www.revistaft.com.br

RevistaFT | ISSN 1678-0817 | v.30, n. 164, 2026 | DOI: 10.69849/sym60495

Desenvolvimento e implementação de um sistema automatizado de varal inteligente utilizando arduino para aplicações em automação residencial

Development and implementation of an automated smart clothesline system using arduino for home automation applications

Wanderson de Oliveira Matias[1]

Eduardo Mendonça Trindade[2]

Pedro Henrique Magalhães do Nascimento[3]

Germano Luiz Cardoso[4]

Resumo

A automação residencial possibilita o desenvolvimento de soluções tecnológicas destinadas a facilitar atividades cotidianas por meio da integração entre sensores, sistemas de controle e atuadores. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo desenvolver e implementar um sistema automatizado de varal inteligente utilizando Arduino Uno, capaz de recolher e estender sua estrutura conforme condições ambientais identificadas por sensores. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, fundamentada em levantamento bibliográfico e associada ao desenvolvimento e à experimentação de um protótipo, com abordagem predominantemente qualitativa. O sistema foi composto por Arduino Uno, Sensor Shield V5.0, sensor de chuva, módulo sensor de luminosidade LDR, buzzer ativo e servomotor. A programação estabelece o recolhimento do varal quando é identificada chuva ou baixa luminosidade e sua abertura quando as condições definidas no código são atendidas. Os resultados relatados indicam que o protótipo respondeu às alterações ambientais simuladas, demonstrando a integração funcional entre sensores, processamento eletrônico e acionamento mecânico. Entretanto, foram identificadas limitações relacionadas à

[1] Faculdade de Tecnologia de São Vicente – FATEF – São Vicente – São Paulo - Brasil
[2] Faculdade de Tecnologia de São Vicente – FATEF – São Vicente – São Paulo - Brasil
[3] Faculdade de Tecnologia de São Vicente – FATEF – São Vicente – São Paulo - Brasil
[4] Faculdade de Tecnologia de São Vicente – FATEF – São Vicente – São Paulo - Brasil

capacidade do servomotor, à necessidade de calibração dos sensores e à ausência de indicadores quantitativos de desempenho. Conclui-se que o projeto demonstrou a viabilidade funcional inicial da automação de um varal em escala experimental, constituindo uma base para aperfeiçoamentos mecânicos, eletrônicos e de controle, necessários à avaliação de sua aplicação residencial.

Palavras-chaves: Automação residencial; Arduino Uno; Varal inteligente; Sensores ambientais; Sistemas automatizados.

Abstract

Home automation enables the development of technological solutions designed to facilitate everyday activities through the integration of sensors, control systems, and actuators. In this context, this study aims to develop and implement an automated smart clothesline system using an Arduino Uno, capable of retracting and extending its structure according to environmental conditions detected by sensors. The research is applied in nature, based on a bibliographic review and associated with the development and experimental testing of a prototype, using a predominantly qualitative approach. The system consists of an Arduino Uno, a Sensor Shield V5.0, a rain sensor, an LDR light sensor module, an active buzzer, and a servo motor. The programmed logic retracts the clothesline when rain or low light levels are detected and extends it when the conditions defined in the code are met. The reported results indicate that the prototype responded to simulated environmental changes, demonstrating functional integration between sensors, electronic processing, and mechanical actuation. However, limitations were identified regarding the servo motor's mechanical capacity, the need for sensor calibration, and the absence of quantitative performance indicators. It is concluded that the project demonstrated the initial functional feasibility of automating a clothesline on an experimental scale, providing a basis for mechanical, electronic, and control improvements required to assess its suitability for residential applications.

Keywords: Home automation; Arduino Uno; Smart clothesline; Environmental sensors; Automated systems.

1 Introdução

A evolução tecnológica tem promovido transformações significativas na forma como as atividades cotidianas são realizadas, especialmente no contexto da automação residencial. A incorporação de sistemas inteligentes, sensores e microcontroladores tem possibilitado o desenvolvimento de soluções capazes de otimizar tarefas domésticas, proporcionando maior conforto, eficiência e economia de tempo aos usuários (BALDWIN; CLARK, 2006).

A automação residencial, também conhecida como domótica, refere-se à aplicação de tecnologias voltadas ao controle e monitoramento de dispositivos e sistemas em ambientes domésticos, como iluminação, climatização e segurança. De acordo com Bolzani

(2004), esses sistemas têm como finalidade principal promover praticidade e eficiência no cotidiano, além de contribuir para o uso racional de recursos. Nesse cenário, plataformas de prototipagem como o Arduino têm se destacado devido à sua acessibilidade, baixo custo e versatilidade, sendo amplamente utilizadas em projetos de automação e sistemas embarcados (MONK, 2017).

Paralelamente, a expansão da Internet das Coisas (IoT) tem ampliado as possibilidades de integração entre dispositivos físicos e sistemas digitais, permitindo que equipamentos realizem ações automatizadas a partir da coleta e análise de dados do ambiente. Segundo Atzori, Iera e Morabito (2010), a IoT representa um avanço significativo na interconectividade entre objetos, promovendo maior autonomia e inteligência nos sistemas automatizados.

Dentro desse contexto, atividades domésticas aparentemente simples, como a secagem de roupas em varais convencionais, ainda dependem diretamente da intervenção humana e das condições climáticas, podendo gerar transtornos quando não há monitoramento constante, especialmente em situações de chuva inesperada. Dessa forma, evidencia-se a necessidade de soluções tecnológicas que automatizam esse processo, tornando-o mais eficiente e adaptável às variáveis ambientais.

Diante disso, este trabalho busca responder ao seguinte problema de pesquisa: como o uso de um sistema automatizado baseado em Arduino pode contribuir para a otimização de tarefas domésticas relacionadas à secagem de roupas, considerando a variação das condições climáticas?

Assim, o objetivo geral deste estudo é desenvolver e implementar um sistema automatizado de varal inteligente utilizando Arduino, capaz de recolher e estender roupas de forma automática com base em sensores ambientais.

Para alcançar esse objetivo, definem-se os seguintes objetivos específicos:

- Projetar o sistema elétrico e estrutural de um varal automatizado, considerando os componentes necessários para seu funcionamento;
- Desenvolver a programação do microcontrolador Arduino, integrando sensores e atuadores para automatização do sistema;
- Testar e analisar o desempenho do protótipo, avaliando sua eficiência e funcionalidade em diferentes condições simuladas de uso.

Dessa forma, espera-se que o desenvolvimento deste projeto contribua para a aplicação prática de conceitos de automação residencial, além de oferecer uma solução tecnológica acessível que auxilie na melhoria da qualidade de vida dos usuários.

2 Revisão da Literatura

2.1 Automação residencial e domótica

A automação residencial corresponde à aplicação de tecnologias destinadas ao controle, monitoramento e execução automatizada de atividades realizadas no ambiente doméstico. Para Bolzani (2004), a automação residencial, também denominada domótica, está relacionada à integração de recursos tecnológicos capazes de proporcionar maior praticidade, conforto, segurança e eficiência às atividades realizadas nas residências. Nesse contexto, a automação deixa de estar restrita a sistemas complexos e passa a contemplar também atividades simples do cotidiano que podem ser realizadas de maneira automática.

Segundo Muratori e Dal Bó (2013), a automação residencial envolve a integração de diferentes dispositivos, sensores, atuadores e sistemas de controle, permitindo que determinados equipamentos respondam automaticamente às condições previamente estabelecidas. Essa característica possibilita que uma ação anteriormente dependente da intervenção humana seja executada a partir da identificação de determinada variável do ambiente. No caso do presente projeto, essa lógica está relacionada à identificação da presença de chuva e da condição de luminosidade para determinar o movimento do varal.

A evolução dos sistemas de automação residencial tem sido acompanhada pelo desenvolvimento de tecnologias digitais mais acessíveis e flexíveis. Li et al. (2022), ao analisarem a produção científica sobre casas inteligentes, identificaram a automação residencial, a Internet das Coisas, o gerenciamento de energia e outras aplicações domésticas como importantes áreas de desenvolvimento desse campo. Os autores também observam que o crescimento da pesquisa sobre casas inteligentes está relacionado à expansão das tecnologias digitais e à integração entre diferentes dispositivos.

Stolojescu-Crisan, Crisan e Butunoi (2021) destacam que sistemas de automação residencial podem ser estruturados a partir da integração entre sensores, atuadores e dispositivos responsáveis pelo processamento das informações coletadas. Essa configuração permite que um sistema monitore determinadas condições e execute ações de acordo com regras previamente programadas. Essa concepção apresenta relação direta com o projeto desenvolvido neste trabalho, uma vez que o varal recebe informações provenientes dos sensores e, posteriormente, aciona o mecanismo responsável pelo seu movimento.

A automação de uma atividade doméstica não significa necessariamente a construção de um sistema de elevada complexidade tecnológica. Banzi e Shiloh (2022) demonstram que plataformas de prototipagem como o Arduino permitem desenvolver aplicações físicas interativas utilizando componentes eletrônicos relativamente simples. Essa possibilidade amplia o campo de experimentação e favorece o desenvolvimento de protótipos destinados à solução de problemas cotidianos, especialmente em contextos educacionais e de desenvolvimento tecnológico.

Nesse sentido, o varal automatizado desenvolvido neste estudo pode ser compreendido como uma aplicação de automação residencial direcionada a uma atividade cotidiana específica. O arquivo-base do trabalho estabelece como finalidade o desenvolvimento de um sistema capaz de recolher e estender as roupas automaticamente de acordo com condições ambientais identificadas por sensores. A proposta encontra respaldo na concepção de automação residencial apresentada por Bolzani (2004) e Muratori e Dal Bó (2013), pois utiliza tecnologia para reduzir a necessidade de intervenção manual em uma tarefa doméstica.

