

Associação Propagadora Esdeva
Centro Universitário Academia –
UniAcademia
Curso de Sistemas de Informação
Trabalho de Conclusão de Curso

Integração de Dispositivos IoT em Automação Residencial: Desafios e Soluções com Protocolos Heterogêneos

Augusto César dos Reis Rossi¹
Centro Universitário Academia, Juiz de Fora, MG

Tassio Ferenzini Martins Sirqueira²
Centro Universitário Academia, Juiz de Fora, MG

Linha de Pesquisa: Engenharia de Software

Resumo

[Contexto] A automação residencial, impulsionada pela Internet das Coisas (IoT), enfrenta desafios crescentes na integração de dispositivos de diferentes fabricantes e protocolos, como Zigbee e Wi-Fi. Esses desafios refletem a diversidade de tecnologias disponíveis, motivando a busca por soluções que promovam interoperabilidade e eficiência. [Objetivo] Este trabalho investiga as dificuldades associadas à integração de dispositivos IoT heterogêneos e avalia a aplicação de cenários práticos para demonstrar a viabilidade de um sistema unificado. [Metodologia] A metodologia incluiu a análise de dispositivos amplamente utilizados no mercado, configurados em um ambiente residencial para simular cenários reais. Foram avaliadas as capacidades de comunicação, interoperabilidade e adaptação entre sensores e atuadores. [Resultados] O estudo destaca as barreiras encontradas na integração de diferentes protocolos e apresenta considerações sobre estratégias práticas para superá-las, como o uso de padrões abertos e modulares. [Considerações] A compreensão das dificuldades de interoperabilidade em sistemas IoT, apontando direções para pesquisas futuras que explorem a evolução de tecnologias mais integradas e eficientes.

Palavras-chave: automação residencial, IoT, interoperabilidade, Zigbee, Wi-Fi, integração de dispositivos.

Abstract:

[Context] Home automation, driven by the Internet of Things (IoT), faces growing challenges in integrating devices from different manufacturers and protocols, such as Zigbee and Wi-Fi. These challenges reflect the diversity of available technologies, emphasizing the need for solutions that promote interoperability and efficiency.

¹ Discente do Curso de Sistemas de Informação do Centro Universitário Academia – UniAcademia. E-mail: eng.augustorossi@gmail.com.

² Docente do Curso de Sistemas de Informação do Centro Universitário Academia. Orientador.

[Objective] This study investigates the difficulties associated with integrating heterogeneous IoT devices and evaluates practical scenarios to demonstrate the feasibility of a unified system. [Methodology] The methodology included the analysis of widely used devices configured in a residential environment to simulate real scenarios. Communication, interoperability, and adaptation capabilities between sensors and actuators were evaluated. [Results] The study highlights the barriers encountered in integrating different protocols and presents considerations on practical strategies to overcome them, such as the use of open and modular standards. [Considerations] To understanding the interoperability challenges in IoT systems, pointing out directions for future research exploring the evolution of more integrated and efficient technologies.

Keywords: home automation, IoT, interoperability, Zigbee, Wi-Fi, device integration.

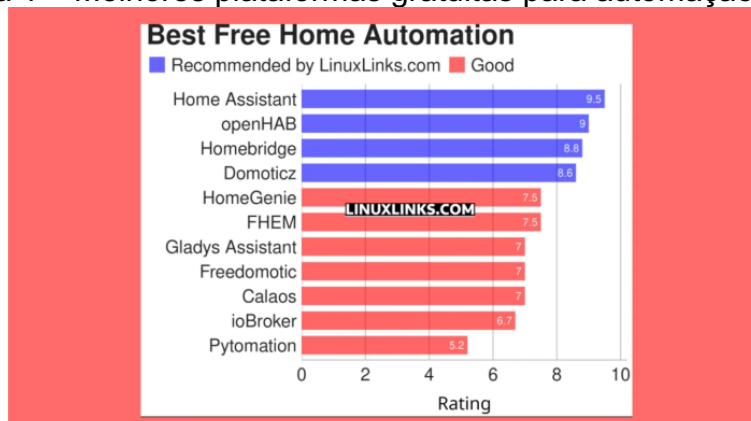
1 INTRODUÇÃO

A automação residencial representa um avanço tecnológico que transforma residências em ambientes inteligentes, conectados e eficientes e para acessibilidade (Gomes e Sirqueira, 2020). Ela permite o controle remoto ou automatizado de sistemas como iluminação, climatização e segurança, utilizando dispositivos conectados à rede e compatíveis com assistentes virtuais. Por exemplo, lâmpadas podem ser programadas para acender ou apagar conforme horários predefinidos ou a presença de moradores, enquanto sistemas de climatização ajustam a temperatura com base em sensores de presença ou condições climáticas externas.

No entanto, integrar dispositivos de diferentes marcas e protocolos ainda é um desafio, considerando a fragmentação tecnológica e a falta de padronização na comunicação entre dispositivos IoT (Internet das Coisas). Estudos como o Comparação entre protocolos de comunicação (Farias et al., 2020) destacam a importância de sistemas centralizados que ofereçam interoperabilidade entre dispositivos heterogêneos, garantindo um controle eficiente e seguro.

O mercado oferece plataformas que prometem integrar estes sistemas e solucionar este problema.

Figura 1 – Melhores plataformas gratuitas para automação



Fonte: <https://sempreupdate.com.br/>

Este trabalho busca explorar soluções para integrar dispositivos IoT em sistemas unificados, investigando o uso de tecnologias como *Zigbee* e *Wi-Fi* e analisando ferramentas que facilitam essa integração. A proposta inclui a implementação de cenas inteligentes que automatizam tarefas como iluminação e climatização, utilizando dados de sensores para ajustar as funções conforme as necessidades dos moradores. Algumas ferramentas mais populares foram levadas em questão para se fazer um estudo de caso para solução deste problema.

Tabela 1. Comparativo das ferramentas.

