

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PROF. ARMANDO JOSÉ FARINAZZO
CENTRO PAULA SOUZA

Cileno Theodoro Lisboa da Silva Junior
Danilo Gonçalves Pereira
Everton Camaroto de Oliveira
Isaias Santos Dias
Katriel Victor de Oliveira Santos
Lavinea de Andrade Del Pino

CASA INTELIGENTE: DIRETRIZES TÉCNICAS PARA AUTOMAÇÃO
RESIDENCIAL COM PROTÓTIPO INTEGRADO A ASSISTENTES
VIRTUAIS

Fernandópolis
2025

Cileno Theodoro Lisboa da Silva Junior
Danilo Gonçalves Pereira
Everton Camaroto de Oliveira
Isaias Santos Dias
Katriel Victor de Oliveira Santos
Lavinea de Andrade Del Pino

CASA INTELIGENTE: DIRETRIZES TÉCNICAS PARA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM PROTÓTIPO INTEGRADO A ASSISTENTES VIRTUAIS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como exigência parcial para
obtenção da Habilitação Profissional
Técnica de Nível Médio de Técnico em
Eletrotécnica, no Eixo de Controle e
Processos Industriais, à Escola Técnica
Estadual Professor Armando José
Farinazzo, sob orientação do Professor
Marcos Antonio de Assis.

Examinadores:

Fernandópolis
2025

CASA INTELIGENTE: DIRETRIZES TÉCNICAS PARA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM PROTÓTIPO INTEGRADO A ASSISTENTES VIRTUAIS

Cileno Theodoro Lisboa da Silva Junior
Danilo Gonçalves Pereira
Everton Camaroto de Oliveira
Isaias Santos Dias
Katriel Victor de Oliveira Santos
Lavinea de Andrade Del Pino

RESUMO: Este trabalho desenvolveu e validou uma solução de automação residencial em caráter de prova de conceito, integrando Internet das Coisas (IoT), assistentes virtuais e um modelo orientativo de instalação elétrica. A pesquisa adotou abordagem metodológica mista, com etapa exploratória (revisão bibliográfica e normativa) e etapa aplicada (implementação e validação). O protótipo foi construído em escala reduzida, utilizando uma maquete para representar uma residência e permitir visualização didática e replicabilidade com baixo custo. A arquitetura funcional empregada seguiu o fluxo usuário → aplicativo/assistente de voz → plataforma IoT (Tuya Smart) → dispositivo inteligente (atuador/módulo) → cargas, possibilitando acionamento por aplicativo e por comandos de voz (Google Assistant/Amazon Alexa), além de alternativa de controle físico por interruptor. Como contribuição complementar, foi elaborado um modelo elétrico orientativo (não executivo) para uma residência com automação, contemplando premissas de cenário 127/220 V, levantamento de cargas de referência, cálculo das correntes de projeto e critérios de seleção de condutores, disjuntores, DR e DPS, destacando-se a necessidade de confirmação por projeto executivo e profissional habilitado. Os resultados indicaram aderência aos requisitos funcionais definidos, com operação multimodal e organização por ambientes, e a análise de custos evidenciou viabilidade para fins acadêmicos, sendo parte expressiva do custo associada à estrutura física da maquete. Conclui-se que a solução é tecnicamente coerente para demonstrar a integração entre automação, IoT e controle por voz, servindo como base para expansões futuras e instrumentação mais robusta de desempenho.

Palavras-chave: automação residencial; casa inteligente; Internet das Coisas; assistentes virtuais; Tuya Smart; dimensionamento elétrico; dispositivos de proteção.

ABSTRACT: This work developed and validated a home automation solution as a proof of concept, integrating the Internet of Things (IoT), virtual assistants, and an indicative electrical installation model. A mixed-method approach was adopted, combining an exploratory stage (bibliographic and standards review) with an applied stage (implementation and validation). A reduced-scale prototype was built using a dollhouse mock-up to represent a residential environment, enabling didactic visualization and low-cost replicability. The proposed functional architecture followed the flow user → app/voice assistant → IoT platform (Tuya Smart) → smart device (actuator/central module) → loads, allowing control via mobile app and voice commands (Google Assistant/Amazon Alexa), with a physical switch as an alternative control mode. As an additional contribution, an indicative (non-executive) electrical

model for an automated residence was presented, including 127/220 V assumptions, a reference load schedule, design current calculations, and selection criteria for conductors, circuit breakers, RCDs, and surge protective devices, emphasizing the need for confirmation through an executive design and a qualified professional. The results showed compliance with the defined functional requirements, multimodal operation, and room-based organization; the cost analysis supported feasibility for academic purposes, with a significant share related to the mock-up structure. The study concludes that the solution is technically consistent to demonstrate the integration of home automation, IoT, and voice control, and it provides a basis for future expansions and more robust performance instrumentation.

Keywords: home automation; smart home; Internet of Things; virtual assistants; Tuya Smart; electrical sizing; protective devices.

1. INTRODUÇÃO

A automação pode ser compreendida como a substituição parcial do trabalho humano por máquinas e mecanismos capazes de operar sistemas automaticamente ou por controle remoto, com mínima intervenção humana, atuando em função do tempo ou de determinadas condições (Ribeiro, 2001). Mesmo com a redução de atividades manuais, não se elimina a participação humana, uma vez que ainda são necessários operadores para supervisionar e controlar os sistemas automatizados.

No âmbito residencial, a automação assume o conceito de domótica, termo derivado de *domus* (casa), e caracteriza-se pela aplicação de métodos e sistemas capazes de realizar e controlar eventos no ambiente doméstico, em residências individuais ou coletivas (Gonçalves, 2005). Em paralelo, a evolução da Inteligência Artificial (IA) amplia as possibilidades desses sistemas, compreendida como um campo dedicado ao desenvolvimento de métodos computacionais capazes de simular capacidades humanas de raciocínio e resolução de problemas (André, 2007).

Esse avanço se intensifica com a presença crescente de dispositivos conectados (IoT) nas redes domésticas. Considerando que grande parte da população brasileira vive em áreas urbanas, cresce também a demanda por serviços como habitação e energia, e a IoT pode contribuir com informações sobre o comportamento dos usuários, auxiliando inclusive em contextos mais amplos de “cidades inteligentes” (Cesáro et al., s.d.).

Apesar do aumento do interesse por casas automatizadas, ainda se observa uma lacuna na apresentação da temática como referência técnica acessível e aplicada, especialmente quando se considera a necessidade de integrar automação com critérios elétricos fundamentais de segurança e conformidade. Em instalações de baixa tensão, a NBR 5410 estabelece condições para garantir a segurança de pessoas e animais, funcionamento adequado e conservação de bens (ABNT, 2004), exigindo soluções compatíveis com a estrutura de quadros de distribuição e dispositivos de proteção, como disjuntores e DR, para proteção contra sobrecorrentes e choques elétricos (IEC, 2021; IEC, 2024).

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo geral desenvolver e validar uma solução de automação residencial, em caráter de prova de conceito, por meio de um protótipo em escala reduzida integrado à plataforma Tuya Smart e a assistentes virtuais para controle por voz, complementando a proposta com um modelo elétrico orientativo (não executivo) de organização, proteção e dimensionamento típico de circuitos em uma residência com automação.

Como objetivos específicos, pretende-se fundamentar o tema por meio de revisão bibliográfica e normativa sobre casa inteligente, automação residencial, IoT, IA e requisitos de segurança em instalações de baixa tensão. Levantar requisitos e delimitar o escopo do sistema como protótipo demonstrativo de baixo custo e fácil replicação. Definir a arquitetura funcional do sistema, descrevendo o fluxo de controle usuário → aplicativo/assistente de voz → plataforma IoT → atuadores → cargas. Elaborar um modelo elétrico orientativo para residência com automação, contemplando levantamento de cargas de referência, cálculo de correntes e critérios de seleção de condutores, disjuntores e dispositivos de proteção (DR e DPS), registrando o caráter didático e a necessidade de confirmação em projeto executivo. Implementar o protótipo em maquete, integrando pontos de iluminação e cargas simuladas, com identificação e organização por cômodos. Configurar a plataforma Tuya e habilitar o acionamento por aplicativo e por comandos de voz (Google Assistant/Amazon Alexa). Realizar validações funcionais do acionamento e registrar, quando aplicável, ensaios de desempenho (tempo de resposta e confiabilidade) e estimativas/medições de consumo. Levantar os custos dos materiais do protótipo e discutir viabilidade, replicabilidade e limitações do estudo.