2.2 Casas inteligentes, Internet das Coisas e sistemas automatizados

A concepção de casa inteligente está associada à utilização integrada de tecnologias capazes de monitorar o ambiente, processar informações e executar determinadas ações de maneira automática. Li et al. (2022) identificaram que a literatura sobre casas inteligentes apresenta forte concentração em temas como automação residencial, Internet das Coisas, inteligência artificial e gerenciamento de recursos domésticos. Dessa forma, a casa inteligente pode ser compreendida como um ambiente no qual diferentes dispositivos tecnológicos interagem com o objetivo de ampliar as possibilidades de controle e automação.

Atzori, Iera e Morabito (2010) definem a Internet das Coisas como um paradigma relacionado à integração de objetos físicos, sensores, atuadores, sistemas de comunicação e recursos computacionais, permitindo que dispositivos interajam e compartilhem informações. Embora o protótipo apresentado neste trabalho não dependa de conexão à Internet para executar sua função básica, seus princípios de funcionamento apresentam aproximação conceitual com a IoT, especialmente pela utilização de sensores para captar informações do ambiente e de um sistema eletrônico para processá-las.

Al-Fuqaha et al. (2015) ressalta que a Internet das Coisas reúne diferentes tecnologias capazes de permitir a comunicação e a interação entre dispositivos físicos. Entre os elementos associados a esse paradigma encontram-se sensores, atuadores, protocolos de comunicação, sistemas embarcados e mecanismos de processamento. A integração desses componentes permite o desenvolvimento de soluções capazes de responder automaticamente a informações provenientes do ambiente.

Stolojescu-Crisan, Crisan e Butunoi (2021) demonstram, por meio de uma aplicação de automação residencial baseada em IoT, que sensores e atuadores podem ser organizados em uma arquitetura capaz de monitorar condições e executar ações automatizadas. Os autores também destacam a possibilidade de integração futura com dispositivos móveis e redes de comunicação, ampliando o controle do usuário sobre os equipamentos domésticos.

A aplicação desses conceitos ao varal automatizado ocorre principalmente na relação entre percepção ambiental e tomada de decisão. No protótipo desenvolvido, o sensor de chuva é utilizado para identificar a presença de água e o sensor LDR é empregado

para verificar a condição de luminosidade. O Arduino Uno recebe essas informações e, conforme as condições programadas, determina a movimentação do servo motor. Essa lógica está presente no código desenvolvido para o protótipo.

A estrutura desenvolvida, portanto, pode ser entendida como uma aplicação de automação inteligente de baixa complexidade, ainda que não disponha, em sua configuração atual, de conectividade com a Internet. Li et al. (2022) mostram que a automação residencial pode assumir diferentes configurações tecnológicas, enquanto Atzori, Iera e Morabito (2010) evidenciam que a integração entre objetos físicos, sensores e processamento constitui uma característica importante dos sistemas inteligentes. Assim, a possibilidade de futuramente incorporar Wi-Fi ou Bluetooth ao varal, prevista no próprio trabalho, ampliaria sua capacidade de comunicação e aproximaria o protótipo de uma arquitetura IoT.

2.3 Arduino e sistemas embarcados

O Arduino constitui uma plataforma de prototipagem eletrônica amplamente utilizada para o desenvolvimento de projetos que envolvem sensores, atuadores, programação e interação com o ambiente físico. Banzi e Shiloh (2022) apresentam o Arduino como uma plataforma de prototipagem que possibilita a criação de projetos eletrônicos por meio da combinação entre hardware e software, favorecendo a experimentação e o desenvolvimento de soluções interativas.

A utilização do Arduino em projetos de automação está relacionada à possibilidade de programar o comportamento do sistema de acordo com condições previamente estabelecidas. Banzi e Shiloh (2022) explicam que a plataforma permite realizar leituras de entradas, processar informações e controlar saídas, formando uma estrutura adequada para aplicações nas quais o sistema precisa responder a eventos físicos. Essa característica é fundamental para projetos nos quais sensores e atuadores precisam trabalhar de maneira integrada.

Monk (2013) também apresenta o Arduino como uma plataforma adequada para aplicações que envolvem programação, entradas e saídas digitais e analógicas e interação com componentes eletrônicos. Nesse contexto, a placa pode funcionar como elemento central de um sistema automatizado, recebendo informações dos sensores e determinando as ações dos componentes de saída conforme a lógica definida pelo programador.

Kondaveeti et al. (2021), em uma revisão sobre sistemas embarcados baseados em Arduino, destacam a utilização da plataforma em diferentes aplicações relacionadas ao desenvolvimento de sistemas eletrônicos. A revisão evidencia a presença do Arduino em projetos experimentais e educacionais, principalmente devido à possibilidade de integração entre hardware, programação e diferentes tipos de dispositivos eletrônicos.

No presente projeto, o Arduino Uno exerce a função de unidade central de processamento do sistema. O arquivo do TCC específica a utilização de uma placa Arduino

Uno associada a um Sensor Shield V5.0, sensor de chuva, módulo LDR, buzzer ativo e servo motor. Essa configuração permite que a placa receba os sinais provenientes dos sensores e acione os dispositivos de saída de acordo com a programação estabelecida.

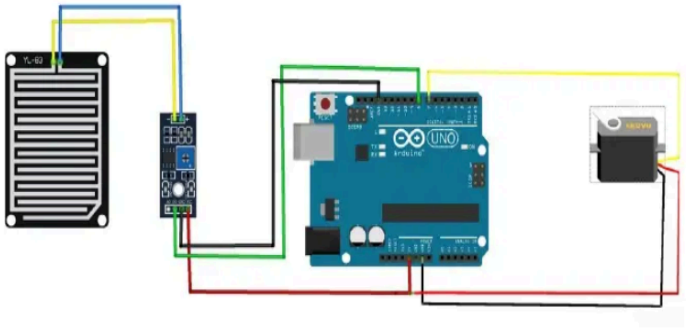
A programação desenvolvida utiliza entradas digitais para a leitura do sensor de chuva e do sensor LDR, além de uma saída destinada ao buzzer e outra para o servo motor. O código estabelece que, na ausência de chuva e diante de luminosidade adequada, o servo seja posicionado em 0°, correspondente à condição de varal aberto; diante de chuva ou escurecimento, o sistema aciona o buzzer e posiciona o servo em 90°, correspondente ao recolhimento do varal. Essa organização demonstra, na prática, a aplicação dos princípios de programação e controle apresentados por Banzi e Shiloh (2022) e Monk (2013).

Figura 1 – Arduino Uno.



Fonte – https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoUno.

Figura 2 - Conexão do Servo Motor e sensor de chuva



Fonte-https://pt.scribd.com/document/913051188/Tutorial-Varal-Automatico-com-Arduino

2.4 Sensores, atuadores e lógica de controle

Os sensores desempenham papel fundamental em sistemas automatizados porque permitem transformar determinadas condições físicas do ambiente em informações que podem ser interpretadas pelo sistema de controle. Atzori, Iera e Morabito (2010) destacam que redes de sensores e atuadores constituem elementos importantes para a construção de sistemas nos quais objetos físicos possam interagir com sistemas computacionais.

No projeto do varal inteligente, o sensor de chuva representa o elemento responsável pela identificação da ocorrência de precipitação. A utilização desse tipo de sensor permite que o sistema reconheça uma condição ambiental que pode interferir diretamente na atividade de secagem das roupas. Conforme descrito no projeto, a leitura do sensor é utilizada como uma das condições responsáveis pela decisão de recolher o varal.

O sensor LDR, por sua vez, está relacionado à identificação da condição de luminosidade do ambiente. Componentes fotossensíveis dessa natureza permitem que sistemas eletrônicos reconheçam variações na intensidade luminosa e utilizem essas informações em processos de controle. Monk (2013) apresenta a utilização de sensores e entradas eletrônicas como parte importante do desenvolvimento de projetos Arduino, possibilitando que mudanças no ambiente sejam utilizadas como condições para execução de determinadas ações.

A função dos atuadores é complementar à atuação dos sensores. Enquanto os sensores fornecem informações sobre o ambiente, os atuadores realizam uma ação física a partir da decisão tomada pelo sistema de controle. Stolojescu-Crisan, Crisan e Butunoi (2021) destacam que sistemas de automação residencial são estruturados justamente pela interação entre elementos de sensoriamento e dispositivos capazes de executar ações. No varal desenvolvido, essa função é realizada principalmente pelo servo motor.

O servo motor utilizado no protótipo recebe comandos do Arduino e modifica sua posição conforme as condições identificadas pelos sensores. O código apresentado no TCC determina uma posição de 0° para o varal aberto e 90° para o varal recolhido. Banzi e Shiloh (2022) explicam que o Arduino pode ser utilizado para controlar componentes físicos por meio de sinais programados, permitindo que informações captadas pelas entradas sejam convertidas em ações nas saídas.

Além do mecanismo de movimento, o projeto utiliza um buzzer ativo como dispositivo de sinalização. De acordo com a programação apresentada no trabalho, o buzzer é acionado em uma sequência de três sinais quando ocorre uma condição que determina o recolhimento do varal. Essa utilização demonstra que o sistema não apenas executa uma ação mecânica, mas também pode fornecer ao usuário uma informação sonora relacionada à

ocorrência do evento, característica compatível com princípios de interação homem-máquina em sistemas automatizados.

