

INSTITUTO FEDERAL

Farroupilha

Campus Avançado Uruguaiana

CURSO TÉCNICO EM INFORMÁTICA INTEGRADO AO ENSINO MÉDIO

ANTÔNIA UTZIG DUTRA

VARAL INTELIGENTE:

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL PARA A PROTEÇÃO DE ROUPAS

URUGUAIANA

2025

ANTÔNIA UTZIG DUTRA

VARAL INTELIGENTE:

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL PARA A PROTEÇÃO DE ROUPAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio do Campus Uruguaiana do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha como requisito parcial para a obtenção do título de Técnico em Informática.

Orientadores:

Orientador(a): Prof. Me. Natthan Ruschel Soares

Co-Orientador(a): Prof. Me. Eduardo Henrique Spies

URUGUAIANA

2025

Dutra, Antônio. Varal Inteligente /Antônia Utzig Dutra.
— 2025. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso
Técnico – Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Farroupilha, Uruguaiana, 2025.

1. Varal Inteligente 2. Sensor. 3. Protótipo. I. Varal
Inteligente. CDD [número da CDD].

ANTÔNIA UTZIG DUTRA

VARAL INTELIGENTE COM SENSOR DE CHUVA:
AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL PARA A PROTEÇÃO DE ROUPAS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
Informática Integrado ao Ensino Médio do
Campus Uruguaiana do Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia
Farroupilha como requisito parcial para a
obtenção do título de Técnico em
Informática.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 06/01/2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Natthan Ruschel Soares
Orientador

Prof. Me. Eduardo Henrique Spies
Co-Orientador

Prof. Me. Toni Ferreira Montenegro
Avaliador

Prof. Me. Anderson Mendes Rocha
Avaliador

Dedico este trabalho à minha mãe, meu exemplo e apoio constante, à minha família, meu namorado e aos meus amigos, por acreditarem em mim nos momentos difíceis. E, em especial, ao meu avô, cuja força, mesmo diante da doença, foi meu maior incentivo para seguir e concluir esta etapa.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, primeiramente, à minha mãe, por todo o apoio, força e ensinamentos que sempre me guiaram. Sua dedicação foi essencial em cada etapa desta caminhada. Ao meu avô, que mesmo em meio à doença foi uma inspiração diária para que eu persistisse, dedico também este trabalho.

Agradeço com carinho a toda a minha família, pelo suporte, incentivo e amor que sempre me acompanharam. Estendo ainda essa dedicatória à minha cachorrinha, que mesmo sem poder ler o que aqui está escrito, merece essa dedicação, um ser que esteve constantemente ao meu lado, oferecendo conforto silencioso e afeto nos momentos mais difíceis.

Sou imensamente grata aos meus amigos, que tornaram esses três últimos anos mais leves e divertidos, sempre me incentivando a seguir em frente, tanto na vida quanto neste trabalho.

Agradeço, de forma muito especial, ao meu namorado, pelo carinho, paciência e apoio incondicional durante a reta final deste projeto. Nos momentos de cansaço, insegurança e medo em relação ao futuro, foi meu maior conforto, sempre disposto a me ouvir e me acalmar, tornando esse processo mais leve.

Expresso minha gratidão ao meu orientador, professor Natthan Ruschel Soares, ao meu co-orientador e à banca avaliadora, pela paciência, incentivo e dedicação em cada etapa deste trabalho. Agradeço também a todos os professores do Instituto Federal Farroupilha, que contribuíram significativamente para minha formação.

Graças a todas essas pessoas, concluo o ensino médio com orgulho, aprendizado e gratidão. Por fim, agradeço a mim mesma por não ter desistido, mesmo nos dias em que tudo parecia difícil demais.

“Eu sou a única coisa na vida que posso
controlar. Eu sou inimitável, eu sou original.”
LIN-MANUEL MIRANDA

RESUMO

Atualmente, existe uma crescente busca por soluções tecnológicas que auxiliem na execução de tarefas domésticas, especialmente aquelas que exigem tempo, atenção e dependem de fatores externos, como o tempo. Um exemplo disso é o desafio enfrentado por muitas famílias ao utilizar varais externos para a secagem de roupas. Situações como chuvas repentinas ou alta umidade podem comprometer todo o processo, exigindo o retrabalho da lavagem e resultando no desperdício de água, energia elétrica e tempo. Essa problemática, embora comum, ainda é pouco explorada por soluções acessíveis e automatizadas no contexto residencial. A automação residencial, que antes era considerada um luxo, vem se tornando cada vez mais presente no cotidiano, oferecendo praticidade e eficiência. Nesse cenário, tecnologias como os microcontroladores Arduino ganham destaque por possibilitarem a criação de projetos funcionais e de baixo custo. Observando esse contexto e alinhando com os conhecimentos adquiridos ao longo do curso técnico em Informática integrado ao ensino médio, surgiu a proposta deste Trabalho de Conclusão de Curso: desenvolver um sistema automatizado que proteja roupas estendidas em varais externos, utilizando sensores e mecanismos físicos de acionamento. O projeto tem como base um protótipo desenvolvido no primeiro ano do curso e, nesta nova versão, será aprimorado com foco em precisão, praticidade e sustentabilidade. Serão utilizados um sensor de chuva e um motor de passo, ambos controlados por um Arduino UNO, para acionar automaticamente uma cobertura protetora ou para movimentar o varal. A solução também incluirá um modo manual de acionamento, oferecendo maior controle ao usuário. Assim, este trabalho propõe não apenas uma solução técnica para um problema cotidiano, mas também uma aplicação prática dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso, incentivando a criatividade, o uso consciente da tecnologia e o desenvolvimento de projetos voltados à melhoria da qualidade de vida.

Palavras-chave: Varal; Sensor; Protótipo; Arduino.

ABSTRACT

Currently, there is a growing demand for technological solutions that assist in the performance of household tasks, especially those that require time, attention, and depend on external factors such as the weather. An example of this is the challenge faced by many families when using outdoor clotheslines to dry clothes. Situations such as sudden rain or high humidity can compromise the entire process, requiring rewashing and resulting in wasted water, electricity, and time. This problem, although common, is still under-explored by accessible and automated solutions in the residential context. Home automation, which was once considered a luxury, is becoming increasingly present in everyday life, offering practicality and efficiency. In this scenario, technologies such as Arduino microcontrollers stand out for enabling the creation of functional and low-cost projects. Observing this context and aligning with the knowledge acquired throughout the technical course in Computer Science integrated with high school, the proposal for this Final Course Project arose: to develop an automated system that protects clothes hung on outdoor clotheslines, using sensors and physical activation mechanisms. The project is based on a prototype developed in the first year of the course and, in this new version, will be improved with a focus on precision, practicality, and sustainability. The solution will also include a manual activation mode, offering greater control to the user. Thus, this work proposes not only a technical solution to an everyday problem, but also a practical application of the knowledge acquired throughout the course, encouraging creativity, the conscious use of technology, and the development of projects aimed at improving quality of life.

Keywords: Clothesline; Sensor; Prototype; Arduino.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 METODOLOGIA	14
1.3.1 FLUXOGRAMA DAS ETAPAS	16
1.3.2 CRONOGRAMA	18
2. DESENVOLVIMENTO	19
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1.1 SISTEMAS SEMELHANTES	20
2.2 REQUISITOS FUNCIONAIS DO SISTEMA	21
2.3 PRIORIDADES DOS REQUISITOS	23
2.4 DOCUMENTAÇÃO DE CASOS DE USO	24
2.5 DIAGRAMA DE ESTADOS	25
2.6 FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO	26
2.6.1 DADOS REFERENTE A PROGRAMAÇÃO	27
2.7 COMPONENTES UTILIZADOS	28
2.8 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DO PROTÓTIPO.	33
2.8 SIMULAÇÃO FÍSICA DO PROTÓTIPO.	34
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

A curiosidade humana sempre foi a força motriz por trás do desenvolvimento de novos conceitos e tecnologias. Desde o início da nossa existência, buscamos entender e mudar o ambiente ao nosso redor. Essa busca contínua por soluções para os problemas cotidianos revela nossa capacidade de inovar e nos adaptar. "Insanidade é fazer a mesma coisa repetidamente e esperar resultados diferentes" é frequentemente atribuída a Albert Einstein, embora não existam evidências concretas de que ele a tenha dito literalmente, mas o significado ainda impacta, visto que enfatiza a importância de encontrar novas abordagens para velhos problemas.

