

RELATÓRIO FINAL - IFSP

Uso de MQTT em dispositivo para o monitoramento de pessoas com doenças cognitivas

Nome do Bolsista: Willian Gustavo Rocha Leme

Telefone do Bolsista: (18) 99130-0086

Email do Orientador: willian.gustavo@aluno.ifsp.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo-IFSP – Campus Birigui

Rua Pedro Cavalo, 709 – Portal da Pérola II – Birigui-SP

CEP: 16201-407

Telefone: (18) 3643-1160

e-mail: cpi.bri@ifsp.edu.br;

Nome do Orientador: Prof. Dr. Rogério Pinto Alexandre

Telefone do Orientador: (14) 99746-6682

Email do Orientador: rpalexandre@ifsp.edu.br

RESUMO

O fenômeno do envelhecimento populacional tem sido observado em todo o mundo e constatado, não somente pelas produções das comunidades científicas, mas também começa a fazer parte da concepção do senso comum, e no Brasil não tem sido diferente. Neste contexto está inserida a doença de Alzheimer como uma forma de demência que afeta o idoso e compromete sobremaneira sua integridade física, mental e social, acarretando uma situação de dependência total com cuidados cada vez mais complexo. Este artigo propõe o desenvolvimento de um equipamento de baixo custo para realizar o monitoramento de pacientes com doenças cognitivas, utilizando tecnologias com sistema de GPS - Sistema de Posicionamento Global. Visando realizar o monitoramento em tempo real da localização dos pacientes, assim como a disposição de funções que criam uma cerca virtual com intuito de alertar o cuidador do paciente quando certas condições forem satisfeitas, utilizando de dois dispositivos que se comunicarão entre si (escravo e mestre), um fixamente posicionado e outro se movendo com o paciente. Busca-se com o trabalho contribuir no âmbito social, com o foco na

melhoria da qualidade de vida dos pacientes e, conseqüentemente, todos os familiares e pessoas relacionadas.

Palavras-chave: GPS; Tecnologia Assistiva; monitoramento; doenças cognitivas.

APRESENTAÇÃO

Introdução:

A complexidade dos problemas sociais relacionados ao impacto provocado pelo aumentada expectativa de vida das pessoas reflete diretamente na manutenção da saúde dos idosos e na preservação de sua permanência junto à família. Neste contexto estão inseridas algumas doenças cognitivas, como a doença de Alzheimer, uma forma de demência que afeta pessoas idosas e compromete profundamente sua integridade física, mental e social, acarretando numa série de dependências mais complexas, surgindo assim necessidades específicas quanto aos cuidados a esses pacientes (LUZARDO, GORINI e SILVA, 2006).

O Masaryk Memorial Cancer Institute (MMCI), um centro de tratamento oncológico localizado na República Checa, está empregando uma rede Wi-Fi baseada em um sistema de localização em tempo real (RTLS) para permitir que seus pacientes tenham assistência rápida em caso de emergência e para tornar os funcionários mais eficientes, graças à rápida localização de dispositivos médicos e pacientes (SWEDBERG, 2012).

Considera-se pessoa com deficiência “aquela que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, podem obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas” (BRASIL, 2015). Levando-se em conta que as barreiras sejam eliminadas e a acessibilidade alcançada, ainda que existam pessoas com limitações relacionadas às condições: motoras, visuais, auditivas, físicas, entre outras, interferindo diretamente no modo para acessar o mundo. Portanto, para compensar essas limitações e propiciar a participação na sociedade entra em cena a Tecnologia Assistiva (TA).

Complementa Sonza (2013, p. 199) que a TA pode ser “o conjunto de artefatos disponibilizados às pessoas com necessidades especiais, que contribui para

prover-lhes uma vida mais independente, com mais qualidade e possibilidades de inclusão social.” Nessa concepção, ampliam-se as possibilidades da pessoa com deficiência quanto à comunicação no trabalho, na vida familiar e na sociedade, assim como no processo de aprendizagem.

Nesse contexto surgiu a ideia do projeto, com a motivação de fornecer autonomia para o paciente que irá se beneficiar do dispositivo e para o cuidador do deste, que poderá realizar o monitoramento sem estar presente ou mesmo verificando dados a todo instante.

Para tanto, foi utilizado do Open Hardware (ESP32) e tecnologias de IoT para transmissão de dados, como LoRa, MQTT, GPS, e Wi-fi, pretendendo selecionar as tecnologias mais adequadas levando em conta portabilidade, baixo custo, autonomia energética, comunicação a longa distância, comunicação contínua do aparato, custo de hardware e software, bem como possíveis custos de manutenção.