Como delimitação do estudo, ressalta-se que o protótipo e o dimensionamento apresentados possuem caráter demonstrativo e orientativo, não se

configurando como projeto executivo de instalação, mas como base técnica para compreensão, documentação e validação da aplicação prática da automação residencial em um cenário controlado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. DEFINIÇÃO DE CASA INTELIGENTE

Casas inteligentes podem ser entendidas como ambientes residenciais em que diferentes sistemas (iluminação, segurança, climatização, entretenimento e outros) tornam-se conectados e integrados, permitindo automações e controles que ampliam conforto, segurança e eficiência no uso de recursos. Nessa perspectiva, elas também são descritas como “cavernas digitais”, nas quais os sistemas residenciais se conectam e se integram para reduzir esforço, tempo e consumo (Camargo e Pereira, s.d.).

Com a evolução acelerada das tecnologias, surgiu a possibilidade de automatizar tarefas do cotidiano, simplificando ações repetitivas e ampliando a autonomia dos moradores. Esse aspecto é especialmente relevante em contextos de acessibilidade, beneficiando pessoas com limitações motoras ou cognitivas, ao permitir que atividades domésticas sejam realizadas com menos esforço e maior precisão (Assis; Tófoli, 2014, p. 15). Em projetos de menor custo, plataformas e controladores acessíveis (como soluções baseadas em microcontroladores) podem ser utilizados para interligar dispositivos automatizados e centralizar o comando por meio de interfaces digitais, como servidores e aplicativos (Assis; Tófoli, 2014, p. 15).

Atualmente, os sistemas de automação disponíveis comercialmente podem acionar dispositivos elétricos com base em programações definidas pelo usuário ou por controle remoto, além de permitir integração entre subsistemas em um controlador central. Essa integração, quando bem planejada, tende a aumentar o aproveitamento dos recursos utilizados e a eficiência do sistema (Camargo e Pereira, s.d.). Em uma casa inteligente, busca-se que o sistema seja personalizável e ajustado às necessidades dos moradores, de modo que a automação atue como suporte às rotinas, elevando conforto, segurança e agilidade. Para isso, a qualidade da interface e a comunicação entre usuários, integradores e instaladores tornam-se fatores decisivos para um bom projeto (Camargo e Pereira, s.d.).

Historicamente, a automação residencial passou por etapas de evolução: soluções iniciais baseadas em comunicação pela própria rede elétrica (PLC – *Power Line Carrier*) apareceram como aplicações pontuais, e a popularização de computadores pessoais, internet e telefonia móvel contribuiu para ampliar a aceitação e o desenvolvimento de sistemas mais integrados, com queda de preços e maior adoção (Tekhne e Logos, 2016; Muratori; Dal Bó, 2011). Além disso, deve-se considerar que hábitos e rotinas variam com o tempo; por isso, sistemas inteligentes tendem a exigir adaptabilidade e aprendizagem sobre preferências e padrões de uso (Sgarpi, 2007, p. 18).

2.2. AUTOMAÇÃO

2.2.1. Introdução à automação

Ao tratar de casas inteligentes, é importante diferenciar automação de inteligência. A inteligência, nesse contexto, não se limita à execução de regras fixas ou comandos pré-programados: sistemas mais avançados devem interagir com o ambiente e, idealmente, aprender com comportamentos e preferências ao longo do tempo (Sgarpi, 2007, p. 18).

Muratori e Dal Bó (s.d.) definem automação residencial como um conjunto de serviços proporcionados por sistemas tecnológicos integrados, voltados a satisfazer necessidades de segurança, comunicação, gestão energética e conforto. Por essa abrangência, algumas publicações consideram o termo “domótica” mais adequado, especialmente no contexto europeu, por englobar um espectro mais amplo de aplicações (Muratori e Dal Bó, s.d.). Na mesma direção, a Asociación Española de Domótica (Cedom), citada por Muratori e Dal Bó (s.d.), caracteriza a domótica como a automatização e o controle aplicados à residência por meio de equipamentos capazes de comunicação interativa, execução de programas definidos pelo usuário e possibilidade de ajustes conforme interesses, resultando em melhor qualidade de vida, redução de trabalho doméstico, aumento de bem-estar e segurança, racionalização do consumo de energia e abertura contínua para novas aplicações.

No Brasil, o termo mais comum permaneceu “automação residencial”, derivado da expressão “home automation”. Ainda assim, independentemente da nomenclatura, o elemento central que caracteriza uma residência automatizada é a integração entre sistemas, aliada à capacidade de executar funções mediante

instruções programáveis. Essa integração pode abranger instalação elétrica (iluminação, persianas, cortinas), gestão de energia e sistemas de segurança (intrusão, fumaça, vazamento de gás, inundação, CFTV, controle de acesso), multimídia (áudio e vídeo), comunicações (telefonía, redes domésticas, TV por assinatura), entre outros (Muratori e Dal Bó, s.d.).

Do ponto de vista histórico, como já discutido anteriormente, as tecnologias residenciais começaram com módulos simples na década de 1970, que permitiam comandos por PLC e resolviam necessidades pontuais, evoluindo posteriormente para soluções mais integradas (Muratori e Dal Bó, s.d.). No Brasil, apesar da adoção crescente de tecnologia no cotidiano, a incorporação pela construção civil tende a ocorrer de forma mais lenta, seja por natureza dos ciclos de empreendimento (projetar–construir–entregar) ou por resistência organizacional à inovação, dificultando a integração de novas soluções (Muratori e Dal Bó, s.d.).

Entretanto, em um cenário de aumento de exigências tecnológicas do consumidor e de busca por praticidade, as inovações de automação residencial tornam-se relevantes, envolvendo conforto, segurança e potencial economia energética. Essa demanda tem estimulado empresas a se profissionalizarem no setor, ainda que existem barreiras de aceitação e disseminação (Tekhne e Logos, 2016). Paralelamente, há autores que discutem a automação residencial como um processo de evolução dos paradigmas de habitação, capaz de transformar uma casa convencional em um ambiente mais efetivo e responsivo (Monteiro, 2015). Bolzani (2004) aponta que o mercado já oferece sistemas com múltiplos recursos configuráveis pelo usuário, com possibilidade de expansão de funções de segurança e entretenimento.

Como síntese de benefícios, pode-se citar facilidades em comunicação, segurança, entretenimento, conforto e economia de energia, fatores que têm impulsionado a procura por residências preparadas para receber essas tecnologias (Aureside, citado por Bidi, 2013). Por fim, em termos conceituais mais amplos, automação pode ser entendida como a incorporação de dispositivos eletrônicos, mecânicos e softwares para executar tarefas e apoiar decisões, substituindo parcialmente processos antes exclusivamente humanos (Rosário, 2009).

2.3. NORMAS TÉCNICAS ENVOLVIDAS

Em instalações elétricas de baixa tensão, o atendimento às normas técnicas é essencial para garantir segurança, funcionamento adequado e conservação dos bens. A NBR 5410/2004 estabelece condições e requisitos para instalações elétricas de baixa tensão em edificações residenciais, comerciais e industriais, com foco em segurança de pessoas e animais, desempenho adequado e preservação patrimonial (ABNT, 2004).

Do ponto de vista da organização e proteção, uma instalação residencial deve possuir, no mínimo, quadro de distribuição de circuitos (QDC), responsável por abrigar dispositivos de seccionamento e proteção. Nesse contexto, disjuntores termomagnéticos atuam na proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos (IEC, 2021). Além disso, dispositivos diferenciais residuais (DR) são empregados para proteção contra choques elétricos associados a correntes de fuga, interrompendo o fornecimento quando atingidos limiares estabelecidos, conforme requisitos e aplicações normativas (IEC, 2024).

A proteção contra sobretensões transitórias também é relevante em instalações residenciais. A NBR 5419:2015 trata de requisitos relacionados à análise de risco e implementação de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) (ABNT, 2015). Complementarmente, a IEC 61643-11:2011 estabelece diretrizes para dispositivos de proteção contra surtos (DPS), incluindo coordenação por níveis (tipos 1, 2 e 3), de modo a preservar a instalação e equipamentos sensíveis conectados (IEC, 2011).

Para garantir que a instalação executada esteja em conformidade, a NBR 5410/2004 prevê procedimentos de verificação final, abordados no capítulo 7, com o objetivo de avaliar se a execução atende às exigências e prescrições normativas antes da liberação para uso (Lima Junior, 2013; ABNT, 2004). Essa verificação inclui inspeções e ensaios, recomendando-se inspeção visual e testes durante e/ou após a conclusão, antes da instalação ser colocada em serviço, como forma de assegurar conformidade (Pereira, 2016). Ainda segundo a NBR 5410/2004 (item 7.1.5), a verificação deve ser conduzida por profissionais qualificados e competentes em inspeções, com formação reconhecida pelos órgãos competentes e aptos a emitir relatórios e laudos de avaliação de instalações (ABNT, 2004).