Foi a partir da observação dessa realidade cotidiana que surgiu a ideia central deste Trabalho de Conclusão de Curso: o desenvolvimento de uma solução de automação residencial, utilizando um sensor de chuva, para proteger roupas de forma automática e inteligente. Este projeto dá continuidade a um protótipo criado no primeiro ano do curso técnico em Informática, agora aprimorado com maior precisão e um olhar mais técnico.

Mais do que apresentar uma alternativa prática para a proteção de roupas no varal, este trabalho busca demonstrar como a eletrônica pode ser aplicada para resolver problemas reais. A proposta também visa aproximar o estudante da prática profissional, incentivando a criatividade e a inovação por meio de experiências concretas. Ao longo do desenvolvimento, foram utilizadas tecnologias acessíveis como Arduino, sensores e softwares de simulação, promovendo a integração entre teoria e prática e reafirmando o papel transformador da educação técnica no cotidiano.

1.1 JUSTIFICATIVA

Nos dias atuais, lidar com as mudanças de tempo repentinas é um dos desafios comuns enfrentados por muitas pessoas, principalmente quando se trata de limpar roupas em ambientes externos. Chuvas inesperadas ou aumentos na umidade podem sobrecarregar todo o esforço investido na lavagem, resultando em trabalho árduo, desperdício de água, energia e tempo, além de frustração. Embora pareça um problema simples, essa situação impacta diretamente a rotina de milhares de famílias, sobretudo em regiões de tempo instável e em residências sem áreas cobertas.

Diante dessa realidade, este Trabalho de Conclusão de Curso propõe o desenvolvimento de um sistema de automação residencial com Arduino, voltado à proteção de roupas em varais externos. A proposta nasce do aprimoramento de um protótipo criado no primeiro ano do curso, agora revisitado com um olhar mais técnico e fundamentado, aliando sensores, microcontroladores e o motor de passo para automatizar o processo de cobertura ou recolhimento do varal.

Mais do que um projeto técnico, o trabalho incentiva a aplicação prática dos conhecimentos de eletrônica e programação, promovendo autonomia e inovação por parte do estudante. O uso de materiais acessíveis e o foco na funcionalidade tornam a proposta viável para diversas realidades sociais, reforçando o papel da tecnologia como ferramenta de melhoria da qualidade de vida.

Assim, a justificativa do projeto se apoia não apenas em sua relevância pedagógica, mas também em seu impacto social e ambiental, contribuindo para o uso consciente dos recursos e valorizando a formação técnica como agente de transformação.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de automação residencial baseado em Arduino, capaz de proteger roupas estendidas em varais externos contra mudanças de tempo repentinas, por meio da ativação automática de uma cobertura móvel ou do recolhimento do varal para uma área coberta.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Projetar um sistema com cobertura móvel automatizada utilizando um motor de passo, para proteger roupas estendidas em varais externos;
- Integrar o sensor de chuva para controle automático do varal e incorporar uma tela LCD ao sistema, permitindo a exibição de informações como o estado do varal e ter um maior controle do sistema;
- Implementar um modo de controle manual por meio dos botões na protoboard como alternativa ao funcionamento automático, dois botões irão controlar os modos de funcionamento (manual e automático) e dentro do modo manual aciona o controle de um segundo botão que irá controlar a movimentação da cobertura;
- Realizar simulações dos circuitos eletrônicos em simuladores que disponibilizem uma simulação o mais próximo possível da versão final antes da montagem física do protótipo;
- Documentar o funcionamento do sistema com base em diagramas esquemáticos, diagrama de estados, imagens do protótipo e descrição detalhada dos componentes.

1.3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho e atendimento dos objetivos propostos, as tarefas foram divididas em etapas menores, facilitando o planejamento e a execução do projeto. Inicialmente, foram buscadas informações sobre as dificuldades enfrentadas por pessoas que utilizam varais externos, especialmente em situações de chuva, além da análise de projetos semelhantes de varais automatizados e sistemas de automação residencial com Arduino, servindo de base para a definição da viabilidade da proposta.

Com base no problema identificado, definiu-se o tema central do trabalho. Em seguida, foram estabelecidos os objetivos geral e específicos, assim como elaboradas a introdução, a justificativa e a fundamentação teórica, abordando conceitos de automação, eletrônica aplicada, sensores, Arduino e motores. Nessa etapa, também foram selecionados os principais componentes do protótipo final, sendo eles: sensor de chuva, motor de passo, Arduino Uno, protoboard, jumpers e os materiais utilizados na estrutura física do varal e da cobertura.

O funcionamento do sistema foi planejado com base em dois modos de operação: automático e manual, acionados por botões físicos. Diferente da proposta inicial, que previa mais de um protótipo, o projeto foi unificado em apenas um único protótipo, no qual o motor de passo é responsável tanto pela movimentação da cobertura quanto pelo deslocamento do varal, deixando todo o sistema integrado em uma única estrutura.

Para a construção do circuito e validação da lógica, utilizou-se o simulador Wokwi, permitindo testar o sensor de chuva, o motor de passo e o funcionamento geral do sistema antes da montagem física, reduzindo riscos de falhas e danos aos componentes. A programação foi desenvolvida na linguagem C/C++, por meio da IDE Arduino, envolvendo a leitura do sensor, o controle do motor de passo, a seleção entre modo automático e manual e o acionamento dos movimentos conforme as condições.

Após a finalização da lógica e dos testes em simulação, iniciou-se a construção do protótipo físico. A estrutura foi inicialmente confeccionada com

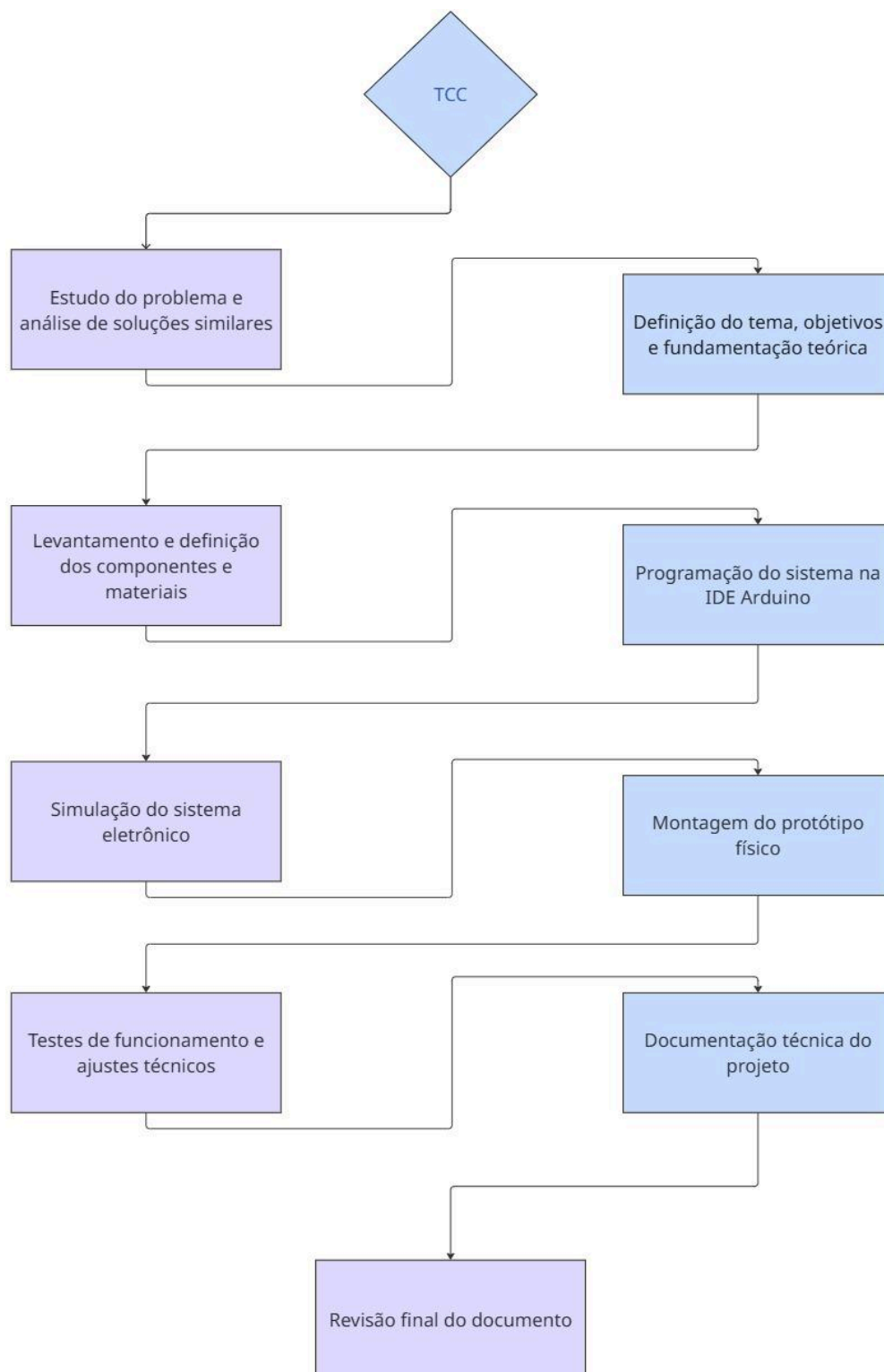
materiais leves e, posteriormente, adaptada para um modelo mais resistente, com partes planejadas para impressão 3D. Todos os componentes foram acoplados em uma única estrutura e devidamente conectados para testes.

