

**Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
ETEC Tereza Aparecida Cardoso Nunes de Oliveira**

GABRIEL RODRIGUES DOS SANTOS
JOSÉ APARECIDO DE FIGUEREDO JÚNIOR
KELVIN MURILO FERNANDES DE OLIVEIRA
MARCELO GONÇALVES DE AGUIAR
MARCOS TAKASAKI
RICHARD LOGAN ALVES DA SILVA SANTOS

VARAL AUTOMATIZADO

**São Paulo – SP
2025**

**Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
ETEC Tereza Aparecida Cardoso Nunes de Oliveira**

GABRIEL RODRIGUES DOS SANTOS
JOSÉ APARECIDO DE FIGUEREDO JÚNIOR
KELVIN MURILO FERNANDES DE OLIVEIRA
MARCELO GONÇALVES DE AGUIAR
MARCOS TAKASAKI
RICHARD LOGAN ALVES DA SILVA SANTOS

VARAL AUTOMATIZADO:

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Eletrotécnica da Etec Tereza Aparecida Cardoso. Orientado pelo professor Henrique Tavares de Oliveira Filho, como requisito parcial para obtenção do título de Técnico de Eletrotécnica.

**São Paulo – SP
2025**

GABRIEL RODRIGUES DOS SANTOS
JOSÉ APARECIDO DE FIGUEREDO JÚNIOR
KELVIN MURILO FERNANDES DE OLIVEIRA
MARCELO GONÇALVES DE AGUIAR
MARCOS TAKASAKI
RICHARD LOGAN ALVES DA SILVA SANTOS

VARAL AUTOMATIZADO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
Eletrotécnica da Etec Tereza Aparecida
Cardoso. Orientado pelo professor
Henrique Tavares de Oliveira Filho, como
requisito parcial para obtenção do título de
Técnico de Eletrotécnica.

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. _____

Assinatura _____

Prof. _____

Assinatura _____

Prof. _____

Assinatura _____

RESUMO

O varal retrátil motorizado apresenta-se como uma solução prática e eficiente para otimizar o processo de secagem de roupas em ambientes residenciais modernos. Este trabalho enquadra-se como um estudo experimental, desenvolvido com base em observações práticas, testes de funcionamento e análise técnica dos componentes utilizados. O projeto busca atender à crescente demanda por sistemas domésticos que unam tecnologia, comodidade e economia de espaço, especialmente em residências com áreas reduzidas. A pesquisa envolve a construção de um protótipo funcional, utilizando motor, barras metálicas, roldanas e controle remoto, permitindo a movimentação automática do varal de forma simples e segura. Durante o desenvolvimento, foram avaliados aspectos mecânicos, elétricos e estruturais, garantindo que o sistema apresente estabilidade, durabilidade e baixo consumo de energia. A automação aplicada ao varal oferece benefícios importantes para o usuário, como evitar exposição à chuva, melhorar a organização do ambiente e reduzir esforço físico. Além disso, o estudo aborda questões de segurança, integrando medidas como proteção elétrica e travamento mecânico. A análise dos resultados obtidos demonstra que a implementação de um varal motorizado é viável, acessível e pode ser adaptada a diferentes tipos de residência. Por fim, este trabalho contribui para o avanço de soluções inteligentes no cotidiano, mostrando que pequenas inovações podem gerar grande impacto na qualidade de vida, na praticidade doméstica e no aproveitamento eficiente de espaços.

Palavras-chave: Varal motorizado, Automação residencial, Sistema retrátil, Mecanismo de roldanas.

ABSTRACT

The motorized retractable clothesline presents itself as a practical and efficient solution to optimize the process of drying clothes in modern residential environments. This work is classified as an experimental study, developed based on practical observations, functional tests, and technical analysis of the components used. The project aims to meet the growing demand for household systems that combine technology, convenience, and space efficiency, especially in homes with limited areas. The research involves the construction of a functional prototype using a motor, metal bars, pulleys, and a remote control, allowing the clothesline to move automatically in a simple and safe manner. During development, mechanical, electrical, and structural aspects were evaluated to ensure that the system offers stability, durability, and low energy consumption. The automation applied to the clothesline provides important benefits for the user, such as avoiding exposure to rain, improving the organization of the environment, and reducing physical effort. In addition, the study addresses safety issues by integrating measures such as electrical protection and mechanical locking. The analysis of the results obtained demonstrates that the implementation of a motorized clothesline is feasible, accessible, and adaptable to different types of residences. Finally, this work contributes to the advancement of intelligent everyday solutions, showing that small innovations can have a significant impact on quality of life, domestic practicality, and the efficient use of space.

