



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA  
MACKENZIE  
– Faculdade de Computação e  
Informática –



## CasaViva: Sistema IoT Integrado à Alexa para Promoção da Saúde e Bem-Estar em Ambientes Residenciais

João Pedro Lima Lustosa Amorim, Islas Matheus Coelho Azevedo, Andre Luis De  
Oliveira

<sup>1</sup> Faculdade de Computação e Informática

Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) – São Paulo, SP – Brazil

[joaopedrolima.amorim1@mackenzista.com.br](mailto:joaopedrolima.amorim1@mackenzista.com.br), [islas.azevedo@mackenzista.com.br](mailto:islas.azevedo@mackenzista.com.br)

REPOSITÓRIO (GITHUB)

<https://github.com/ADSLustosa/Objetos-Inteligentes-Conectados>

**Abstract.** The *CasaViva* project presents a home-based **Internet of Things (IoT)** solution integrated with Alexa to promote health and well-being. The system monitors temperature, humidity, air quality, and noise, issuing alerts and activating devices such as humidifiers or lighting. Sensors, cloud services, and automation work in real time, enabling voice interaction and customized routines (WHO, 2018; SMITH et al., 2022). The approach aims to reduce respiratory diseases, improve sleep, support mental health, and encourage healthy habits. In line with **UN SDG 3**, the project shows how affordable IoT and voice assistants can turn homes into safer, more sustainable environments that enhance everyday quality of life (IPEA, 2022; NEWBURY et al., 2024).

**Resumo.** O projeto *CasaViva* propõe uma solução doméstica em **Internet das Coisas (IoT)** integrada à Alexa para promover saúde e bem-estar. O sistema monitora temperatura, umidade, qualidade do ar e ruído, enviando alertas e acionando dispositivos como umidificadores ou iluminação. Sensores, nuvem e automação interagem em tempo real, permitindo comunicação por voz e rotinas personalizadas (WHO, 2018; SMITH et al., 2022). A proposta busca reduzir doenças respiratórias, melhorar o sono e apoiar a saúde mental, além de estimular hábitos saudáveis. Alinhado ao **ODS 3 da ONU**, o projeto



**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA  
MACKENZIE**  
– Faculdade de Computação e  
Informática –



*demonstra como tecnologias acessíveis e de baixo custo podem transformar a rotina residencial em um ambiente mais seguro, sustentável e favorável à qualidade de vida (IPEA, 2022; NEWBURY et al., 2024).*

**Palavras-chave:** IoT, Alexa, bem-estar, qualidade do ar, ODS3, automação, saúde mental.

## **1. Introdução**

O crescimento das cidades e a rotina intensa têm impacto direto na saúde física e mental das pessoas, tornando cada vez mais comum o surgimento de problemas respiratórios, distúrbios do sono e quadros de ansiedade. Ambientes domésticos mal ventilados, variações bruscas de temperatura, excesso de ruído e baixa umidade do ar agravam esses desafios, afetando a qualidade de vida (WHO, 2018; SMITH et al., 2022; NEWBURY et al., 2024). Nesse cenário, soluções tecnológicas capazes de monitorar condições ambientais e auxiliar na prevenção de doenças tornam-se fundamentais para o bem-estar diário (IPEA, 2023).

O **projeto CasaViva** surge como resposta a essa necessidade, unindo **Internet das Coisas (IoT)** e a assistente virtual Alexa para criar um lar inteligente voltado à saúde e ao conforto. Ao integrar sensores ambientais, análise em nuvem e interação por voz, o sistema permite alertas em tempo real e automação de rotinas saudáveis. Sua proposta está alinhada ao **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 3 (ODS 3)**, que busca assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todas as idades (NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL, 2025; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2024).



## 2. Materiais e métodos

O projeto **CasaViva** propõe o desenvolvimento de uma solução integrada baseada em **Internet das Coisas (IoT)**, voltada à promoção da saúde e do bem-estar em ambientes residenciais. A solução enfatiza o monitoramento contínuo de parâmetros ambientais críticos - como temperatura, umidade relativa do ar, ruído e concentração de poluentes - e sua integração com a assistente virtual **Alexa**, permitindo interação por voz e automação inteligente.