2.5 Lógica de controle aplicada ao varal inteligente

Um sistema automatizado necessita de regras de decisão capazes de relacionar as informações obtidas pelos sensores às ações que deverão ser executadas pelos atuadores. Bolton (2023) explica que sistemas de controle programáveis podem ser estruturados a partir de condições lógicas que determinam diferentes respostas conforme os sinais recebidos. Essa concepção é aplicável ao projeto do varal, no qual as condições ambientais determinam o comportamento do mecanismo.

A lógica implementada no protótipo estabelece duas condições principais de funcionamento. Quando o sensor indica ausência de chuva e o LDR identifica condição de luminosidade correspondente ao período claro, o sistema mantém o varal aberto. Quando o sensor identifica chuva ou o LDR indica escurecimento, o sistema executa a rotina de recolhimento. Essa lógica encontra-se diretamente registrada no programa desenvolvido para o Arduino.

A utilização de operadores lógicos permite que o sistema combine diferentes informações ambientais para produzir uma decisão. Bolton (2023) ressalta que a lógica condicional constitui elemento fundamental de sistemas programáveis, pois permite estabelecer respostas distintas para diferentes estados das entradas. No caso estudado, a utilização das condições “E” e “OU” permite diferenciar a situação considerada adequada para manter o varal aberto da situação que exige seu recolhimento.

A lógica também contribui para evitar que o buzzer seja acionado repetidamente enquanto a condição de recolhimento permanece presente. O código utiliza uma variável denominada alarme, que funciona como um controle para impedir a repetição imediata do aviso sonoro. Banzi e Shiloh (2022) destacam que variáveis e estruturas condicionais são recursos fundamentais da programação Arduino, permitindo controlar o comportamento de sistemas físicos a partir de estados definidos pelo programador.

A integração entre sensores, processamento lógico e atuadores permite que o protótipo opere sem a necessidade de comando manual contínuo. Stolojescu-Crisan, Crisan e Butunoi (2021) demonstram que essa integração constitui uma característica central dos sistemas automatizados residenciais, nos quais informações provenientes de sensores podem desencadear ações específicas. No varal estudado, essa relação ocorre entre a identificação das condições ambientais, o processamento realizado pelo Arduino e o acionamento do servo motor.

A lógica de controle utilizada no projeto apresenta, portanto, uma estrutura relativamente simples, porém suficiente para demonstrar o princípio de funcionamento de um sistema automatizado. O projeto não pretende substituir sistemas meteorológicos

profissionais nem realizar previsão do tempo; sua função está limitada à identificação das condições captadas pelos sensores instalados. Essa delimitação é importante para a interpretação dos resultados, pois o funcionamento do protótipo depende da capacidade e das características dos sensores empregados, conforme a própria estrutura experimental descrita no trabalho.

2.6 Automação, praticidade, sustentabilidade e gestão do tempo

A automação residencial pode contribuir para reduzir a necessidade de intervenção humana em determinadas tarefas cotidianas. Muratori e Dal Bó (2013) relacionam a automação residencial à busca por maior conforto, praticidade e eficiência nas atividades realizadas no ambiente doméstico. Dessa perspectiva, automatizar uma tarefa não significa apenas substituir uma ação manual por uma ação mecânica, mas também reorganizar a forma como o usuário interage com determinada atividade.

Cardozo e Ferreira (2023), conforme já utilizado no trabalho, relacionam a aplicação do Arduino em sistemas residenciais à possibilidade de automatizar atividades anteriormente realizadas manualmente. Essa perspectiva é diretamente aplicável ao varal inteligente, uma vez que o usuário não precisa permanecer constantemente observando as condições ambientais para decidir quando recolher a estrutura. O sistema realiza essa decisão a partir das informações obtidas pelos sensores.

A gestão do tempo constitui outro aspecto associado à automação de atividades domésticas. Stolojescu-Crisan, Crisan e Butunoi (2021) apontam que sistemas de automação residencial podem proporcionar economia de tempo e maior conveniência ao usuário ao permitir que determinadas tarefas sejam realizadas automaticamente. No caso do varal, a automatização busca reduzir a necessidade de acompanhamento constante da roupa exposta ao ambiente externo, especialmente diante de mudanças nas condições detectadas pelos sensores.

A relação entre automação e sustentabilidade também deve ser analisada com cautela. Costa et al. (2016) discutem a utilização da automação residencial associada ao consumo consciente de recursos, indicando que sistemas automatizados podem contribuir para um uso mais controlado de determinados recursos. No caso específico do varal, o objetivo principal não é produzir economia direta de energia elétrica, mas evitar situações nas quais roupas já secas sejam novamente expostas à chuva e eventualmente necessitem passar por novos procedimentos de lavagem e secagem.

Santos et al. (2020) destacam a utilização de microcontroladores, incluindo o Arduino, em diferentes aplicações de automação, evidenciando a possibilidade de desenvolver soluções tecnológicas acessíveis para atividades práticas. Essa característica é relevante para o presente projeto porque o protótipo utiliza componentes relativamente simples, Arduino Uno, sensores, buzzer e servo motor, para demonstrar um princípio de automação aplicado a uma atividade doméstica.

Dias e da Conceição (2026) também discutem a utilização do Arduino no desenvolvimento de sistemas automatizados relacionados à eficiência e à sustentabilidade. A partir dessa perspectiva, o varal inteligente pode ser compreendido como uma aplicação tecnológica que associa automação, praticidade e utilização racional de recursos, embora seja necessário evitar a afirmação de benefícios quantitativos que não tenham sido medidos experimentalmente. Assim, o presente trabalho permite discutir potencialidades do sistema sem atribuir ao protótipo índices de economia ou eficiência que não tenham sido efetivamente mensurados.

2.7 Confiabilidade, limitações e possibilidades de expansão

A confiabilidade de um sistema automatizado está relacionada à capacidade de seus componentes e de sua lógica de controle responderem adequadamente às condições para as quais foram projetados. Atzori, Iera e Morabito (2010) destacam que sistemas baseados em dispositivos conectados e sensores apresentam desafios relacionados à confiabilidade, comunicação, segurança e funcionamento integrado dos diferentes elementos. Mesmo em sistemas simples, portanto, a relação entre sensor, controlador e atuador precisa ser considerada durante o desenvolvimento.

No protótipo analisado, o funcionamento depende diretamente das informações fornecidas pelo sensor de chuva e pelo sensor LDR. Stolojescu-Crisan, Crisan e Butunoi (2021) mostram que sistemas de automação residencial dependem da qualidade das informações obtidas pelos sensores para que os dispositivos possam executar as ações previstas. Consequentemente, limitações relacionadas ao posicionamento, sensibilidade, calibração ou condições de operação dos sensores podem interferir no comportamento do sistema.

Outra limitação está relacionada ao fato de que o sistema desenvolvido não realiza previsão meteorológica. Ele apenas reage às condições detectadas pelos sensores instalados. Essa distinção é importante porque uma arquitetura de previsão climática exigiria outras fontes de dados e recursos tecnológicos. Al-Fuqaha et al. (2015) demonstram que sistemas IoT mais amplos podem integrar múltiplos dispositivos, redes de comunicação e fontes de dados, características que ultrapassam a configuração atual do protótipo.

A capacidade mecânica também constitui aspecto relevante para uma futura aplicação em escala real. O projeto atual utiliza um servo motor associado à estrutura desenvolvida para o protótipo. Conforme descrito no próprio trabalho, entre as possibilidades futuras encontram-se a utilização de motores com maior capacidade de carga e uma estrutura mecânica mais robusta. Banzi e Shiloh (2022) ressaltam que projetos de prototipagem permitem testar conceitos, mas a transformação de um protótipo em produto exige considerar aspectos adicionais relacionados ao hardware e às condições reais de utilização.

A conectividade também constitui possibilidade de expansão do sistema. Li et al. (2022) identificam a Internet das Coisas como uma das principais linhas de desenvolvimento das casas inteligentes contemporâneas. Nesse sentido, a incorporação de Wi-Fi ou Bluetooth poderia permitir o envio de informações para um smartphone, possibilitando acompanhamento remoto do estado do varal e eventual interação do usuário com o sistema.

Essa possibilidade de evolução está alinhada ao próprio documento analisado, que prevê como melhorias futuras a incorporação de Wi-Fi ou Bluetooth, sensores meteorológicos mais precisos, sensores de umidade e temperatura, motores com maior capacidade de carga e uma estrutura mecânica mais robusta. Dessa maneira, o protótipo desenvolvido pode ser compreendido como uma etapa inicial de um sistema que futuramente poderá apresentar maior capacidade de monitoramento, comunicação e controle.

2.8 Síntese da fundamentação teórica aplicada ao projeto

A fundamentação apresentada demonstra que a automação residencial constitui um campo no qual sensores, sistemas de processamento e atuadores podem ser integrados para executar tarefas domésticas de maneira automatizada. Bolzani (2004) e Muratori e Dal Bó (2013) estabelecem a relação entre automação residencial, praticidade, conforto e controle de dispositivos, enquanto Li et al. (2022) evidenciam a expansão contemporânea das pesquisas relacionadas às casas inteligentes.

A Internet das Coisas amplia essa perspectiva ao integrar objetos físicos, sensores, atuadores e recursos de comunicação. Atzori, Iera e Morabito (2010) destacam a interação entre objetos físicos e sistemas computacionais como característica fundamental da IoT, enquanto Stolojescu-Crisan, Crisan e Butunoi (2021) demonstram aplicações práticas de automação residencial baseadas na integração entre sensores e dispositivos de controle.