Justificativa:

Baseado neste contexto, este trabalho apresenta informações relativas à utilização de IoT para disponibilizar um serviço de rastreamento utilizando um dispositivo de baixo custo para o monitoramento de pacientes com doenças cognitivas, com o objetivo de efetuar o monitoramento em tempo real da localização dos pacientes e disponibilizar de uma cerca virtual.

Objetivo:

No contexto do projeto, foi levantada a questão de como fornecer aos pacientes, suas preciosas independência e liberdade, sem que seus cuidadores se aflijam com a situação deles.

Desta forma, o projeto procura apresentar um dispositivo de baixo custo que utiliza de tecnologias como IoT e microcontroladores para obter um rastreamento em tempo real de indivíduos com doenças cognitivas, ilustrar estas informações para seus devidos cuidadores, assim como a disposição de funções de alerta, que serão acionadas quando o paciente estiver acima de uma velocidade pré-estabelecida e/ou fora de um raio de alcance pré-estabelecido.

INTERNET DAS COISAS

O termo refere-se a uma revolução tecnológica que tem como objetivo conectar os itens usados do dia a dia à rede mundial de computadores, a Internet (ZAMBARDA, 2014). A ideia é fazer cada vez mais dispositivos que se comuniquem com os outros, um conceito capaz de mudar não só nosso estilo de vida como também o modo como trabalhamos, uma vez que a cada dia surgem mais dispositivos com a capacidade de conectar-se à Internet, como eletrodomésticos, muito visados na automação das smart houses (BARRAGANA, 2018), carros, aparelhos vestíveis como o Google Glass além de computadores e smartphones propriamente.

O conceito pode ser utilizado em inúmeras aplicações diferentes, de maneira a diminuir custos e aumentar produtividade em lugares como hospitais, onde pacientes podem utilizar dispositivos conectados que colem informações, e os dados serem enviados automaticamente para o sistema que controla os exames, ou em fábricas, tornando possível medir em tempo real a produtividade de máquinas ou indicar quais setores precisam de mais equipamentos ou suprimentos, e até mesmo em lojas, com prateleiras inteligentes que controlam a todo instante quais produtos estão em falta e quais têm pouca demanda (ALECRIM, 2017).

Muitos objetos já são conectados atualmente, e pensando em otimizar o funcionamento da conexão entre as diversas máquinas, vêm surgindo inúmeras iniciativas, que envolvem empresas grandes, para unificar a Internet das Coisas, como o Open Interconnect Consortium (OIC), grupo formado em julho de 2014, formado pelas multinacionais Dell, Intel e Samsung com o objetivo de criar um protocolo comum para os mais variados dispositivos conectados à Internet, utilizando recursos como Wi-Fi, Bluetooth e NFC, independente do fabricante (RIBEIRO, 2014).

Entre outras iniciativas estão (ALECRIM, 2017):

- OpenFog Consortium: formada por companhias como Dell, Microsoft e Cisco;

- Internet of Things Consortium: constituída por empresas como Logitech, Wolfram e Indiegogo;
- Open Connectivity Foundation: apoiada por companhias como Intel, Samsung e Microsoft.

A Internet das coisas possibilita inúmeras oportunidades e conexões, muitas das quais não conseguimos imaginar nem entender completamente, gerando expectativas para um futuro de oportunidades, como a criação de cidades inteligentes, ou 'smart cities', direcionando os avanços na tecnologia e armazenamento de dados para o ambiente e infraestrutura de nossas cidades, porém repleto de riscos e desafios, como melhorar os sistemas de segurança e encriptação, e a análise e armazenamento de Big Data, imensas quantidades de informação que são gerada pelas novas tecnologias diariamente (VILLARINO, 2017).

LORA E PROTOCOLO LORAWAN

A rede LoRa é uma tecnologia de rádio frequência criada pela Semtech que permite comunicação a longas distâncias com consumo mínimo de energia e transmissão segura de dados (SEMTECH, 2018). De acordo com a Semtech (2018), redes públicas e privadas que usam a tecnologia possuem cobertura em área maior do que as atuais redes de telefonia celular. Enquanto a LoRa pode ser compreendida como a camada física da rede, o protocolo LoRaWAN é a camada lógica que define a arquitetura do sistema bem como os parâmetros de comunicação (INSTITUTO NEWTON C. BRAGA, 2018).

LoRaWAN é uma especificação de protocolo construída sobre a tecnologia LoRa desenvolvida pela LoRa Alliance. Ele usa espectro de rádio não licenciado nas bandas Industrial, Científica e Médica (ISM) para permitir a comunicação de área ampla e baixa energia entre sensores remotos e gateways conectados à rede. Essa abordagem baseada em padrões para a criação de um LPWAN permite a rápida configuração de redes de IoT públicas ou privadas em qualquer lugar usando hardware e software bi-direcionalmente seguros, interoperáveis e móveis, fornece localização precisa e funciona da maneira esperada (SEMTECH, 2018, tradução nossa).