Em seguida, o sistema passou por diversos testes práticos, simulando situações de chuva e tempo seco. Foram realizados ajustes no código, na estrutura física e na posição dos componentes, visando garantir o funcionamento adequado e seguro do protótipo. O sistema de indicação por LEDs foi utilizado para sinalizar o estado do sistema durante os testes.

Por fim, foi concluída a documentação completa do TCC, incluindo diagrama esquemático, fluxogramas, diagrama de estados, explicação da lógica de funcionamento e registros fotográficos do protótipo. A etapa final consistiu na revisão geral da escrita, organização dos anexos e preparação da apresentação para a defesa, com ensaios e ajustes visuais nos slides.

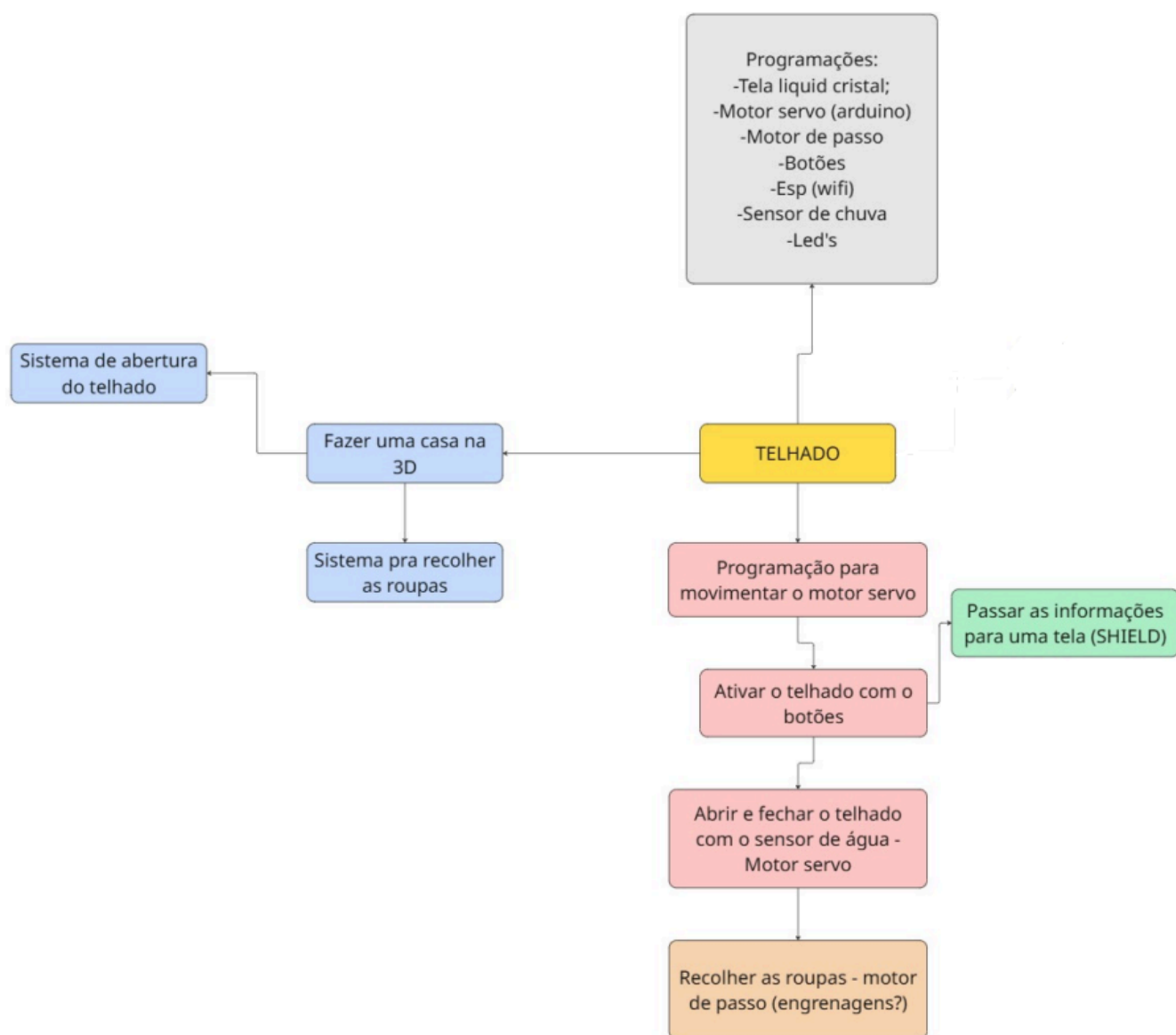
1.3.1 FLUXOGRAMA DAS ETAPAS

Figura 1 – Fluxograma das etapas do documento



Fonte: elaborado pela autora (2025).

Figura 2 – Fluxograma das ideias iniciais da construção dos protótipos



Fonte: elaborado pelos autores (2025).

1.3.2 CRONOGRAMA

Quadro 1 – Cronograma

Atividades	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan
Estudo do problema e análise de soluções similares	✓		✓							
Definição do tema, objetivos e fundamentação teórica	✓	✓								
Levantamento e definição dos componentes e materiais		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	
Simulação do sistema eletrônico			✓	✓	✓	✓			✓	
Programação do sistema			✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Apresentação prévia do TCC					✓					
Montagem do protótipo físico do varal automatizado								✓	✓	
Testes de funcionamento e ajustes técnicos			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Documentação técnica do projeto	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	
Revisão final do documento				✓					✓	✓
Apresentação final do TCC										✓

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção, são apresentados estudos, referências e projetos que embasaram a proposta final deste Trabalho de Conclusão de Curso. A partir da análise de trabalhos acadêmicos anteriores e da literatura disponível, se construiu um referencial teórico que orienta e justifica as decisões técnicas adotadas no desenvolvimento do projeto.

A ideia de desenvolver um varal automatizado para proteger roupas da chuva já foi explorada por diferentes autores, o que demonstra a relevância do tema e sua recorrência no ambiente doméstico. No TCC de Piani (2021), o foco foi o desenvolvimento de um sistema utilizando servo motores para realizar a cobertura de roupas em caso de alterações de tempo, com base em um sensor simples de detecção de água.

Outro projeto semelhante foi elaborado no Centro Paula Souza por Silva (2022), onde se propôs um varal automatizado com cobertura deslizante e controle eletrônico. Esse projeto também utiliza sensores de chuva e busca proporcionar uma alternativa econômica e útil para a população.

A partir da análise desses trabalhos, foi possível identificar boas práticas e limitações que ajudaram na definição de diretrizes para este projeto. Além do aspecto técnico, a proposta dialoga com os princípios da sustentabilidade e da democratização da tecnologia, pois parte de componentes de fácil acesso e programação aberta, promovendo não só a solução de um problema cotidiano, mas também a formação cidadã e crítica do estudante.