2.4. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: UMA INTRODUÇÃO

O termo “Inteligência Artificial” ganhou forma a partir de discussões iniciadas em um workshop realizado em 1956, no Dartmouth College (EUA), que reuniu pesquisadores de áreas como teoria de autômatos, redes neurais e estudos da inteligência, influenciando o desenvolvimento da área como campo científico e tecnológico (Russell e Norvig, 2013). Desde então, a IA expandiu-se e passou a integrar diversas aplicações, do marketing e automação industrial ao diagnóstico por imagem, atuando como ferramenta de solução em problemas complexos.

Apesar de sua popularização, ainda não existe consenso único sobre uma definição de IA. Cozman e Neri (2021) indicam que um agente inteligente, em sentido amplo, deve representar conhecimento e incerteza, raciocinar, tomar decisões, aprender com experiências e instruções e interagir com o mundo e com outros agentes. Gabriel Filho (2023) reforça que a IA busca dotar máquinas — com rapidez de processamento e capacidade de armazenamento — de habilidades tipicamente humanas, como aprender, criar, perceber e tomar decisões, a fim de resolver problemas difíceis ou inviáveis para pessoas.

Para o escopo deste trabalho, adota-se a IA como conjunto de métodos e sistemas capazes de executar tarefas de forma autônoma (ou semiautônoma), com base em programação, identificação de padrões e adaptações derivadas de dados, sensores e interações ao longo do uso.

2.5. CASAS INTELIGENTES E SUA LIGAÇÃO COM A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A integração entre casas inteligentes e Inteligência Artificial tem ampliado a capacidade de as residências aprenderem padrões, adaptarem-se a preferências e automatizarem tarefas do cotidiano. Nos últimos anos, impulsionados por avanços em Internet das Coisas (IoT) e IA, produtos de automação residencial tornaram-se mais acessíveis e difundidos. Segundo Kimutai, Kelvin e Jasper (2022), o mercado global de casas inteligentes apresenta projeções de crescimento, podendo atingir US\$ 246 bilhões em 2025.

Uma casa inteligente frequentemente utiliza sensores, atuadores e dispositivos conectados por redes sem fio, como Wi-Fi, ZigBee e Bluetooth. Esses elementos são gerenciados por sistemas digitais que apoiam decisões e comandos,

seja com intervenção do usuário, seja com automatizações. Nesse cenário, algoritmos de IA podem analisar dados do ambiente e dos usuários para otimizar conforto, segurança e eficiência energética (Kimutai, Kelvin e Jasper, 2022).

Estudos sugerem que a expansão dessas tecnologias pode melhorar a qualidade de vida ao reforçar segurança e apoiar economia de energia, além de oferecer suporte a aspectos ligados à saúde e acessibilidade (Park e Han, 2025). Do ponto de vista industrial, grandes empresas de tecnologia investem em assistentes com IA e dispositivos conectados, favorecendo controle por voz e automações integradas, como discutido por Smith (2021). Em paralelo, projetos acadêmicos e experimentais contribuíram para avaliar essas tecnologias em ambientes controlados e reais, sustentando decisões de design e entendimento de necessidades de usuários (Chen et al., 2020; Gao e Li, 2022).

Ao explorar aplicações práticas de IA (controle de iluminação, climatização e segurança), discute-se também o conjunto de tecnologias que tornam essas soluções possíveis, incluindo IoT, aprendizado de máquina, processamento de linguagem natural, redes neurais e computação de borda (Gao e Li, 2022).

2.5.1. Aplicações práticas da Inteligência Artificial em casas inteligentes

2.5.1.1. Iluminação inteligente

Sistemas com IA podem ajustar iluminação e controle de persianas de forma automática para otimizar conforto visual e eficiência energética. Um estudo propôs a integração de lógica fuzzy e aprendizado por reforço profundo para coordenar luminárias e cortinas, buscando manter uniformidade luminosa e reduzir consumo em tempo real, com adaptação a variações do ambiente (Li et al., 2021). Além disso, algoritmos tendem a aprender preferências e padrões de uso, permitindo ajustes preditivos e reduzindo desperdícios. Considerando a participação da iluminação no consumo elétrico mundial, soluções baseadas em LEDs e controle inteligente podem contribuir para redução significativa desse consumo (Li et al., 2021).

2.5.1.2. Climatização e termostatos inteligentes

O aquecimento, a ventilação e o ar-condicionado (HVAC) respondem por uma parcela significativa do consumo de energia em edifícios, com uma média de

50% (Schwarz, 2020). Termostatos inteligentes com IA buscam equilibrar o conforto térmico e a economia de energia ao aprender os hábitos dos moradores. Uma inovação relatada em 2020 foi um termostato desenvolvido por pesquisadores do MIT, que utiliza algoritmos de Aprendizado por Reforço (Reinforcement Learning - RL) para aprender os parâmetros ideais de controle em apenas uma semana, um período muito menor do que os meses tradicionalmente necessários (Schwarz, 2020).

Esse novo termostato emprega técnicas de aprendizado de variedades (manifold learning) para reduzir a dimensionalidade do problema e focar em políticas de controle baseadas em limites, o que acelera o aprendizado com um volume menor de dados. Além disso, os algoritmos de RL são ativados por eventos (por exemplo, quando a temperatura sai da faixa ideal), em vez de intervalos fixos, o que economiza processamento e acelera a convergência. Com isso, o sistema ajusta aquecedores e condicionadores de ar de forma antecipada, levando em conta a rotina dos usuários e as mudanças climáticas externas, mantendo o conforto com consumo mínimo de energia (Schwarz, 2020). Termostatos comerciais, como Nest e Ecobee, já incorporam a IA para autoprogramação, ajustando o funcionamento do HVAC de forma otimizada (Marketsandmarkets, 2023). A aplicação de aprendizado de máquina em previsão de ocupação e detecção de janelas abertas refina ainda mais o controle térmico. O impacto dessas abordagens é mensurável: um experimento na Turquia mostrou que algoritmos inteligentes de gerenciamento de energia podem reduzir picos de demanda elétrica em 17,5% e o consumo total em até 38% (Joshi et al., 2023). Da mesma forma, um estudo na Suécia com 156 famílias relatou uma economia média de 9,5% na eletricidade após a adoção de recursos de casa inteligente (Liu et al., 2023).

2.5.1.3. Segurança residencial inteligente

A IA tem uma aplicação abrangente no monitoramento de segurança, usando sensores e análise de vídeo para detectar situações de risco de forma autônoma. Uma implementação comum envolve a visão computacional para reconhecer pessoas e atividades a partir de câmeras domésticas. Um estudo de 2025 descreve um sistema de segurança que usa Internet das Coisas (IoT) e IA para monitorar áreas da casa e notificar os moradores somente quando necessário. Nesse sistema, um sensor de movimento ativa uma câmera; em seguida, algoritmos de visão

baseados em IA processam as imagens para identificar quem acionou o movimento (Al-yamani et al., 2025).

O fluxo de funcionamento é o seguinte: ao detectar movimento, o sistema grava a cena e utiliza o reconhecimento facial para verificar se a pessoa é um morador conhecido. Se for, a situação é classificada como não ameaçadora e o alerta é descartado. Caso o rosto seja desconhecido, o sistema envia um alerta ao usuário, que pode acessar a câmera ao vivo ou tomar as devidas providências (Al-yamani et al., 2025). Essa inteligência diminui a necessidade de monitoramento constante, filtrando eventos relevantes e reduzindo alarmes falsos. A privacidade é preservada, pois as câmeras só ativam com a detecção de movimento, e as decisões de notificação são feitas localmente, evitando o envio desnecessário de imagens para a nuvem (Al-yamani et al., 2025). Além da visão, sistemas de segurança inteligentes empregam a detecção de padrões anômalos em dados de sensores (som, vibração, abertura de portas) para identificar comportamentos fora do comum. Esses modelos, baseados em aprendizado de máquina, podem aprender o "perfil" de atividade normal da casa e disparar alarmes somente se algo fugir do padrão esperado. A robustez desses sistemas é aprimorada com algoritmos como o YOLO (You Only Look Once) e outras redes neurais profundas, que aumentam a precisão na detecção de pessoas em vídeos (Khan, 2024).