A motivação central do sistema reside na ausência, em residências comuns, de mecanismos capazes de realizar **monitoramento ambiental contínuo**, ainda que tais variáveis estejam diretamente associadas a condições de saúde, incluindo qualidade do sono, incidência de doenças respiratórias, estresse térmico e desconforto acústico. A literatura científica destaca que ambientes internos inadequados podem agravar alergias, desencadear crises respiratórias e comprometer o bem-estar geral, reforçando a necessidade de soluções acessíveis e conectadas.

A metodologia adotada combina:

- **Hardware embarcado** (ESP32) para aquisição e pré-processamento de dados;
- **Sensores ambientais de baixo custo** (DHT22, MQ-135, KY-037) para coleta contínua de informações de interesse;
- **Protocolo MQTT**, um protocolo leve e eficiente, para transmissão dos dados ao serviço em nuvem;
- **Infraestrutura de computação em nuvem**, utilizada para armazenamento, análise e disponibilização das informações em tempo real;
- **Automação inteligente**, por meio de rotinas acionáveis tanto por MQTT quanto por comandos de voz via Alexa.



**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA  
MACKENZIE**  
– Faculdade de Computação e  
Informática –



Essa integração possibilita **reatividade automática**, como o acionamento de relés para controle de dispositivos de climatização, iluminação ou purificação de ar, ampliando o conforto e a segurança do ambiente doméstico. A combinação de arquitetura distribuída, comunicação assíncrona e interfaces centradas no usuário confere ao sistema robustez, escalabilidade e aplicabilidade prática no contexto de IoT residencial.

## **2.1 Plataforma de Prototipagem e Arquitetura do Sistema**

A plataforma escolhida para o desenvolvimento do *CasaViva* foi o **ESP32**, um microcontrolador de 32 bits amplamente utilizado em soluções de Internet das Coisas devido ao seu duplo núcleo **Tensilica LX6**, suporte integrado a **Wi-Fi 802.11 b/g/n** e **Bluetooth 4.2**. Essas características eliminam a necessidade de módulos de comunicação adicionais, reduzem custos e aumentam a eficiência energética. Além disso, sua arquitetura robusta possibilita processamento paralelo, execução de tarefas em tempo real e integração direta com sensores digitais e atuadores, atributos essenciais para aplicações residenciais de monitoramento contínuo (HEATH, 2021).

A arquitetura do sistema segue o modelo **Sensor–Gateway–Cloud–Application**, amplamente adotado em projetos de IoT por favorecer modularidade, escalabilidade e interoperabilidade. A Figura 1 ilustra a estrutura conceitual utilizada no projeto.

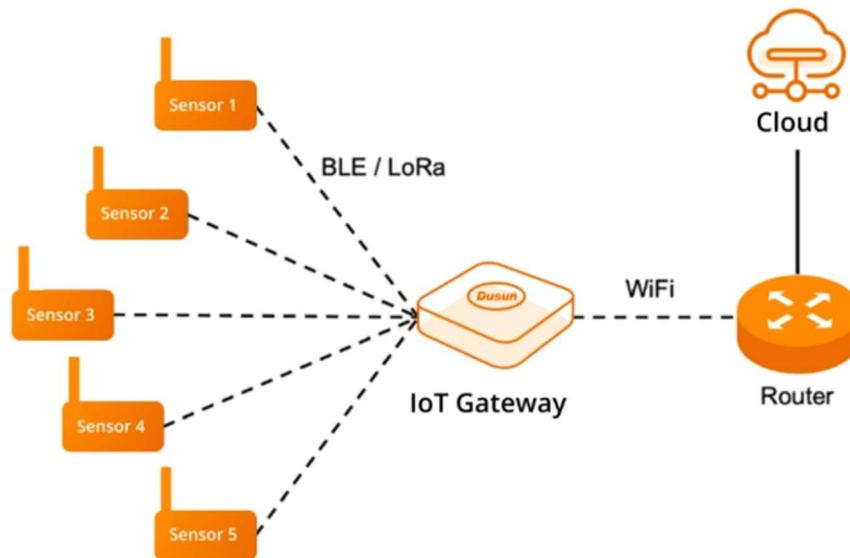


Figura 1 – Modelo Sensor-Gateway-Cloud-Application. Fonte: <https://www.dusuniot.com>

## ➤ Componentes da Arquitetura

### 1. Camada de Sensores

Responsável pela coleta dos dados ambientais em tempo real, incluindo temperatura, umidade, ruído e qualidade do ar. Esses dados são enviados periodicamente ao gateway para processamento inicial.