Atributos	<i>Home Assistant</i>	Homebridge	openHAB	Domoticz
Compatibilidade com Múltiplos Protocolos (Zigbee, Z-Wave, MQTT, etc.)	Sim	Não	Sim	Não
Possui Interface Gráfica	Sim	Não	Não	Sim
Suporte Nativo para Monitoramento de Energia	Sim	Não	Sim	Sim
Suporte a Controle de Dispositivos via Aplicativo Móvel	Sim	Sim	Sim	Sim
Suporte Nativo a Projetos DIY (Hardware Personalizado)	Sim	Não	Sim	Não

Fonte: Elaboração Própria

Conforme a Tabela 1, foi escolhido o *Home Assistant* por possuir todos os atributos desejados para tratativa do problema abordado tendo compatibilidade com múltiplos protocolos, interface gráfica, monitoramento de energia, suporte a dispositivos moveis por meio de aplicativos e suporte nativo a hardware personalizado como microcontroladores ESP32³ (SILVA, 2020), vamos utilizar este software como estudo de caso em um cenário real, vamos nos referir ao projeto como “projeto Casa A”, esta plataforma demonstrou ser a mais completa para o nosso estudo.

*Home Assistant*⁴ é uma plataforma open-source que integra diversos dispositivos e protocolos, oferecendo flexibilidade e privacidade com operação local. *Homebridge*⁵ é ideal para integrar dispositivos ao ecossistema Apple *HomeKit*⁶, mas tem suporte limitado a outros protocolos. *OpenHAB*⁷ é modular e escalável, com amplo

³ ESPRESSIF SYSTEMS. ESP32 Overview. Disponível em: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>. Acesso em: 6 dez. 2024.

⁴ HOME ASSISTANT. The Home Assistant Documentation. Disponível em: <https://www.home-assistant.io/docs/>. Acesso em: 6 dez. 2024.

⁵ HOMEBRIDGE. Home Page. Disponível em: <https://homebridge.io/>. Acesso em: 6 dez. 2024.

⁶ APPLE INC. Apple HomeKit: Tecnologia para automação residencial. Disponível em: <https://www.apple.com/br/ios/home/>. Acesso em: 6 dez. 2024.

⁷ OPENHAB. Home Page. Disponível em: <https://www.openhab.org/>. Acesso em: 6 dez. 2024.

suporte ⁸a dispositivos, embora exija maior conhecimento técnico. Domoticz⁹ é uma solução leve para automações básicas, com suporte limitado a protocolos principais. Cada plataforma atende diferentes necessidades de automação residencial.

Além das características individuais, é importante considerar o suporte técnico e as comunidades que sustentam cada plataforma. Home Assistant e openHAB possuem comunidades ativas que oferecem atualizações e tutoriais, facilitando adaptações a novas demandas. Domoticz, apesar de mais simples, atende projetos específicos, priorizando simplicidade ou personalização.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar a viabilidade de integrar dispositivos de diferentes fabricantes e protocolos em um sistema centralizado de automação residencial, destacando os desafios e soluções para criar um ambiente inteligente, eficiente e seguro. O estudo analisa plataformas de automação disponíveis no mercado e demonstra, por meio de um estudo de caso, a escalabilidade, flexibilidade e adaptabilidade de uma solução baseada em servidor local, promovendo maior controle e privacidade sem dependência de soluções em nuvem.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar os principais desafios na integração de dispositivos IoT de diferentes fabricantes e protocolos no contexto da automação residencial, considerando a fragmentação tecnológica e as limitações de interoperabilidade entre dispositivos. A integração eficaz de dispositivos de diferentes fabricantes é importante para superar barreiras técnicas e criar um ambiente doméstico conectado, conforme discutido em estudos (Farias et al., 2020).

Explorar soluções que promovam a integração de dispositivos IoT em um sistema unificado, analisando critério como escalabilidade, flexibilidade e usabilidade, propondo alternativas que assegurem comunicação eficiente entre dispositivos heterogêneos, impactando positivamente a funcionalidade e a experiência do usuário.

Propor automações que otimizem a gestão residencial, incorporando dados coletados por dispositivos conectados, como sensores de presença, iluminação e climatização, para demonstrar como cenários automatizados podem contribuir para a eficiência, segurança e conforto no ambiente doméstico.

Examinar os benefícios de um sistema centralizado e local, avaliando como a eliminação de dependências de servidores externos pode oferecer maior privacidade

⁹ DOMOTICZ. Home Page. Disponível em: <https://www.domoticz.com/>. Acesso em: 6 dez. 2024.

e controle aos usuários, incluindo a adoção de boas práticas de segurança para assegurar a confiabilidade do sistema e a proteção dos dados.

Desenvolver uma abordagem prática que demonstre a viabilidade de integrar dispositivos heterogêneos em uma solução unificada, considerando a capacidade de expansão e adaptação do sistema às necessidades futuras dos usuários, contribuindo com soluções que combinem flexibilidade, escalabilidade e eficiência no gerenciamento de dispositivos IoT em residências inteligentes.

3 REVISÃO DA LITERATURA

A automação residencial, impulsionada pela Internet das Coisas (IoT), tem evoluído significativamente, conectando dispositivos inteligentes em cenários automatizados que abrangem desde sensores básicos até sistemas complexos de controle. Historicamente, a domótica iniciou-se com sistemas mecânicos e eletromecânicos no início do século XX, ganhando destaque nas últimas décadas com os avanços da eletrônica e das redes de comunicação. O conceito de "casa inteligente" popularizou-se na década de 1990, embora as soluções da época fossem onerosas e pouco intuitivas. A verdadeira transformação ocorreu com a IoT, que permitiu a conexão de dispositivos em redes sem fio, simplificando o controle doméstico por meio de plataformas acessíveis e flexíveis.