O Arduino apresenta-se, nesse contexto, como uma plataforma apropriada para a construção e experimentação de sistemas automatizados. Banzi e Shiloh (2022) e Monk (2013) apresentam recursos relacionados à programação e à interação com componentes eletrônicos, possibilitando compreender a utilização da placa como unidade responsável pelo processamento das informações provenientes dos sensores.

No projeto analisado, essa estrutura está materializada pela integração entre Arduino Uno, sensor de chuva, LDR, servo motor e buzzer. O documento-base registra a utilização desses componentes e descreve as etapas de levantamento bibliográfico, projeto, montagem, desenvolvimento, validação e análise dos resultados. Dessa forma, a fundamentação teórica encontra correspondência direta com os componentes e procedimentos efetivamente utilizados no protótipo.

A lógica de funcionamento do sistema também está certamente relacionada aos fundamentos apresentados. O sensor de chuva e o LDR fornecem as informações de entrada, o Arduino realiza o processamento das condições programadas e o servo motor executa a ação mecânica de abertura ou recolhimento do varal, enquanto o buzzer desempenha uma função de sinalização. Essa arquitetura corresponde ao princípio geral de integração entre sensores, processamento e atuadores discutido por Atzori, Iera e Morabito (2010) e Stolojescu-Crisan, Crisan e Butunoi (2021).

3 Metodologia

3.1 Caracterização da pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como de natureza aplicada, uma vez que busca utilizar conhecimentos científicos e tecnológicos para o desenvolvimento de uma solução prática destinada a uma situação específica, neste caso, a automatização de um varal residencial por meio da utilização de uma plataforma Arduino e de sensores ambientais. De acordo com Gil (2019), a pesquisa aplicada está direcionada à aquisição de conhecimentos com vistas à aplicação em uma situação concreta, contribuindo para a solução de problemas identificados na realidade.

Quanto aos procedimentos, o trabalho foi estruturado a partir de pesquisa bibliográfica, associada ao desenvolvimento e à experimentação de um protótipo. A pesquisa bibliográfica constitui uma etapa fundamental para a construção do embasamento teórico, pois permite ao pesquisador analisar conhecimentos já produzidos e publicados sobre determinado tema. Para Gil (2019), a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente por livros, artigos científicos e outras publicações acadêmicas. Nesse sentido, foram considerados estudos relacionados à automação residencial, sistemas embarcados, Arduino, sensores, atuadores, Internet das Coisas e sistemas automatizados.

A pesquisa bibliográfica também contribuiu para a definição dos componentes e dos princípios de funcionamento empregados no protótipo. Segundo Marconi e Lakatos (2021), a pesquisa bibliográfica possibilita ao pesquisador entrar em contato com diferentes contribuições científicas relacionadas ao assunto investigado, permitindo a construção de uma base teórica capaz de orientar o desenvolvimento da pesquisa. Dessa forma, o levantamento bibliográfico não se restringiu à fundamentação conceitual, mas serviu como suporte para as decisões relacionadas à concepção do sistema automatizado.

Além da pesquisa bibliográfica, o trabalho apresenta caráter experimental, considerando que envolve a construção de um protótipo e a realização de testes destinados à verificação de seu comportamento diante de diferentes condições ambientais simuladas. Conforme Gil (2019), a pesquisa experimental caracteriza-se pela manipulação de

determinadas condições e pela observação dos efeitos produzidos, possibilitando analisar relações entre variáveis dentro de condições previamente estabelecidas. No presente trabalho, as condições relacionadas à presença de chuva e à luminosidade são utilizadas como entradas para o sistema de controle.

Quanto à abordagem, a pesquisa apresenta caráter predominantemente qualitativo e experimental, pois, nesta etapa, busca-se verificar o funcionamento lógico e operacional do protótipo a partir da observação de suas respostas às condições estabelecidas. De acordo com Creswell e Creswell (2023), a abordagem qualitativa permite compreender fenômenos a partir de suas características, comportamentos e contextos, enquanto procedimentos quantitativos podem ser incorporados quando houver necessidade de mensuração numérica das variáveis investigadas. Assim, caso sejam obtidos dados quantitativos durante os testes, como tempo de resposta ou quantidade de acionamentos, estes poderão ser incorporados à análise dos resultados.

A pesquisa foi organizada de maneira a possibilitar a integração entre o conhecimento teórico e a aplicação prática. Nesse sentido, o desenvolvimento do sistema partiu do levantamento bibliográfico, avançou para a definição da arquitetura do protótipo, seleção dos componentes, montagem física, elaboração da programação e, posteriormente, realização dos testes de funcionamento. Essa organização está de acordo com a perspectiva de Gil (2019), segundo a qual o planejamento metodológico deve estabelecer procedimentos coerentes com os objetivos e com o problema investigado.

3.2 Etapas de desenvolvimento da pesquisa

O desenvolvimento do projeto foi organizado em etapas sequenciais, de modo a permitir a construção progressiva do sistema automatizado. As etapas foram definidas considerando os objetivos estabelecidos para o trabalho e compreenderam: levantamento bibliográfico; projeto do sistema; montagem do protótipo; desenvolvimento da programação; realização dos testes e validação; e análise dos resultados.

A divisão do desenvolvimento em etapas possibilita maior organização dos procedimentos técnicos e facilita a identificação das relações entre os fundamentos teóricos e sua aplicação no protótipo. Segundo Gil (2019), a definição dos procedimentos de pesquisa deve estar relacionada ao problema e aos objetivos estabelecidos, permitindo que as ações desenvolvidas durante a investigação sejam organizadas de forma sistemática.

3.2.1 Levantamento bibliográfico

Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico com o objetivo de identificar conceitos, fundamentos e aplicações relacionados ao desenvolvimento do sistema

proposto. Foram considerados conteúdos referentes à automação residencial, sistemas inteligentes, Arduino, sistemas embarcados, sensores, atuadores e lógica de controle.

De acordo com Marconi e Lakatos (2021), o levantamento bibliográfico constitui importante etapa da pesquisa científica, pois possibilita conhecer estudos e contribuições anteriormente produzidos sobre o objeto de investigação. Assim, essa etapa teve como finalidade fornecer suporte teórico para as decisões tomadas durante o desenvolvimento do varal automatizado.

Foram priorizadas fontes acadêmicas e técnicas relacionadas ao funcionamento dos componentes e às tecnologias utilizadas no projeto. A seleção da literatura buscou estabelecer uma relação entre os conceitos apresentados na fundamentação teórica e sua aplicação prática no sistema desenvolvido.

3.2.2 Projeto do sistema automatizado

Após o levantamento bibliográfico, foi definida a arquitetura básica do sistema automatizado. O projeto foi estruturado utilizando um Arduino Uno como unidade de controle, associado a um sensor de chuva, um sensor de luminosidade (LDR), um buzzer ativo e um servomotor.

A utilização do Arduino como plataforma de desenvolvimento está relacionada à possibilidade de integração entre sensores, atuadores e rotinas de programação em projetos de automação. Segundo Banzi e Shiloh (2022), a plataforma Arduino foi desenvolvida para facilitar a criação de projetos eletrônicos interativos, permitindo a integração entre componentes eletrônicos e programação.

A arquitetura definida permite que as informações provenientes dos sensores sejam interpretadas pelo microcontrolador e utilizadas para determinar a ação do atuador. Conforme Bolton (2023), sistemas de controle utilizam informações obtidas por meio de sensores para orientar ações de controle, estabelecendo uma relação entre as variáveis de entrada e as respostas produzidas pelo sistema.

3.2.3 Montagem do protótipo

Na etapa seguinte foi realizada a montagem física do protótipo, utilizando a estrutura mecânica do varal e os componentes eletrônicos definidos no projeto. Foram utilizados Arduino Uno, Sensor Shield V5.0, sensor de chuva, sensor LDR, buzzer ativo, servo motor, cabos/jumpers e fonte de alimentação.

A montagem buscou estabelecer a integração física entre os sensores, o sistema de controle e o mecanismo responsável pela movimentação do varal. De acordo com Monk (2013), projetos desenvolvidos com Arduino permitem a integração de entradas e saídas

eletrônicas por meio de componentes compatíveis com a plataforma, possibilitando a construção de sistemas automatizados e interativos.

O servomotor foi empregado como elemento responsável pelo acionamento mecânico do sistema, permitindo a movimentação do varal entre as posições definidas no projeto. Os sensores, por sua vez, foram utilizados para fornecer ao Arduino as informações necessárias à tomada de decisão automatizada.

3.2.4 Desenvolvimento da programação

Após a montagem dos componentes, foi desenvolvida a programação responsável pelo controle do sistema. O código foi elaborado para interpretar as informações provenientes do sensor de chuva e do sensor de luminosidade e, a partir dessas informações, determinar o acionamento do servomotor e do buzzer.

A lógica de funcionamento foi estabelecida considerando duas condições principais. Na primeira, quando não há indicação de chuva e existe luminosidade adequada, o sistema mantém o varal em posição aberta. Na segunda, quando é identificada a presença de chuva ou condição de baixa luminosidade, o sistema aciona o buzzer e movimenta o servomotor para a posição correspondente ao recolhimento do varal.

Essa estrutura corresponde a uma lógica de controle baseada em condições de entrada e respostas previamente programadas. Segundo Bolton (2023), sistemas automatizados podem utilizar sinais provenientes de sensores para determinar ações específicas dos atuadores, conforme regras estabelecidas no sistema de controle.

