

14º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2023

USO DE MQTT EM DISPOSITIVO PARA O MONITORAMENTO DE PESSOAS COM DOENÇAS COGNITIVAS

WILLIAN GUSTAVO ROCHA LEME ¹, MATHEUS VINÍCIUS SILVA DOS SANTOS ²,
ROGÉRIO PINTO ALEXANDRE ³

¹Graduando em Engenharia de Computação, Voluntário PIVICT, IFSP, Câmpus Birigui, willian.gustavo@aluno.ifsp.edu.br.

²Graduando em Tecnologia em Sistemas para Internet, Voluntário PIVICT, IFSP, Câmpus Birigui, matheusv.l6santos@gmail.com.

³Doutor, Pesquisador e docente no Departamento de Engenharia de Computação, IFSP, Câmpus Birigui, rpalexandre@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.03.03.04-9 Sistemas de Informação

RESUMO: Este estudo propõe o desenvolvimento de um rastreador de pacientes com doenças cognitivas no ramo de tecnologia assistiva, incorporando o protocolo MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), amplamente utilizado na Internet das Coisas (IoT), para comunicação eficaz. O sistema implementado utiliza a tecnologia LoRa para estabelecer comunicação entre dois dispositivos: um fixo na residência do paciente e outro móvel, acompanhando o paciente em deslocamento. A transmissão contínua de informações, utilizando o MQTT como um protocolo IoT, para uma plataforma web existente, permite a visualização em tempo real e a aplicação de lógica de cercas virtuais, que são alertas gerados pelo sistema quando certas condições de distância e velocidade são atingidas. Esse mecanismo aprimora a qualidade de vida dos pacientes e de seus familiares, proporcionando uma supervisão ativa e a capacidade de respostas rápidas em situações relevantes. Ao focar na eficiência do MQTT como um protocolo para IoT nesse sistema de tecnologia assistiva, busca-se contribuir de maneira significativa para a melhoria da assistência a pacientes com doenças cognitivas, fortalecendo a interação entre cuidadores e pacientes em um contexto de necessidade.

PALAVRAS-CHAVE: MQTT; Tecnologia Assistiva; IoT; doenças cognitivas.

USE OF MQTT IN A DEVICE FOR MONITORING PEOPLE WITH COGNITIVE DISORDERS

ABSTRACT: This study proposes the development of a patient tracking system for individuals with cognitive disorders within the realm of assistive technology, incorporating the MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) protocol, widely employed in the Internet of Things (IoT), for efficient communication. The implemented system utilizes LoRa technology to establish communication between two devices: a stationary unit located within the patient's residence and a mobile unit that accompanies the patient during movement. The continuous transmission of data, using MQTT as an IoT protocol, to an existing web platform enables real-time visualization and the implementation of logic for virtual fences, generating alerts when specific distance and speed conditions are met. This mechanism enhances the quality of life for patients and their families, offering active supervision and the ability to provide swift responses in relevant situations. By focusing on MQTT's efficiency as an IoT protocol within this assistive technology system, the aim is to significantly contribute to the enhancement of care for patients with cognitive disorders, reinforcing the interaction between caregivers and patients within contexts of necessity.

KEYWORDS: MQTT; Assistive Technology; tracking; cognitive disorders.

INTRODUÇÃO

O envelhecimento populacional, um fenômeno observado globalmente e presente no contexto brasileiro, traz consigo desafios complexos que afetam tanto as comunidades científicas quanto a percepção comum. Nesse cenário, a doença de Alzheimer emerge como uma forma de demência que impacta drasticamente os idosos, comprometendo sua integridade física, mental e social, o que resulta em uma demanda por cuidados cada vez mais intrincados. (Luzardo, Gorini e Silva, 2006)

A crescente complexidade das demandas sociais decorrentes do envelhecimento e das doenças cognitivas, como o Alzheimer, exige abordagens específicas para o cuidado dos idosos. Na República Checa, o Masaryk Memorial Cancer Institute (MMCI) utiliza uma rede Wi-Fi de localização em tempo real (RTLS) para otimizar o cuidado aos pacientes e a eficiência dos profissionais. (Swedberg, 2012) Esse exemplo evidencia a busca por acessibilidade e igualdade social dentro do conceito de deficiência, que envolve a interação entre impedimentos de longo prazo e barreiras sociais.