No início dos anos 2000, padrões como X10 e KNX ofereceram mais recursos, mas enfrentaram desafios de interoperabilidade. Nesse contexto, surgiram soluções *open source* destinadas a integrar dispositivos de diferentes fabricantes e protocolos, reduzindo a dependência de serviços em nuvem e ampliando o controle do usuário. A IoT conecta dispositivos físicos por meio de sensores e software, transformando ambientes residenciais e permitindo interações dinâmicas e responsivas. Termostatos, lâmpadas, fechaduras e sensores comunicam-se para criar cenários automatizados, ajustando a temperatura por exemplo, ou, desligando luzes com base na presença de pessoas.

Apesar das barreiras de integração devido a padrões proprietários, plataformas utilizam protocolos como *MQTT*, *Zigbee* e Wi-Fi para centralizar o controle de dispositivos, oferecendo automações personalizadas e complexas. Contudo, encontramos a barreira onde os fabricantes utilizam aplicativos diferentes para controlar seus dispositivos, dificultando tal interação, tendendo a criar dificuldades para o usuário final se vendo dependente do fabricante.

Estudos recentes ilustram essas tendências (Maia, 2022) realizou uma análise comparativa entre as tecnologias Wi-Fi e *ZigBee* em um estudo de caso de uma casa inteligente, identificando vantagens e desvantagens de cada sistema no contexto da automação residencial sem fio. Os resultados indicaram que o sistema baseado em *ZigBee* apresentou benefícios em termos de custos de implementação e segurança, enquanto o sistema Wi-Fi destacou-se pela maior consolidação no mercado, embora exigisse roteadores mais potentes para suportar a alta quantidade de dispositivos inteligentes na rede. Concluiu-se que, para o caso estudado, a rede *ZigBee* ofereceu melhor custo-benefício e outras vantagens.

3.1 INTEGRAÇÃO DE PLATAFORMAS DE AUTOMAÇÃO

A automação residencial, impulsionada pela Internet das Coisas (IoT), enfrenta desafios significativos na integração de dispositivos de diferentes fabricantes e protocolos de comunicação. Historicamente, soluções proprietárias resultaram em sistemas fragmentados, dificultando a interoperabilidade e a expansão. Com o avanço tecnológico, surgiram plataformas como Google Home¹⁰, *Amazon Alexa*¹¹ e *Apple HomeKit*, que buscam centralizar o controle de dispositivos domésticos. No entanto, essas plataformas dependem de servidores externos, levantando preocupações quanto à privacidade e à segurança dos dados dos usuários.

A integração eficaz de dispositivos IoT em ambientes residenciais requer soluções que operem localmente, sem a necessidade de conexão constante à nuvem, proporcionando maior controle e personalização aos usuários, além de reduzir vulnerabilidades associadas à exposição de dados na internet. A escalabilidade dessas soluções pode permitir a adição de novos dispositivos e funcionalidades conforme as necessidades dos usuários evoluem. Portanto, a escolha da plataforma de automação deve considerar não apenas a compatibilidade com dispositivos existentes, mas também a flexibilidade para futuras expansões e a garantia de privacidade e segurança dos dados.

Estudos recentes (Farias et al., 2020) destacam a importância de arquiteturas modulares e protocolos de comunicação padronizados para facilitar a integração de dispositivos IoT em sistemas de automação residencial. A utilização de protocolos como MQTT, *Zigbee* e *Z-Wave* tem se mostrado eficaz na promoção da interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes, permitindo a criação de sistemas mais coesos e expansíveis. Além disso, a implementação de soluções *open-source* oferece aos usuários a flexibilidade necessária para personalizar e adaptar seus sistemas de automação às necessidades específicas de cada residência.

Em suma, a integração de plataformas de automação residencial requer uma abordagem holística que considere a diversidade de dispositivos e protocolos, a necessidade de interoperabilidade, a segurança dos dados e a escalabilidade do sistema. A adoção de padrões abertos e soluções flexíveis é importante para o desenvolvimento de ambientes residenciais inteligentes, seguros e adaptáveis às demandas futuras.

3.2 CENAS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM DISPOSITIVOS IOT

A automação residencial, alicerçada na Internet das Coisas (IoT), permite a criação de cenários nos quais dispositivos interagem de forma autônoma, baseando-se em eventos e condições predefinidas. Esses cenários otimizam o consumo de energia, elevam a segurança e proporcionam maior conforto aos moradores. Por exemplo, é possível ajustar automaticamente a iluminação e a temperatura conforme

¹⁰ Google Home: GOOGLE LLC. Documentação oficial do Google Home. Disponível em: <https://support.google.com/googlenest/>. Acesso em: 6 dez. 2024.

¹¹ Amazon Alexa: AMAZON INC. Documentação oficial do Amazon Alexa. Disponível em: <https://developer.amazon.com/en-US/alexa>. Acesso em: 6 dez. 2024.

a presença de pessoas ou receber alerta quando sensores detectam movimentos em áreas restritas.

No entanto, a implementação desses cenários enfrenta desafios significativos, especialmente quando envolve dispositivos de diferentes fabricantes. A ausência de padrões unificados resulta em um ecossistema fragmentado, onde dispositivos não conseguem se comunicar diretamente, exigindo o uso de hubs ou gateways que atuam como pontes entre sistemas, o que pode limitar as funcionalidades da automação. Além disso, a diversidade de protocolos de comunicação, como *Zigbee*, *Z-Wave*, Wi-Fi e Bluetooth, complica a integração, pois cada protocolo possui características específicas que podem não ser compatíveis entre si. Essa heterogeneidade tecnológica demanda soluções que promovam a interoperabilidade, permitindo que dispositivos de diferentes fabricantes e protocolos funcionem de maneira coesa dentro de um mesmo sistema de automação residencial.

Portanto, ao desenvolver cenários de automação residencial com dispositivos IoT, podemos considerar a compatibilidade entre os dispositivos e os protocolos utilizados, bem como a necessidade de soluções que facilitem a integração e a comunicação eficiente entre componentes heterogêneos. Isso assegura que os cenários automatizados operem de forma harmoniosa, atendendo às expectativas de eficiência, segurança e conforto dos usuários. Conforme destacado em estudos recentes (Ribeiro, 2019), a automação residencial enfrenta desafios relacionados à integração de dispositivos de diferentes fabricantes e protocolos, exigindo soluções que promovam a interoperabilidade e a comunicação eficiente entre componentes heterogêneos.