2.5.1.4. Eletrodomésticos e gerenciamento de energia

Eletrodomésticos conectados podem ser agendados e coordenados por sistemas inteligentes para operar em janelas mais vantajosas, como horários de tarifa reduzida ou momentos de excedente de geração fotovoltaica. A literatura discute sistemas domésticos de gerenciamento de energia (EMS) que usam IA para decisões de ligar/desligar dispositivos, visando reduzir consumo e emissões (Gong et al., 2022). Estudos indicam ganhos reais em residências experimentais com controle automatizado, embora a otimização de múltiplas cargas seja um problema complexo e dependa de dados de boa qualidade para modelos preditivos mais robustos (Gong et al., 2022).

2.6. ASSISTENTES VIRTUAIS E CONTROLE POR VOZ

Assistentes virtuais, como Amazon Alexa, Google Assistant e Apple Siri, representam uma das interfaces mais populares de IA no ambiente doméstico. Esses sistemas combinam reconhecimento de fala e Processamento de Linguagem Natural (PLN) para compreender comandos e convertê-los em ações na rede doméstica (E-marketer, 2023). Em termos de funcionamento, a cadeia típica envolve conversão de áudio em texto, identificação da intenção do usuário por técnicas de compreensão de linguagem natural e tradução do comando para o protocolo/serviço associado ao dispositivo IoT, frequentemente com resposta ao usuário por síntese de fala (Zhou et al., 2023).

Estudos também discutem arquiteturas híbridas (IoT–fog–cloud), que combinam computação em nuvem com computação de borda para reduzir latência e permitir que certas respostas ocorram localmente (Zhou et al., 2023). O controle por voz é relevante por ampliar acessibilidade, por ser uma interação “mãos livres” e mais intuitiva para usuários com limitações motoras ou baixa familiaridade com tecnologias digitais (Zhou et al., 2023). A popularização de alto-falantes inteligentes e o crescimento do controle por voz reforçam essa tendência, integrando dispositivos residenciais e serviços digitais em um único ecossistema de interação (Mirza, 2020).

2.7. RECONHECIMENTO DE IMAGENS E ASSISTÊNCIA VISUAL

Além de segurança, a visão computacional amplia funcionalidades em casas inteligentes. Câmeras e algoritmos podem identificar moradores para ajustar preferências do ambiente (como iluminação e conteúdos), e sistemas de reconhecimento de atividades podem detectar situações de risco, como quedas, acionando alertas para cuidadores (Nicholas, 2021). Em aplicações domésticas, também existem propostas de monitoramento de estoque e reconhecimento de alimentos, assim como robôs aspiradores que utilizam visão e IA para mapeamento e desvio de obstáculos (Nicholas, 2021).

Como discutido, o processamento local pode ser uma estratégia para reduzir latência e preservar privacidade, minimizando envio de dados sensíveis para a nuvem (Al-yamani et al., 2025). De modo geral, observa-se que as aplicações de IA em casas inteligentes caminham de controles básicos para capacidades mais

adaptativas, viabilizadas pela combinação de sensores IoT e algoritmos que transformam dados em ações e insights úteis (Majumdar et al., 2022).

3. METODOLOGIA

3.1. DELINEAMENTO DA PESQUISA

O trabalho foi desenvolvido com abordagem metodológica mista, combinando uma etapa exploratória e uma etapa aplicada, de modo a permitir a seleção fundamentada das tecnologias e, em seguida, a validação prática por meio de um protótipo funcional. Trata-se, portanto, de uma pesquisa aplicada, pois busca gerar conhecimento com uso direto na solução proposta e produzir um material técnico informativo ao leitor.

A etapa qualitativa concentrou-se na análise comparativa e na escolha das tecnologias e arquitetura do sistema; já a etapa quantitativa foi incorporada na validação, por meio de coleta de dados de desempenho (tempo de resposta, confiabilidade de comunicação e, quando aplicável, consumo/estimativa de consumo), além do levantamento de custos dos materiais.

3.2. ETAPAS METODOLÓGICAS

A execução do trabalho foi organizada em etapas alinhadas aos seus objetivos. Inicialmente, realizou-se a revisão bibliográfica e normativa, com pesquisa sobre automação residencial, IoT, assistentes virtuais e segurança em instalações, a fim de embasar as decisões técnicas e reduzir riscos de implementação; nessa fase, também foram consultadas normas aplicáveis a instalações de baixa tensão e a dispositivos de proteção, como disjuntores, DR e DPS, orientando as recomendações elétricas adotadas. Em seguida, foi feito o levantamento de requisitos e a definição do escopo, estabelecendo as funções mínimas do sistema (pontos de iluminação, cargas simuladas e cenários), os modos de acionamento (aplicativo e voz), as restrições (baixo custo, fácil replicação e caráter demonstrativo) e a delimitação do projeto como prova de conceito. Na sequência, definiu-se a arquitetura do sistema, especificando o fluxo de controle do usuário até a atuação nas cargas (usuário → aplicativo/assistente de voz → plataforma/IoT → atuadores/cargas) e mapeando os elementos necessários para integração. Depois, elaborou-se uma modelagem elétrica orientativa, com foco

em eletrotécnica, propondo um modelo de circuito e recomendações típicas de proteção e seccionamento para uma residência com automação, deixando explícito que se trata de um guia técnico e não de um projeto executivo; essa etapa conectou o protótipo a boas práticas de instalação, contemplando proteções, seções de condutores, segregação de circuitos, identificação e organização. Posteriormente, ocorreu a construção e implementação do protótipo em escala reduzida (maquete), com integração de atuadores e cargas simuladas, configuração da plataforma escolhida e preparação dos comandos de acionamento.

3.3. MATERIAIS, FERRAMENTAS E COMPONENTES DO SISTEMA

Para viabilizar a prova de conceito, os dispositivos foram organizados em dois grupos: atuadores e sistema de controle/gerenciamento, por constituírem o núcleo funcional de uma automação residencial.

Os atuadores compreendem os elementos responsáveis por executar comandos no ambiente (ex.: acionamento e comutação de cargas). No trabalho, consideram-se como referências típicas interruptores e tomadas inteligentes, relés/módulos de automação e dimmers, tecnologias frequentemente associadas a controle remoto, agendamento e monitoramento.

O sistema de controle/gerenciamento é entendido como o conjunto integrado de dispositivos, protocolos e software responsável por comunicação e comando do ambiente automatizado. No protótipo, esta função é exercida por um dispositivo/plataforma compatível com IoT e com suporte à integração com assistentes virtuais.

Como ferramentas e recursos, consideram-se: smartphone com aplicativo de gerenciamento, rede local (Wi-Fi), materiais de montagem e instrumentos básicos para verificação/continuidade e organização das conexões, quando aplicável.

3.4. IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO E INTEGRAÇÃO COM ASSISTENTE VIRTUAL

A validação prática foi realizada por meio de um protótipo em escala reduzida, utilizando uma casa de bonecas como maquete para representar um ambiente real, permitindo visualização didática da aplicação dos recursos e

replicabilidade em baixo custo. O núcleo de automação adotou um dispositivo compatível com a plataforma Tuya Smart, atuando como módulo central de controle.

A escolha da plataforma se justifica pela integração com IoT e pela possibilidade de conexão com assistentes virtuais (por exemplo, Google Assistant e Amazon Alexa), viabilizando o controle por comandos de voz como elemento central da prova de conceito. No protótipo, os componentes e ligações foram identificados e correlacionados aos cômodos da maquete, contemplando controle de iluminação e simulação de acionamento de cargas/eletrodomésticos, com acionamento tanto via aplicativo quanto por voz.

3.5. LEVANTAMENTO DE CUSTOS E VIABILIDADE

A avaliação de viabilidade econômica da solução foi realizada por meio do levantamento de custos do protótipo, sistematizado em uma tabela contendo a lista de materiais, quantidades e valores unitários e totais. Esse procedimento permitiu estimar o investimento necessário para a construção da prova de conceito e discutir, de maneira objetiva, a replicabilidade do modelo em contextos acadêmicos e demonstrativos, alinhando-se à proposta de uma solução de baixo custo e fácil implementação.

Os valores apresentados constituem uma referência comparativa, uma vez que podem variar em função de fatores como região, disponibilidade de componentes, marca/fornecedor, condições de frete e oscilações de mercado. Dessa forma, a tabela de custos cumpre dupla função: apoiar a análise de viabilidade do protótipo e servir como base para estimativas em futuras expansões do sistema, considerando a ampliação do número de pontos automatizados e a inclusão de novos dispositivos.

3.6. LIMITAÇÕES E DELIMITAÇÕES METODOLÓGICAS

Por se tratar de uma prova de conceito em escala reduzida, os resultados obtidos devem ser interpretados como validação funcional e demonstrativa da integração (app/voz-IoT-atuador) e como base técnica orientativa para aplicações reais. O modelo de dimensionamento elétrico proposto deve ser apresentado como recomendação didática, não substituindo projeto executivo, ART e verificação final por

profissional habilitado, especialmente quando houver instalação em rede elétrica residencial real.