Portanto, a revisão bibliográfica reforça a importância da automação no contexto doméstico, o valor educacional do uso de plataformas como o Arduino e o impacto positivo que soluções simples, quando bem elaboradas, podem trazer para o cotidiano das pessoas.

2.1.1 SISTEMAS SEMELHANTES

Durante a etapa de revisão bibliográfica e pesquisa de projetos correlatos, foram analisados diversos Trabalhos de Conclusão de Curso, artigos acadêmicos e sistemas similares que têm como objetivo oferecer soluções automatizadas voltadas à proteção de roupas em ambientes externos. Essas referências serviram como base para compreender as abordagens já existentes, identificar boas práticas e possíveis melhorias para o desenvolvimento do projeto atual.

Um dos trabalhos mais relevantes encontrados foi o desenvolvido por Hugo Fontolan Piani (2021), no qual foi apresentado um protótipo de varal automatizado utilizando um micro servo motor para movimentar a cobertura. O acionamento ocorre por meio de um sensor de chuva simples, que detecta a presença de água e envia um sinal ao Arduino, responsável por iniciar o movimento do servo motor. Este projeto apresenta similaridades diretas com o protótipo aqui desenvolvido, especialmente no uso de componentes eletrônicos acessíveis e na simplicidade do mecanismo. (Piani *et al.*, 2021)

Outro sistema analisado foi apresentado no Centro Paula Souza por Eduardo Félix da Silva (2022), com a proposta de um *varal automatizado com cobertura retrátil*, também baseado em sensores de chuva e motores para movimentação da estrutura. O diferencial deste projeto está na construção mecânica da cobertura, que utiliza uma estrutura deslizante em trilhos, oferecendo uma solução robusta e segura para ambientes abertos. (Silva *et al.*, 2022)

Apesar das semelhanças entre os projetos, o presente trabalho diferencia-se pela abordagem metodológica adotada, por ser uma continuação de um protótipo criado no primeiro ano do curso técnico, e por incorporar um sistema de controle manual além do automático.

A análise desses sistemas semelhantes foi fundamental para a definição da arquitetura do projeto, bem como para o entendimento das limitações e oportunidades de melhoria. O estudo comparativo contribuiu significativamente para a elaboração de uma solução que alia baixo custo, eficiência e aplicabilidade no cotidiano de muitas famílias brasileiras.

2.2 REQUISITOS FUNCIONAIS DO SISTEMA

Abaixo são listados os requisitos funcionais previstos para o sistema de automação do protótipo do varal automatizado.

Quadro 2 – Requisito acionar cobertura automaticamente

[RF001] Acionar cobertura automaticamente	
Descrição:	Permite que o sistema mexa automaticamente a cobertura para cobrir o varal ao detectar chuva por meio do sensor.
Prioridade:	☒ Essencial ☐ Importante ☐ Desejável

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Quadro 3 – Requisito acionar modo manual

[RF002] Acionamento manual da cobertura	
Descrição:	Permite que o usuário acione o modo manual do protótipo mandando o controle da movimentação pelo segundo botão manual, mesmo sem a detecção de chuva.
Prioridade:	☒ Essencial ☐ Importante ☐ Desejável

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Quadro 4 – Requisito Acionar Cobertura Manualmente

[RF003] Acionamento manual da cobertura	
Descrição:	Permite que o usuário acione manualmente o movimento da cobertura do varal por meio de um botão físico, mesmo sem a detecção de chuva.
Prioridade:	☒ Essencial ☐ Importante ☐ Desejável

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Quadro 5 – Requisito Detectar Chuva

[RF004] Detecção de chuva	
Descrição:	Responsável por identificar a presença de gotas d'água na superfície do sensor de chuva e enviar essa informação para o Arduino.

Prioridade:	☒ Essencial ☐ Importante ☐ Desejável
-------------	--

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Quadro 6 – Requisito Monitoramento do clima

[RF005] Leitura do sensor de clima	
Descrição:	Permite que o sistema colete e interprete dados do sensor de chuva para decidir se deve recolher o varal automaticamente.
Prioridade:	☒ Essencial ☐ Importante ☐ Desejável

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Quadro 7 – Requisito Leitura do Sensor de umidade

[RF006] Leitura do sensor de umidade	
Descrição:	Responsável por identificar a umidade do ar a partir da leitura do sensor de umidade e mostrar na tela LCD para visualização do usuário.
Prioridade:	☐ Essencial ☐ Importante ☒ Desejável

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Quadro 8 – Requisito Movimentar varal com motor de passo

[RF007] Controle de motor de passo	
Descrição:	Aciona o motor de passo via driver para recolher ou estender o varal, de forma precisa e controlada.
Prioridade:	☒ Essencial ☐ Importante ☐ Desejável

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Quadro 9 – Requisito Exibição do estado do varal

[RF008] Indicação do estado do varal	
Descrição:	Mostra na tela LCD se a cobertura do varal está estendida (aberto) ou recolhida (fechado), para melhor controle visual por parte do usuário.
Prioridade:	☒ Essencial ☐ Importante ☐ Desejável

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

2.3 PRIORIDADES DOS REQUISITOS

Para estabelecer a prioridade dos requisitos foram adotadas as denominações “essencial”, “importante” e “desejável”.

- Essencial: é o requisito sem o qual o sistema não entra em funcionamento. São requisitos imprescindíveis, que devem ser implementados impreterivelmente.

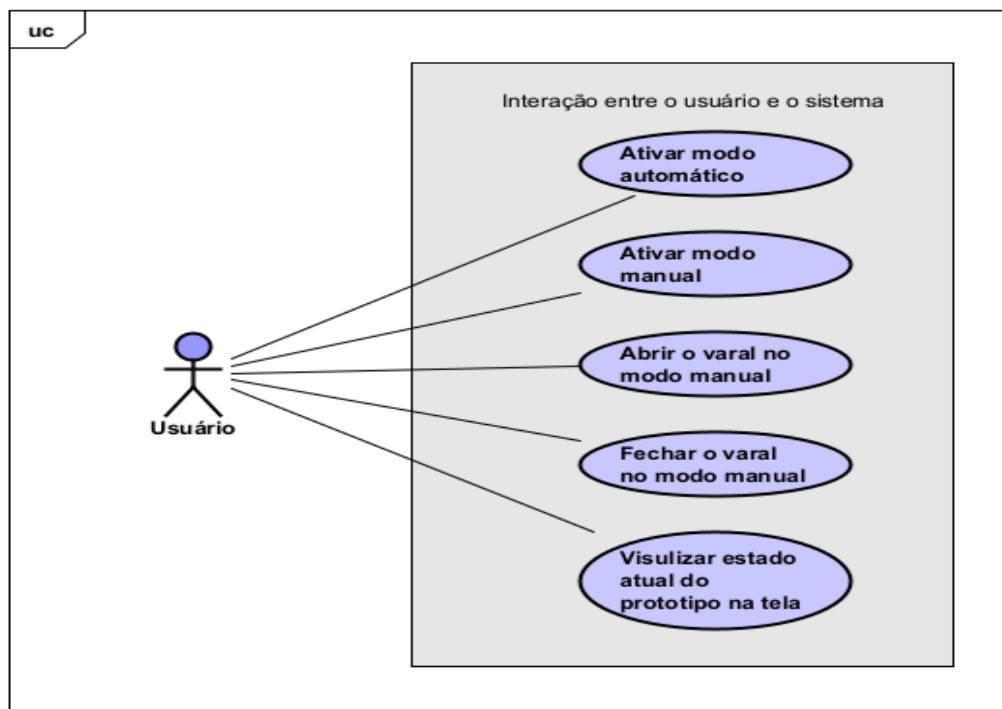
- Importante: é o requisito sem o qual o sistema entra em funcionamento, mas de forma não satisfatória. Requisitos importantes devem ser implementados, mas, se não forem, o sistema poderá ser implantado e usado mesmo assim.

- Desejável: é o requisito que não compromete as funcionalidades básicas do sistema, isto é, o sistema pode funcionar de forma satisfatória sem ele. Requisitos desejáveis podem ser deixados para versões posteriores do sistema, caso não haja tempo hábil para implementá-los na versão que está sendo especificada.