No programa desenvolvido, também foi utilizada uma variável de controle denominada alarme, destinada a evitar o acionamento repetitivo do sinal sonoro enquanto permanece a mesma condição de entrada. Dessa maneira, a programação procura organizar a resposta do sistema e evitar acionamentos desnecessários do buzzer.

3.2.5 Testes e validação do protótipo

Após a montagem e programação do sistema, foram estabelecidas condições de teste para verificar o comportamento do protótipo. Os testes deverão considerar diferentes combinações entre presença ou ausência de chuva e condições de luminosidade.

A utilização de testes experimentais é necessária para verificar se o comportamento observado corresponde à lógica definida durante o desenvolvimento. Conforme Gil (2019), a experimentação permite observar os efeitos decorrentes de determinadas condições previamente estabelecidas, contribuindo para a verificação das hipóteses e dos pressupostos relacionados ao funcionamento do objeto estudado.

Foram estabelecidas, inicialmente, as seguintes condições de teste:

Teste	Condição simulada	Resposta esperada
1	Sem chuva e ambiente claro	Manter/posicionar o varal aberto
2	Presença de chuva	Recolher o varal e acionar o buzzer
3	Ambiente escuro	Recolher o varal e acionar o buzzer
4	Chuva e ambiente escuro	Recolher o varal e acionar o buzzer
5	Retorno à condição sem chuva e com luminosidade	Retornar o varal à posição aberta

As respostas apresentadas na tabela correspondem às respostas esperadas segundo a lógica programada, não constituindo ainda resultados experimentais. As respostas efetivamente observadas deverão ser registradas após a conclusão dos testes.

3.2.6 Procedimentos para análise dos resultados

Após a realização dos testes, os resultados deverão ser organizados e comparados com as respostas esperadas para cada condição experimental. Serão observados aspectos como acionamento dos sensores, resposta do servomotor, funcionamento do buzzer, movimentação do varal e comportamento do sistema diante da alteração das condições ambientais.

A análise deverá verificar se o comportamento observado corresponde ao funcionamento previsto na programação. Segundo Creswell e Creswell (2023), a análise dos dados deve estar relacionada ao problema e aos objetivos da pesquisa, permitindo interpretar as informações obtidas de maneira sistemática.

Nesta etapa, também poderão ser registrados eventuais limitações, falhas de acionamento, atrasos de resposta ou comportamentos diferentes daqueles previstos. Essas

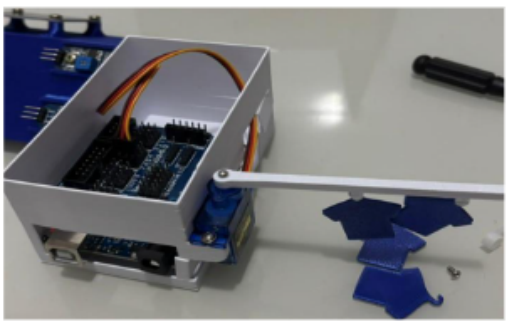
informações serão utilizadas posteriormente para discutir o funcionamento do protótipo, suas limitações e possíveis melhorias.

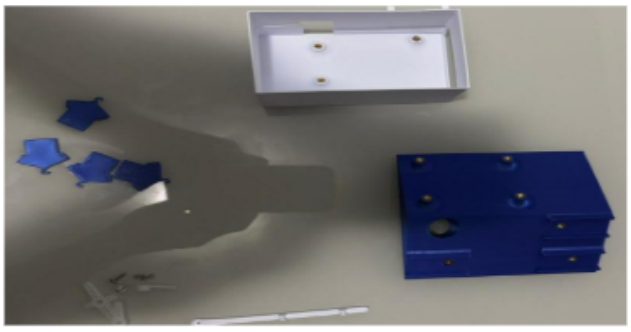
Ressalta-se que os resultados e as discussões não são antecipados nesta metodologia, uma vez que dependem da realização efetiva dos testes experimentais. Dessa forma, somente após a conclusão dos procedimentos de validação será possível apresentar os resultados observados e discutir sua relação com os fundamentos apresentados na pesquisa.

3.2.7 FERRAMENTAS E MATERIAIS DO PROTÓTIPO

Componente	Função no protótipo
Arduino Uno	Processar as informações recebidas pelos sensores e executar a lógica de controle.
Sensor Shield V5.0	Facilitar as conexões entre a placa, os sensores e os atuadores.
Sensor de chuva	Identificar a condição de chuva conforme a leitura do sensor.
Sensor de luminosidade LDR	Detectar variações na intensidade luminosa.
Servomotor	Executar o movimento mecânico previsto para o recolhimento ou a abertura do varal.
Buzzer ativo	Emitir sinais sonoros conforme a programação.
Jumpers e alimentação elétrica	Realizar as conexões e fornecer energia ao sistema.

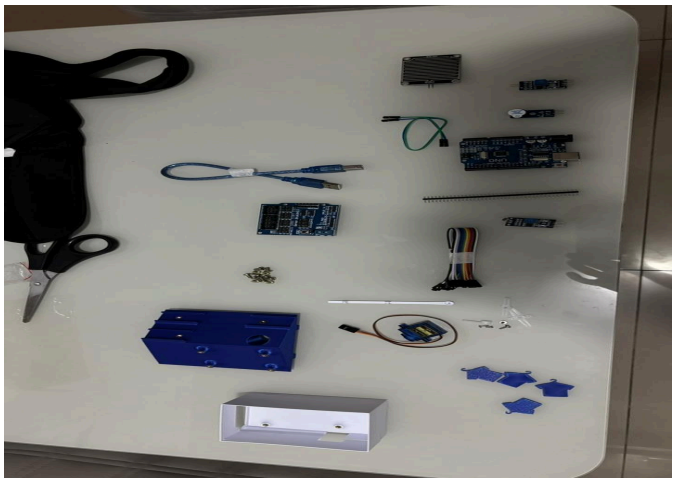
Imagem 1 e 2: Montagem do servomotor e varal / base e telhado da casa





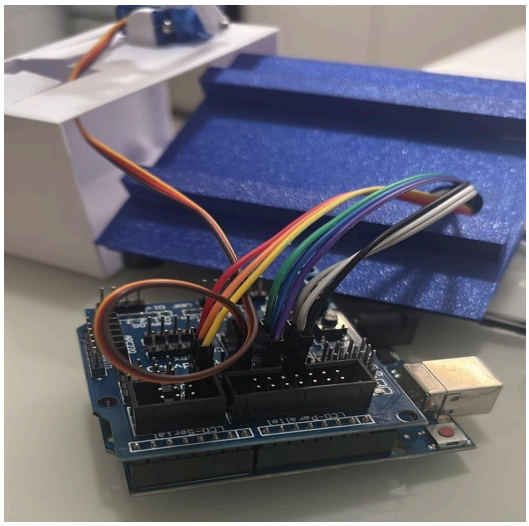
Fonte: Autores (2026)

Imagem 3: Sensores, Cabos de Alimentação, servomotor,Jumpers, base e telhado



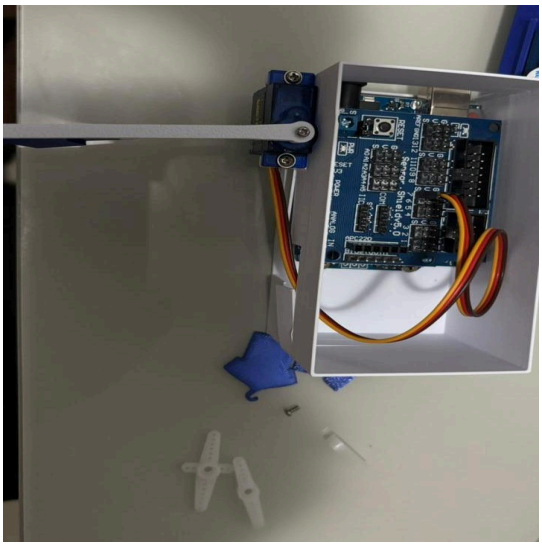
Fonte: Autores (2026)

Imagem 4: Base da casa, Arduino, jumpers, varal



Fonte: Autores (2026)

Imagem 5: Telhado, sensor de chuva, sensor LDR, buzzer



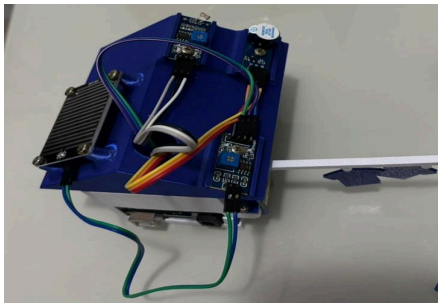
Fonte: Autores (2026)

Imagem 6: Telhado, Arduino e Sensor Shieldv5.0



Fonte: Autores (2026)

Imagem 7: Parte superior do protótipo montado



Fonte: Autores (2026)