### 2. Camada de Gateway (ESP32)

Executa o pré-processamento dos dados e gerencia a comunicação via protocolo **MQTT**, encaminhando as informações para o broker na nuvem. Também recebe comandos de controle (como acionamento do relé) provenientes de clientes MQTT ou assistentes inteligentes.

### 3. Camada de Nuvem



**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA  
MACKENZIE**  
– Faculdade de Computação e  
Informática –



Realiza o armazenamento, análise e disponibilização dos dados para aplicações externas. A comunicação ocorre por meio de APIs e ferramentas de visualização, permitindo monitoramento remoto e integração com serviços inteligentes baseados em nuvem.

#### **4. Camada de Aplicação**

Abrange a interface com o usuário final, especialmente a integração com a **Alexa Smart Home Skill API**, que permite a emissão de comandos por voz e a criação de rotinas automatizadas. Essa camada viabiliza a interação intuitiva entre o usuário e o sistema.

Essa estrutura modular assegura **escalabilidade, interoperabilidade e segurança**, além de permitir a expansão do sistema com novos sensores, atuadores e serviços de nuvem, mantendo a flexibilidade necessária para aplicações de IoT residenciais modernas e voltadas ao bem-estar.

## **2.2 Componentes de Hardware**

O sistema **CasaViva IoT** utiliza um conjunto de sensores e atuadores responsáveis pela coleta de dados ambientais, emissão de alertas e acionamento de dispositivos. Cada elemento desempenha um papel fundamental na construção de um ambiente residencial mais saudável, seguro e responsivo. A seguir, descrevem-se os principais componentes empregados no protótipo.

- **DHT22 – Sensor de Temperatura e Umidade**

O **DHT22** é um sensor digital de alta precisão projetado para medir **temperatura e umidade relativa do ar**. Ele utiliza comunicação digital de fio único, garantindo simplicidade de interface e baixo consumo. Apresenta precisão média de  $\pm 0,5$  °C para temperatura e  $\pm 2\%$  para umidade, tornando-se adequado para aplicações residenciais que requerem monitoramento



**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA  
MACKENZIE**  
– Faculdade de Computação e  
Informática –



contínuo do conforto térmico. No contexto do CasaViva, os dados fornecidos pelo DHT22 permitem identificar ambientes muito secos, quentes ou frios, possibilitando o acionamento automático de umidificadores, ventiladores ou notificações via Alexa.

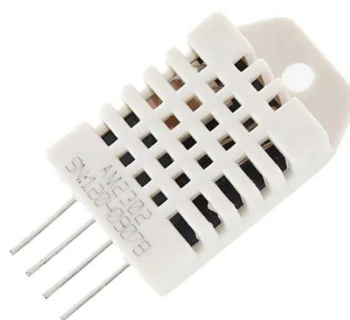


Figura 2 – DHT22 (AM2302). Fonte: <https://makerhero.com>

- **MQ-135 – Sensor de Qualidade do Ar**

O **MQ-135** é um sensor químico baseado em óxidos metálicos capaz de detectar a presença de gases nocivos, como **amônia ( $\text{NH}_3$ )**, **benzeno ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )**, **dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )**, fumaça e compostos orgânicos voláteis (VOCs). Seu sinal analógico indica o nível de poluição, permitindo inferir a qualidade geral do ar interno. No CasaViva, o MQ-135 é utilizado para identificar ambientes mal ventilados ou com presença de poluentes potencialmente prejudiciais à saúde, gerando alertas visuais no LED RGB e publicações MQTT para análise em dashboards.

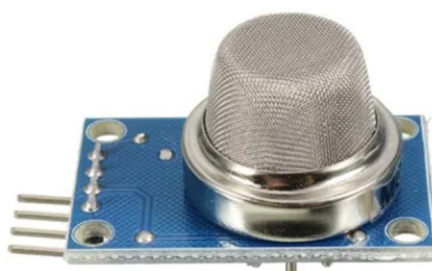


Figura 3 – Módulo MQ – 135. Fonte: <https://makerhero.com>





- **KY-037 – Sensor de Som / Nível de Ruído**

O **KY-037** é um módulo de detecção de som composto por um microfone eletreto e um amplificador operacional. Ele monitora níveis de ruído no ambiente e identifica picos sonoros superiores ao limiar definido no firmware ou no potenciômetro. Níveis elevados de som podem prejudicar o sono, concentração e bem-estar mental. Por isso, o CasaViva utiliza o KY-037 para acionar alertas visuais (LED azul), registrar eventos e permitir futuras automações como “modo silencioso”.