Nesse âmbito, a Tecnologia Assistiva (TA) surge como uma resposta para superar limitações e promover inclusão e qualidade de vida. No entanto, um novo horizonte se desenha com a convergência da Tecnologia Assistiva e o poder da Internet das Coisas (IoT). O projeto apresentado propõe a criação de um dispositivo de baixo custo, fundamentado em IoT e *Open Hardware*, para monitorar pacientes com doenças cognitivas em tempo real. Utilizando tecnologias como LoRa, GPS, Wi-Fi e, notavelmente, o protocolo MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), o projeto viabiliza o monitoramento remoto, autonomia e coleta precisa de dados para os cuidadores.

O MQTT, moldado pelo modelo de publicação e assinatura (*publish/subscribe*), atua como a espinha dorsal dessa comunicação. Nesse modelo, dispositivos comunicam-se por meio de um intermediário, conhecido como *broker*. O dispositivo ESP32, o cerne do sistema, é programado como um cliente MQTT. Ele publica informações em tópicos específicos, os quais funcionam como canais de comunicação, e outros dispositivos podem se inscrever (*subscribe*) nesses tópicos para receber as informações. Esse mecanismo dinâmico permite uma disseminação eficaz de dados, em que os pacientes são monitorados em tempo real e as ações dos cuidadores são desencadeadas conforme necessário. O *broker* MQTT desempenha um papel crucial como intermediário. Ele recebe as mensagens publicadas pelos dispositivos e as encaminha para os dispositivos inscritos nos tópicos relevantes. (Sousa et al., 2021)

Essa abordagem elimina a necessidade de comunicação direta entre dispositivos, tornando o processo mais escalável e eficiente. O sistema implementado se beneficia dessa estrutura de comunicação, aprimorando a eficácia da assistência prestada aos pacientes. O cerne do projeto reside na capacidade de conferir aos pacientes uma independência controlada por meio de uma "cerca virtual", que também gera alertas em situações específicas. A combinação sinérgica de IoT e tecnologia assistiva representa uma abordagem abrangente para lidar com os desafios do cuidado de pacientes com doenças cognitivas, resultando em uma melhoria efetiva na qualidade de vida. Esse projeto ilustra como a inovação tecnológica, em particular a integração do protocolo MQTT como um pilar central da comunicação, pode oferecer soluções concretas para desafios sociais prementes, contribuindo para um futuro mais inclusivo e eficaz no cuidado de pacientes vulneráveis.

MATERIAL E MÉTODOS

Para obter os resultados foram utilizados os seguintes materiais e tecnologias:

- Placa Wemos® **TTGO T-Beam** ESP32 915Mhz WiFi Wireless Bluetooth Module ESP-32 GPS NEO-6M SMA LORA 32 18650 Battery Holder, mostrada na Figura 1. (Lilygo, 2023).
- Bateria 18650 Panasonic Ncr18650a 3000mah 3,6v.
- **LoRa e LoRaWAN**: Tecnologia de rádio frequência para comunicação de longa distância com baixo consumo de energia e transmissão segura de dados. (Lora Alliance, 2023)
- **ESP32**: Linha de Sistemas em um Chip (SoC), contendo um microprocessador *Tensilica Xtensa LX6*, integração de WiFi e Bluetooth. (Espressif, 2023)
- **Protocolo MQTT**: Protocolo de comunicação eficiente entre dispositivos IoT, permitindo troca de mensagens e comandos via TCP/IP.
- **Plataforma PlatformIO**: Ambiente de desenvolvimento baseado no Visual Studio Code para codificação de sistemas embarcados em C/C++.

- **Plataforma TagoIO:** Plataforma em nuvem para monitoramento de ambientes por dispositivos IoT, oferecendo visualização de dados e criação de aplicações em diversos segmentos. (Tagoio, 2023)



FIGURA 1. Placa Wemos® TTGO T-Beam ESP32.

Na sequência, são apresentados os itens e etapas que foram configurados tanto na plataforma TagoIO quanto nos dispositivos do sistema. Cada componente desempenha um papel fundamental na implementação e operação do projeto. A configuração cuidadosa de parâmetros-chave, otimizações e integrações resultaram na realização bem-sucedida do monitoramento de pacientes com doenças cognitivas em tempo real. Cada estágio, desde o aprimoramento da transmissão LoRa até o desenvolvimento das funções da cerca virtual, foi estrategicamente abordado para garantir a eficácia, precisão e confiabilidade do sistema. Além disso, são detalhados os procedimentos de teste, que desempenham um papel crucial na validação do desempenho do sistema em situações práticas, bem como na avaliação das inovações propostas.