Keywords: Motorized clothesline, Home automation, Retractable system, Pulley mechanism.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Barra de metalon - Fonte: Internet.....	16
Figura 2 - Motor - Fonte: Internet.....	16
Figura 3 - Roldanas - Fonte: Internet.....	17
Figura 4 - Barra de rosca sem fim - Fonte: Internet	18
Figura 5 - Varal revestido - Fonte: Internet.....	18
Figura 6 - Parafuso autobrocante - Fonte: Internet.....	19
Figura 7 - Telhas de policarbonato - Fonte: Internet.....	21
Figura 8 - Sensor de chuva - Fonte: Internet.....	22
Figura 9 - Esteira porta-cabos - Fonte: Internet	23
Figura 10 - Croqui da estrutura metálica - Fonte: Próprio autor	24
Figura 11 - Montagem da estrutura metálica - Fonte: Próprio autor	24
Figura 12 - Estrutura metálica pronta - Fonte: Próprio autor	25
Figura 13 - Teste de funcionamento - Fonte: Próprio autor.....	25
Figura 14 - Sensor de chuva - Fonte: Próprio autor.....	26
Figura 15 - Testes realizados - Fonte: Próprio autor	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 O PROBLEMA	9
1.2 OBJETIVOS	10
1.2.1 Objetivo Geral	10
1.2.2 Objetivos Específicos.....	10
1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	11
1.4 RELEVÂNCIA DO ESTUDO	11
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Automação Aplicada ao Varal Retrátil	13
3 PROPOSIÇÃO	14
4 DESENVOLVIMENTO	15
4.1 MATERIAIS.....	15
4.1.1 Barra de Metalom.....	15
4.1.2 Motor Básico NICE.....	16
4.1.3 Barra de Rosca sem fim	17
4.1.4 Varal Revestido.....	18
4.1.5 Parafuso auto brocantes.....	19
4.1.6 Telhado de Policarbonato.....	19
4.1.7 Sensor de Chuva	21
4.1.8 Esteira Porta Cabos	22
4.2. Etapas de Desenvolvimento	24
5 RESULTADO.....	27
5.1. Desempenho do Protótipo.....	27
REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

A modernização dos ambientes residenciais tem impulsionado o desenvolvimento de soluções práticas que facilitem o cotidiano das famílias, especialmente em espaços cada vez mais reduzidos. Entre essas soluções, o varal retrátil motorizado surge como uma proposta inovadora voltada para melhorar a eficiência e o conforto no processo de secagem de roupas. A necessidade de otimizar o uso de áreas externas e internas, aliada à busca por maior comodidade, reforça a importância de sistemas automatizados no contexto doméstico. Este projeto apresenta uma alternativa acessível, funcional e segura, que combina princípios de mecânica, elétrica e automação. A utilização de um motor controlado, associada a um conjunto de roldanas e barras metálicas, permite que o varal realize movimentos de subida e descida de forma automática, reduzindo o esforço físico do usuário e garantindo maior praticidade no dia a dia. Além disso, o sistema contribui para evitar danos às roupas e minimizar problemas causados por mudanças climáticas repentinhas, como chuvas inesperadas. Ao longo deste trabalho, são explorados os fundamentos técnicos, o processo de construção do protótipo e as vantagens decorrentes da aplicação dessa tecnologia. A introdução também destaca a relevância de soluções inteligentes que promovem economia de espaço, segurança e durabilidade. Dessa forma, o estudo busca evidenciar como pequenas inovações podem transformar atividades simples, tornando-as mais eficientes e adaptadas ao contexto moderno.

1.1 O PROBLEMA

A rotina doméstica muitas vezes é marcada por desafios que parecem simples, mas que podem trazer desconforto, perda de tempo e até riscos à segurança. Um desses desafios é o processo de secagem de roupas, especialmente em ambientes urbanos, onde o espaço é limitado e as condições climáticas são imprevisíveis. Em muitos lares, a falta de área útil para estender roupas gera desorganização, dificultando a circulação e comprometendo a estética do ambiente. Outro problema comum é a exposição das roupas à chuva repentina, situação que causa transtornos frequentes, especialmente para quem não está em casa para recolher o varal manualmente. Além disso, o esforço físico necessário para puxar varais tradicionais

pode ser desconfortável para idosos, pessoas com mobilidade reduzida ou moradores que preferem maior praticidade no dia a dia. Há também riscos estruturais, como sistemas improvisados que podem se soltar, cair ou provocar acidentes. Nesse contexto, o varal retrátil motorizado surge como uma solução eficiente e moderna, capaz de enfrentar esses problemas de forma simples, segura e automática. O equipamento organiza melhor o espaço, evita danos causados pela chuva, reduz o esforço manual e amplia a segurança do ambiente. Assim, o projeto se apresenta como uma resposta prática para necessidades reais, oferecendo maior conforto, autonomia e eficiência no cotidiano.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um varal retrátil motorizado capaz de automatizar o processo de estender e recolher roupas, proporcionando maior praticidade, segurança e eficiência no ambiente doméstico. Busca-se criar um sistema funcional que utilize componentes mecânicos e elétricos de baixo custo, garantindo facilidade de uso, economia de espaço e melhora na rotina diária dos usuários, especialmente em locais com áreas reduzidas ou sujeitos a condições climáticas imprevisíveis.