4. DESENVOLVIMENTO

Este capítulo apresenta o desenvolvimento da solução proposta, estruturado em requisitos, arquitetura de funcionamento, um modelo orientativo de instalação elétrica voltada à automação residencial (com foco em proteção e organização) e a implementação do protótipo em escala reduzida (maquete), integrado à plataforma Tuya Smart e a assistentes virtuais para controle por voz.

4.1. REQUISITOS DO SISTEMA E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

A solução foi concebida como prova de conceito para demonstrar a integração entre Domótica/IoT e assistentes virtuais, priorizando baixo custo, replicabilidade didática e funcionamento confiável dos pontos automatizados. A tabela 1 expõe os requisitos funcionais e não funcionais do sistema.

Tabela 1. Requisitos do sistema

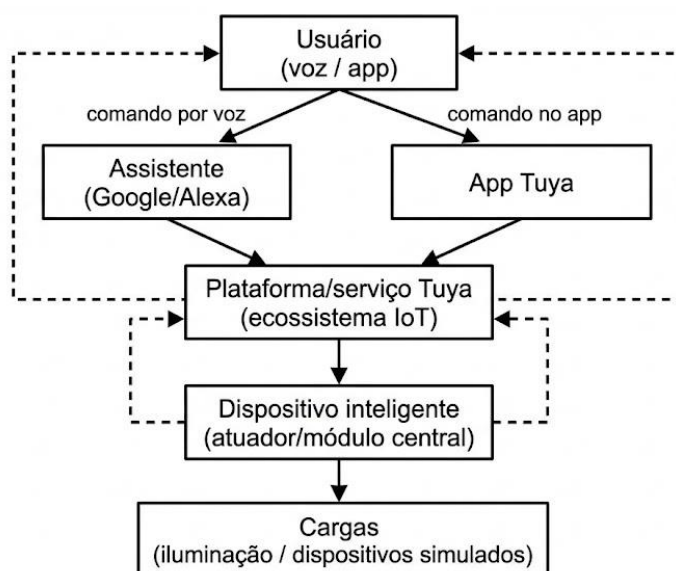
ID	Tipo	Requisito	Descrição	Critério mínimo de aceitação
RF-01	Funcional	Controle de iluminação	Acionar/desacionar iluminação por app e por voz	Executar comando por app e por voz com sucesso
RF-02	Funcional	Simulação de cargas	Representar cargas domésticas no protótipo	Acionar “carga” (bombinha/ventoinha) via comando
RF-03	Funcional	Multimodo de controle	Operar por voz, app e interruptor físico	As três formas funcionarem no protótipo
RF-04	Funcional	Integração com assistente virtual	Permitir controle por comandos de voz	Execução por voz comprovada no protótipo
RNF-01	Não funcional	Baixo custo / acessibilidade	Usar itens acessíveis e montagem simples	Lista de materiais e custo total apresentados
RNF-02	Não funcional	Organização e segurança (modelo)	Recomendar proteções e QDC no cenário real	Indicar QDC, disjuntores, DR e DPS

Fonte: (Autores, 2025)

4.2. ARQUITETURA DA SOLUÇÃO

A arquitetura empregada é típica de automação residencial com IoT: o usuário emite comandos pelo aplicativo ou por voz; a plataforma de automação gerencia o dispositivo inteligente (atuador/módulo), que por sua vez comanda as cargas (iluminação e dispositivos simulados). No protótipo, o núcleo utiliza um dispositivo compatível com Tuya Smart como módulo central, escolhido pela integração com IoT e pela conexão facilitada com assistentes virtuais (Google Assistant/Alexa). O diagrama de blocos é exibido na figura 1, a seguir:

Figura 1. Diagrama em blocos da arquitetura



Fonte: (Autores, 2025)

4.3. MODELO DE PROJETO ELÉTRICO ORIENTATIVO PARA CASA COM AUTOMAÇÃO

O presente trabalho tem como delimitação a demonstração de um modelo orientativo/didático e não um projeto executivo, visando demonstrar como a automação se encaixa em uma instalação real com organização e proteção.

4.3.1. Premissas adotadas: cenário de referência

Para viabilizar o dimensionamento, foi adotado um cenário de referência coerente com o contexto brasileiro:

- Sistema 127/220 V (típico em diversas regiões), com circuitos em 127 V e cargas específicas eventualmente em 220 V.
- Presença de QDC com proteção e seccionamento, incluindo disjuntores termomagnéticos e DR, conforme discussão do próprio capítulo de normas do presente trabalho
- Consideração de DPS como proteção contra surtos, alinhado às referências citadas (NBR 5419 e IEC 61643-11).

É importante ressaltar que a seção exata dos condutores e o disjuntor final dependem do método de instalação, temperatura, agrupamento e queda de tensão. Aqui foram adotados valores usuais em projetos residenciais, com caráter orientativo.

4.3.2. Levantamento de cargas: dados complementares do cenário

Como o presente trabalho não apresenta uma residência específica, adotou-se uma residência “tipo” apenas para fins de cálculo. As potências a seguir (tabela 2) são estimativas conservadoras para fechar o dimensionamento e podem ser substituídas por um caso de projeto real.

Tabela 2. Levantamento de cargas (cenário de referência)

Grupo	Circuito	Descrição	Potência adotada (W)	Tensão (V)	Observação
Iluminação	C1	Iluminação geral (LED)	600	127	Setores internos
TUG	C2	Tomadas de uso geral (quartos/sala)	1500	127	Carga diversificada
TUG	C3	Tomadas de uso geral (cozinha/área)	2000	127	Maior demanda típica
TUE	C4	Chuveiro (exemplo)	5500	220	Circuito exclusivo
Automação	C5	Hub/módulo + standby dispositivos	80	127	Alimentação organizada

Fonte: (Autores, 2025)

4.3.3. Cálculo das correntes de projeto

Para cada circuito monofásico, foi utilizada a relação:

$$I_b = \frac{P}{V}$$

onde I_b é a corrente de projeto, P a potência do circuito e V a tensão.

Cálculos com resultados já arredondados:

- C1: $I_b = 600/127 = 4,72 \text{ A}$
- C2: $I_b = 1500/127 = 11,81 \text{ A}$
- C3: $I_b = 2000/127 = 15,75 \text{ A}$
- C4: $I_b = 5500/220 = 25,00 \text{ A}$
- C5: $I_b = 80/127 = 0,63 \text{ A}$

4.3.4. Seleção orientativa de disjuntores, condutores e proteções

Para a seleção orientativa dos disjuntores e condutores, adotaram-se como critérios técnicos (i) capacidade de condução de corrente do condutor em função do método de instalação e condições de serviço, (ii) queda de tensão admissível no circuito, (iii) método de instalação/agrupamento e (iv) coerência entre corrente de projeto (I_b), disjuntor (I_n) e condutor, de modo que o dispositivo de proteção não permita sobrecarga no cabo. Como este é um modelo didático, não foi realizado o cálculo detalhado de queda de tensão e dos fatores de correção (temperatura/agrupamento), ficando registrados como critérios a serem verificados em um projeto executivo.

O QDC deve abrigar os dispositivos de proteção e seccionamento; o trabalho descreve a função dos disjuntores termomagnéticos (sobrecarga/curto) e do DR (fuga/choque), além do DPS como proteção contra surtos. A tabela 3 a seguir adiciona critérios de seleção para orientação de dimensionamento.

Tabela 3. Dimensionamento orientativo por circuito

Circuito	Potência (W)	Tensão (V)	Corrente (Ib) (A)	Disjuntor sugerido	Condutor sugerido	Proteções associadas	Critérios de seleção (registro)
C1 – Iluminação	600	127	4,72	10 A	1,5 mm ²	via DR (estratégia do QDC)	Capacidade de condução (método típico residencial); queda de tensão (a verificar); segregação por setor
C2 – TUG (quartos/sala)	1500	127	11,81	20 A	2,5 mm ²	DR 30 mA	Capacidade de condução; método de instalação típico; queda de tensão admissível (a verificar); tomadas de uso geral
C3 – TUG (cozinha/área)	2000	127	15,75	20 A	2,5 mm ²	DR 30 mA	Capacidade de condução; maior solicitação típica; queda de tensão (a verificar); setorização
C4 – TUE (chuveiro)	5500	220	25,00	32 A	6 mm ²	avaliar DR conforme estratégia	Capacidade de condução para alta corrente; circuito exclusivo; verificação de queda de tensão e método de instalação (a aplicar em projeto executivo)
C5 – Automação/SCG	80	127	0,63	10 A	1,5 mm ²	DR 30 mA	Baixa corrente com alimentação organizada; capacidade de condução; queda de tensão (a verificar); separação comando/gerenciamento

Fonte: (Autores, 2025)

Por se tratar de proposta orientativa, os valores de condutores e dispositivos de proteção foram escolhidos com base em práticas usuais para

instalações residenciais e devem ser confirmados em projeto executivo, considerando método de instalação, temperatura, agrupamento de condutores, comprimento dos circuitos e queda de tensão admissível, conforme prescrito em norma.