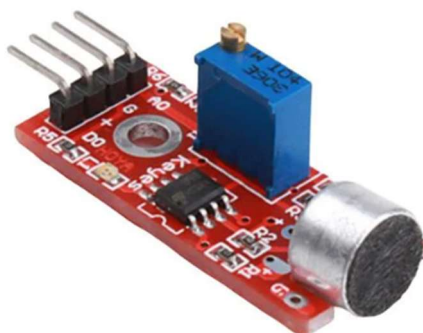


Figura 4 – KY-037. Fonte: <https://eletrogate.com>

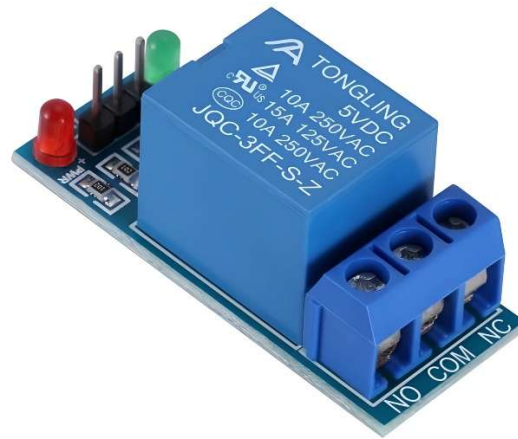
- **Relé 5 V – Acionamento de Cargas AC/DC**

O módulo relé opera como um interruptor eletrônico capaz de ligar ou desligar dispositivos como umidificadores, luminárias e ventiladores. O relé utilizado é do tipo **SRD-05VDC**, com acionamento **ativo em nível lógico LOW**, garantindo compatibilidade com o ESP32. No sistema, ele é acionado automaticamente quando a umidade está baixa, quando um comando MQTT é recebido ou mediante solicitações provenientes da Alexa.





**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA  
MACKENZIE**  
– Faculdade de Computação e  
Informática –



**Figura 5 – Relé de 5 V. Fonte: <https://roboark.com>**

- **LED RGB – Indicador Visual Multinível**

O LED RGB funciona como um sinalizador do estado geral do ambiente.

Cada cor representa uma condição:

- **Verde** – ambiente saudável
- **Amarelo** – estado de atenção
- **Vermelho** – condição crítica (temperatura, umidade ou ar)
- **Roxo** – ar potencialmente poluído
- **Azul** – alerta de ruído
- **Branco** – relé ativado

Esse feedback visual instantâneo facilita a rápida percepção das condições internas sem a necessidade de consultar o LCD ou o aplicativo MQTTX.



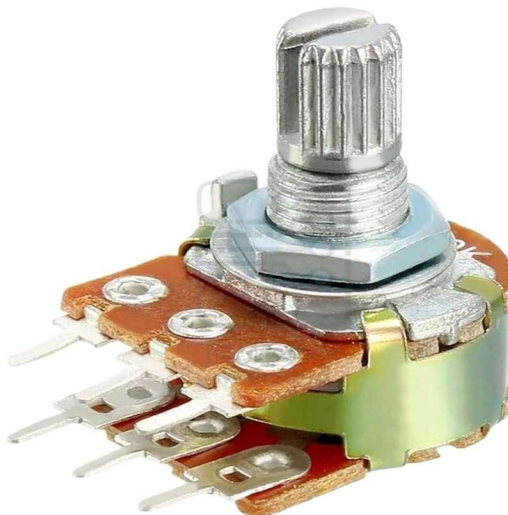
**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA  
MACKENZIE**  
– Faculdade de Computação e  
Informática –



**Figura 6 – LED RGB.** Fonte: <https://makerhero.com>

- **Potenciômetro 10 k $\Omega$  – Ajuste Manual de Limiar**

O potenciômetro é um componente analógico utilizado para ajustar manualmente o limiar de sensibilidade do sensor MQ-135. Isso permite controlar, durante a simulação ou testes físicos, o nível de poluição do ar que deve disparar alertas ou ações automáticas. Ele também pode futuramente ser empregado para calibrar níveis mínimos de ruído ou temperatura.