PROGRAMAÇÃO ARDUINO

```
#include <Servo00.h>

Servo myservo;

// Controla se o alarme ja tocou (evita repeticao)
int alarme = 0;

void setup() {
  myservo.attach(7);       // Servo no pino 7
  pinMode(8,  INPUT);      // Sensor de chuva no pino 8
  pinMode(10, INPUT);      // Sensor LDR no pino 10
  pinMode(4,  OUTPUT);     // Buzzer ativo no pino 4
  Serial.begin(9600);
  digitalWrite(4, HIGH);   // Buzzer desligado (logica invertida)
}

void loop() {
  int sinalChuva = digitalRead(8);   // 1=sem chuva / 0=chuva
  int sinalLuz   = digitalRead(10);  // 0=claro     / 1=escuro

  Serial.print("Sensor chuva: ");
  Serial.print(sinalChuva);
  Serial.print("  Sensor Luminosidade: ");
  Serial.println(sinalLuz);

  // ABRIR o varal: sem chuva E dia claro
  if (sinalChuva == 1 && sinalLuz == 0) {
    myservo.write(0);  // Posicao: varal aberto
    alarme = 0;        // Reseta alarme para proximo evento
    delay(500);
  }

  // RECOLHER o varal: chuva OU escureceu
  if (sinalChuva == 0 || sinalLuz == 1) {
    if (alarme == 0) {
      for (int i = 0; i < 3; i++) {
        digitalWrite(4, LOW);   // Liga buzzer
        delay(500);
        digitalWrite(4, HIGH);  // Desliga buzzer
        delay(500);
      }
      alarme = 1;           // Marca alarme como tocado
      myservo.write(90);    // Posicao: varal recolhido
      delay(1000);
    }
  }
  delay(15); // Pausa para estabilizar leituras
}
```

4 Resultados e Discussão

O desenvolvimento do protótipo de varal inteligente utilizando Arduino Uno permitiu demonstrar a aplicação de princípios de automação residencial em uma atividade cotidiana que depende das condições ambientais. A integração entre sensores, unidade de controle, atuador e dispositivo de sinalização possibilitou implementar uma lógica de funcionamento destinada a identificar alterações na presença de chuva e na luminosidade, desencadeando respostas previamente programadas. Os resultados relatados indicam que o protótipo respondeu às condições ambientais simuladas, evidenciando a viabilidade técnica inicial da proposta em escala experimental.

Essa aplicação dialoga com Bolzani (2004), ao relacionar a automação residencial à utilização de recursos tecnológicos para ampliar a praticidade e o controle das atividades domésticas. De maneira complementar, Muratori e Dal Bó (2013) discutem a integração de dispositivos e sistemas de controle como característica da automação residencial. No contexto desta pesquisa, essa integração materializa-se na utilização do Arduino Uno para processar os sinais recebidos pelos sensores e comandar o movimento do varal, reduzindo a necessidade de intervenção manual contínua durante o funcionamento do protótipo.

Tabela 1. Testes e respostas do protótipo

Condição testada	Resposta esperada	Resultado observado
Simulação de chuva	Acionamento do recolhimento do varal.	Ao contato de água no sensor de chuva, buzzer ativa efeito sonoro e recolhe varal.
Alteração da luminosidade	Identificação da variação de luz pelo LDR.	Em variação de luminosidade, o sensor ativa efeito sonoro do buzzer e recolhe ou estende varal dependendo da condição de luz ou falta de luz.
Acionamento do servomotor	Movimento mecânico previsto na programação.	Servomotor com acionamento previsto em 90º estendido ou 0º recolhido.
Ativação do buzzer	Emissão do sinal sonoro programado.	Informar que programação reconheceu comando dos sensores, e vai executar a programação desejada.

Fonte: Elaborado pelo autores (2026)

4.1 Análise dos testes e das respostas do protótipo

Os testes realizados com o protótipo do varal inteligente tiveram como finalidade verificar a integração entre os sensores, a unidade de processamento Arduino Uno e os dispositivos responsáveis pelo acionamento mecânico e pela sinalização sonora. Foram consideradas diferentes condições de funcionamento, incluindo a simulação de chuva, a alteração da luminosidade, o acionamento do servomotor e a ativação do buzzer.

Na simulação de chuva, o contato da água com o sensor provocou a emissão de um sinal sonoro pelo buzzer e o recolhimento do varal. Esse comportamento indica que o sistema foi capaz de reconhecer a condição identificada pelo sensor e executar as ações previstas na programação. Dessa forma, o teste demonstrou o funcionamento integrado entre a detecção da condição ambiental, o processamento eletrônico e o acionamento do mecanismo.

Em relação à luminosidade, verificou-se que as alterações identificadas pelo sensor LDR provocaram respostas do sistema, incluindo a sinalização sonora e o movimento do varal para as posições de recolhimento ou extensão, conforme a condição detectada e a lógica implementada no código. Esse resultado demonstra a utilização da luminosidade como uma das variáveis consideradas pelo sistema automatizado. Entretanto, é importante destacar que a variação da intensidade luminosa, isoladamente, não comprova a ocorrência de chuva nem determina diretamente se as roupas estão secas, devendo sua utilização ser compreendida de acordo com os critérios estabelecidos na programação.

O acionamento do servomotor também foi verificado durante os testes. Conforme a configuração informada, o mecanismo utiliza a posição de 90° para representar o varal estendido e a posição de 0° para representar o varal recolhido. A definição dessas posições permite estabelecer uma correspondência entre os comandos enviados pelo Arduino e os movimentos previstos para o protótipo. A efetividade desse acionamento, contudo, depende das condições de montagem, da amplitude de movimento do mecanismo e da capacidade do servomotor empregado.

Quanto ao buzzer, sua ativação está associada ao reconhecimento dos comandos provenientes dos sensores e à execução das rotinas programadas. A sinalização sonora funciona como um recurso complementar de indicação do estado de operação do sistema, permitindo identificar situações em que determinada condição ambiental foi reconhecida. Para uma avaliação mais detalhada, seria necessário especificar quais condições acionamento do buzzer e se existem padrões sonoros diferentes para cada situação.

De maneira geral, os resultados relatados indicam que o protótipo apresentou respostas compatíveis com as funções previstas após os ajustes realizados. A integração entre sensores, programação e atuador demonstrou a viabilidade funcional inicial da proposta em escala experimental. Entretanto, os resultados apresentados dizem respeito às

condições de teste descritas e não permitem, isoladamente, afirmar que o sistema possui desempenho comprovado em uma instalação residencial real.

Tabela 2. Indicadores de desempenho

Indicador	Avaliação
Tempo de resposta	**Intervalo entre a identificação da condição ambiental e o acionamento do sistema é de 3 segundos, até o recolhimento do varal**
Repetibilidade	**Após todos os ajustes necessários, o protótipo respondeu dentro do esperado.**
Sensibilidade dos sensores	**Sensores com ajuste manual através de Trimpot, LDR e Sensor de Chuva.**
Capacidade mecânica	**Capacidade do mecanismo de movimentar a estrutura sob a carga prevista.**
Confiabilidade operacional	**Ocorrência de falhas ocorreu até os ajustes serem realizados, após ajustes protótipo não teve falhas.**

Fonte: Elaborado pelo autores (2026)

4.2 Avaliação dos indicadores de desempenho do protótipo

A avaliação dos indicadores de desempenho permite analisar o comportamento do varal inteligente para além da simples verificação de seu funcionamento. Foram considerados o tempo de resposta, a repetibilidade, a sensibilidade dos sensores, a capacidade mecânica e a confiabilidade operacional. Esses aspectos são relevantes para identificar as condições de funcionamento do protótipo e os pontos que ainda necessitam de aperfeiçoamento.

Em relação ao tempo de resposta, foi informado um intervalo de 3 segundos entre a identificação da condição ambiental e o acionamento do sistema. Esse intervalo representa o tempo de resposta observado durante os testes relatados. Para uma interpretação mais precisa, recomenda-se esclarecer como essa medida foi obtida, quantas repetições foram realizadas e se o valor corresponde a uma única medição ou à média de diferentes ensaios. Essas informações são importantes para avaliar a consistência do resultado.

Quanto à repetibilidade, foi relatado que, após a realização dos ajustes necessários, o protótipo passou a responder conforme o comportamento esperado. Esse resultado sugere uma melhoria no funcionamento do sistema após a etapa de calibração e correção. Contudo, como não foi informado o número de testes realizados nem a quantidade de respostas corretas e incorretas, não é possível calcular uma taxa de sucesso ou estabelecer quantitativamente o grau de repetibilidade do protótipo.

A sensibilidade dos sensores foi ajustada manualmente por meio dos potenciômetros disponíveis nos módulos do sensor LDR e do sensor de chuva. Esse procedimento permitiu adequar os pontos de acionamento às condições consideradas durante os testes. Entretanto, a regulagem manual evidencia a necessidade de verificar se os sensores mantêm respostas consistentes diante de diferentes intensidades de luz e diferentes condições de contato com a água. Assim, a calibração constitui uma etapa importante para o funcionamento adequado do sistema.

No que se refere à capacidade mecânica, o servomotor foi configurado para movimentar o mecanismo entre as posições de 0° e 90°. Embora essa configuração indique a amplitude angular programada para o movimento, ela não comprova, por si só, a capacidade de movimentar uma estrutura residencial com roupas molhadas. Para avaliar esse aspecto, seriam necessários testes com cargas definidas, observando a força exigida, a estabilidade do mecanismo e a ocorrência de travamentos ou perda de movimento. Como não foram fornecidos valores de carga suportada, essa característica permanece como um aspecto a ser investigado.

A confiabilidade operacional também foi considerada durante os testes. Segundo os registros apresentados, ocorreram falhas antes da realização dos ajustes, mas, após as correções, o protótipo passou a funcionar sem falhas nas condições testadas. Esse resultado demonstra a importância da calibração dos sensores e da verificação da programação para a obtenção do comportamento esperado. Entretanto, a ausência de falhas após os ajustes deve ser interpretada dentro do período e das condições efetivamente avaliadas, não sendo suficiente para assegurar a confiabilidade do sistema em uso contínuo ou em ambientes externos.