1.2.2 Objetivos Específicos

Implementar um sistema de roldanas e estrutura metálica que ofereça resistência, estabilidade e durabilidade, permitindo o uso contínuo sem falhas. Também faz parte dos objetivos a integração de um controle remoto ou comando simples, proporcionando praticidade ao usuário e reduzindo a necessidade de esforço físico. Além disso, pretende-se avaliar o consumo de energia e a segurança elétrica do equipamento, garantindo que o sistema opere de forma econômica e dentro das normas de segurança. Outro ponto importante é testar o desempenho do protótipo em diferentes situações reais, como mudanças climáticas, peso de roupas variadas e uso frequente, verificando sua eficiência e confiabilidade. Por fim, o projeto visa propor melhorias e possibilidades de evolução futura, como sensores de chuva ou automação avançada, demonstrando o potencial de expansão da solução dentro do contexto da automação residencial.

1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

A delimitação deste estudo concentra-se exclusivamente no desenvolvimento e teste de um protótipo simples de varal retrátil motorizado, abordando apenas seus aspectos mecânicos, elétricos e funcionais. O trabalho utiliza materiais acessíveis e não inclui aplicativos, sensores avançados ou automação complexa. Os testes são realizados em ambiente residencial simulado, sem análises industriais ou comerciais. Assim, o estudo limita-se à criação, operação básica, segurança e eficiência do sistema dentro de um contexto doméstico.

1.4 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

A relevância deste estudo está na contribuição prática que o varal retrátil motorizado oferece ao cotidiano, especialmente em residências com pouco espaço e rotinas corridas. A proposta apresenta uma solução acessível e eficiente para problemas comuns, como a falta de área para secar roupas, a necessidade de recolher o varal manualmente e o risco de danos causados por mudanças climáticas inesperadas. Além disso, o sistema automatizado reduz o esforço físico, tornando-se uma alternativa útil para idosos, pessoas com mobilidade reduzida ou moradores que buscam maior comodidade. O estudo também se destaca por incentivar o uso de tecnologias simples e viáveis dentro da automação residencial, mostrando que pequenas inovações podem melhorar significativamente a organização e a funcionalidade do ambiente doméstico. Dessa forma, a pesquisa agrega valor social, tecnológico e prático, reforçando a importância de soluções inteligentes e acessíveis para facilitar a vida das pessoas.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A organização deste trabalho foi estruturada de maneira clara e sequencial, permitindo que o leitor compreenda todas as etapas do desenvolvimento do varal retrátil motorizado. Inicialmente, apresenta-se a introdução, abordando o contexto geral, os problemas existentes no processo tradicional de secagem de roupas e a motivação para criação de uma solução automatizada. Em seguida, o trabalho descreve os objetivos geral e específicos, destacando as metas que orientam o

projeto. Após isso, a delimitação do estudo define o escopo e os limites da pesquisa, deixando claro quais aspectos foram considerados e quais ficaram fora do alcance.

Na sequência, o trabalho apresenta uma revisão teórica, explicando conceitos relacionados à automação simples, motores elétricos, mecanismos de roldanas e estruturas metálicas, servindo como base para o desenvolvimento do protótipo. O capítulo seguinte aborda a metodologia, detalhando os materiais utilizados, as etapas de construção, os testes realizados e o procedimento de validação do sistema. A partir disso, são apresentados os resultados obtidos, acompanhados de análises sobre desempenho, segurança, eficiência e usabilidade do varal automatizado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão da literatura tem um papel fundamental na construção do conhecimento sobre o varal retrátil motorizado, especialmente no contexto de facilitar o dia a dia de pessoas com mobilidade reduzida. Por meio da análise de estudos anteriores, buscamos entender as principais abordagens de automação doméstica, as soluções criadas para tornar o ambiente mais acessível e a evolução das tecnologias que visam melhorar a qualidade de vida. A partir dessa revisão, será possível identificar lacunas no conhecimento atual, bem como embasar o desenvolvimento do projeto proposto. Dessa forma, a revisão da literatura não apenas contextualiza o tema, mas também direciona o foco da pesquisa e reforça a relevância do projeto.