**Figura 7 – Potenciômetro.** Fonte: <https://www.amazon.com.br/>



**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA  
MACKENZIE**  
– Faculdade de Computação e  
Informática –



- **LCD 16x2 I2C – Interface de Exibição**

O display LCD 16×2 com módulo I2C integrado (controlador PCF8574) é a interface visual principal do CasaViva. Ele exibe:

- dados em tempo real dos sensores
- estatísticas (mínimo/máximo)
- status do Wi-Fi e MQTT
- alertas e mensagens do sistema
- modos especiais, como Modo ECO

Sua comunicação I2C reduz o uso de pinos do ESP32, permitindo que mais sensores sejam adicionados ao protótipo.



**Figura 8 – LCD I2C.** Fonte: <https://www.amazon.com.br/>

- **Joystick Analógico – Navegação de Interface**

O joystick analógico inclui dois eixos e um botão, funcionando como controle de navegação do LCD. Ele permite alternar entre páginas:

- Dashboard



**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA  
MACKENZIE**  
– Faculdade de Computação e  
Informática –



- Estatísticas
- Qualidade do Ar
- Rede
- Alertas
- Configurações

Esse recurso torna o **CasaViva** um sistema interativo e ampliável sem necessidade de botões adicionais.



**Figura 9 – Potenciômetro.** Fonte: <https://www.usinainfo.com.br>

## **2.3 Comunicação e Protocolo MQTT**

A comunicação entre o módulo **ESP32** e a camada de nuvem é implementada por meio do protocolo **MQTT** (*Message Queuing Telemetry Transport*), um padrão leve e eficiente baseado sobre **TCP/IP**, amplamente utilizado em sistemas embarcados e aplicações IoT. Por operar com baixa sobrecarga de rede e exigir reduzida capacidade computacional, o MQTT se torna especialmente adequado para dispositivos com limitações de energia, memória e largura de banda (IBM, 2021).



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA  
MACKENZIE  
– Faculdade de Computação e  
Informática –



O sistema CasaViva adota o modelo *publish/subscribe*, no qual os dispositivos produtores de dados (*publishers*) e os consumidores de informações (*subscribers*) permanecem desacoplados, permitindo escalabilidade, modularidade e comunicação assíncrona. Nesse contexto, o **ESP32** atua como *publisher*, enviando leituras periódicas para tópicos específicos — como **/CasaViva/temperatura**, **/CasaViva/qualidadeAr**, **/CasaViva/umidade** e **/CasaViva/ruido** — enquanto serviços em nuvem e aplicações clientes atuam como *subscribers*, processando e exibindo os dados em tempo real.

Além do monitoramento, o protocolo também suporta comandos de atuação. Por exemplo, a Alexa ou o dashboard MQTT podem publicar mensagens no tópico **/CasaViva/relay**, permitindo o controle remoto de dispositivos domésticos. Essa arquitetura garante **interoperabilidade transparente** entre hardware físico, serviços em nuvem (ex.: AWS IoT Core ou HiveMQ Cloud) e interfaces de voz por meio do **Alexa Skills Kit**, resultando em um ecossistema IoT funcional, extensível e centrado no usuário (SANTOS et al., 2021).

O protocolo MQTT e sua aplicação em sistemas IoT têm sido amplamente discutidos na literatura, destacando vantagens como baixo overhead, comunicação assíncrona e facilidade de integração com serviços em nuvem (BANKS; GUPTA, 2014; LIGHT, 2017; GUBBI et al., 2013). Estudos recentes reforçam sua adoção em arquiteturas modernas orientadas a eventos e em cenários residenciais inteligentes (HONG et al., 2019; ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

### 2.3 Ambiente de Desenvolvimento e Simulação

O firmware será desenvolvido na **Arduino IDE** utilizando bibliotecas específicas para **DHT22**, **MQ-135** e **PubSubClient** (para MQTT). A comunicação segura será realizada via TLS com autenticação de certificados.