A tecnologia se mostrou muito popular e já foi aderida em 43 países até março de 2018 (LORA ALLIANCE, 2018), conforme mostrado na Figura 1.

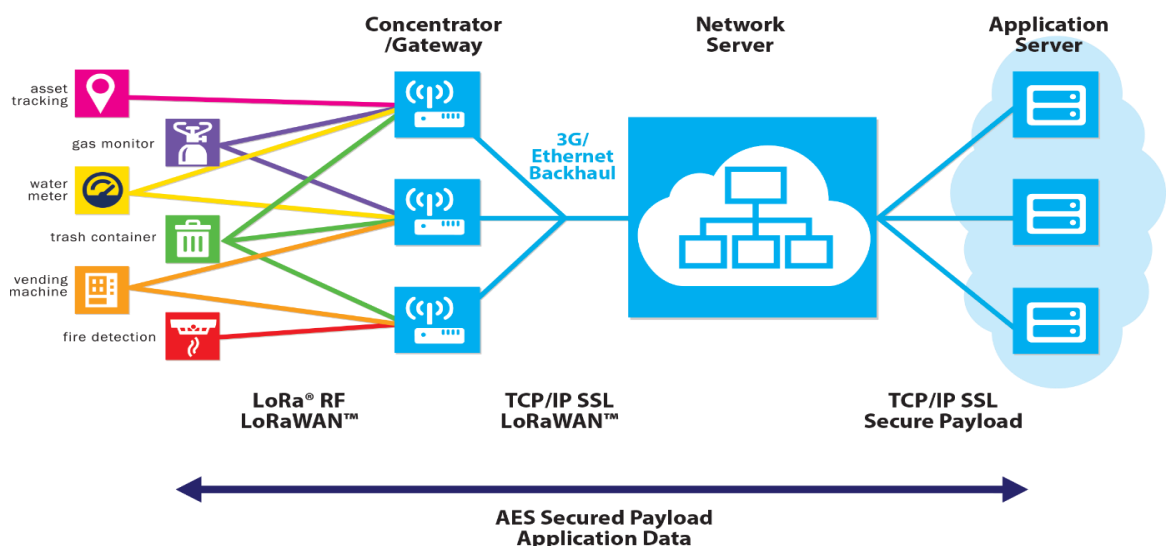
Figura 1 – Redes LoRaWAN



Fonte: LORA ALLIANCE, 2022

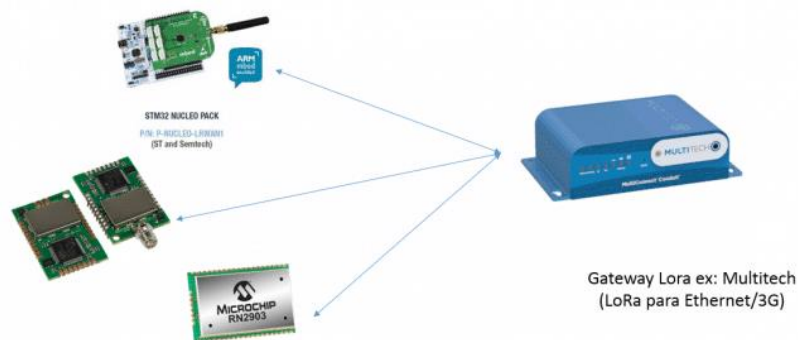
O sistema LoRa funciona com um módulo sub-GHz no end-device e um gateway que enviará os dados para servidores locais e/ou remotos. As empresas podem criar redes próprias ou usar redes de terceiros. As Figuras 2 e 3 a seguir representam um diagrama simplificado da rede e um exemplo de infraestrutura básica para uma empresa, respectivamente.

Figura 2 – Diagrama de Redes



Fonte: SEMTECH, 2022

Figura 3 - Exemplo de uma estrutura de rede LoRa



End-Devices, módulos SubGHz acoplados aos dispositivos em campo
Ex: RN2903(Microchip), solução ST+Semtech , Multitech LoRa

Fonte: NUNES, 2017

SISTEMA EM UM CHIP

Um sistema em um chip ou sistema no chip - “SoC” (*System-on-Chip*, do inglês “sistema em um chip”) é um circuito integrado que integra todos os componentes de um computador ou outro sistema eletrônico. Esses componentes geralmente incluem uma unidade de processamento central (CPU), memória, portas de entrada/saída e armazenamento secundário, tudo em um único componente. Pode conter funções de processamento de sinais digitais, analógicas, de sinal misto e frequentemente de frequência de rádio, dependendo da aplicação (OLIVEIRA, 2017).