Configuração na plataforma TagoIO

A primeira etapa do projeto envolveu a configuração na plataforma TagoIO. Foram criados dispositivos virtuais para representar os aparelhos dos pacientes, seguidos pela configuração de *Triggers* (configurações que permitem estabelecer tópicos MQTT específicos). Esses *Triggers* desempenham um papel fundamental ao possibilitar o envio e o armazenamento eficiente dos dados coletados. Dessa forma, criou-se um ambiente otimizado para a transmissão dos dados entre os dispositivos envolvidos no projeto, conforme ilustrado na Figura 2.

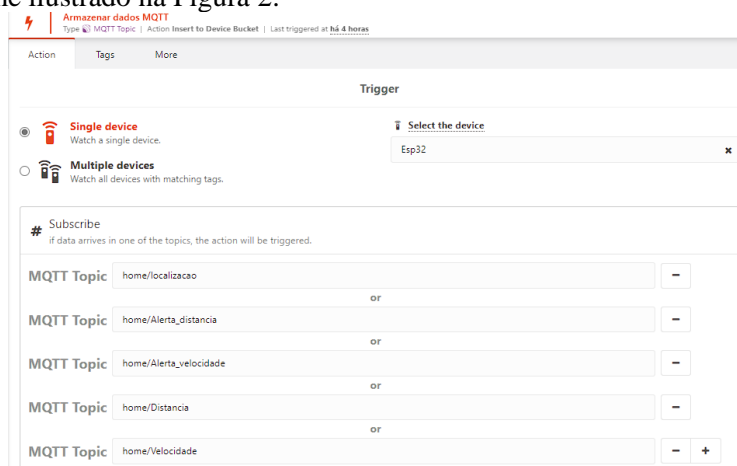


FIGURA 2. Tópicos MQTT criados na TagoIO

Aumento do alcance de transmissão LoRa

O projeto evoluiu a partir de um trabalho anterior, concentrando-se no aprimoramento da transmissão via LoRa entre os dispositivos móvel e fixo. Uma análise detalhada levou ao refinamento de parâmetros essenciais, como fator de espalhamento, largura de banda, *Coding Rate*, comprimento do preâmbulo, palavra de sincronização, ativação do CRC e ganho (em dBm) em ambos os dispositivos.

As otimizações realizadas resultaram em uma filtragem aprimorada do sinal, aumento significativo do alcance de comunicação e maior resiliência diante de interferências externas.

Desenvolvimento das funções da cerca virtual

Uma adição fundamental ao projeto foi o desenvolvimento de duas novas funções de alerta: uma relacionada à distância e outra à velocidade. A função de distância compara a localização fixa do dispositivo residencial com a localização atual do dispositivo móvel, utilizando a Fórmula de Haversine. A função de velocidade, por sua vez, verifica se a velocidade atual do dispositivo móvel ultrapassa um limite predefinido. Quando as condições de alerta são atendidas, um valor "1" é emitido, sendo posteriormente publicado via MQTT e exibido na plataforma TagoIO. A visualização dos dados inclui não apenas os alertas, mas também a distância entre as localizações e a velocidade atual, tornando a interpretação mais acessível.

Tratamento de Erros:

Para superar desafios enfrentados em projetos anteriores, foram abordados problemas de alcance limitado e envio de dados incorretos. As melhorias no alcance foram detalhadamente documentadas no artigo. No que diz respeito aos dados, o código foi ajustado para garantir que apenas informações válidas sejam transmitidas, descartando dados de localização e velocidade anômalos.

Testes Práticos:

Para validar a funcionalidade e o desempenho do sistema, foram conduzidos testes usando dispositivos *Slave* e *Master*. O *Slave* transmitiu os sinais de GPS, enquanto o *Master* atuou como *gateway* de processamento de dados. As informações, convertidas em formato JSON, foram enviadas via MQTT para a plataforma TagoIO após passarem pelo *Master*. Além disso, novos testes foram conduzidos para expandir o alcance da comunicação e validar as funções da cerca virtual em cenários do mundo real.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram conduzidos testes de alcance de comunicação LoRa entre os dispositivos *Slave* (móvel) e *Master* (fixo), além do envio dos dados do *Master* para a plataforma de nuvem da TagoIO via MQTT, conforme ilustrado na Figura 3. A maior distância alcançada foi cerca de 2 km, percorrendo uma rota não totalmente linear.