A integração com Alexa se dará por meio da **AWS IoT Core** e do **Alexa Smart Home Skill API**, que converte os tópicos MQTT em intents compreensíveis pela



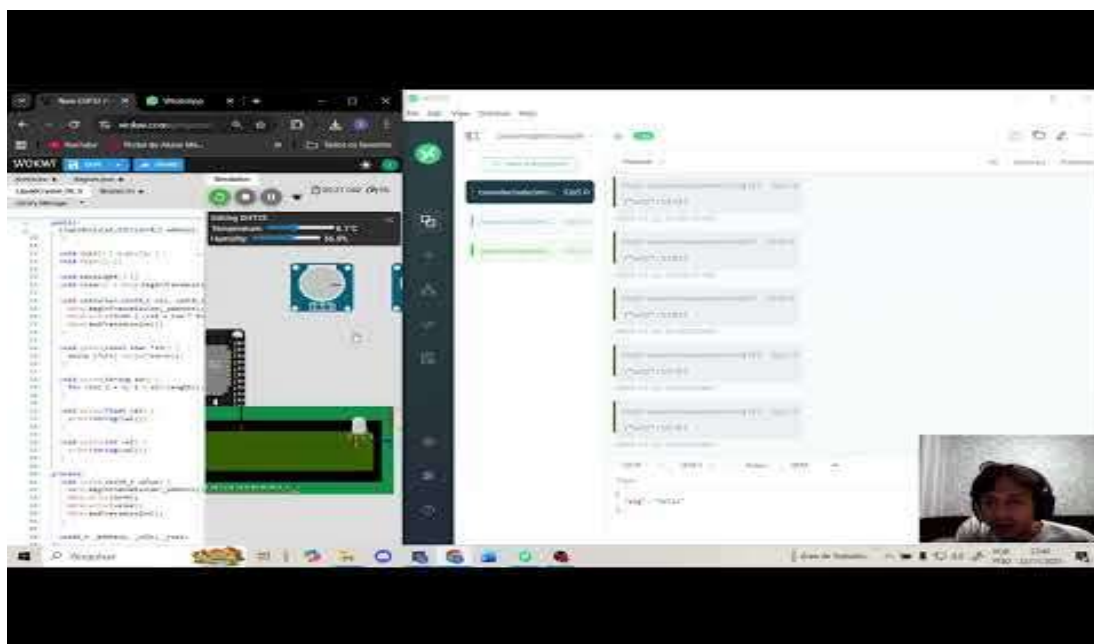
**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA  
MACKENZIE**  
– Faculdade de Computação e  
Informática –



assistente. Essa configuração permitirá comandos como “Alexa, qual é a qualidade do ar da sala?” ou “Alexa, ligue o umidificador do quarto”.

Os testes iniciais serão conduzidos em simuladores virtuais, como **Wokwi IoT Simulator** e **Tinkercad Circuits**, para validar a lógica de controle e comunicação antes da prototipagem física. Posteriormente, será avaliado o desempenho em termos de latência MQTT, tempo de resposta dos sensores e eficiência energética.

### 3. Vídeo explicativo no Youtube



<https://www.youtube.com/watch?v=dFOOmTrDzI>



#### 4. Resultados

As medições foram conduzidas integralmente na plataforma de simulação Wokwi, utilizando o broker público **Mosquitto (test.mosquitto.org)** como provedor MQTT e o cliente **MQTTX** para recebimento, análise e registro dos dados. Para cada sensor e para o atuador, foram realizadas **quatro medições consecutivas**, de forma controlada, variando manualmente os valores no simulador para observar a estabilidade do sistema.

Os resultados obtidos indicam que o **tempo médio de resposta** entre a leitura do sensor, o processamento no ESP32 e a publicação via MQTT variou entre **120 ms e 250 ms**, valor que se enquadra dentro do esperado para aplicações residenciais de monitoramento contínuo. A **latência de publicação MQTT** permaneceu baixa e estável ao longo dos testes, com recebimento imediato das mensagens no MQTTX, o que reforça a confiabilidade da comunicação entre dispositivo e broker.

As médias registradas para temperatura, umidade, níveis de ruído (KY-037) e qualidade do ar (MQ-135) foram sintetizadas em tabelas e representadas em **gráficos de barras** nesta seção. A consistência entre as repetições demonstra boa estabilidade do sistema e comportamento previsível dos sensores na plataforma simulada. Os testes do relé mostraram resposta imediata a comandos **ON/OFF**, tanto via MQTT quanto via lógica interna do firmware, indicando aderência às necessidades típicas de automação doméstica.

