

Controle de dispositivos elétricos com IoT

Matheus Souza de Paula Silva: 0000-0002-7853-1165;
Miguel França Medeiros Leal: 0000-0003-4354-9186;
Milena Otogalli de Freitas: 0009-0003-0722-8673;
Rhaíssa Julliani Cezar De Souza: 0009-0001-4325-1585;
Vitor Amadeu Souza: 0009-0002-1857-6799

UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ

E-mail: rhaissajulliani17@gmail.com

Resumo

Este projeto apresenta o desenvolvimento de um sistema simples e acessível de automação residencial utilizando a tecnologia da Internet das Coisas (IoT). A proposta consiste na criação de uma solução para o controle remoto de dispositivos elétricos, com foco em eficiência energética, praticidade e baixo custo. Para isso, foram utilizados o microcontrolador ESP32, o protocolo MQTT para comunicação leve e eficiente, e um bot no Telegram como interface de comando, eliminando a necessidade de um aplicativo dedicado. A montagem do circuito foi realizada em protoboard, com atenção à segurança elétrica e à organização dos componentes, incluindo relés, LEDs indicadores, resistores de proteção e o CI ULN2803A para proteção do sistema. O funcionamento foi validado por meio de testes práticos e virtuais, com resultados positivos quanto à resposta, estabilidade e confiabilidade. O projeto atinge seus objetivos principais ao permitir o gerenciamento remoto de cargas elétricas, contribuindo para a redução do consumo de energia e facilitando o uso consciente dos recursos. Além disso, estabelece uma base sólida para futuras expansões, como a integração com assistentes virtuais ou a inclusão de sensores.

Palavras-chave: Automação Residencial, Internet das Coisas, IoT, ESP32, MQTT, Telegram, Controle Remoto, Eficiência Energética, Baixo Custo, Dispositivos Elétricos.

INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (IoT) tem se consolidado como uma das tecnologias mais impactantes da atualidade, transformando a forma como interagimos com dispositivos e ambientes. Ao possibilitar a comunicação entre objetos físicos por meio da internet, a IoT permite automatizar tarefas cotidianas, aumentar a eficiência dos sistemas e proporcionar maior controle e praticidade ao usuário. No contexto da automação residencial, essa tecnologia vem ganhando destaque por tornar as casas mais inteligentes, conectadas e energeticamente eficientes (SOUZA et al., 2023).

Este projeto propõe o desenvolvimento de um sistema simples e funcional de automação residencial baseado em IoT, voltado para o controle remoto de dispositivos elétricos. Em vez de utilizar aplicativos complexos ou sistemas robustos, optou-se por uma abordagem mais acessível e eficiente: a criação de uma interface por meio de um bot no Telegram. Essa escolha visa facilitar a implementação e o uso do sistema, uma vez que o Telegram é uma plataforma amplamente difundida e compatível com diferentes sistemas operacionais, dispensando a necessidade de desenvolvimento e manutenção de um aplicativo dedicado. A solução é baseada na utilização de microcontroladores ESP32, que atuam na comunicação entre o bot e os dispositivos conectados. Por meio do protocolo MQTT, os comandos enviados pelo usuário são recebidos pelo microcontrolador, que executa ações como ligar ou desligar equipamentos elétricos, como ventiladores ou lâmpadas. Ele permite a automação básica com foco na redução de consumo desnecessário e no uso mais consciente da energia elétrica (FARIAS et al., 2021).

Além disso, ao oferecer um meio simples de gerenciar os dispositivos da casa, o projeto contribui para a praticidade do cotidiano, permitindo, por exemplo, o desligamento de equipamentos esquecidos à distância. Isso reforça a importância da IoT não apenas como ferramenta de conveniência, mas também como aliada da sustentabilidade, uma vez que o uso racional da energia está diretamente ligado à preservação de recursos e à redução de impactos ambientais (SANTOS; ALMEIDA, 2022).

A escolha por tecnologias acessíveis, como o ESP32, o protocolo MQTT e o Telegram, demonstra que é possível construir soluções eficientes com baixo custo e alta aplicabilidade.

Assim, este projeto exemplifica como a engenharia pode contribuir com propostas viáveis, funcionais e sustentáveis para a realidade das residências modernas (FERREIRA, 2021).

MÉTODOS

O projeto foi estruturado a partir de um conjunto de etapas metodológicas que garantiram seu desenvolvimento de forma objetivo e organizada com princípios de engenharia elétrica e de software. O ponto de partida consistiu em criar um sistema confiável de automação residencial, capaz de promover eficiência energética e praticidade no uso de dispositivos elétricos.