Proteções no QDC:

- Disjuntor geral: ex. 50–63 A (conforme demanda total e padrão de entrada)
- DR: 30 mA (proteção de pessoas). Estratégia típica: proteger circuitos de tomadas e áreas molhadas; o presente trabalho descreve seu papel de interromper o fornecimento em fuga de corrente.
- DPS: instalação coordenada no quadro para proteção de surtos, conforme discussão do TCC (NBR 5419 / IEC 61643-11).

4.3.5. Interpretação elétrica para automação

O ponto essencial é: automação não substitui a instalação elétrica, ela atua sobre ela. Assim, a residência deve ter circuitos organizados e protegidos; os dispositivos inteligentes (atuadores, interruptores inteligentes, módulos de relé, etc.) passam a comandar as cargas já existentes e, em alguns casos, requerem um circuito dedicado ou ponto de alimentação organizado para o “núcleo” de automação (hubs, fontes e controladores), como previsto no circuito C5.

4.4. IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO

O trabalho validou a integração entre automação residencial (domótica) e IA por meio da construção de um protótipo em escala reduzida usando uma casa de bonecas como maquete; essa abordagem foi descrita como prática e didática, coerente com validação de baixo custo e acessível.

O núcleo da automação utiliza dispositivo compatível com Tuya Smart, funcionando como módulo central, escolhido por sua integração com IoT e facilidade de conexão com Google Assistant e Amazon Alexa.

No protótipo, os componentes foram identificados e correlacionados aos cômodos para ilustrar funções como controle de iluminação e simulação de acionamento de eletrodomésticos; a prova de conceito central foi o comando de voz, além do controle por aplicativo e interruptores físicos.

4.4.1. Lista de materiais e custo do protótipo

Os materiais utilizados no projeto tiveram os custos descritos na tabela 4 a seguir:

Tabela 4. Materiais do protótipo

Produto	Preço unitário	Quantidade	Preço final
Fio 1,00 mm	R\$ 1,10 / m	6 m	R\$ 6,60
Spot	R\$ 3,66 / un	3 un	R\$ 10,98
Interruptor	R\$ 37,25 / un	2 un	R\$ 74,50
Bombinha	R\$ 21,40 / un	1 un	R\$ 21,40
Ventoinha 80×80 mm, 127 V	R\$ 35,00 / un	1 un	R\$ 35,00
Casa para montagem	R\$ 130,00 / un	1 un	R\$ 130,00
Total			R\$ 278,48

Fonte: (Autores, 2025)

4.4.2. Procedimento de montagem do protótipo

O protótipo seguiu os sete procedimentos a seguir, tendo como resultado o modelo mostrado na figura 2. Já na figura 3, é possível observar as ligações, o módulo e os dispositivos. A configuração da interface Tuya está exposta na figura 4.

1. Planejamento do layout: definição de cômodos na maquete e posicionamento dos pontos (spots) e cargas simuladas (bombinha/ventoinha).
2. Instalação dos pontos de iluminação: fixação dos 3 spots nos ambientes escolhidos.
3. Instalação das cargas simuladas: posicionamento da ventoinha (127 V) e da bombinha no local definido para simular “eletrodomésticos”.
4. Interligações elétricas: realização da fiação interna da maquete, com organização e identificação por cômodo e por função (iluminação vs. carga).
5. Integração com o módulo/atuator: conexão dos pontos no dispositivo compatível com Tuya Smart (módulo central).
6. Configuração no aplicativo Tuya: cadastro dos dispositivos, nomeação por cômodo, criação de comandos e cenários.

7. Integração com assistente virtual: vinculação da conta Tuya ao assistente (Google/Alexa), habilitando comandos de voz.

Figura 2. Protótipo (vista geral)



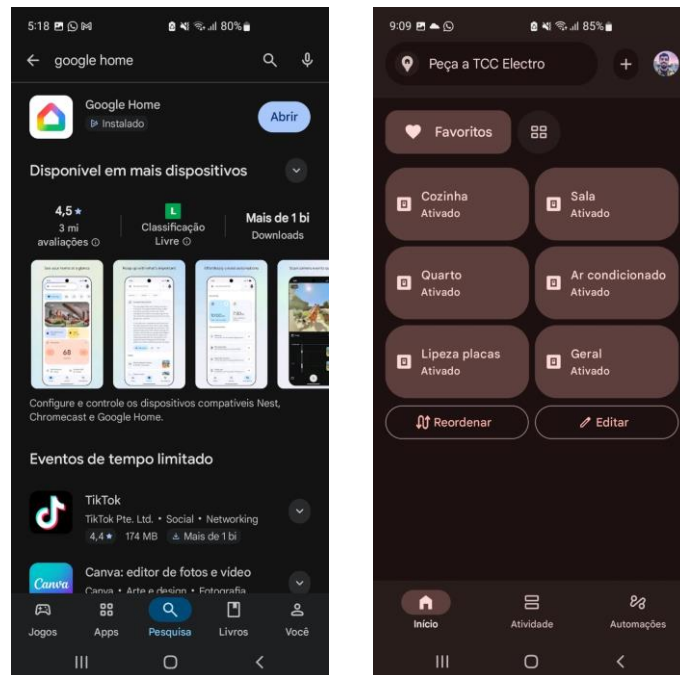
Fonte: (Autores, 2025)

Figura 3. Ligações/módulo/dispositivos



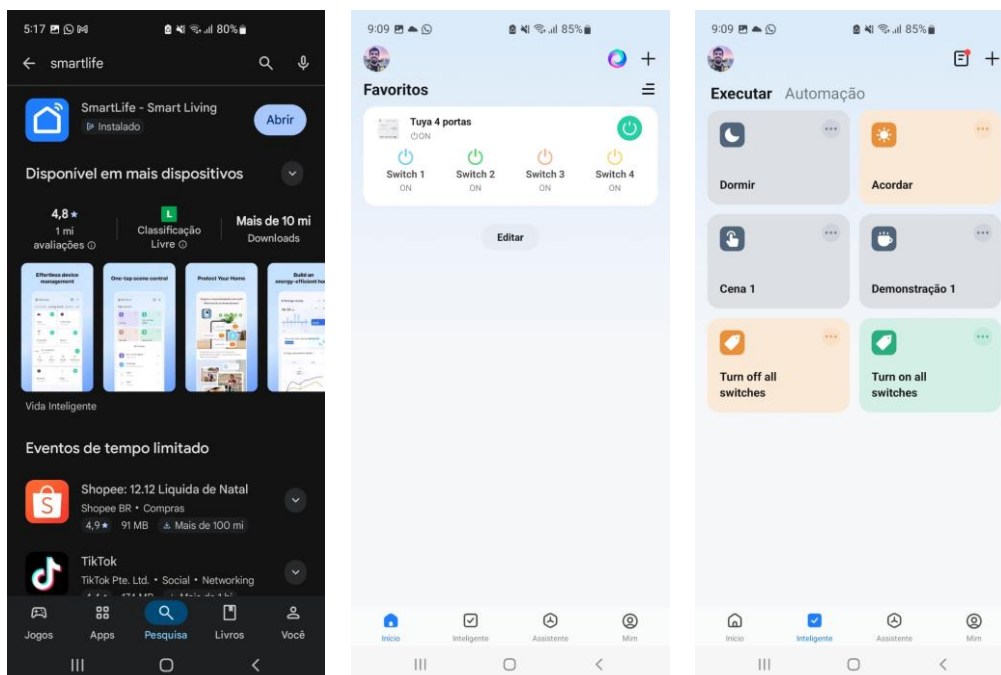
Fonte: (Autores, 2025)

Figura 4. prints da configuração nos apps tuya
Google Home (a)