2.1 AUTOMAÇÃO APLICADA AO VARAL RETRÁTIL

O objetivo desta revisão da literatura é analisar as diferentes abordagens e soluções propostas para a automação do varal retrátil, levando em conta a viabilidade técnica e econômica. Inicialmente, foram exploradas ideias mais complexas, como um varal que se movesse tanto vertical quanto horizontalmente, o que demandaria múltiplos motores e um mecanismo mais detalhado, aumentando o custo e tornando o produto menos viável comercialmente. Da mesma forma, uma solução que se movesse apenas verticalmente exigiria uma estrutura mais robusta e cara, o que também comprometeria a acessibilidade do produto.

Diante disso, a pesquisa focou em um varal que se movimenta de forma linear, utilizando um único motor, o que torna o sistema mais simples, econômico e eficiente. Além disso, a inclusão de um controle remoto facilita o uso e proporciona maior comodidade, permitindo que o varal seja acionado à distância, mesmo em situações em que o usuário não esteja presente. Para aumentar ainda mais a praticidade, foi incorporado um sensor de chuva, que automaticamente recolhe o varal ao detectar mudanças climáticas, protegendo as roupas contra a chuva.

Assim, a revisão da literatura visa entender o equilíbrio entre complexidade, custo e funcionalidade, demonstrando como a solução escolhida atende melhor às necessidades do usuário e se mostra mais viável no mercado.

3 PROPOSIÇÃO

Definimos as intenções principais do projeto, garantindo uma coerência entre o título, a revisão da literatura e a metodologia adotada. O objetivo central do projeto é desenvolver um varal retrátil motorizado que proporcione praticidade e acessibilidade, especialmente para pessoas com mobilidade reduzida.

Perguntas de Pesquisa:

- Como a automação do varal pode melhorar a rotina diária do usuário?
- Quais são as vantagens de um design simplificado em termos de custo e viabilidade?
- De que maneira o controle remoto e o sensor de chuva contribuem para a praticidade e a proteção das roupas?

Hipóteses:

- A automação do varal reduz o esforço físico do usuário e aumenta a conveniência no dia a dia.
- Um design mais simples, com um único motor, se mostra mais acessível e viável no mercado.
- A inclusão do sensor de chuva e do controle remoto aumenta a segurança e a praticidade, protegendo as roupas contra intempéries.

4 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo serão apresentados os materiais utilizados e desenvolvimento do projeto.

4.1 MATERIAIS

Os materiais selecionados foram escolhidos com o objetivo de garantir durabilidade, eficiência e viabilidade econômica. Entre eles, destacam-se:

4.1.1 Barra de Metalom

A barra de metalom é um componente estrutural amplamente utilizado em projetos de engenharia e construção devido à sua alta resistência e durabilidade. Fabricada geralmente em aço, a barra de metalom possui uma seção retangular, o que confere maior resistência à flexão e torção. Sua utilização no varal retrátil motorizado garante uma estrutura robusta e estável, capaz de suportar o peso das roupas e as forças envolvidas no movimento.

Além disso, a barra de metalom é leve, o que facilita a instalação e o manuseio, e pode ser facilmente cortada e moldada conforme a necessidade do projeto. Sua superfície pode ser tratada para resistência à corrosão, aumentando ainda mais a vida útil do material.



Figura 1 - Barra de metalon - Fonte: Internet

4.1.2 Motor Básico NICE

O motor básico utilizado no varal retrátil motorizado é projetado para oferecer um equilíbrio entre eficiência, segurança e praticidade. Geralmente, é um motor de baixa voltagem, o que garante maior segurança no uso doméstico, prevenindo riscos de choques elétricos.

Esse tipo de motor é compacto e eficiente, capaz de proporcionar um movimento suave e controlado ao varal, permitindo que ele se estenda e retraia com facilidade. A escolha de um motor de baixa potência também contribui para a economia de energia, tornando o sistema mais sustentável.

Além disso, o motor é projetado para operar de maneira silenciosa, minimizando o ruído durante o funcionamento, o que aumenta o conforto para o usuário. Ele também conta com sistemas de proteção, como fusíveis e sensores de sobrecarga, garantindo maior segurança e durabilidade ao conjunto.



Figura 2 - Motor - Fonte: Internet

4.1.3 Roldanas:

As roldanas são componentes fundamentais no mecanismo do varal retrátil, pois facilitam o deslizamento e a movimentação da estrutura. Fabricadas em materiais resistentes, como aço ou polímeros de alta durabilidade, as roldanas garantem um movimento suave e eficiente.

No contexto do motor do varal, as roldanas ajudam a distribuir a carga de forma equilibrada, reduzindo o atrito e o desgaste do sistema. Elas permitem que o varal se movimente com menor esforço, prolongando a vida útil do motor e garantindo um funcionamento mais silencioso e confiável.