No escopo, delimitou-se que a solução utilizaria o microcontrolador ESP32, o protocolo de comunicação MQTT e o aplicativo Telegram como interface de interação. Essa escolha foi motivada pela busca de um sistema de baixo custo, funcional e acessível a qualquer usuário, sem necessidade de aplicativos dedicados. Foram definidas as funcionalidades básicas, como ligar e desligar equipamentos remotamente, além de apontar as limitações (alcance de rede, número limitado de dispositivos e ausência de integração com sistemas comerciais robustos).

Os requisitos foram divididos em três categorias. Os funcionais descrevem as operações esperadas do sistema (controle remoto e autonomia do usuário); os não funcionais estabelecem critérios de segurança, eficiência energética e estabilidade; e os normativos asseguram conformidade com normas como a NR-10, NBR 5410 e LGPD. A fundamentação bibliográfica reforçou a viabilidade técnica ao explorar o desempenho do protocolo MQTT, as vantagens do ESP32 e metodologias de confiabilidade como MTBF, MTTR e FMEA.

No que se refere à comunicação, o protocolo MQTT foi detalhado como solução ideal por sua leveza, confiabilidade e níveis de qualidade de serviço (QoS). Sua arquitetura de publicação e assinatura, mediada por um broker, assegura simplicidade e eficiência no fluxo de mensagens. Associado a isso, adotou-se o Ciclo de Vida de Desenvolvimento de Software (SDLC), contemplando planejamento, análise de viabilidade, design, implementação, testes, implantação e manutenção. Cada fase foi aplicada diretamente ao contexto do sistema IoT, garantindo um processo estruturado.

Outro aspecto importante foi a conexão com os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), especialmente os de energia limpa, inovação, cidades sustentáveis e consumo

responsável, evidenciando a relevância social e ambiental do projeto. Além disso, a modelagem do sistema foi feita por meio de diagramas de caso de uso, Gantt, classes, sequência e atividades, que auxiliaram a compreender as interações entre usuário, microcontrolador e bot do Telegram.

Por fim a engenharia de confiabilidade, foram aplicados métodos quantitativos e qualitativos para mensurar a robustez do sistema. Foram calculados indicadores como MTBF (tempo médio entre falhas), MTTR (tempo médio para reparo), disponibilidade, além da definição de MTD (tempo máximo de tolerância à falha). A análise FMEA identificou possíveis modos de falha, como perda de conexão Wi-Fi, falha no relé ou no broker MQTT, propondo medidas corretivas como redundância, calibração de sensores e uso de fontes de energia ininterruptas. Esses resultados asseguraram que o protótipo tivesse confiabilidade adequada para aplicações residenciais e educacionais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram analisados a partir da implementação prática do sistema, iniciando pelo esquema elétrico desenvolvido no software EasyEDA. O circuito utilizou o ESP32 como unidade central de processamento, o sensor DHT11 para coleta de temperatura e umidade e relés SRD-05VDC para o acionamento de cargas elétricas. LEDs indicadores auxiliaram nos testes, garantindo visualização imediata do estado dos dispositivos. Esse esquema demonstrou a viabilidade de integrar sensores, atuadores e controladores em um circuito simples e de fácil replicação.

Durante a etapa de testes, foram realizadas simulações no ambiente virtual Wokwi, que permitiram validar a lógica de programação e a resposta dos componentes antes da montagem física. Testes unitários confirmaram o funcionamento individual de LEDs, relés e do sensor DHT11, reduzindo riscos de falhas na integração final. Esses resultados mostraram que o sistema era funcional tanto em nível de simulação quanto em bancada, garantindo confiabilidade no acionam

A programação desenvolvida em C++ para a IDE do Arduino configurou a conexão Wi-Fi, o bot do Telegram e os comandos de controle. O código implementou verificações de segurança, permitindo acesso apenas a usuários autorizados, além de retornar ao usuário



as leituras do sensor. A resposta rápida aos comandos confirmou a eficiência do protocolo MQTT, proporcionando uma experiência fluida de automação.

Abaixo está o link do código completo.

<https://github.com/Mathsdpaula/EnergyGrid>

A montagem do circuito em protoboard e posteriormente em uma placa universal evidenciou a praticidade da proposta. O uso do CI ULN2803A garantiu proteção ao ESP32 no acionamento dos relés. Já a criação de uma maquete funcional de dois cômodos, com lâmpadas simuladas por LEDs e sensores DHT11, permitiu demonstrar o sistema em ambiente educacional, reforçando sua aplicabilidade prática e caráter didático.