2.4 DOCUMENTAÇÃO DE CASOS DE USO

A figura a seguir representa o Diagrama de Casos de Uso, composto por apenas um ator e seus respectivos casos de uso, ou seja, as funcionalidades do sistema e os acessos de cada ator.

Figura 3 – Diagrama de Casos de Uso

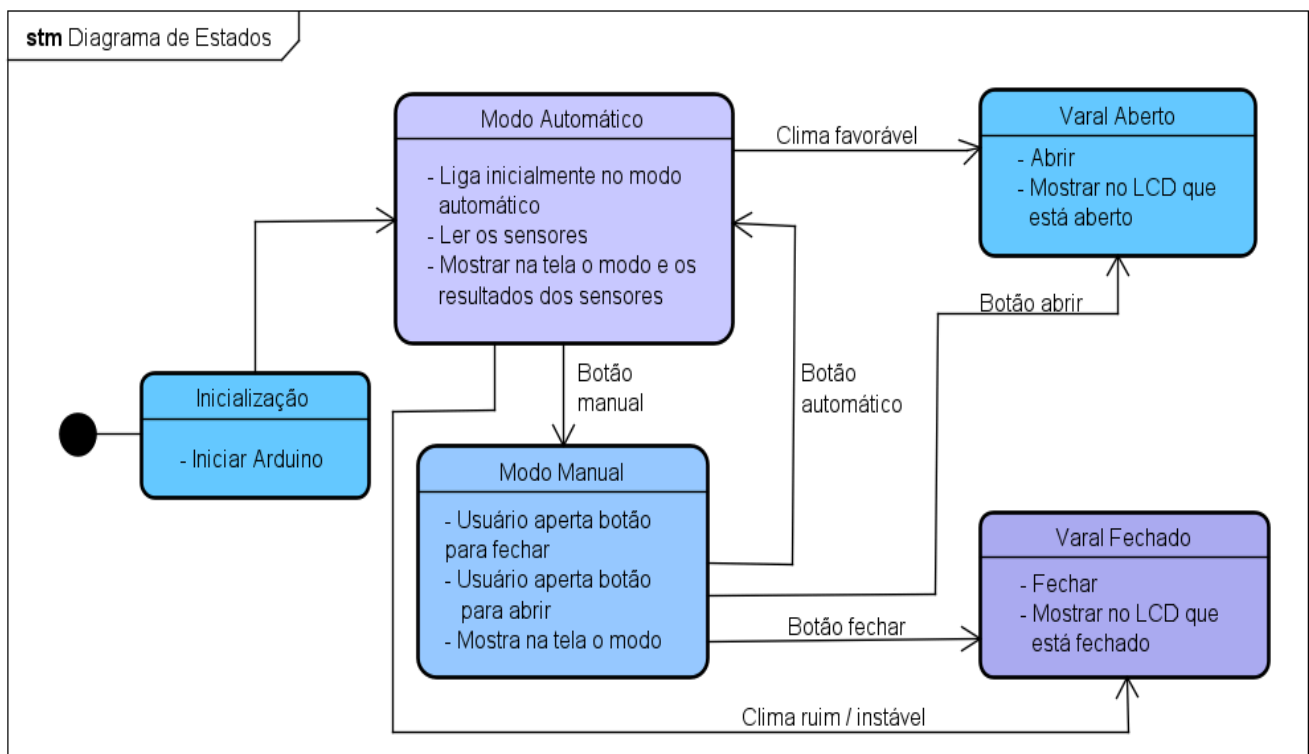


Fonte: Elaborado pela autora (2025).

2.5 DIAGRAMA DE ESTADOS

A figura a seguir representa o Diagrama de Estados, no qual são ilustrados os diferentes estados que o sistema pode assumir, bem como as transições entre esses estados de acordo com os eventos que ocorrem.

Figura 4 – Diagrama de Estados



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

2.6 FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO

O sistema desenvolvido é baseado na leitura de sensores e no acionamento de mecanismos físicos controlados por um Arduino Uno. Ele possui dois modos de funcionamento: automático e manual, que podem ser alternados pelo usuário por meio de botões.

No modo automático (acionado pelo botão azul), o Arduino realiza a leitura dos sensores e toma decisões de forma independente, como o sensor de chuva que identifica a presença de água. Caso sejam detectadas condições desfavoráveis, como chuva, o sistema aciona o mecanismo de proteção, acionando o motor de passo fazendo com que a cobertura móvel se movimente para cobrir as roupas. Quando as condições são favoráveis, o sistema permite que a cobertura volte ao seu modo anterior.

No modo manual (acionado pelo botão vermelho), o sensor é desconsiderado e o usuário tem controle direto sobre o sistema, podendo abrir ou fechar a cobertura por meio de botões (botão amarelo controla a movimentação da cobertura). No protótipo, o modo de operação é indicado pelas informações que são exibidas em uma tela LCD, que mostra o modo de funcionamento, o estado do varal e os valores dos sensores.

Toda a lógica do sistema foi implementada na linguagem C/C++ por meio da IDE Arduino, utilizando estruturas condicionais para tomada de decisão e leitura digital e analógica dos sensores, permitindo o funcionamento contínuo e em tempo real.

2.6.1 DADOS REFERENTE A PROGRAMAÇÃO

Quadro 10 - Dados referente à programação

Valores Dados de entrada	Valores de referência dos dados de entrada	Valores de referência dos dados de entrada
< 500 - Sem Chuva ≥ 500 - Chuva detectada	Sensor Chuva	Resultado Saída: On / Off – Motor de passo

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

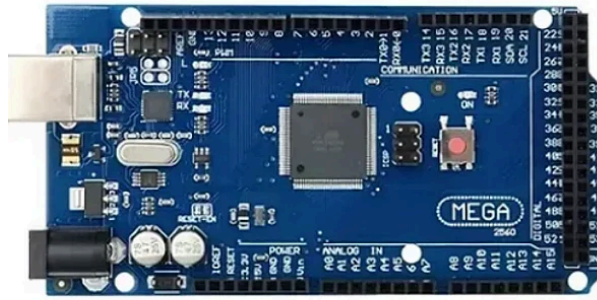
A lógica de funcionamento do varal automatizado é baseada na leitura de apenas um sensor principal: sensor de chuva.

O sensor de chuva atua de forma independente, sendo o principal responsável pelo acionamento automático do sistema. Sempre que o sensor detectar a presença de água, o motor de passo é imediatamente acionado para proteger as roupas, garantindo o funcionamento correto mesmo em situações de chuva durante o dia com sol.

2.7 COMPONENTES UTILIZADOS

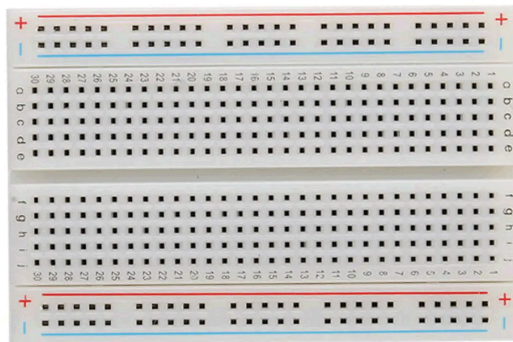
A criação e o desenvolvimento do protótipo automatizado foram realizados com base em componentes eletrônicos de baixo custo e fácil acesso, que permitiram a montagem de um sistema funcional e didático.

Figura 5 – Imagem Arduino Mega.



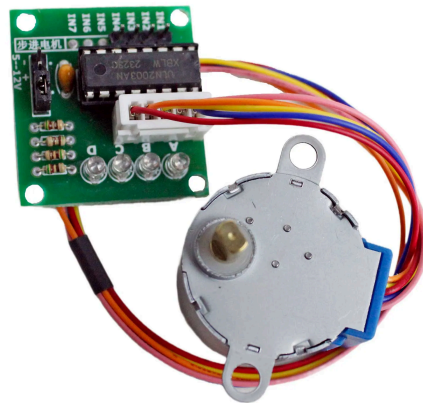
O microcontrolador utilizado para controlar todo o funcionamento do sistema foi o Arduino MEGA, responsável por interpretar os sinais dos sensores e comandar os atuadores do projeto.