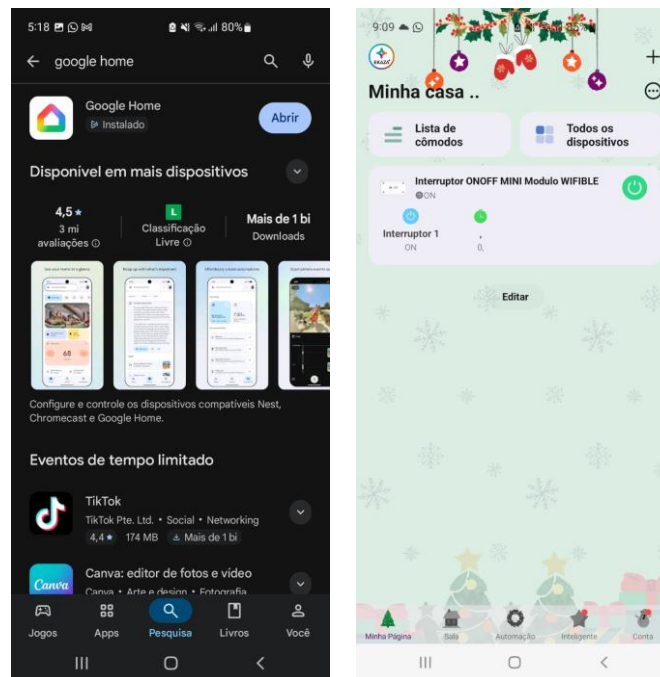
Fonte: (Autores, 2025)

SmartLife (b)



Fonte: (Autores, 2025)

Ekaza (6)



Fonte: (Autores, 2025)

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo discute os resultados obtidos com o desenvolvimento do protótipo de casa inteligente e a aderência da solução aos objetivos do trabalho, considerando tanto o desempenho funcional quanto aspectos de custo e limitações do escopo. A metodologia do estudo prevê uma abordagem mista, predominantemente qualitativa na escolha tecnológica, mas com elementos quantitativos na fase de testes, por meio de coleta de dados de desempenho como consumo energético e comunicação dos dispositivos, além de custos dos materiais.

5.1. VISÃO GERAL DOS RESULTADOS

A solução desenvolvida demonstrou viabilidade para automatização de cargas representativas do ambiente residencial (iluminação e dispositivos simulados), com integração a um ecossistema de Internet das Coisas (IoT) baseado na plataforma Tuya Smart e possibilidade de operação por diferentes formas de interação. A implementação permitiu: (a) configurar dispositivos por ambiente/cômodo, (b) acionar

cargas por aplicativo e por comando de voz, e (c) manter alternativa de controle físico por interruptor para continuidade operacional.

Do ponto de vista de engenharia, esse conjunto de resultados é relevante porque confirma a arquitetura típica de automação residencial (usuário → interface/assistente → plataforma IoT → dispositivo inteligente → carga) e evidencia que a automação pode ser aplicada como camada de comando sobre a instalação elétrica, desde que exista organização e proteção adequadas em quadro de distribuição (QDC), conforme recomendado no Capítulo 4.

5.2. VALIDAÇÃO FUNCIONAL E ADERÊNCIA AO ESCOPO PROPOSTO

A validação funcional consistiu em verificar, no protótipo, a execução das funções essenciais definidas nos requisitos: acionamento de iluminação e acionamento de cargas simuladas, com operação por aplicativo e por comando de voz. O controle multimodal (voz/aplicativo/interruptor) é um ponto positivo por reduzir dependência de um único canal de comando. Na prática, quando o comando por voz estiver indisponível (por instabilidade de rede, indisponibilidade do serviço do assistente ou falhas de vinculação), os modos alternativos preservam a usabilidade e a continuidade de operação.

Além disso, a identificação/organização por cômodos e a criação de rotinas/cenas no aplicativo contribuem para a compreensão didática do funcionamento do sistema e para a visualização de possíveis expansões, como novos pontos automatizados, novos sensores e cenários de automação. Esse resultado é compatível com o caráter de prova de conceito e com a proposta de demonstrar aplicabilidade de automação residencial com recursos acessíveis.

5.3. DISCUSSÃO ECONÔMICA E REPLICABILIDADE DO PROTÓTIPO

A análise de custos do protótipo evidencia a viabilidade de construção da prova de conceito com itens acessíveis e montagem didática. Considerando o custo total do protótipo (R\$ 278,48), observa-se que a maior parcela decorre da estrutura física da maquete, seguida pelos dispositivos de comando e, em menor proporção, pelos elementos de carga e iluminação.

Com base na Tabela de custos do Capítulo 4, a composição aproximada do custo total é: casa para montagem (46,68%), interruptores (26,75%), ventoinha (12,57%), bombinha (7,68%), spots (3,94%) e fio (2,37%). Esses percentuais demonstram que parte significativa do custo está associada ao componente didático/visual (maquete) e não representa, necessariamente, um custo equivalente em uma instalação real, onde o “ambiente” já existe. Em contrapartida, os custos de módulos/atuadores e dispositivos de comando são representativos do que tende a crescer conforme se amplia o número de pontos automatizados.

Do ponto de vista de replicabilidade, o protótipo é adequado para fins acadêmicos por permitir expansão incremental (adição de cômodos, novos atuadores, sensores e cenários) e por evidenciar o funcionamento integrado com assistentes virtuais, que constitui o diferencial demonstrativo do projeto.

5.4. LIMITAÇÕES DO PROTÓTIPO

Algumas limitações devem ser registradas para qualificar o escopo e evitar interpretações fora do contexto:

- Escala e ambiente controlado: a maquete não reproduz integralmente condições de instalação real (comprimentos de circuitos, métodos de instalação, queda de tensão, agrupamento de condutores, influência de interferências e características do QDC em operação).
- Dependência de conectividade e serviços: o desempenho do controle por voz pode variar conforme a qualidade da rede Wi-Fi e a disponibilidade do ecossistema (plataforma IoT e assistente virtual).
- Ausência de instrumentação detalhada (quando aplicável): caso as medições de latência, taxa de sucesso e consumo ainda não tenham sido realizadas, os resultados quantitativos devem ser adicionados para fortalecer a consistência metodológica e a robustez do capítulo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho atingiu o objetivo de desenvolver e validar uma solução de automação residencial em caráter de prova de conceito, por meio de um protótipo funcional em escala reduzida, integrado à plataforma Tuya Smart e com possibilidade

de acionamento por aplicativo e por assistentes virtuais, viabilizando o controle por comandos de voz. A implementação em maquete permitiu representar um ambiente residencial de forma didática e replicável, evidenciando a aplicação prática da automação no acionamento de cargas típicas, como pontos de iluminação e dispositivos simulados, além de demonstrar a organização do sistema por cômodos e a operação multimodal (voz/aplicativo/interruptor), o que contribui para continuidade e usabilidade em situações de indisponibilidade de um dos canais de comando.

Como contribuição complementar de caráter eletrotécnico, o trabalho apresentou um modelo orientativo de dimensionamento e organização de circuitos para uma residência com automação, conectando a camada de automação à infraestrutura elétrica convencional. Foram estabelecidas premissas de cenário, levantamento de cargas de referência, cálculo de correntes de projeto e indicação de seleção de condutores e disjuntores, além de recomendações de dispositivos de proteção e seccionamento em quadro de distribuição (QDC), com destaque para a relevância de disjuntores termomagnéticos, dispositivos diferenciais residuais (DR) e dispositivos de proteção contra surtos (DPS) para segurança e preservação de equipamentos. Ressalta-se que tais definições têm caráter didático e orientativo, não substituindo projeto executivo, verificação final e responsabilização técnica por profissional habilitado, conforme exigências normativas aplicáveis.

A análise de viabilidade econômica do protótipo, baseada no levantamento de materiais e custos, demonstrou que é possível construir uma solução demonstrativa com componentes acessíveis e montagem relativamente simples, sendo que parte significativa do custo está associada à estrutura física da maquete, elemento didático que não representa diretamente os custos de uma instalação real. Ainda assim, o levantamento fornece uma referência prática para projetos educacionais e permite estimar impactos financeiros da ampliação do número de pontos automatizados, especialmente quando se incorporam mais dispositivos de comando e atuadores.

Por fim, reconhecem-se limitações inerentes ao escopo de prova de conceito, principalmente quanto à escala reduzida e ao ambiente controlado, que não reproduz integralmente condições de uma instalação residencial real, como comprimentos de circuitos, métodos de instalação, agrupamento de condutores, queda de tensão e variabilidade de rede e de serviços em nuvem. Mesmo com tais limitações, os resultados indicam que o protótipo é tecnicamente coerente com a

arquitetura proposta e adequado aos objetivos do trabalho, servindo como base para expansão futura do sistema, com inclusão de novos sensores/atuadores, ensaios instrumentados de desempenho (tempo de resposta, confiabilidade e consumo) e adaptação do modelo elétrico orientativo para um estudo de caso real com dados de uma residência específica e validação completa conforme norma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

25 anos HiFi: a história da automação residencial no Brasil. HiFi Club, [S. l.], 26 ago. 2022.