3.3 CONCLUSÃO DA REVISÃO DA LITERATURA

A automação residencial tem nos apresentados avanços notáveis ao longo das últimas décadas, especialmente com o advento da IoT (Silva, 2020) e a disponibilização de plataformas mais acessíveis e versáteis. Entre essas, destacam-se soluções que permitem a integração de dispositivos de diversos fabricantes e protocolos, além de possibilitar a criação de cenários de automação que atendem a diferentes necessidades.

Essas plataformas oferecem vantagens como o controle local, dispensando o uso de serviços em nuvem, o que aumenta a segurança e o controle para os usuários. Além disso, com uma ampla gama de funcionalidades e uma comunidade ativa que constantemente desenvolve novas integrações, elas se posicionam como ferramentas indispensáveis para a evolução das residências inteligentes, adaptando-se facilmente a demandas variadas.

4 COMPONENTES E TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Tabela 2 - Dispositivos Conectados e Descrições Funcionais.

ID	Tipo	Descrição
1	Usuários	Conectados ao sistema por dispositivos móveis ou computadores via Wi-Fi para interação e controle remoto.
2	Robô Limpador	Conectado ao roteador Wi-Fi para ser controlado e monitorado por aplicativo móvel.
3	Televisores	Integrados à rede Wi-Fi para receber comandos remotos e interagir com assistentes virtuais.
4	Dispositivos Alexa	Conectados ao roteador Wi-Fi para ouvir e executar comandos de voz dos usuários.
5	Impressora	Conectada à rede Wi-Fi para permitir impressão remota e integração com outros dispositivos.
6	IHM (Interface Homem-Máquina)	Conectada à rede local via Wi-Fi, possibilitando interação direta com o sistema de automação.
7	Roteador Wi-Fi	Centraliza a comunicação entre todos os dispositivos Wi-Fi e a internet, facilitando a integração.
8	Internet	Conecta os dispositivos da residência a serviços remotos, como atualizações de software e controle externo.
9	Hub Zigbee	Centraliza a comunicação de dispositivos Zigbee e os conecta ao roteador Wi-Fi, garantindo interoperabilidade.
10	Sensores de Temperatura e Umidade	Conectados ao hub Zigbee, comunicando dados ambientais ao sistema.
11	Sensores de Gás e Incêndio	Vinculados ao hub Zigbee para alertar o sistema em caso de anomalias.
12	Sensores de Janelas	Ligados ao hub Zigbee para informar a situação de abertura ou fechamento ao sistema.
13	Sensores de Presença	Conectados ao hub Zigbee para enviar sinais sobre movimentação no ambiente.
14	Repetidor de Controle para Ar-condicionado/Televisão	Conectado ao hub Zigbee para transmitir comandos infravermelhos aos aparelhos.
15	Interruptores Inteligentes	Integrados ao hub Zigbee, permitindo controle remoto via rede Wi-Fi e automação local.

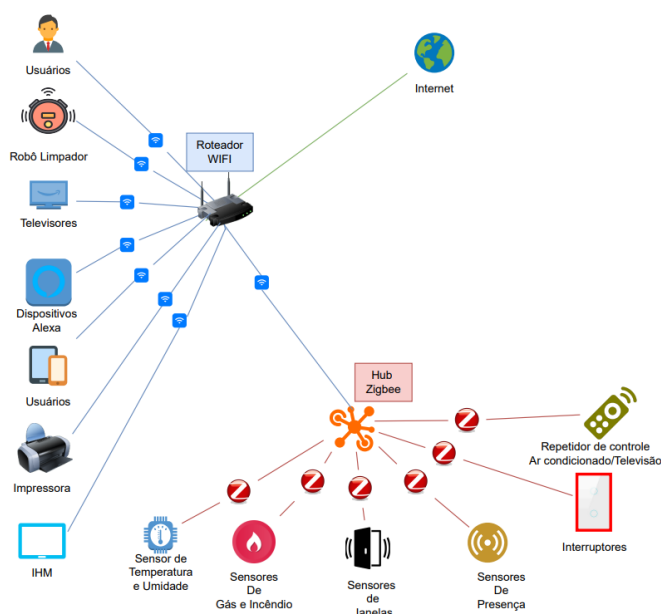
Fonte: Elaboração própria

O Projeto Casa A exemplifica uma automação residencial que integra dispositivos inteligentes de diferentes fabricantes e protocolos. A plataforma Tuya gerencia fechaduras eletrônicas, lâmpadas e sensores por meio do aplicativo SmartLife¹². Robôs aspiradores oferecem limpeza com agendamento e

¹² SMARTLIFE. User Manual and Support. Disponível em: <https://www.tuya.com/smart/>. Acesso em: 7 dez. 2024.

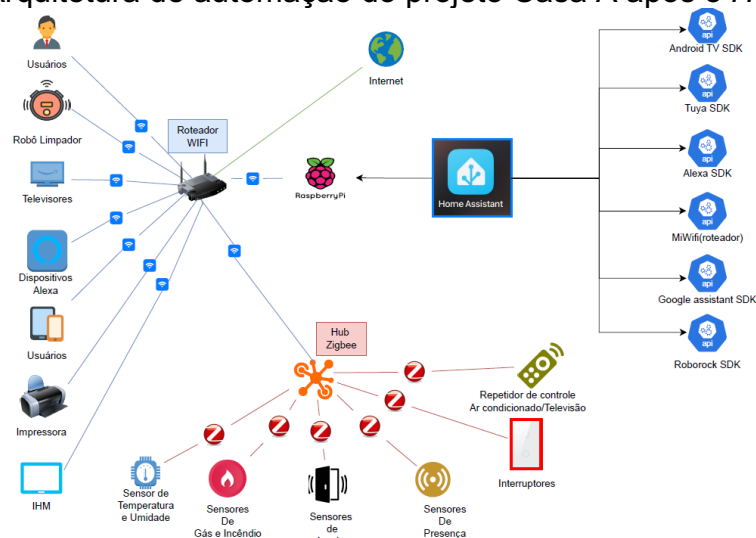
monitoramento via aplicativo. Smart TVs integram-se com assistentes de voz e dispositivos inteligentes, enquanto sistemas de ar-condicionado permitem controle remoto e monitoramento de consumo de energia. Fechaduras inteligentes compatíveis com a Tuya oferecem diversas formas de acesso, como biometria e controle via aplicativo. A integração enfrenta desafios devido à diversidade de protocolos e padrões proprietários, dificultando a compatibilidade. Soluções como o padrão universal Matter buscam resolver esses problemas, promovendo uma integração mais eficiente e coesa em ambientes domésticos inteligentes.