Figura 6 – Imagem Protoboard.



A protoboard foi utilizada para montar o circuito de maneira prática e sem a necessidade de soldas. Ela permitiu testar ligações entre os componentes de forma segura e flexível durante o processo de desenvolvimento.

Figura 7 – Imagem Motor de Passo.



O motor de passo foi utilizado para realizar a movimentação da estrutura do varal, empurrando-a para uma área coberta ao detectar condições do tempo desfavoráveis. Seu controle foi feito por meio do driver, que recebe sinais do Arduino e converte para os pulsos necessários ao funcionamento do motor. Essa escolha permitiu um movimento preciso e controlado, ideal para simular o deslocamento suave da estrutura com segurança.

Figura 8 – Imagem Sensor de Chuva.



O sensor de chuva é responsável por detectar a presença de água em sua superfície, enviando sinais ao Arduino para que este acione o mecanismo de proteção das roupas. Ele é essencial para a automação da cobertura de forma autônoma.

Figura 9 – Imagem Jumpers.



Os cabos jumper foram essenciais para realizar as conexões elétricas entre os componentes, a protoboard e o Arduino. Por serem reutilizáveis, flexíveis e de fácil manuseio, esses cabos garantiram um circuito bem organizado e funcional durante todas as fases do protótipo.

Figura 10 – Imagem Resistores.



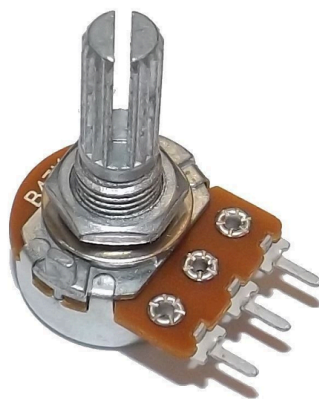
Os resistores de 330 Ω (ohms) foram utilizados em série com os LEDs para limitar a corrente elétrica e evitar sua queima. Já o resistor de 200 Ω (ohms) foi utilizado para proteger componentes sensíveis da corrente elétrica excessiva, atuando como limitador de corrente. Ele foi empregado em pontos específicos do circuito onde era necessário ajustar o fluxo de corrente elétrica para evitar danos.

Figura 11 – Imagem Botões.



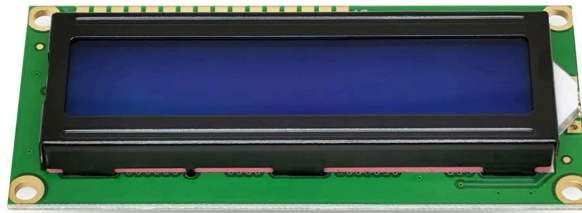
Três botões foram integrados ao sistema para o controle manual da cobertura retrátil. Um botão aciona o modo manual, ao modo manual o segundo botão controla a abertura da cobertura e seu recolhimento, sendo o último botão aquele que controla o modo automático.

Figura 12 – Imagem Potenciômetro.



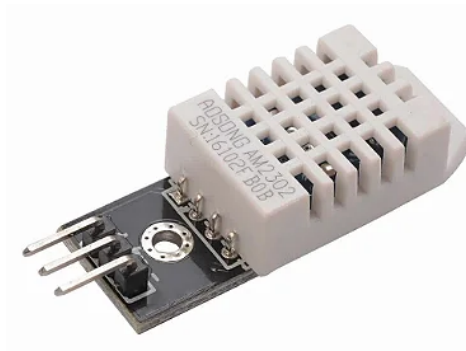
O potenciômetro foi utilizado como divisor de tensão conectado ao pino V0 da tela LCD 16x2, permitindo o ajuste do contraste dos caracteres exibidos. Essa regulagem é fundamental para garantir a legibilidade das informações na tela. O componente foi inserido diretamente na protoboard e pode ser facilmente ajustado pelo usuário durante a montagem ou testes do sistema.

Figura 13 – Imagem Tela LCD 16x2 com interface I2C.



A tela LCD 16x2 foi empregada para exibir, de forma clara e organizada, as principais informações do sistema: modo de funcionamento (automático ou manual), estado do varal (aberto ou fechado). O uso desse componente proporcionou uma melhor experiência de monitoramento para o usuário.

Figura 14 – Imagem Sensor de Umidade.



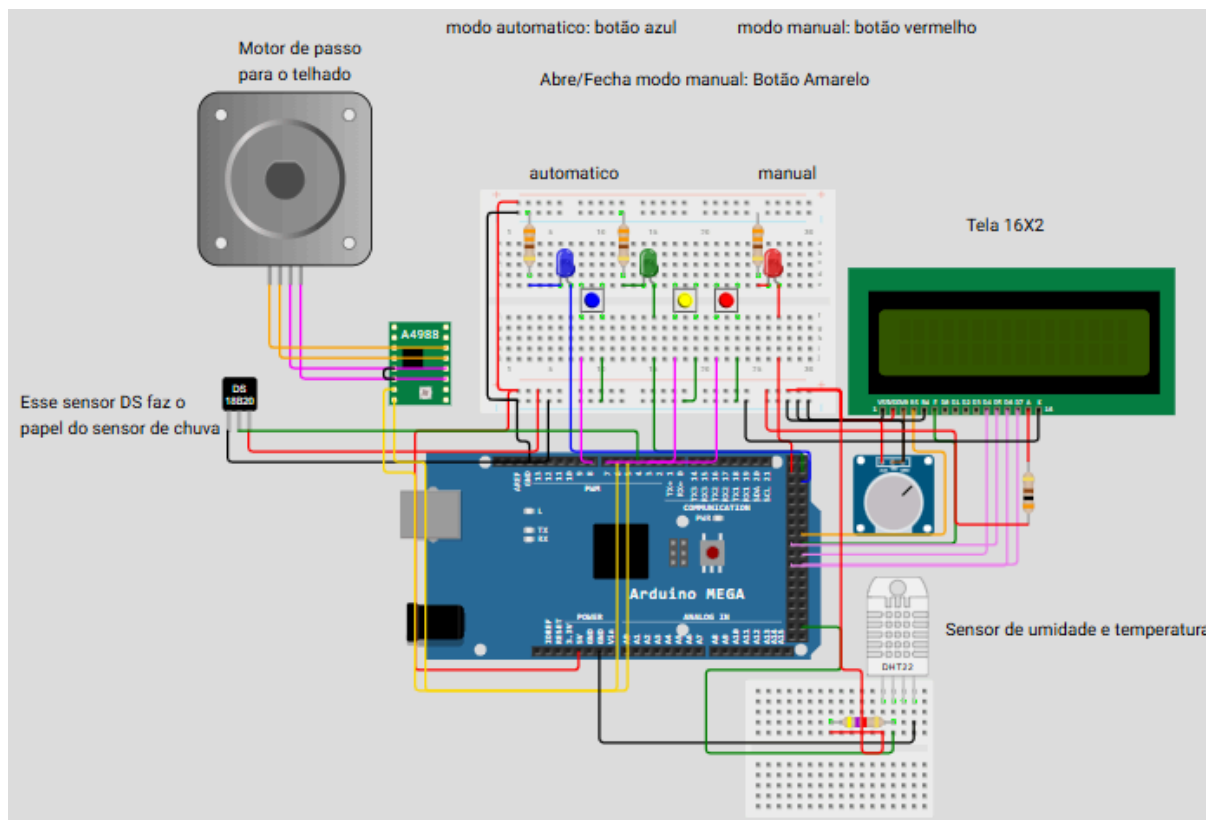
O Sensor de umidade foi utilizado para visualização do usuário sobre a umidade do ar, sem alterar diretamente as condições de movimentação da cobertura, apenas funcionando para mostrar a informação da umidade na tela.

2.8 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DO PROTÓTIPO.

A criação e o desenvolvimento do protótipo automatizado foram simulados na plataforma Wokwi. Inicialmente, os testes também foram realizados em outros simuladores, como o Tinkercad e o Circuit, porém o Wokwi foi o que apresentou maior variedade de recursos para os testes, possibilitando uma validação mais completa do funcionamento do sistema de forma prática e virtual. Embora nenhum dos simuladores possuísse todos os componentes necessários, cada um contribuiu para a realização de testes seguros e ajustes no projeto antes da montagem física.

