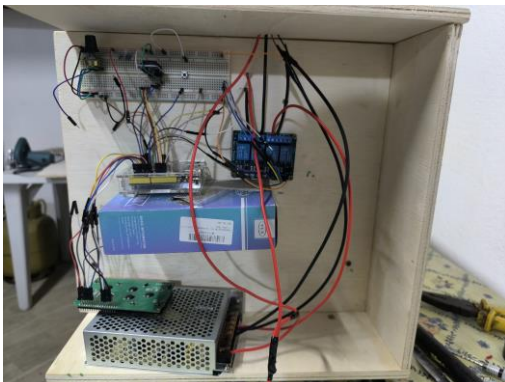
Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Figura 28 – Frente do protótipo



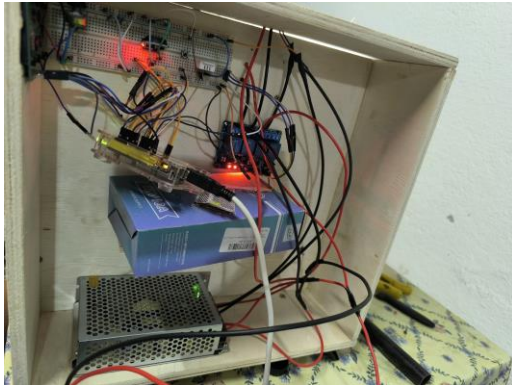
Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Figura 29 – Início de montagem do circuito



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Figura 30 – Montagem do circuito



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Figura 31 – Teste do acionamento da lâmpada e ventoinha



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Figura 32 – Verificação do circuito juntamente da parte interna



Fonte: Arquivo pessoal (2025)