Figura 1: Montagem do circuito elétrico e protótipo



Fonte: Atores

Por fim, a interface Telegram Bot foi o ponto de maior destaque nos resultados. O bot funcionou como intermediário entre o usuário e os dispositivos, recebendo comandos para ligar/desligar cargas e fornecendo feedback imediato. Isso eliminou a necessidade de desenvolver um aplicativo exclusivo, tornando o projeto acessível e compatível com qualquer



dispositivo conectado à internet. A interação simples por mensagens e botões mostrou-se intuitiva até mesmo para usuários leigos, validando o objetivo de acessibilidade do sistema.

Figura 2: Interface do aplicativo



Fonte: Autores

Em discussão, observa-se que o projeto atingiu seus objetivos principais: demonstrou a viabilidade de um sistema de automação residencial de baixo custo, promoveu eficiência energética ao permitir o desligamento remoto de cargas e apresentou confiabilidade aceitável pelos cálculos de MTBF e MTTR. A interface pelo Telegram foi um diferencial, unindo praticidade e economia, já que não há dependência de softwares pagos ou complexos.

Contudo, foram identificadas limitações, como a dependência de rede Wi-Fi estável, a limitação no número de dispositivos suportados e a necessidade de futuras melhorias de segurança, como autenticação multifatorial e redundância de servidores MQTT.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento do projeto "Controle de Dispositivos Elétricos com IoT" demonstrou a viabilidade de aplicar tecnologias acessíveis e de baixo custo na criação de soluções práticas para automação residencial. Com a utilização do ESP32, do protocolo de comunicação MQTT e de uma interface simples via bot do Telegram, foi possível implementar um sistema funcional, intuitivo e eficiente para o controle remoto de dispositivos elétricos.

Durante o projeto, foram explorados conceitos fundamentais da Internet das Coisas (IoT), comunicação em rede, segurança básica e controle de cargas por meio de relés. A montagem do circuito foi realizada sobre uma protoboard, com organização e planejamento para garantir a clareza, a segurança elétrica e o bom desempenho do sistema. Componentes

como indicadores de LED, resistores de proteção e o CI ULN2803A contribuíram para aumentar a confiabilidade da solução e proteger o microcontrolador.

A comunicação entre o bot do Telegram e o sistema embarcado mostrou-se rápida, estável e confiável, validando a escolha do protocolo MQTT para esse tipo de aplicação. Os testes realizados, tanto virtuais quanto práticos, comprovaram o funcionamento adequado do sistema, com resposta eficiente aos comandos e estabilidade nas conexões.

Mais do que apenas um exercício técnico, este projeto ofereceu uma experiência completa de planejamento, execução e documentação de uma solução real, reforçando a importância de boas práticas de engenharia, como a organização dos materiais, o cuidado durante a montagem e a reflexão contínua sobre as possibilidades de melhoria.

Conclui-se, portanto, que este projeto não apenas cumpre sua função técnica, mas também traz uma contribuição relevante para a automação residencial acessível, especialmente dentro da realidade brasileira, onde soluções econômicas e eficientes são essenciais.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Estatuto da Pessoa com Deficiência. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 jul. 2015.

COSTA, L. F.; PEREIRA, M. R. Soluções de segurança elétrica com IoT em ambientes residenciais. Revista Brasileira de Engenharia e Inovação, v. 8, n. 2, p. 55-68, 2020.

FARIAS, M. A. et al. Aplicações do protocolo MQTT em sistemas de automação residencial. Anais do Congresso de Tecnologia e Inovação, São Paulo, 2021.

FERREIRA, A. C. Automação acessível: tecnologia e inclusão com microcontroladores. São Paulo: Editora Técnica, 2021.

SANTOS, D. V.; ALMEIDA, J. F. Eficiência energética em casas inteligentes: estudo de caso com sensores IoT. Revista de Sustentabilidade e Tecnologia, v. 5, n. 1, p. 88–99, 2022.

SOUZA, V. A. et al. Internet das Coisas e o futuro da automação residencial. Revista Eletrônica de Engenharia, v. 10, n. 3, p. 22–30, 2023.

<https://github.com/millenaotogalli-prog/CONTROLE-DE-DISPOSITIVOS-EL-TRICOS-COM-IOT>