Figura 1 - Arquitetura de automação do projeto Casa A



Fonte: Elaboração própria

Figura 2 - Arquitetura de automação do projeto Casa A após o *Home Assistant*



Fonte: Elaboração própria

A arquitetura de um sistema de automação residencial conforme mostra a *figura 1* não utiliza se de uma plataforma centralizada que integra dispositivos inteligentes, já a *figura 2* mostra como fica a topologia de automação da residência após implementação do *Home Assistant*.

Sensores de presença, temperatura, umidade, gás, incêndio e abertura de janelas, além de interruptores inteligentes, comunicam-se via um hub *Zigbee*, formando uma rede *mesh* eficiente para dispositivos de baixo consumo energético.

Simultaneamente, dispositivos conectados por Wi-Fi, como robôs de limpeza, televisores, assistentes virtuais (por exemplo, *Alexa*), interfaces homem-máquina (IHM), impressoras e dispositivos dos usuários, interagem por meio de um roteador Wi-Fi que gerencia o tráfego de dados e assegura a conectividade. A integração com serviços é realizada por meio de APIs e SDKs, permitindo que os dispositivos compartilhem informações e operem de maneira coordenada. Sem uma plataforma centralizada, a coordenação entre os dispositivos depende da compatibilidade entre protocolos de comunicação e da capacidade dos dispositivos de interagir diretamente ou por meio de hubs e roteadores, exigindo planejamento cuidadoso e conhecimento técnico para garantir uma comunicação eficaz e uma experiência integrada para os usuários.

5 METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem aplicada para investigar os desafios e soluções relacionados à integração de dispositivos IoT em um sistema centralizado de automação residencial. O foco está na análise da interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes que utilizam protocolos de comunicação distintos, como *Zigbee* e Wi-Fi. A escolha por um estudo de caso se justifica pela possibilidade de explorar um ambiente real e identificar barreiras práticas na consolidação de tecnologias heterogêneas em um único sistema funcional.

A metodologia foi organizada em etapas claras e sistemáticas. Inicialmente, realizou-se o planejamento, envolvendo a identificação dos dispositivos disponíveis e a análise de suas especificações técnicas, com atenção especial à compatibilidade entre protocolos. Em seguida, os dispositivos foram configurados em uma rede doméstica, utilizando gateways e hubs para integrar sensores, atuadores e dispositivos conectados via Wi-Fi e *Zigbee*. A configuração visou maximizar a comunicação entre os dispositivos, considerando as limitações impostas por padrões proprietários e pela diversidade tecnológica.

Posteriormente, foram desenvolvidos cenários automatizados que simulam aplicações práticas da automação residencial, como o controle de iluminação e climatização. Essas automações basearam-se em dados fornecidos por sensores, permitindo ajustes automáticos conforme as condições do ambiente. Por exemplo, foi configurada uma automação para alertar sobre janelas abertas quando o sistema detecta a ausência de moradores.

A verificação concentrou-se em avaliar a funcionalidade e a interoperabilidade do sistema, identificando limitações práticas na comunicação entre dispositivos e propondo soluções viáveis para superá-las. O estudo buscou destacar a relevância da interoperabilidade, mostrando como a fragmentação tecnológica pode ser mitigada por meio de soluções centradas no usuário e na adaptação dos dispositivos.

Por fim, esta metodologia fornece uma base para discussões futuras sobre a integração de tecnologias diversas em ambientes inteligentes, com foco na criação de sistemas coesos, escaláveis e personalizados que atendam às necessidades específicas dos usuários.

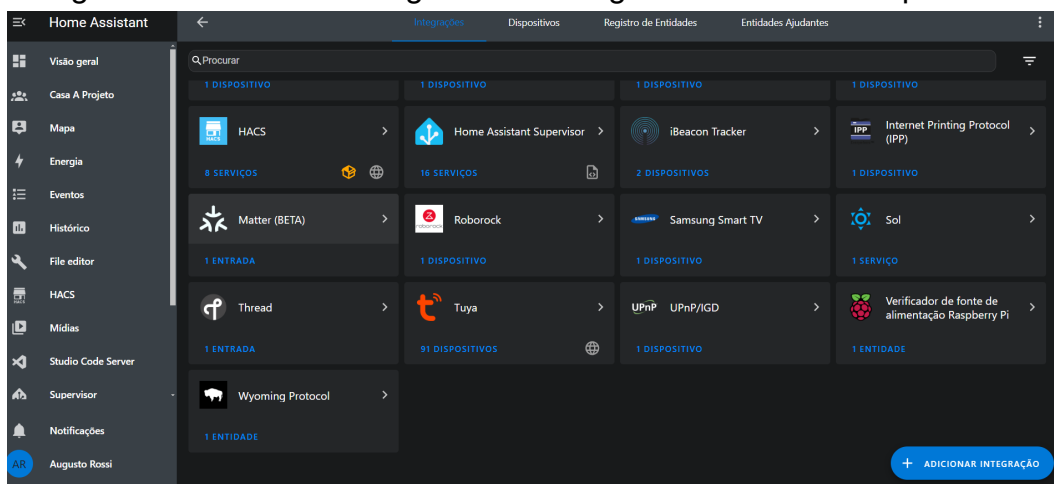
Tabela 3. Etapas da metodologia.