Os LEDs foram utilizados exclusivamente para fins de visualização dentro do ambiente de simulação, não sendo integrados à versão física do protótipo, uma vez que o sistema já conta com uma tela LCD responsável por exibir todas as informações previstas na lógica de funcionamento.

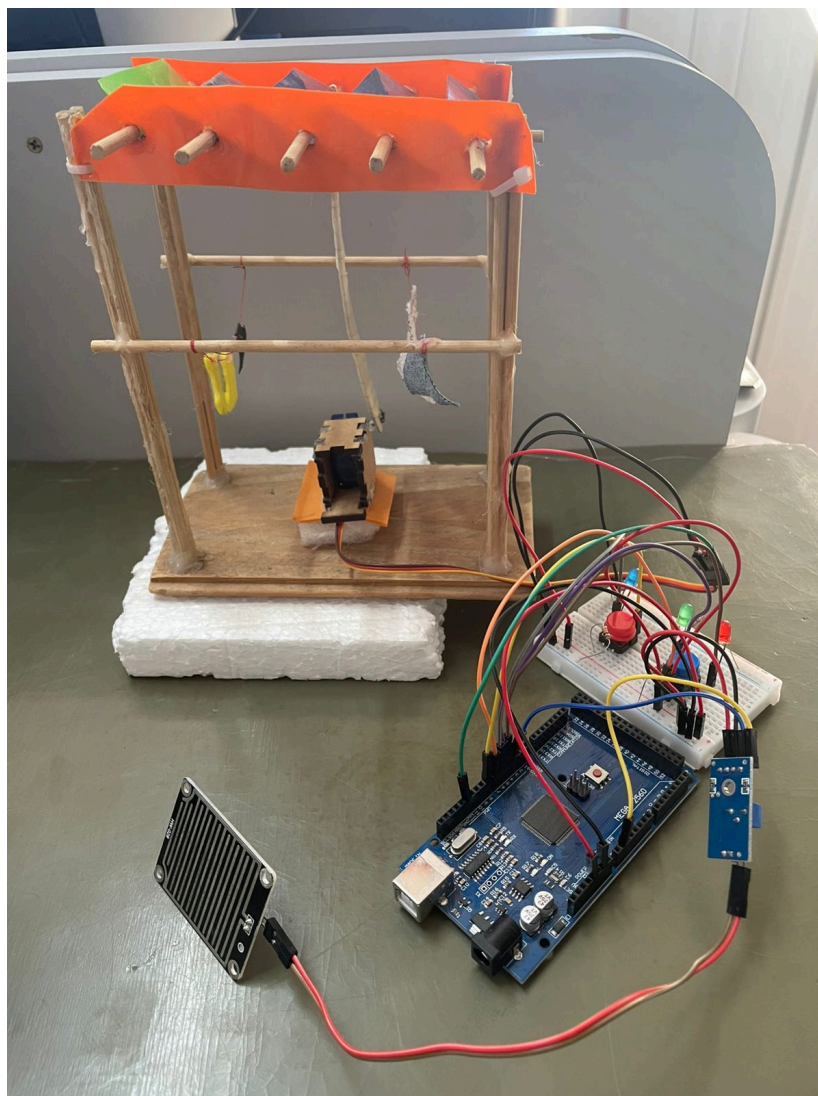
Figura 15 – Diagrama Esquemático do Protótipo no Wokwi.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

2.8 SIMULAÇÃO FÍSICA DO PROTÓTIPO.

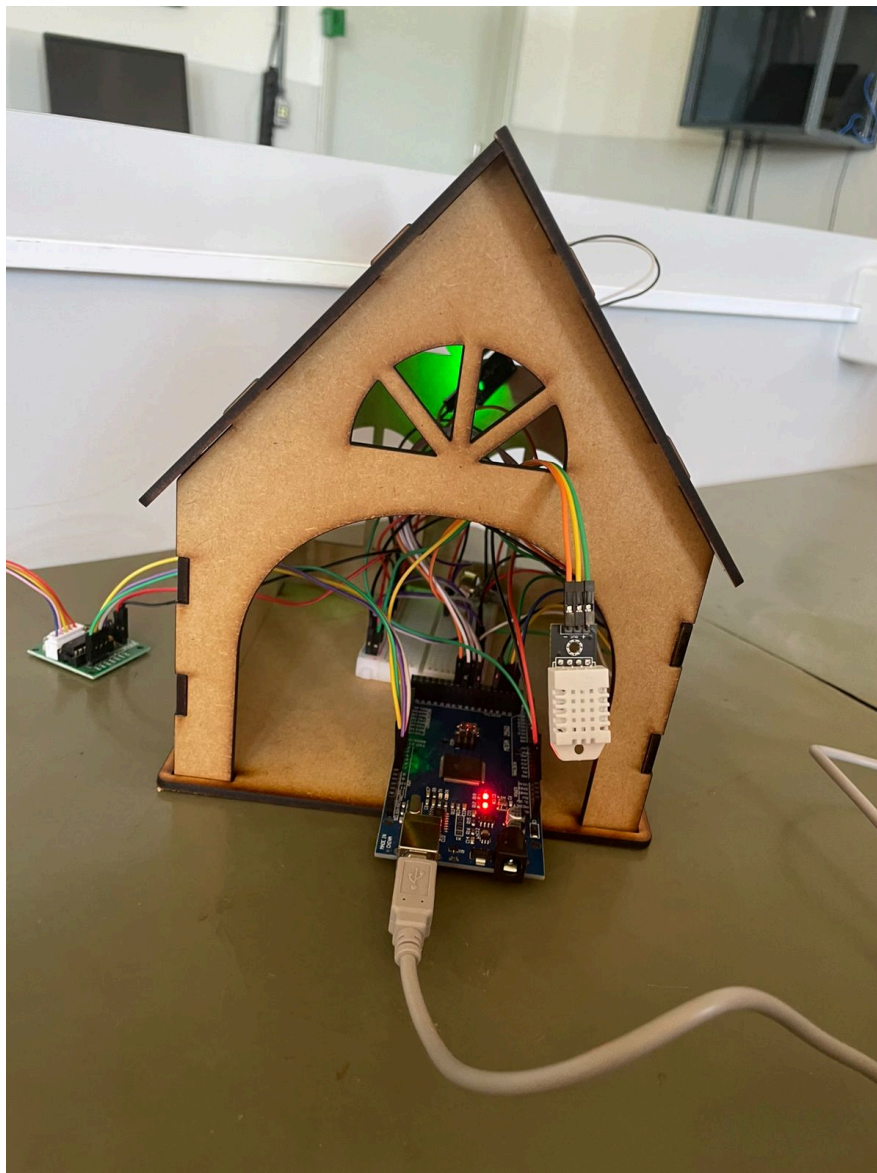
Figura 16 – Foto dos testes iniciais do protótipo.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A imagem apresenta o protótipo físico do varal automático em sua fase inicial de desenvolvimento, período em que o componente responsável pela movimentação da estrutura ainda era o micro servo motor, o qual posteriormente foi substituído por um motor de passo. Inicialmente, o projeto foi elaborado utilizando materiais simples e de fácil acesso, como madeira, palitos de churrasco e papel, empregados na representação da estrutura da cobertura móvel.

Figura 17 – Imagem da casa em MDF.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

O protótipo apresentado foi construído utilizando uma estrutura em MDF, escolhida por sua facilidade de corte, baixo custo e boa resistência para a montagem experimental. O modelo em MDF teve como objetivo representar, de forma simplificada, a estrutura física da casa e do varal automatizado, permitindo a fixação dos componentes eletrônicos e mecânicos, como o motor de passo, sensores e cobertura móvel.