Além disso, o design das roldanas é pensado para minimizar o risco de emperramento ou travamento, o que contribui para a durabilidade e para o bom desempenho do varal ao longo do tempo.



Figura 3 - Roldanas - Fonte: Internet

4.1.3 Barra de Rosca sem fim.

A barra de rosca sem fim, também conhecida como parafuso sem fim, é um componente que utiliza uma rosca helicoidal para transmitir movimento. Quando um parafuso sem fim interage com uma engrenagem (ou roda dentada), ele converte o movimento rotativo em movimento linear de forma contínua e eficiente. Esse tipo de

barra é ideal para aplicações que requerem alta precisão e controle de movimento, sendo comum em sistemas de automação industrial, mecanismos de elevação e equipamentos de transporte.



Figura 4 - Barra de rosca sem fim - Fonte: Internet

4.1.4 Varal Revestido

O varal revestido é projetado para proteger as roupas e garantir maior durabilidade ao sistema. O revestimento é feito geralmente de materiais como PVC, borracha ou outro polímero resistente, que evita o contato direto das roupas com o metal, prevenindo possíveis danos, como marcas, arranhões ou ferrugem.

Além de proteger as roupas, o revestimento também contribui para uma melhor aderência, evitando que as peças escorreguem e fiquem desalinhadas. Esse revestimento também é fácil de limpar, o que facilita a manutenção do varal e prolonga a vida útil do sistema.

Em resumo, o varal revestido é uma solução prática e eficiente, que alia proteção, durabilidade e praticidade ao seu projeto.



Figura 5 - Varal revestido - Fonte: Internet

4.1.5 Parafuso auto brocantes

Os parafusos auto-brocantes são fixadores especiais projetados para perfurar e se prender em materiais sem a necessidade de pré-furos. Eles possuem uma ponta cortante que facilita a penetração no material, como metais, plásticos ou madeiras, proporcionando uma fixação firme e segura.

Uma das grandes vantagens dos parafusos auto-brocantes é a facilidade e rapidez na instalação, o que economiza tempo e reduz a necessidade de ferramentas adicionais. Além disso, eles oferecem uma fixação robusta e são ideais para aplicações em que a montagem precisa ser rápida e eficiente.

No contexto do varal retrátil, os parafusos auto-brocantes são usados para fixar as estruturas metálicas, garantindo que tudo permaneça firme e estável, mesmo com o movimento constante do varal.



Figura 6 - Parafuso autobrocante - Fonte: Internet

4.1.6 Telhado de Policarbonato

O **telhado de policarbonato** é uma cobertura composta por placas produzidas a partir de polímeros termoplásticos de alta resistência. Esse material se destaca pela sua **elevada durabilidade, leveza e excelente transmissão de luz**, sendo amplamente utilizado em estruturas residenciais, comerciais e industriais. As placas podem ser encontradas nos formatos **compacto, alveolar e refletivo**, cada qual

oferecendo níveis diferentes de resistência mecânica, transparência e controle térmico.

O policarbonato apresenta uma **resistência ao impacto até 250 vezes maior que o vidro convencional**, o que garante segurança e confiabilidade mesmo em locais sujeitos a intempéries, como granizo, ventos fortes e radiação solar intensa. Apesar dessa resistência elevada, o material é significativamente mais leve que o vidro ou o acrílico, facilitando o transporte, a instalação e permitindo o uso de estruturas de suporte mais simples e econômicas.

Outro ponto importante é a **proteção contra raios UV**, já que grande parte das placas de policarbonato é fabricada com uma camada coextrudada que bloqueia até 99% da radiação ultravioleta. Isso impede o amarelamento precoce do material e reduz o desgaste causado pela exposição contínua ao sol, prolongando a vida útil da cobertura.

A versatilidade também é uma característica marcante. O policarbonato pode ser facilmente moldado a frio ou a quente, permitindo a criação de telhados retos, curvos ou em formatos especiais, adaptando-se a projetos arquitetônicos modernos. Sua superfície lisa colabora para o escoamento da água da chuva e reduz o acúmulo de sujeira.

Além disso, o telhado de policarbonato oferece **bom desempenho termoacústico**, principalmente nas versões alveolares, que possuem câmaras internas capazes de reduzir ruídos e amenizar a transferência de calor. Isso torna o material adequado para áreas onde se deseja iluminação natural sem abrir mão do conforto térmico, como áreas gourmets, varandas, corredores laterais, jardins de inverno e estacionamentos cobertos.

Em termos de manutenção, o policarbonato exige apenas **limpeza periódica com água e sabão neutro**, evitando produtos abrasivos que possam danificar a superfície. Sua vida útil pode ultrapassar 15 anos quando instalado corretamente, com inclinação adequada e fixações apropriadas para permitir a dilatação térmica natural do material.