Etapa	Descrição
1. Planejamento	Identificar dispositivos disponíveis, analisar especificações técnicas e mapear possíveis limitações.
2. Configuração do Sistema	Integrar dispositivos utilizando gateways e protocolos como Zigbee e Wi-Fi, ajustando posicionamento estratégico.
3. Criação de Cenários Automatizados	Desenvolver automações práticas para controle de iluminação e climatização, baseando-se em dados de sensores.
4. Avaliação da Integração	Avaliar a comunicação entre dispositivos, analisando barreiras e propondo melhorias para a interoperabilidade.

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 2 organiza as etapas metodológicas do estudo, detalhando o planejamento, configuração, criação de cenários e verificação da integração. Para complementar essa descrição, a arquitetura apresentada no sistema de automação residencial demonstra como os dispositivos e protocolos foram integrados, evidenciando a comunicação entre sensores, atuadores e hubs. Essa integração visualiza as etapas descritas, mostrando a aplicação prática da metodologia em um ambiente real, com foco na interoperabilidade e funcionalidade dos dispositivos.

Figura 3 – Sistemas configurados e integrados com seus dispositivos



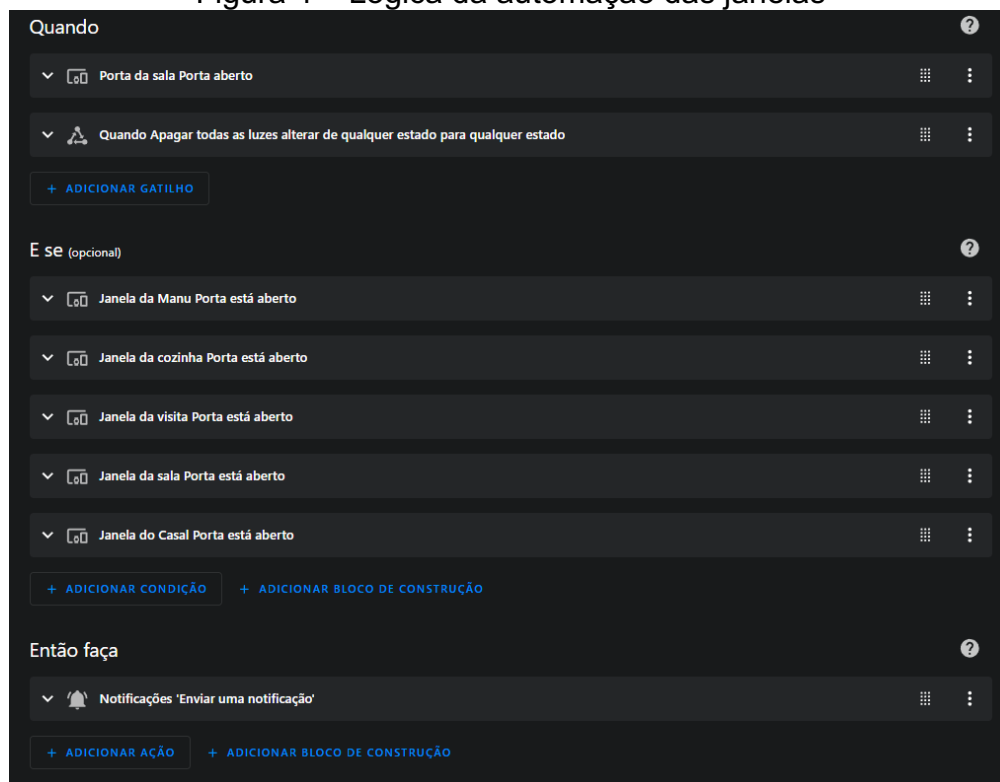
Fonte: configurações>dispositivos e serviços

A figura 3 apresenta a interface do *Home Assistant*, destacando a tela de integrações e dispositivos conectados ao sistema. Nela, são exibidas diversas integrações configuradas, organizadas de forma visual e intuitiva. Cada bloco representa um dispositivo ou serviço integrado, indicando sua funcionalidade, número de dispositivos conectados e serviços disponíveis. Essa interface reflete a capacidade do sistema de unificar diferentes tecnologias e protocolos, como Zigbee, Wi-Fi e UPnP, em uma única plataforma de automação residencial.

6 CRIAÇÃO DE CENÁRIOS:

Cenas, em automação residencial, são configurações predefinidas que permitem controlar diversos dispositivos simultaneamente, com base em eventos ou condições específicas. Elas são criadas para simplificar ações no ambiente, agrupando funções como ajuste de iluminação, climatização e ativação de dispositivos em um único comando. Por exemplo, uma cena pode enviar uma notificação ao usuário ao detectar que a porta da sala foi aberta e todas as luzes apagadas, indicando saída de casa com possíveis janelas abertas. Outra cena pode ajustar automaticamente as luzes e ativar dispositivos específicos ao detectar a chegada do usuário, enquanto outra pode representar uma configuração noturna, onde dispositivos de segurança são ativados e as luzes desnecessárias são apagadas. Essas configurações aumentam a conveniência, eficiência e personalização dos sistemas domésticos inteligentes.