Em síntese, a avaliação dos indicadores demonstra que o protótipo apresentou funcionamento satisfatório nas condições relatadas após os ajustes realizados, com tempo de resposta informado de 3 segundos. Ao mesmo tempo, evidencia a necessidade de ampliar os ensaios, registrar o número de repetições, quantificar a carga mecânica suportada e avaliar o comportamento dos sensores em diferentes condições ambientais. Esses procedimentos permitiriam produzir evidências mais robustas sobre o desempenho e as possibilidades de aplicação prática do varal inteligente.

4.3 Integração dos componentes eletrônicos e funcionamento do sistema

O protótipo foi composto por Arduino Uno, Sensor Shield V5.0, sensor de chuva, módulo sensor de luminosidade LDR, buzzer ativo, servomotor, cabos de conexão, fonte de alimentação e estrutura mecânica representativa de um ambiente residencial. A organização desses componentes permitiu estabelecer a comunicação entre os elementos responsáveis pela aquisição de informações ambientais, o processamento lógico e a execução dos movimentos previstos na programação.

Banzi e Shiloh (2022) apresentam o Arduino como uma plataforma de prototipagem eletrônica que permite integrar componentes físicos e programação para desenvolver sistemas interativos. Em consonância com essa perspectiva, o protótipo utilizou a placa como unidade central de controle, recebendo sinais dos sensores e determinando as respostas do servomotor e do buzzer de acordo com as condições estabelecidas no código.

A montagem também evidenciou a importância da organização das conexões elétricas. O Sensor Shield V5.0 auxiliou na conexão dos componentes, enquanto os jumpers estabeleceram as ligações entre os módulos e a placa de controle. Essa configuração favoreceu a montagem do sistema experimental e permitiu reunir, em uma única estrutura, os componentes necessários à demonstração do funcionamento automatizado.

Kondaveeti et al. (2021), ao examinarem aplicações de prototipagem com Arduino, discutem as possibilidades e limitações da plataforma em diferentes contextos de desenvolvimento tecnológico. Essa contribuição permite compreender o protótipo como uma etapa de experimentação na qual os princípios de funcionamento podem ser verificados antes de uma eventual implementação em maior escala. Entretanto, a demonstração em pequena escala não equivale à comprovação de que todos os componentes apresentam capacidade suficiente para uma instalação residencial definitiva.

4.4 Atuação do sensor de chuva e do sensor de luminosidade

O sensor de chuva foi utilizado para identificar a presença de água em sua superfície, fornecendo ao Arduino um sinal que desencadeia a rotina de recolhimento do varal. Conforme os resultados descritos no documento, a simulação de chuva provocou uma alteração na leitura do sensor, permitindo ao sistema executar a ação prevista na programação.

O módulo LDR, por sua vez, foi empregado para identificar alterações na luminosidade do ambiente. A combinação dos dois sensores possibilitou estabelecer duas condições principais de funcionamento: a manutenção do varal aberto quando não há indicação de chuva e a luminosidade corresponde à condição definida como adequada; e o recolhimento quando é identificada chuva ou baixa luminosidade.

Essa organização evidencia a importância do sensoriamento em sistemas automatizados. Atzori, Iera e Morabito (2010) discutem a integração entre objetos físicos, sensores e recursos computacionais como um dos fundamentos associados aos sistemas

conectados. Embora o protótipo desenvolvido não possua conexão à Internet, a relação entre aquisição de sinais ambientais e processamento eletrônico apresenta correspondência com o princípio de utilizar informações do ambiente para orientar ações de um dispositivo.

De modo semelhante, Stolojescu-Crisan, Crisan e Butunoi (2021) apresentam uma aplicação de automação residencial baseada na integração de dispositivos, sensores e mecanismos de controle. A aproximação entre essa arquitetura e a solução estudada está na utilização de informações captadas pelos sensores para desencadear respostas programadas. No varal inteligente, essa resposta corresponde ao comando de movimento enviado ao servomotor.

Entretanto, é necessário distinguir a identificação de luminosidade da identificação direta das condições meteorológicas. O LDR detecta variações de luz, mas não determina, isoladamente, se haverá chuva ou se a secagem das roupas foi concluída. Dessa forma, seu uso como critério para recolher o varal representa uma decisão de controle adotada no projeto, cuja adequação deverá ser avaliada em diferentes condições ambientais. A baixa luminosidade, por exemplo, pode ocorrer sem precipitação, enquanto a chuva pode acontecer durante o dia, mesmo com luminosidade relativamente elevada.

Essa característica constitui uma limitação da lógica implementada e indica a necessidade de avaliar o comportamento dos sensores em situações distintas, incluindo mudanças graduais de luminosidade, ocorrência de chuva e variações das condições ambientais. A calibração dos módulos e a definição de limiares de acionamento são procedimentos importantes para reduzir respostas inadequadas.

4.5 Acionamento do servomotor e sinalização sonora

O servomotor foi empregado para movimentar a estrutura do protótipo conforme os comandos enviados pelo Arduino. A programação estabelece a posição de 90° para a condição de varal aberto e de 0° para a condição de varal recolhido. Segundo os resultados registrados, o mecanismo executou os movimentos previstos durante a simulação das condições de funcionamento.

Bolton (2023) aborda a integração entre sistemas eletrônicos, mecanismos físicos e estratégias de controle no campo da mecatrônica. Essa perspectiva contribui para compreender que o funcionamento de um dispositivo automatizado depende não apenas da programação, mas também da compatibilidade entre o sistema de controle, o atuador e a estrutura mecânica acionada.

No caso do varal inteligente, a movimentação observada no protótipo demonstra a possibilidade de converter uma decisão lógica em uma ação física. Contudo, o movimento adequado de uma estrutura em pequena escala não comprova que o mesmo servo motor seja capaz de movimentar um varal residencial carregado com roupas úmidas. A

implementação em escala real exigiria dimensionar o torque, a carga, o curso mecânico, a transmissão de movimento e os requisitos de alimentação elétrica do conjunto.

O buzzer ativo foi utilizado como dispositivo de sinalização sonora. De acordo com o código apresentado, o componente emite três sinais quando ocorre uma condição que determina o recolhimento do varal, desde que o alarme ainda não tenha sido acionado para aquele evento. Essa estratégia contribui para informar o usuário sobre a ocorrência de uma condição de controle e demonstra a possibilidade de incorporar recursos de sinalização a sistemas automatizados.

Banzi e Shiloh (2022) discutem a utilização de entradas, saídas e estruturas de programação para controlar componentes eletrônicos por meio do Arduino. Nesse sentido, o acionamento do buzzer e do servomotor exemplifica a utilização conjunta de sinais de saída para produzir respostas distintas dentro de uma mesma aplicação.

4.6 Discussão da lógica de controle e do funcionamento experimental

A lógica de controle implementada no código utiliza condições combinadas para determinar o estado do varal. Quando o sinal do sensor de chuva indica ausência de água e o LDR identifica luminosidade correspondente à condição clara, o servomotor é posicionado em 0°. Quando o sensor de chuva indica precipitação ou o LDR identifica escurecimento, o programa executa a rotina de sinalização e posiciona o servomotor em 90°.

Essa organização corresponde ao emprego de estruturas condicionais e operadores lógicos para estabelecer respostas específicas a partir de sinais de entrada. Bolton (2023) permite fundamentar a discussão sobre o papel da lógica de controle na determinação do comportamento de sistemas eletromecânicos. No protótipo, essa lógica representa o elemento que relaciona as informações ambientais ao acionamento do mecanismo.

A programação também utiliza uma variável denominada *alarme*, destinada a evitar a repetição imediata da sequência sonora enquanto permanece a mesma condição de recolhimento. Esse recurso demonstra uma preocupação com o controle do comportamento do sistema, embora não substitua mecanismos adicionais de verificação, filtragem de sinais ou tratamento de falhas.

Os resultados descritos no trabalho indicam respostas compatíveis com a lógica programada nas condições simuladas. Essa constatação sustenta a viabilidade funcional inicial do protótipo, mas deve ser interpretada dentro dos limites do procedimento realizado. Como não foram apresentados valores numéricos de tempo de resposta, quantidade de ciclos, percentual de acertos ou variação das leituras dos sensores, não é possível estabelecer uma medida quantitativa de eficiência ou confiabilidade.

Para aprofundar a validação, recomenda-se realizar múltiplas repetições de cada condição experimental e registrar, em uma tabela, a condição simulada, o sinal observado

nos sensores, a resposta do servo motor, o acionamento do buzzer e eventuais falhas. O tempo entre a identificação da condição ambiental e a execução do movimento também poderá ser medido. Esses registros permitiriam comparar o comportamento observado com o esperado e identificar situações que exijam ajustes na programação.

4.7 Potencialidades, limitações e possibilidades de aperfeiçoamento

O protótipo demonstrou potencial para automatizar uma atividade doméstica por meio de componentes eletrônicos acessíveis e de uma lógica de controle relativamente simples. A identificação de chuva, o monitoramento da luminosidade e o acionamento automático do mecanismo representam recursos que podem reduzir a necessidade de acompanhamento contínuo do varal pelo usuário.

Cardozo e Ferreira (2023), ao abordarem a automação residencial com Arduino, oferecem uma referência temática para discutir o emprego da plataforma em soluções domésticas. Da mesma forma, Santos et al. (2020) examinam aplicações de microcontroladores em sistemas de automação de residências e estabelecimentos comerciais. Essas contribuições ajudam a situar o projeto no campo de aplicações tecnológicas voltadas à automatização de atividades práticas, sem que isso signifique atribuir aos estudos resultados específicos que não tenham sido examinados diretamente.