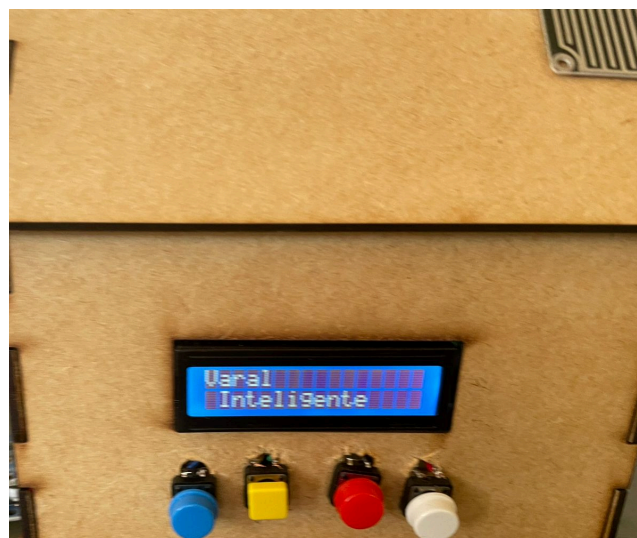
Figura 18 – Imagem da casa em funcionamento com o varal.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

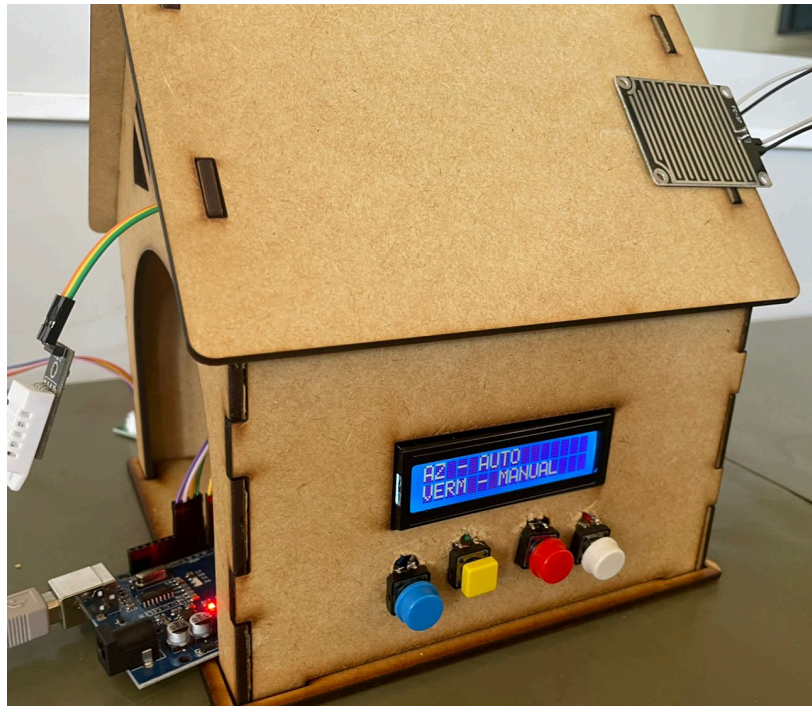
A Figura 18 apresenta o protótipo físico completo, com a estrutura da casa e o varal automatizado, utilizado para demonstração do funcionamento do projeto. Essa imagem comprova a integração entre a parte física e o sistema eletrônico, evidenciando a aplicação prática da solução desenvolvida.

Figura 19 – Imagem da impressão na tela inicial.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 20 – Imagem da impressão na tela de menu.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 21 – Imagem da impressão na tela modo manual.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 22 – Imagem da impressão na tela modo automático.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 23 – Imagem da impressão na tela de movimento do motor.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 24 – Imagem da impressão na tela do telhado aberto.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 25 – Imagem da impressão na tela do telhado fechado.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo desenvolver uma solução de automação residencial para proteger roupas em varais externos, utilizando a plataforma Arduino e sensores. Durante o desenvolvimento, o projeto passou por mudanças importantes até chegar à sua versão final, mais funcional e tecnicamente coerente.

Inicialmente, foram propostas duas versões de protótipo: uma com micro servo motor e outra com motor de passo. Após testes e análises, optou-se por manter apenas o modelo com motor de passo, que passou a ser responsável tanto pela movimentação da cobertura quanto pelo deslocamento do varal, garantindo maior precisão e confiabilidade ao sistema.

As simulações foram realizadas no Tinkercad, Cirkuit e posteriormente no Wokwi, permitindo validar o funcionamento do sistema em diferentes condições ambientais. Também foram elaborados os diagramas, fluxogramas e toda a documentação técnica necessária.

Com a programação e a montagem do protótipo finalizadas, conclui-se que o projeto atingiu seus objetivos, apresentando-se como uma solução viável, acessível e eficiente. Além disso, o trabalho contribuiu significativamente para a formação técnica da autora, fortalecendo conhecimentos em eletrônica, programação e desenvolvimento de projetos.

REFERÊNCIAS

PIANI, Hugo Fontolan, RODRIGUES, Isabelle Graziela Reis, PUGA, Julia Machado, VEIGA, Rayssa Passoni. Varal inteligente: automação de sistema de secagem de roupas lavadas convencional com a utilização da tecnologia arduino. 2021. (Curso Técnico em Eletrônica) – Escola Técnica Philadelpho Gouvêa Netto. São José do Rio Preto. Disponível em:

<https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/10586/1/eletronicaetim_2021_2_hugo_fontolanpiani_varalinteligente.pdf> Acesso em: 22 jun. 2025.

SILVA, Eduardo Felix da; CEZAR, Ericson Mendes; MELO, Gabriel Dinis; SILVA, João de Deus da; ALEGRE, Osmarildo; SILVESTRE, Wellington; DIAS JUNIOR, Milton Severino. Varal automatizado retrátil. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico em Mecatrônica) – Etec Júlio de Mesquita, Santo André, 2022. Disponível em:

<<https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/12264/1/Varal%20Automatizado.pdf>> Acesso em: 22 jun. 2025.

WOKWI. Wokwi Arduino Simulator. 2025. Disponível em: <https://wokwi.com/>. Acesso em: 24 jul. 2025.

AUTODESK. Tinkercad: ferramenta de simulação e modelagem 3D. 2025. Disponível em: <https://www.tinkercad.com/>. Acesso em: 24 jul. 2025.

CIRKIT STUDIO. Circuit Designer – Circuit Design Software. 2025. Disponível em: <https://www.circuitstudio.com/>. Acesso em: 24 jul. 2025.

ASTAH. Astah UML Modeling Tool. 2025. Disponível em: <https://astah.net/pt/>. Acesso em: 24 jul. 2025.

MIRO. Fluxograma: ferramenta online de criação de fluxogramas. 2025. Disponível em: <https://miro.com/>. Acesso em: 24 jul. 2025.

ELETROGATE. Módulo sensor de temperatura e umidade DHT22. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/modulo-sensor-temperatura-e-umidade-dht22>. Acesso em: 24 jul. 2025.

WJ COMPONENTES. Display LCD 16x2. Disponível em: <https://www.wjcomponentes.com.br/lcd-1602>. Acesso em: 24 jul. 2025.

MASTER WALKER SHOP. Arduino utilizando potenciômetro linear. Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/arduino-utilizando-o-potenciometro-linear>. Acesso em: 24 jul. 2025.

ELETROGATE. Push button (chave tátil). Disponível em: <https://www.eletrogate.com/push-button-chave-tactil-6x6x6mm>. Acesso em: 24 jul. 2025.

COMPTRON. Resistores eletrônicos. Disponível em: <https://www.comptron.com.br/resistores>. Acesso em: 24 jul. 2025.

CURTO CIRCUITO. Kit jumper macho–macho. Disponível em: <https://curtocircuito.com.br/kit-jumper-macho-macho-20-pcs.html>. Acesso em: 24 jul. 2025.

ROBOCORE. Sensor de chuva para Arduino. Disponível em: <https://www.robocore.net/sensor-ambiente/sensor-de-chuva>. Acesso em: 24 jul. 2025.

WJ COMPONENTES. Motor de passo 28BYJ-48 com driver. Disponível em: <https://www.wjcomponentes.com.br/motor-passo-driver-28byj-48>. Acesso em: 24 jul. 2025.

MARINO STORE. Protoboard 400 pontos. Disponível em: <https://www.marinostore.com/acessorios/protoboard-400-pontos>. Acesso em: 24 jul. 2025.

ARDUCORE. Arduino Mega 2560 R3. Disponível em: <https://www.arducore.com.br/arduino-mega-2560-r3-cabo-usb>. Acesso em: 24 jul. 2025.