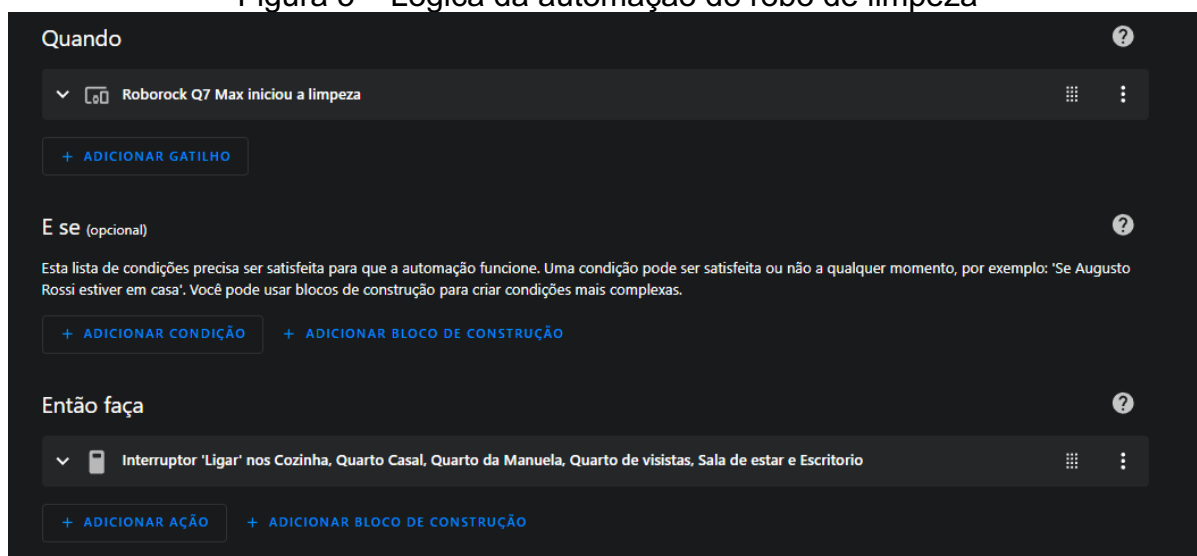
Figura 4 – Logica da automação das janelas



Fonte: configurações>automação e cenas>existe janela aberta.

A Figura 4 apresenta uma automação configurada para alertar o usuário em caso de segurança. A lógica é ativada quando a porta da sala é aberta e o sistema recebe o comando para apagar todas as luzes, indicando que o usuário está saindo de casa. Em seguida, verifica se alguma janela está aberta, como as da cozinha, visita ou casal. Caso essas condições sejam atendidas, o sistema envia uma notificação ao usuário.

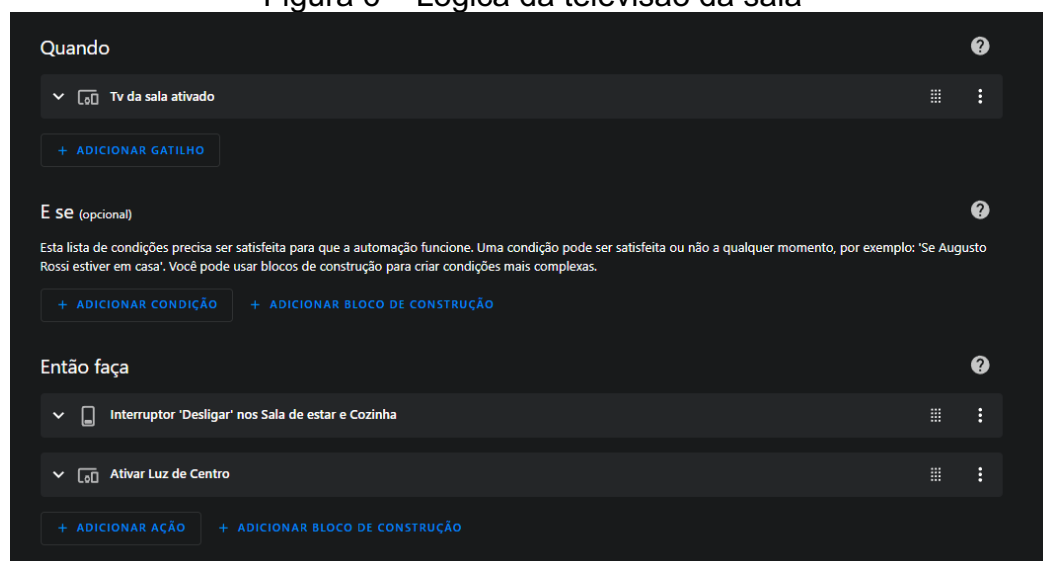
Figura 5 – Logica da automação do robô de limpeza



Fonte: Fonte: Tela configurações>automação e cenas>Automação Robô

Nesta cena, o robô de limpeza é acionado para iniciar a limpeza, e automaticamente algumas luzes são acesas em ambientes como cozinha, quartos e sala. Essa configuração garante que os sensores ópticos do robô funcionem de maneira eficaz, permitindo uma navegação precisa e uma limpeza otimizada, mesmo em condições de baixa iluminação.