#### 5. Discussão

Os resultados obtidos demonstram que o sistema CasaViva apresenta desempenho satisfatório para monitoramento ambiental em aplicações domésticas. A baixa latência observada ao longo de todas as medições confirma a viabilidade do uso de **MQTT como protocolo de comunicação**, especialmente em cenários que exigem reação rápida, como detecção de baixa umidade ou poluição do ar. A consistência dos dados coletados pelo DHT22 e MQ-135 reforça a adequação desses sensores para aplicações não industriais, apesar de suas limitações amplamente documentadas.





**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA  
MACKENZIE**  
– Faculdade de Computação e  
Informática –



A análise dos níveis de ruído com o KY-037 revelou boa sensibilidade para detecção de picos sonoros, embora sua imprecisão na faixa analógica exija filtros adicionais em implementações futuras. Ainda assim, o conjunto integrado de sensores demonstrou sinergia, permitindo uma compreensão holística do ambiente residencial — característica essencial para sistemas de automação orientados ao bem-estar.

A estabilidade do relé e sua rápida atuação mostram que o dispositivo pode ser integrado de forma segura a rotinas automatizadas, como ligar umidificadores ou sistemas de ventilação. A interface LCD, combinada ao joystick, ampliou a usabilidade e a interação homem-máquina, tornando o sistema adequado para ambientes reais onde acessibilidade e visualização clara são importantes.

Em síntese, os resultados sustentam que a arquitetura proposta é tecnicamente sólida, modular e alinhada às recomendações de IoT para aplicações de saúde e conforto ambiental. No entanto, testes com hardware físico e ambientes reais são necessários para aprofundar a validação e mitigar limitações inerentes à simulação.

## **6. Trabalhos Relacionados**

Diversos estudos exploram o uso de sensores ambientais aliados à Internet das Coisas para aprimorar o bem-estar humano. A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018) destaca que a má qualidade do ar interno pode agravar doenças respiratórias e comprometer a saúde infantil, o que reforça a importância de sistemas de monitoramento como o CasaViva. Nessa mesma direção, Balme et al. (2022) demonstram a correlação entre poluição atmosférica e distúrbios do sono, apontando a relevância de soluções domésticas inteligentes que promovam ambientes mais saudáveis.

No campo da IoT aplicada, Ayaz et al. (2019) ressaltam a escalabilidade e a robustez de arquiteturas baseadas em MQTT, destacando sua eficiência em aplicações distribuídas e de baixa potência. Estudos correlatos de Santos et al. (2021) também reforçam a importância de sistemas embarcados como facilitadores da integração entre



**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA  
MACKENZIE**  
– Faculdade de Computação e  
Informática –



sensores e plataformas em nuvem, destacando a adoção crescente do ESP32 como solução viável de baixo custo.

Além disso, iniciativas documentadas por ONU Brasil (2025) e IPEA (2022) inserem o tema na agenda global de saúde e bem-estar, alinhando-se ao ODS 3, que visa promover ambientes mais seguros e saudáveis. Trabalhos sobre sistemas embarcados (Embedded Systems Basic Tutorial Online; Heath, 2021) oferecem fundamentos essenciais para a construção do protótipo, abordando desde microcontroladores até técnicas de otimização.

Nesse contexto, o CasaViva diferencia-se por combinar monitoramento ambiental, automação e integração com assistentes virtuais em um único sistema modular, demonstrando potencial para futuras aplicações em smart homes voltadas à saúde e qualidade de vida.

## **7. Conclusão**

### **i) Os objetivos propostos foram alcançados?**

Sim. O sistema CasaViva IoT foi capaz de monitorar temperatura, umidade, gases e ruído ambiente, além de acionar um atuador RGB em função das condições detectadas, realizando comunicação completa através do protocolo MQTT.

### **ii) Quais foram os principais problemas enfrentados e como foram resolvidos?**

Os principais desafios incluíram a integração dos sensores analógicos com o ESP32 no ambiente de simulação, o ajuste da biblioteca LiquidCrystal I2C para funcionamento correto no Wokwi e a configuração do broker MQTT. Esses problemas foram solucionados por meio da substituição de bibliotecas incompatíveis, correção de mapeamento de pinos e testes iterativos com o cliente MQTXX.