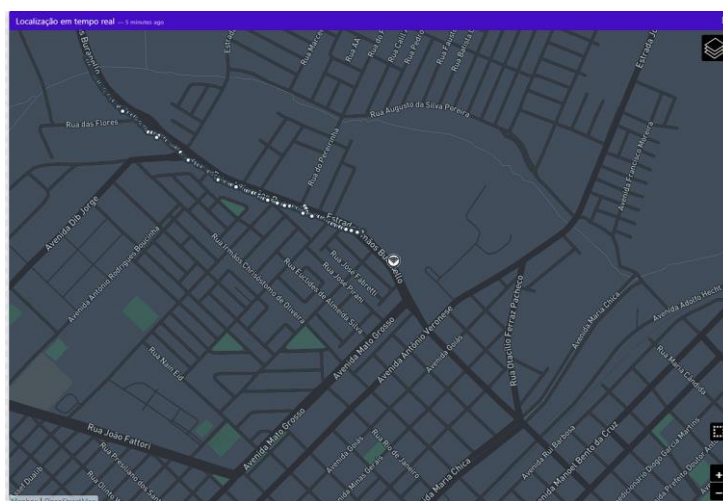


FIGURA 3. Rota urbana na cidade de Penápolis-SP visualizada no *Widget* de mapa da TagoIO

Certificou-se uma expansão no alcance utilizando apenas recursos de software em um ambiente urbano densamente interferido. Para potencializar este resultado, sugere-se explorar melhorias de hardware, como uma antena mais avançada. Ademais, a análise da distância entre um ponto fixo pré-determinado e a posição atual demonstrou um máximo de cerca de 2 km.

Adicionalmente, foi conduzido um teste referente ao sistema de alerta de velocidade, no qual o limite máximo predefinido foi de 5 km/h. Dessa maneira, sempre que a velocidade registrada excedeu esse valor, o alerta correspondente foi ativado (Figura 4).

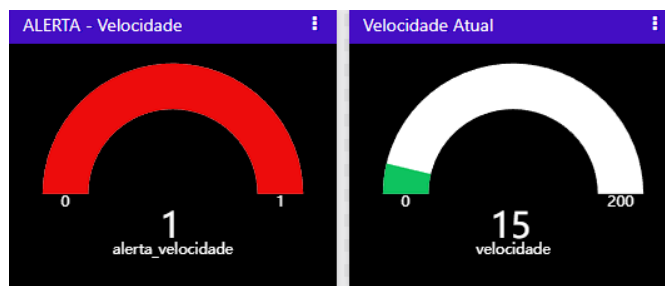


FIGURA 4. *Widget da TagoIO para visualização de velocidade e alerta gerado*

Além disso, procedeu-se com um teste relativo ao alerta de raio de alcance, no qual a distância máxima permitida e predefinida foi estabelecida em 100 metros. Consequentemente, sempre que a distância registrada (expressa em quilômetros) ficou aquém desse limite, o alerta foi prontamente acionado (Figura 5).

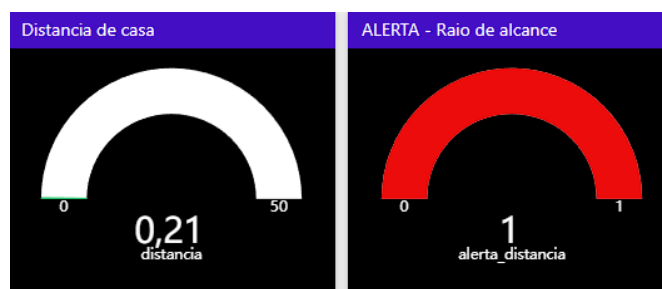


FIGURA 5. *Widget da TagoIO para visualização de distância e alerta gerado*

Em seguida, foi conduzido um teste para demonstrar a visualização completa no Painel de Controle, com o intuito de simular um cenário fiel ao contexto do projeto. O dispositivo móvel permanecia parado, resultando em uma velocidade registrada de 0 km/h e a não ativação do alerta de velocidade. Entretanto, considerando que a distância máxima aceitável foi definida como 100 metros, o alerta de alcance máximo foi acionado. A representação também exibiu a distância entre a localização atual do dispositivo e o local fixo estabelecido (Figura 6).