Apesar dos resultados positivos relatados, a implementação apresenta limitações importantes. A primeira diz respeito à capacidade mecânica do servomotor empregado, cuja adequação está relacionada à estrutura reduzida do protótipo. A segunda refere-se à sensibilidade dos sensores e à necessidade de calibração, pois variações ambientais e posicionamento inadequado podem provocar leituras que não correspondam às condições desejadas para o acionamento.

Outra limitação está associada à ausência de conectividade. O sistema atual executa a lógica localmente, sem comunicação com smartphones ou serviços meteorológicos. Assim, embora apresente características de automação residencial, não deve ser descrito como um sistema IoT plenamente implementado. Atzori, Iera e Morabito (2010) e Al-Fuqaha et al. (2015) discutem a Internet das Coisas a partir da integração de objetos físicos, dispositivos e tecnologias de comunicação. A incorporação futura de Wi-Fi ou Bluetooth ampliaria as possibilidades de interação e monitoramento remoto, desde que acompanhada do desenvolvimento e da validação dos recursos correspondentes.

Também é necessário evitar a afirmação de que o protótipo já produz economia de energia, redução de custos ou melhoria mensurável na qualidade de vida. Esses benefícios constituem possibilidades associadas à aplicação pretendida, mas sua comprovação exigiria procedimentos específicos de avaliação. No caso da economia de tempo, por exemplo, seria necessário comparar a rotina de acompanhamento manual com a utilização do sistema automatizado.

Portanto, os resultados permitem concluir que a proposta apresenta viabilidade funcional inicial em escala experimental. Para avançar em direção a uma aplicação residencial, recomenda-se aperfeiçoar a estrutura mecânica, dimensionar adequadamente o atuador, calibrar os sensores, ampliar os testes e avaliar mecanismos de segurança para situações de falha de alimentação ou leitura. Essas medidas poderão contribuir para o desenvolvimento de uma solução mais confiável e adequada às condições reais de utilização.

5 Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver e implementar um sistema automatizado de varal inteligente utilizando Arduino, capaz de recolher e estender sua estrutura de acordo com condições ambientais identificadas por sensores. A partir da montagem do protótipo e dos resultados de funcionamento descritos, verificou-se a viabilidade técnica inicial de integrar sensores, programação e atuadores para automatizar uma atividade doméstica dependente das condições ambientais.

O projeto elétrico e estrutural do sistema, foi contemplado pela definição e integração dos componentes utilizados, incluindo Arduino Uno, Sensor Shield V5.0, sensor de chuva, módulo LDR, buzzer ativo, servomotor, conexões elétricas, fonte de alimentação e estrutura mecânica do protótipo. A montagem permitiu organizar os elementos responsáveis pela aquisição de sinais, pelo processamento das informações e pela execução das ações programadas.

O desenvolvimento da programação do microcontrolador, o código estabeleceu uma lógica de controle baseada na leitura dos sensores de chuva e luminosidade. Na condição definida como adequada para a exposição das roupas, o servomotor é posicionado para manter o varal aberto. Diante da identificação de chuva ou escurecimento, o sistema aciona a sinalização sonora e comanda o recolhimento. Dessa maneira, o projeto demonstrou a aplicação prática de conceitos de programação, eletrônica e controle de dispositivos físicos.

Os resultados registrados indicam respostas compatíveis com a lógica programada nas condições ambientais simuladas. A movimentação do servomotor, a leitura dos sensores e o acionamento do buzzer demonstraram a integração funcional dos componentes na escala experimental adotada. Entretanto, como não foram apresentados indicadores quantitativos de desempenho, não é possível afirmar um percentual de eficiência, uma taxa de confiabilidade ou um tempo médio de resposta do sistema.

Diante dessas constatações, o problema de pesquisa pode ser respondido de maneira delimitada: um sistema automatizado baseado em Arduino pode contribuir para a otimização de tarefas relacionadas à secagem de roupas ao identificar determinadas condições ambientais e executar automaticamente o movimento de recolhimento ou abertura do varal. No protótipo desenvolvido, essa contribuição foi demonstrada por meio da resposta programada aos sinais dos sensores. A efetiva redução do tempo dedicado à

tarefa, a proteção das roupas em condições reais de chuva e a confiabilidade em uso residencial, contudo, ainda dependem de avaliações complementares.

Entre as principais limitações identificadas estão a capacidade mecânica do servomotor utilizado, a necessidade de calibrar os sensores e a ausência de testes quantitativos que permitam avaliar a repetibilidade das respostas. Além disso, o sistema utiliza a luminosidade como um dos critérios de recolhimento, embora a baixa luminosidade não indique necessariamente a ocorrência de chuva. Por esse motivo, a adequação dessa lógica deverá ser examinada em diferentes situações de uso, de modo a evitar acionamentos desnecessários.

Como possibilidades de continuidade, recomenda-se desenvolver uma estrutura mecânica mais robusta, dimensionar um atuador compatível com a carga de um varal residencial, aperfeiçoar a calibração dos sensores e realizar testes repetidos com registro do tempo de resposta e da ocorrência de falhas. Também poderão ser incorporados sensores de umidade e temperatura, recursos de conectividade Wi-Fi ou Bluetooth e uma interface para acompanhamento por smartphone. Essas melhorias deverão ser implementadas e testadas antes de se afirmar que o sistema está preparado para uso residencial em escala real.

Conclui-se, portanto, que o projeto alcançou seu propósito de demonstrar, em escala experimental, a aplicação do Arduino Uno no desenvolvimento de um varal automatizado. A principal contribuição do trabalho consiste na integração entre sensoriamento ambiental, processamento eletrônico, sinalização e acionamento mecânico em uma solução direcionada a uma necessidade cotidiana. Embora o protótipo ainda demande aperfeiçoamentos para sua aplicação prática em maior escala, os resultados apresentados oferecem uma base para novas etapas de desenvolvimento e validação de sistemas de automação residencial.

Referências Bibliográficas

AL-FUQAHA, Ala et al. Internet of Things: a survey on enabling technologies, protocols, and applications. IEEE Communications Surveys & Tutorials, New York, v. 17, n. 4, p. 2347-2376, 2015. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/abstract. Acesso em 10 de ago. de 2026.

ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. The Internet of Things: a survey. Computer Networks, Amsterdam, v. 54, n. 15, p. 2787-2805, 2010. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/. Acesso em 11 de ago. de 2026.

BANZI, Massimo; SHILOH, Michael. Getting started with Arduino: the open source electronics prototyping platform. 4. ed. Santa Rosa, CA: Make Community, 2022.

BOLTON, William. Mechatronics: electronic control systems in mechanical and electrical engineering. 7. ed. Harlow: Pearson, 2023.

BOLZANI, Caio Augustus Morais. Residências inteligentes: domótica, redes domésticas, automação residencial. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

CARDOZO, Leandro Farias; FERREIRA, Alex Franco. Automação residencial com Arduino. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 9, n. 2, p. 622-634, 2023. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease. Acesso em 13 de ago. de 2026.

COSTA, Alexandre Aprato Ferreira da; ROSSI, Fábio Diniz; KONZEN, Marcos Paulo; LIMA, Paulo Ricardo Barbieri Dutra. Automação residencial com foco no consumo consciente de energia elétrica. Revista de Ciência e Inovação, v. 1, n. 2, p. 37-51, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fabio-Rossi-6. Acesso em 16 de ago. de 2026.

CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. 6. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2023.

DIAS, Danilo de Souza; DA CONCEIÇÃO, André Luiz. Desenvolvimento de um aquecedor solar automatizado: eficiência energética e sustentabilidade com tecnologia Arduino. Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação, Uberaba, v. 11, n. 00, 2026. Disponível em: https://seer.uftm.edu.br/revistaeletronica. Acesso em 17 de ago. de 2026.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

KONDAVEETI, Harish Kumar et al. A systematic literature review on prototyping with Arduino: applications, challenges, advantages, and limitations. Computer Science Review, Amsterdam, v. 40, 100364, 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science. Acesso em Acesso em 19 de ago. de 2026

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

LI, Wenda et al. Mapeando duas décadas de pesquisa em casas inteligentes: uma análise cientométrica sistemática. Technological Forecasting and Social Change , v. 179, 2022. Disponível em: https://ideas.repec.org/a/eee. Acesso em 20 de ago. de 2026.

MONK, Simon. Programação com Arduino: começando com sketches. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MURATORI, José Roberto; DAL BÓ, Paulo Henrique. Automação residencial: conceitos e aplicações. 1. ed. Belo Horizonte: Educere, 2013.

SANTOS, Bruno Strippoli dos; FONSECA, Lucas Medon Bianco; SERNAGLIA, Lucas; NEVES, João Emmanuel D'Alkmin. Automação de casas e estabelecimentos comerciais através de microcontroladores: uma revisão da aplicabilidade do Arduino. Revista Tecnológica da Fatec Americana, Americana, v. 8, n. 2, p. 70-80, 2020. Disponível em: https://www.fatec.edu.br/revista/index.php/RTecFatecAM. Acesso em 23 de agosto de 2026.

STOLOJESCU-CRISAN, Cristina; CRISAN, Cristina; BUTUNOI, Bogdan. An IoT-based smart home automation system. Sensors, Basel, v. 21, n. 11, 3784, 2021. Disponível em: https://www.mdpi.com/1424-8220/21/11/3784. Acesso em 25 de Ago. de 2026.