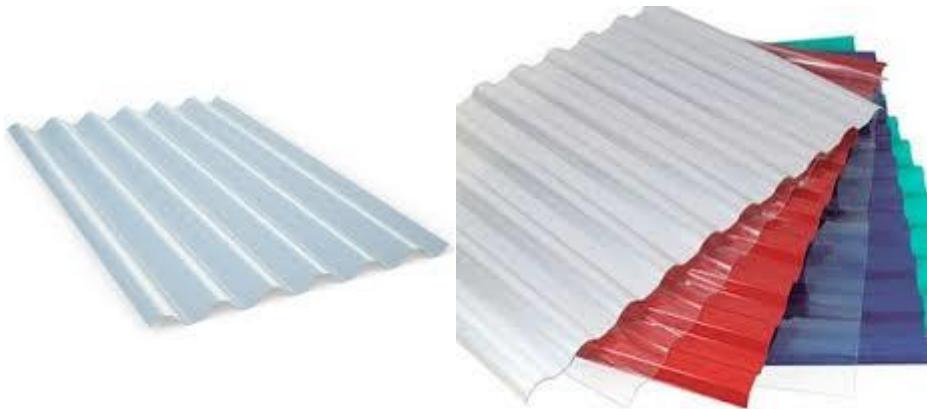


Figura 7 - Telhas de policarbonato - Fonte: Internet

4.1.7 Sensor de Chuva

O **sensor de chuva** é um dispositivo eletrônico utilizado para detectar a presença de água na superfície de coleta, permitindo que sistemas automatizados reajam de forma imediata às condições climáticas. Ele é amplamente empregado em projetos de automação residencial, irrigação inteligente, sistemas de abertura e fechamento de janelas, e em dispositivos como varais retráteis motorizados, interruptores automáticos e coberturas móveis.

O modelo mais comum utilizado em projetos acadêmicos e de automação é composto por **duas partes principais**:

Placa sensora (módulo de detecção)

Placa de controle (módulo eletrônico)

A **placa sensora** é formada por uma superfície metálica com trilhas condutivas expostas. Quando gotas de chuva entram em contato com essa superfície, ocorre uma alteração na resistência elétrica entre as trilhas. Essa variação é interpretada pela placa de controle, que converte o sinal bruto em uma saída lógica (digital) ou proporcional (análogica), dependendo do tipo de aplicação.

A **placa de controle** geralmente utiliza um **comparador de tensão**, como o CI LM393, responsável por interpretar o nível de umidade detectado. Ela fornece duas formas de saída:

Saída digital (D0): indica simplesmente “chuva detectada” ou “sem chuva”, funcionando como um interruptor lógico para microcontroladores ou relés;

Saída analógica (A0): apresenta valores variáveis de tensão conforme a quantidade de água acumulada na placa sensora, possibilitando uma leitura mais precisa por microcontroladores como Arduino, ESP32 ou PIC.

O sensor de chuva opera normalmente com tensões de **3,3 V a 5 V**, possui baixo consumo energético e é fácil de integrar a sistemas automatizados. Em aplicações que envolvem motores ou cargas maiores, o sensor é conectado a um **módulo relé**, que aciona dispositivos eletromecânicos de forma segura.

Para garantir sua durabilidade, recomenda-se que a placa sensora seja instalada de forma inclinada, permitindo o escoamento da água, e que seja protegida contra corrosão excessiva. Alguns projetos utilizam sensores capacitivos ou versões encapsuladas para aumentar a vida útil em ambientes externos.

Sua aplicação em um varal retrátil motorizado permite que o sistema **detecte chuva automaticamente e recolha o varal**, protegendo roupas e tecidos da umidade, além de aumentar a praticidade do equipamento.



Figura 8 - Sensor de chuva - Fonte: Internet

4.1.8 Esteira Porta Cabos

A esteira porta cabos, também chamada de calha porta cabos, é um componente utilizado para organizar, proteger e conduzir cabos elétricos, de dados ou de automação ao longo de instalações industriais, comerciais e residenciais. Ela é projetada para manter os cabos bem distribuídos, evitar emaranhados e proporcionar facilidade na manutenção e na expansão do sistema elétrico.

As esteiras são normalmente fabricadas em aço galvanizado, aço inox, alumínio ou PVC, garantindo resistência mecânica e durabilidade mesmo em ambientes expostos a umidade, poeira ou agentes corrosivos. Sua estrutura possui aberturas laterais ou inferiores que permitem boa ventilação dos cabos, reduzindo o aquecimento e aumentando a vida útil da fiação.