Figura 6 – Logica da televisão da sala

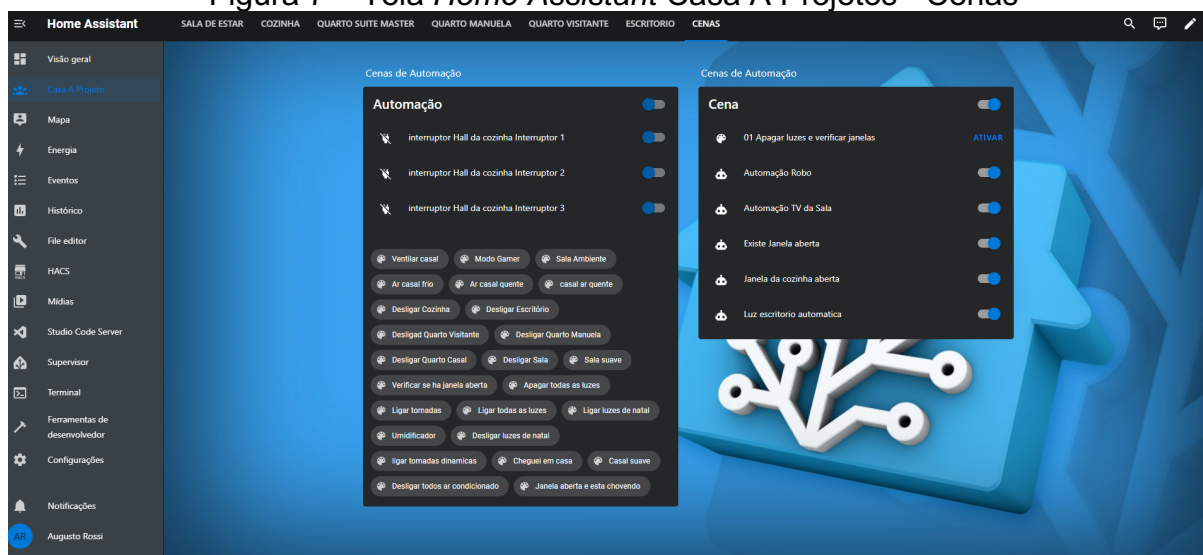


Fonte: Tela configurações>automação e cenas>Automação TV da Sala

Nesta cena, quando a TV da sala é ativada, o sistema automaticamente desliga as luzes da sala de estar e da cozinha, criando um ambiente mais confortável e adequado para assistir à televisão. Simultaneamente, uma luz central é ativada para fornecer iluminação suave, evitando reflexo na tela e melhorando a experiência do usuário.

Os casos selecionados foram analisados visando identificar as tecnologias mais utilizadas em automação residencial, os principais desafios na integração de dispositivos IoT e as soluções práticas aplicáveis ao projeto. Na prática, além de oferecerem uma experiência para o início de um desenvolvimento do sistema de automação, destacaram a importância de evitar dependência de uma única marca ou ecossistema. Essas ideias não apenas embasaram as escolhas tecnológicas realizadas, mas também contribuíram para direcionar futuros estudos e ampliar a aplicabilidade da automação residencial.

Figura 7 – Tela *Home Assistant Casa A Projetos - Cenas*



Fonte: Casa A Projeto>Cenas

7 CONCLUSÃO

O estudo apresentou uma análise prática sobre a integração de dispositivos heterogêneos, destacando desafios como a falta de padronização e a dependência de redes locais estáveis. O trabalho contribui para a literatura ao propor cenários automatizados que exemplificam soluções escaláveis e adaptáveis para ambientes residenciais inteligentes.

O projeto Casa A apresenta uma abordagem para integração de dispositivos de diferentes fabricantes em um sistema centralizado de automação residencial, que foi escolhido a partir de critérios que o tornou o mais completo. Por meio da exploração de plataformas de automação, buscou-se demonstrar a viabilidade de integrar sensores e atuadores de diversos fabricantes como proposto. A personalização das automações demonstrou a funcionalidade da ferramenta que unifica tecnologias diversas.

Esses resultados dialogam com estudos recentes (Gomes e Sirqueira, 2020), que enfatizam a importância da interoperabilidade em sistemas residenciais inteligentes (Silva, 2020), a fim de mitigar as dificuldades relacionadas à integração de dispositivos heterogêneos.

Foram identificadas algumas limitações, como a necessidade de conhecimento técnico para configurar integrações mais complexas e o esforço manual necessário para incluir dispositivos de diferentes protocolos. Essas barreiras refletem os desafios comuns em projetos de automação residencial e estão em linha com discussões acadêmicas (Zhou et al., 2024), que destacam as dificuldades inerentes à interoperabilidade tecnológica em ambientes domésticos. Além disso, a dependência de redes domésticas estáveis, como Wi-Fi ou Zigbee, reforça a necessidade de soluções que aumentem a confiabilidade e robustez do sistema.

Como contribuição, o projeto propõe um modelo de integração que pode ser adaptado e escalado conforme as necessidades, servindo como base para futuras investigações. Trabalhos futuros podem expandir essa abordagem explorando novos dispositivos, protocolos emergentes e outras APIs disponíveis no Home Assistant, visando prever padrões de uso e ajustar o ambiente automaticamente, ampliando o potencial da automação residencial para atender a demandas tecnológicas e sociais.

REFERÊNCIAS

BOGUE, R. Automated cleaning systems: Robotic vacuum cleaners. *Industrial Robot: The International Journal of Robotics Research and Application*, v. 47, n. 4, p. 456-461, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IR-09-2019-0203>. Acesso em: 6 dez. 2024.

CHENG, Z.; ZHANG, L.; DING, J.; ZHAO, W. Energy savings through automated control of HVAC systems in smart buildings. *Renewable Energy Reviews*, v. 22, n. 4, p. 456-467, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.046>. Acesso em: 6 dez. 2024.

CHEVALIER, A.; CASTAGNET, X. Efficient and reliable SD card usage in embedded systems. *Embedded Computing Design Journal*, v. 30, n. 2, p. 45-53, 2020.

HARPER, C. *Manual of Mechanical Home Systems*. New York: TechPress, 2003.

RIBEIRO, C. Automação residencial: desafios na integração de dispositivos de diferentes fabricantes. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 15, n. 3, p. 123-134, 2019.

FARIAS, A. L.; REIS, J. P. Comparação entre protocolos de comunicação para automação residencial. *Anais do Congresso de Engenharia*, v. 10, n. 2, p. 98-107, 2020.

RIBEIRO, T. S.; OLIVEIRA, L. B. Implementação de um sistema IoT para automação residencial. *Cadernos de Engenharia Elétrica*, v. 13, n. 1, p. 34-47, 2021.

SOUSA, L. R.; SILVA, M. A. Automação residencial: análise da integração de sensores inteligentes. *Revista Brasileira de Automação*, v. 17, n. 3, p. 58-70, 2022.

GOMES, W.; SIRQUEIRA, T. Automação Residencial como Ferramenta de Acessibilidade. *Revista CESI*, v. 1, n. 1, p. 35-42, 2020. Disponível em: <https://seer.uniacademia.edu.br/index.php/cesi/article/view/2549>. Acesso em: 5 dez. 2024.

SILVA, Leonardo José Nascimento. Sistema de automação residencial utilizando IoT e integração com assistentes virtuais. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2020. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/12305/2/Leonardo_Jose_Nascimento_Silva.pdf. Acesso em: 6 dez. 2024.