ABNT NBR ISO/IEC 42001:2024. **Inteligência Artificial.** ACPD Brasil, [S. l.], 29 abr. 2024.

AL-YAMANI, Y.; AL-QATAWNEH, S.; BANI-ISSA, F. **Smart Home Security System with IoT and Artificial Intelligence.** *Sensors*, v. 25, n. 4, p. 1198, 2025.

ALVES, Renato. **Casa inteligente para iniciantes.** Rio de Janeiro: Brasport, 2021.

BALDO, Leonardo Henrique; BRAGA, Marcelo. **Sistema de automação residencial para monitoramento e controle de carga baseado em plataforma IoT com interface web.** In: CONGRESSO SUL-BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS, 2., 2017, Pato Branco. *Anais [...]*. Pato Branco: UTFPR, 2017. p. 1-10.

BEZERRA, Marizete et al. **Casa inteligente: revisão bibliográfica sobre automação residencial e sustentabilidade.** *Revista Eletrônica Acervo Técnico*, [S. l.], v. 2, n. 4, p. 57-64, 2017.

BIEGELMEYER, Anderson. **Controle de automação de cargas de baixa tensão e monitoramento do consumo de energia elétrica residencial via rede TCP/IP.** 2013. 112 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Computação) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2013.

BRITO, Danielly Rodrigues. **A Internet das Coisas na Agricultura**. In: LOPES, Marcelo de Jesus (org.). *Tópicos em Engenharia Elétrica*. Piracicaba: Editora Schriében, 2021. p. 85-98.

CAMARGO, E. C. **Casas inteligentes**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO. [S. l.], 2015.

CESÁRIO, [et al.]. **Arquitetura para gerenciamento de dispositivos através de assistentes virtuais comandados por voz**. [S. l.]: Instituto Metrópole Digital; Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN); Faculdade de Computação, Universidade Federal do Pará (UFPA); Centro de Ciências Computacionais, Universidade Federal do Rio Grande (FURG), [s.d.].

COGLIATTI, Rafael Seabra. **Cidades inteligentes: análise do conceito e de iniciativas no Brasil**. 2019. 133 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

COMPREENDENDO as diferenças entre robótica e automação. Horus Aeronaves, [S. l.], 28 jul. 2023.

COZMAN, Fabio G.; NERI, Hugo. **O que, afinal, é Inteligência Artificial?** In: COZMAN, Fabio G. et al. (org.). *Inteligência artificial* [livro eletrônico]: avanços e tendências. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, 2021. PDF.

E-MARKETER. **US Smart Speaker Users, 2023-2027**. 2023.

GABRIEL FILHO, Oscar. **Inteligência artificial e aprendizagem de máquina: aspectos teóricos e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2023.

GOMES, A. L. N. S. **Inteligência Artificial**. [S. l.]: Planeta de Libros, 2021.

GONÇALVES, Paulo André da S. **Comunicação sem fio: domótica, casas digitais, casas inteligentes e gerenciamento através de dispositivos móveis**. 2005. 24 f. Apresentação de aula.

GONG, Y. et al. **A review of smart home energy management systems and their applications**. *Journal of Cleaner Production*, v. 355, 2022.

JOSHI, M. et al. **Smart Home Energy Management System Using Hybrid Reinforcement Learning**. *Energies*, v. 16, n. 1, p. 556, 2023.

KHAN, Z. R. K. et al. **A Deep Learning-Based Smart Home Security System Using YOLOv8 and Image Recognition**. *PeerJ Computer Science*, v. 10, e1964, 2024.

KIMUTAI, M. S.; KELVIN, O. K.; JASPER, O. M. **Challenges and Opportunities for Smart Homes Deployment in Developing Countries: A Case Study of the User Perspective in Kenya**. *Open Access Library Journal*, v. 9, n. 7, 2022.

LI, B. et al. **A Smart Lighting System for Energy Saving and User Comfort in Indoor Environments**. *Sensors*, v. 21, n. 21, p. 7196, 2021.

LIU, S. et al. **Smart Home Energy Management: A Field Study of Swedish Households**. *Sustainability*, v. 15, n. 14, p. 11046, 2023.

LOPES, Guilherme Fernandes; BORSATO, Maurício. **O uso da tecnologia no contexto de cidades e casas inteligentes**. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA (ETE), 2018, Curitiba. *Anais [...]*. Curitiba: Uninter, 2018. p. 27-40.

MAJUMDAR, D. et al. **Smart Home Technology: A Systematic Review of Security and Privacy Concerns**. *Scientific Research*, 2022.

MARKETSANDMARKETS. **Smart Home Market**. 2023.

MIRZA, F. S. **The Rise of Voice Assistants in the Smart Home: A Systematic Review**. *Journal of Medical Internet Research*, v. 22, n. 8, e20739, 2020.

MONTEIRO, Pedro Jose Santos. **Aplicação Android para sistema de domótica**. 2015. 117 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Viseu, Viseu, 2015.

NICHOLAS, H. et al. **Smart Home Assistance for the Elderly using Machine Learning and IoT**. *arXiv preprint*, arXiv:2104.02058, 2021.

O QUE são cidades inteligentes e como elas formam o futuro sustentável? Além da Energia, [S. l.], 21 fev. 2023.

OLIVEIRA, Alex Henrique Firmino de; SILVA, Lucas Micael Pereira da; CALLEGARO, Marcos Aparecido. **Casa automatizada**. 2022. 36 f. TCC (Técnico em Mecatrônica) – ETEC Paulino Botelho, São Carlos, SP, 2022.

OLIVEIRA, Thiago Ferreira de; SILVA, Marcelo Ferreira da. **Automação residencial de baixo custo utilizando Arduino e software livre**. In: JORNADA TÉCNICO-CIENTÍFICA DO CENTRO PAULA SOUZA, 9., 2016, Botucatu. *Anais da IX Jornada Técnico-Científica do Centro Paula Souza*. Botucatu: Fatec Botucatu, 2016. p. 1-6.

PEREIRA, Carlos Eduardo; RÜTHER, Ricardo. **Domótica: conceitos e tecnologias**. *SBA Controle & Automação*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 4, p. 418-431, 2006.

QUAL a diferença de automação e robótica? Programa E, [S. l.], 27 set. 2023.
REVISTA FATECBT. **Casa inteligente – sistema de automação residencial**. [S. l.], 2021.

RIBEIRO, Marcos Antônio. **Automação industrial**. 4. ed. Salvador: [s.n.], 2001.
RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Inteligência artificial**. Tradução de Regina Célia Simille. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

SANTOS, Antônio Carlos dos; MORAES, Roque Ismael da Costa; SILVA, Cláudio Roberto da. **Cidades inteligentes: o futuro sustentável das cidades**. *Tecnologia & Logística*, Botucatu, v. 3, n. 1, p. 72-83, jan./jun. 2015.

SANTOS, Maurício dos. **Desenvolvimento de um sistema supervisório para automação residencial utilizando a plataforma Arduino**. 2017. 101 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

SCHLICHTING, Matheus Felipe; MATOS, Leonardo de. **Comunicação por IoT para gerenciamento energético em sistemas de automação residencial**. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA, 8., 2023, Pato Branco. *Anais [...]*. Pato Branco: UTFPR, 2023. p. 1-6.

SCHWARZ, L. J. **MIT-developed smart thermostat learns your preferences in just a week**. *MIT News*, 2020.

SGARBI, Julio André. **Domótica inteligente: automação residencial baseada em comportamento**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, 2007.

SILVA, Alexandre Martins da; SANTOS, Guilherme Ferreira dos; OLIVEIRA, Carlos Eduardo de. **Uma revisão sobre tecnologias de automação residencial**. *Technology and Science*, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1-13, 2019.

SILVA, Ana Paula da. **Cidades inteligentes: um estudo sobre o conceito e as iniciativas no Brasil**. 2015. 138 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015. SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENGENHARIA CIVIL. **Apostila RTE 236: Robótica e Inteligência Artificial**. [S. l.]: SBEC, 2023.

TÓFOL, Ricardo José. **Casa inteligente – sistema de automação residencial**. 2014.

WOLFF, J. **A Inteligência Artificial no Mundo Moderno**. [S. l.]: Editora Z, 2023.

ZHOU, X. et al. **A Framework for Multilingual Voice Control in Smart Homes.**
Sensors, v. 23, n. 11, p. 5092, 2023.