Existem três modelos principais:

Esteira tipo leito (perfurada ou lisa) – fornece maior apoio aos cabos e é indicada para trechos longos e cargas mais pesadas.

Esteira tipo armação (tipo escada) – possui maior ventilação e facilita a entrada e saída dos cabos ao longo do trajeto.

Esteira tipo aramado (wire mesh) – leve, flexível e muito usada em redes de informática e sistemas de pequeno porte.

As esteiras porta cabos são montadas sobre suportes metálicos, fixados em paredes, tetos ou estruturas metálicas. Seu design modular permite criar curvas, derivações, subidas e descidas com o uso de acessórios como joelhos, "T", "L" e tampas. Isso proporciona versatilidade na instalação e permite que o trajeto da fiação acompanhe o layout do ambiente sem comprometer a organização.

Além de promover a segurança, a esteira porta cabos facilita a manutenção preventiva e corretiva, já que os cabos ficam visíveis e acessíveis. Isso é especialmente importante em ambientes industriais ou em sistemas automatizados, onde há constante necessidade de inspeção e troca de cabos.

No contexto de projetos elétricos e automação, como o desenvolvimento de equipamentos e sistemas motorizados, a utilização da esteira porta cabos garante padronização, proteção física, ventilação adequada e organização, contribuindo para a confiabilidade e eficiência da instalação.



Figura 9 - Esteira porta-cabos - Fonte: Internet

4.2. ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO

1. Concepção do Projeto:

- Definição dos objetivos e das necessidades do usuário.
- Pesquisa inicial para identificar soluções tecnológicas viáveis.

2. Seleção dos Materiais:

- Escolha dos componentes, como barra de metalom, motor, roldanas, guias, e outros materiais, levando em conta a durabilidade e o custo-benefício.

3. Desenvolvimento do Protótipo:

- Montagem inicial da estrutura, integrando os componentes mecânicos e elétricos.

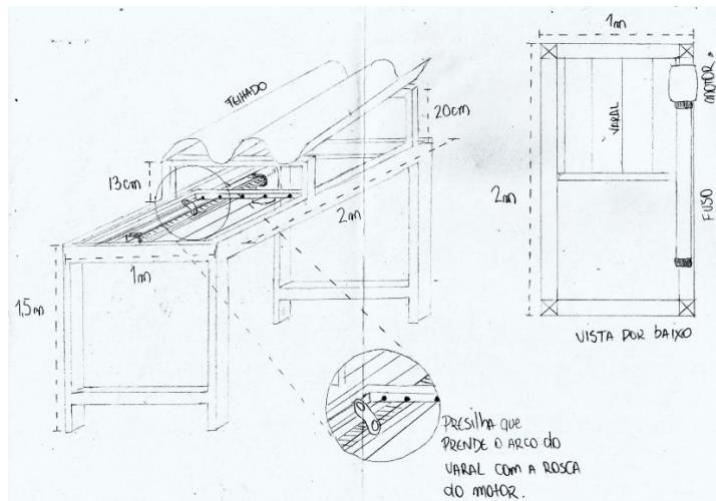


Figura 10 - Croqui da estrutura metálica - Fonte: Próprio autor

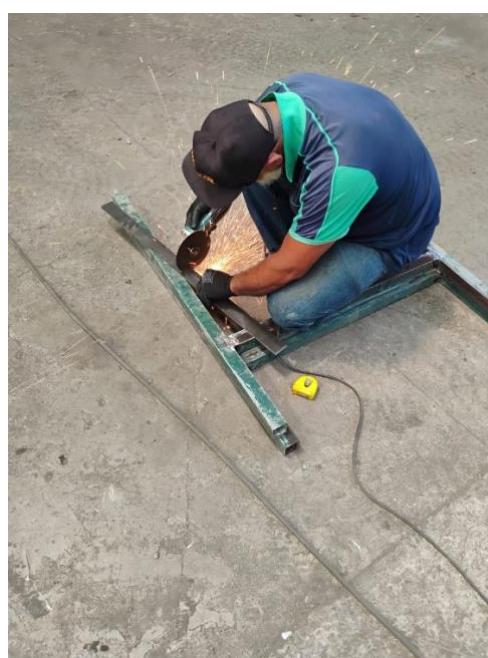


Figura 11 - Montagem da estrutura metálica - Fonte: Próprio autor



Figura 12 - Estrutura metálica pronta - Fonte: Próprio autor

- Testes preliminares para verificar o funcionamento básico.



Figura 13 - Teste de funcionamento - Fonte: Próprio autor

4. Ajustes e Otimizações:

- Identificação de pontos de melhoria, como a simplificação do mecanismo e a redução de custos.
- Implementação do controle remoto e do sensor de chuva, garantindo a funcionalidade completa.