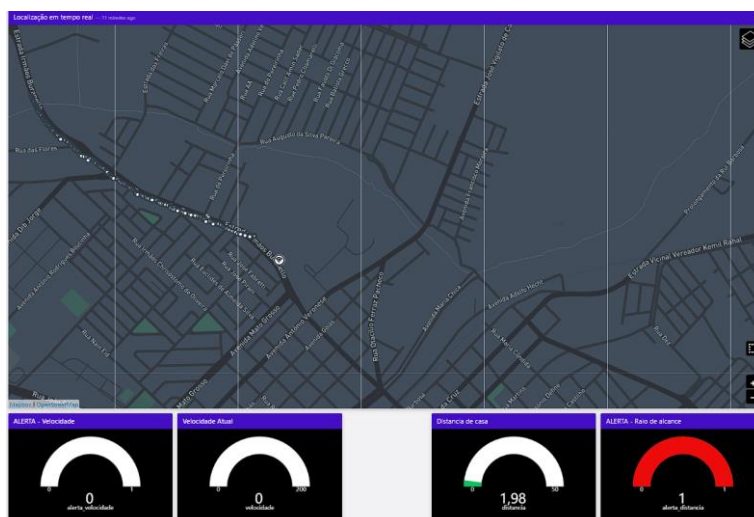


FIGURA 6. *Visualização do Dashboard completo na TagoIO*

A tecnologia de transmissão LoRa apresenta atributos que são altamente pertinentes à proposta de rastreamento, com ênfase em: a extensão da área de abrangência da tecnologia de transmissão, a relação custo-benefício dos dispositivos e a longa autonomia da bateria.

CONCLUSÕES

Na concepção da cerca virtual, outras funcionalidades também foram consideradas. Entre elas, destaca-se a implementação de um temporizador, que geraria alertas se o dispositivo Slave (móvel) permanecesse fora da localização predefinida por um intervalo determinado. Uma função não realizada foi a criação de um relatório de alertas recorrentes, destinado a monitorar a progressão da doença em questão. No entanto, problemas durante o desenvolvimento impediram a integração dessas adições.

Atualmente, o protótipo passa por testes para avaliar as funcionalidades da cerca virtual, enquanto se configura a infraestrutura de redes para testes mais abrangentes.

Os resultados e dados dos testes demonstraram o potencial prático do projeto. Esse sucesso impulsiona melhorias contínuas no código-fonte e exploração de plataformas mais abrangentes e gratuitas, incluindo a integração com um sistema web paralelo em desenvolvimento. O objetivo é integrar ambos os projetos em um único produto.

Apesar dos desafios enfrentados, foram identificadas oportunidades de aprimoramento, como a inclusão da função de temporização na cerca virtual e a geração de relatórios periódicos de alertas. Algumas limitações, como a curta distância de transmissão, foram superadas até certo ponto, embora essa limitação seja inerente à tecnologia LoRa e precisa ser considerada no desenvolvimento futuro.

A introdução de novas funções enriqueceu o projeto, proporcionando maior autonomia aos usuários. Resumindo, embora o projeto esteja em constante aprimoramento e algumas integrações ainda estejam pendentes, o potencial futuro é promissor e a viabilidade do projeto é sólida.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar profundos agradecimentos aos meus pais, cujo apoio incondicional me permitiu dedicar-me plenamente à universidade, centrando-me nos estudos. A orientação e incentivo deles foram fundamentais. Meu orientador também merece reconhecimento por me proporcionar a oportunidade de conduzir esta pesquisa científica, guiando-me com sabedoria e perspicácia. Além disso, sou grato à minha universidade por fornecer o ambiente e recursos necessários para desenvolver este projeto. Essa experiência solidificou meu crescimento acadêmico e pessoal, moldando meu caminho para o futuro.

REFERÊNCIAS

- ESPRESSIF. ESP32 Wi-Fi & Bluetooth MCU. 2023. Disponível em: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>. Acesso em: 5 ago. 2023.
- LILYGO. TTGO T-Beam. Disponível em: <https://github.com/LilyGO/TTGO-T-Beam>. Acesso em: 5 ago. 2023.
- LORA ALLIANCE. What is LoRaWAN, 2023. Disponível em: https://lora-alliance.org/resource_hub/what-is-lorawan/. Acesso em 12 set. 2023.
- LUZARDO, Adriana Remião; GORINI, Maria Isabel Pinto Coelho; SILVA, Ana Paula Scheffer Schell da. **Características de idosos com doença de Alzheimer e seus cuidadores: uma série de casos em um serviço de neurogeriatria**. Texto & Contexto Enfermagem, 2006 OUT-DEZ; 15(4): 587-594.
- SOUSA, F. C. de, Soares, R. D., Campos, R. José, & Motta, I. V. C. **IIOT Utilizando Protocolo MQTT**. 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/18962>. Acesso em: 12 set. 2023.
- SWEDBERG, Claire. Czech Oncology Center Uses Wi-Fi RTLS to Locate People, Equipment. 2012. Disponível em: <https://www.rfidjournal.com/czech-oncology-center-uses-wi-fi-rtls-to-locate-people-equipment>. Acesso em: 10 out. 2023.
- TAGGIO. TagoIO: IoT Cloud Platform. 2023. Disponível em: <https://tago.io/>. Acesso em: 10 out. 2023.