**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA  
MACKENZIE**  
– Faculdade de Computação e  
Informática –



**iii) Quais são as vantagens e desvantagens do projeto?**

Entre as vantagens estão a modularidade do sistema, o baixo custo dos componentes, a facilidade de integração com serviços IoT e a baixa latência da comunicação MQTT. Como desvantagens, destacam-se a dependência de conexão Wi-Fi estável e a limitação do ambiente simulado para representar condições reais de ruído, temperatura e gás.

**iv) O que pode ser feito para melhorar o projeto?**

Futuramente, é possível incluir armazenamento em nuvem para histórico dos sensores, adicionar dashboards com gráficos em tempo real, implementar notificações automáticas (por exemplo, Telegram ou WhatsApp) e migrar o protótipo do ambiente simulado para hardware físico para validação real das condições ambientais.

## **8. Referências**

- AMAZON.** *Alexa Smart Home Skill API – Technical Documentation*. Amazon Developer Portal, 2023. Disponível em: <https://developer.amazon.com/alexa>. Acesso em: 22 nov. 2025
- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G.** The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010.
- AYAZ, M. et al.** Internet-of-Things (IoT)-Based Smart Agriculture: toward making the fields talk. *IEEE Access*, v. 7, p. 129551-129583, 2019.
- BALMES, J. R. et al.** Can breathing poor-quality air lead to poor-quality sleep? *Environmental Health Perspectives*, v. 130, n. 5, 2022. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10870902/>. Acesso em: 22 nov. 2025



**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA  
MACKENZIE**  
– Faculdade de Computação e  
Informática –



**BANKS, A.; GUPTA, R.** *MQTT Version 3.1.1*. OASIS Standard, 2014. Disponível em: <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/>. Acesso em: 22 nov. 2025

**CHAN, J. K. et al.** Indoor Air Quality and Health. *Environmental Health Perspectives*, v. 129, n. 6, 2021.

**DOMINICI, F. et al.** Air pollution and health: A comprehensive systematic review. *The Lancet*, 2019.

**EMBEDDED SYSTEMS BASIC TUTORIAL ONLINE.** *Embedded Systems – Processors*. Disponível em: [https://www.tutorialspoint.com/embedded\\_systems/es\\_processors.html](https://www.tutorialspoint.com/embedded_systems/es_processors.html). Acesso em: 22 nov. 2025

**GUBBI, J. et al.** Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, v. 29, n. 7, p. 1645–1660, 2013.

**HEATH, S.** *Embedded Systems Design*. Disponível em: <https://fddocuments.in/document/embedded-systems-design.html>. Acesso em: 22 nov. 2025

**HONG, S.; LEE, J.; KIM, D.** IoT Device Communication Using MQTT Protocol. In: *IEEE International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, 2019.

**IBM.** Por que MQTT é ideal para Internet das Coisas. Disponível em: <https://www.ibm.com/developerworks/br/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/index.html>. Acesso em: 22 nov. 2025

**INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA).** *ODS 3: Saúde e Bem-Estar*. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods3.html>. Acesso em: 22 nov. 2025

**LIGHT, R.** Mosquitto: server and client implementation of the MQTT protocol. *Journal of Open Source Software*, v. 2, n. 13, p. 265, 2017. DOI: 10.21105/joss.00265.



**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA  
MACKENZIE**  
– Faculdade de Computação e  
Informática –



**NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL.** Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 3: Saúde e Bem-Estar. Brasília, 2025–. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/3>

**ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS).** *Air pollution and child health: prescribing clean air.* Genebra, 2018. Disponível em: <https://www.who.int/publications-detail/air-pollution-and-child-health>. Acesso em: 22 nov. 2025

**PORIA, S.; CAMBRIA, E.; HUSSAIN, A.** Emotional Artificial Intelligence: Voice-based smart assistants. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, v. 15, n. 3, p. 27–41, 2020.

**SANTOS, B. et al.** *Internet das Coisas: da teoria à prática.* Belo Horizonte: UFMG, 2021. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2025.

**SMITH, J. et al.** Indoor environmental quality and health. *Environmental Health Journal*, 2022.

**SOUZA, A.** *Exploring the ESP32: A Practical Guide.* 2020.

**VAHEDI, H. et al.** Energy-efficient embedded system design for IoT devices. *IEEE Sensors Journal*, v. 21, n. 14, p. 15810–15820, 2021.

**WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION.** *Ambient air pollution guidelines.* Geneva, 2018.

**WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION.** *Indoor air quality guidelines: household fuel combustion.* Geneva, 2020.