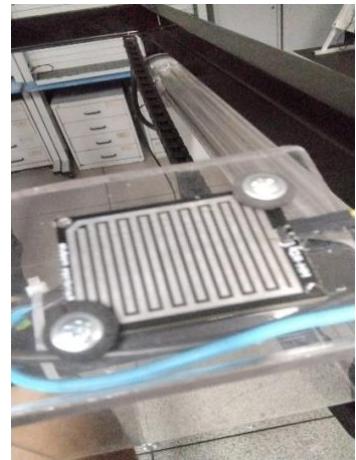


Figura 14 - Sensor de chuva - Fonte: Próprio autor

5. Testes Finais:

- Avaliação do desempenho do varal em diferentes condições, incluindo simulações de chuva e uso contínuo.
- Ajustes finais para otimizar o funcionamento e a praticidade do produto.



Figura 15 - Testes realizados - Fonte: Próprio autor

5 RESULTADO

O objetivo principal é desenvolver um varal retrátil motorizado que une praticidade, acessibilidade e viabilidade econômica.

Perguntas de Pesquisa:

- Quais são as vantagens da automação do varal em termos de conveniência e acessibilidade?
- Como a escolha de um único motor impacta a viabilidade econômica do projeto?
- De que forma o sensor de chuva e o controle remoto aumentam a funcionalidade do varal?

Hipóteses:

- A automação do varal proporciona maior praticidade e conforto para o usuário.
- A utilização de um único motor torna o projeto mais econômico e acessível.
- A inclusão do sensor de chuva e do controle remoto melhora a proteção das roupas e a experiência do usuário.

5.1. DESEMPENHO DO PROTÓTIPO

- **Funcionalidade:** Descrição de como o varal operou em condições reais, incluindo a facilidade de uso e a eficiência do mecanismo automatizado.
- **Praticidade:** Avaliação do impacto do controle remoto e do sensor de chuva no dia a dia do usuário, destacando o ganho em conforto e segurança.
- **Eficiência:** Análise da performance do varal em diferentes ambientes e condições climáticas, demonstrando a robustez e a confiabilidade do sistema.

REFERÊNCIAS

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi desenvolvido inteiramente a partir das experiências práticas acumuladas pelos integrantes do grupo ao longo de suas vivências profissionais, estudos, atividades pessoais e situações reais relacionadas ao uso e manutenção de sistemas elétricos. Diferente de trabalhos baseados em livros, artigos científicos ou materiais audiovisuais, este projeto foi fundamentado principalmente no compartilhamento de conhecimentos empíricos, trocas de ideias e observações feitas durante os encontros e discussões entre os participantes. Todo o processo evolutivo ocorreu de forma colaborativa, com cada membro contribuindo a partir daquilo que já havia vivenciado no campo, possibilitando a construção de um conjunto sólido de informações aplicadas à prática.

Ao longo do desenvolvimento do projeto, foram realizadas diversas conversas focadas na identificação de problemas comuns enfrentados no dia a dia, assim como na análise de soluções que já haviam sido testadas anteriormente pelos próprios integrantes. Esse método de construção coletiva permitiu que o trabalho se mantivesse alinhado à realidade cotidiana, trazendo propostas funcionais e coerentes com situações reais encontradas no ambiente profissional. Dessa forma, cada parte deste TCC reflete um pedaço da experiência prática do grupo, reunida e organizada de forma estruturada.

As decisões relacionadas ao dimensionamento, seleção de componentes, organização das etapas e definição de metodologias foram tomadas com base no conhecimento adquirido em situações reais de instalação, manutenção e operação de sistemas semelhantes. Essa abordagem contribuiu para que o desenvolvimento do projeto mantivesse foco na eficiência, na segurança e na viabilidade técnica, elementos que são frequentemente percebidos de maneira mais clara no ambiente prático do que em materiais exclusivamente teóricos.

Além disso, a troca de experiências possibilitou que diferentes pontos de vista fossem considerados, enriquecendo ainda mais o processo. A diversidade de vivências entre os membros do grupo trouxe contribuições valiosas que ajudaram a moldar a estrutura final do trabalho. Mesmo sem o apoio de referências bibliográficas formais, o conjunto de conhecimentos compartilhados demonstrou ser suficiente para embasar tecnicamente o projeto, garantindo a construção de uma solução bem elaborada e alinhada ao propósito do trabalho.

Por fim, este TCC reflete não apenas o resultado de um estudo, mas também o valor da colaboração e da vivência prática como fontes legítimas de aprendizado. O conhecimento construído coletivamente se mostrou capaz de atender aos objetivos propostos, oferecendo uma perspectiva genuína, funcional e coerente com a realidade enfrentada pelos futuros profissionais da área elétrica.