Como estão integrados em um único componente, os SoCs consomem muito menos energia e ocupam muito menos área do que os projetos com vários chips com funcionalidade equivalente. Por isso, os SoCs são muito comuns nos mercados de computação móvel e computação de borda. Sistemas em chip são comumente usados em sistemas embarcados e na Internet das Coisas. Os sistemas em chip estão em contraste com a arquitetura tradicional de PC baseada em placa-mãe, que separa os componentes com base na função e os conecta através de uma placa central de interface.

Enquanto uma placa-mãe hospeda e conecta componentes destacáveis ou substituíveis, os SoCs integram todos esses componentes em um único circuito integrado como se todas essas funções estivessem embutidas na placa-mãe. Um SoC normalmente integra interfaces de CPU, gráficos e memória, conectividade de disco rígido e USB, acesso aleatório e memórias somente de leitura e armazenamento

secundário em um único circuito, enquanto uma placa-mãe conectaria esses módulos como componentes discretos ou placas de expansão (STOLBERG,2019).

Figura 4 - Comparação de atributos de tecnologias SoC

	ESP32	ESP8266	ARDUINO UNO R3
Cores	2	1	1
Arquitetura	32 bits	32 bits	8 bits
Clock	160MHz	80MHz	16MHz
WiFi	Sim	Sim	Não
Bluetooth	Sim	Não	Não
RAM	512KB	160KB	2KB
FLASH	16Mb	16Mb	32KB
GPIO	36	17	14
Interfaces	SPI / I2C / UART / I2S / CAN	SPI / I2C / UART / I2S	SPI / I2C / UART
ADC	18	1	6
DAC	2	0	0

Fonte: OLIVEIRA, 2017

ESP32

O ESP32 é uma série de SoC's, desenvolvido pela Espressif Systems, contendo um microprocessador Tensilica Xtensa LX6, WiFi e Bluetooth integrado. Foi desenvolvido para que tivesse baixo consumo e baixo custo, sendo uma opção interessante para makers ou desenvolvedores de produtos.

O Módulo WiFi ESP32 com suporte de bateria, GPS e LORA 915MHZ é uma placa da família do ESP. Este módulo conta com diversas funcionalidades, sendo um módulo de alta performance para aplicações envolvendo transmissões de radio frequência, caracterizando-se por um baixo consumo de energia (~1,5mA sleep mode) e comunicação à longas distâncias (~3,6 km). Este módulo também conta com um GPS NEO-6M, com antena integrada e suporte para bateria 18650 (TTGO, 2019).

Protocolo MQTT

O MQTT (Message Queue Telemetry Transport) é um protocolo de comunicação entre máquinas, ele permite o envio de mensagens e comandos entre os dispositivos que falam MQTT por meio de TCP/IP. Este foi projetado para passar apenas os dados solicitados, há a melhora da performance com baixa largura de banda, não

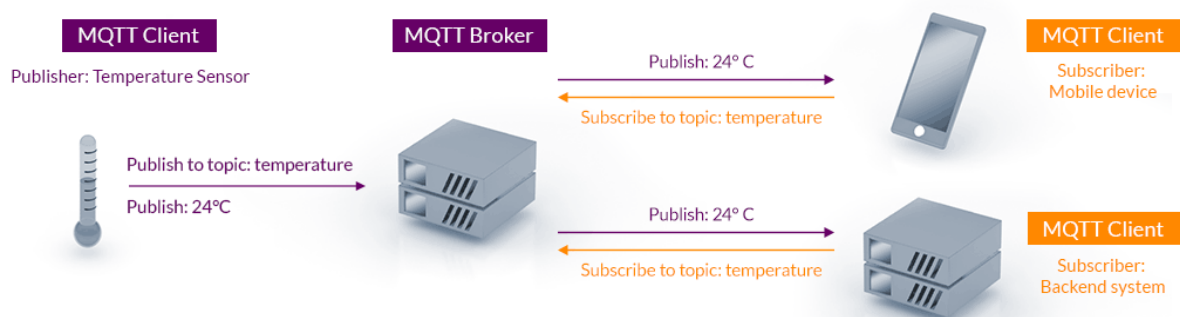
sobrecarregando internet e dispositivo e, assim, melhora a comunicação entre vários dispositivos. Outra vantagem é a simples codificação, o que facilita que o MQTT funcione em sistemas não tão modernos ou com problemas de armazenamento.

Um dispositivo dentro do protocolo MQTT pode ser “inscrito = subscribed” ou uma “publicação=publish”. Quando tal dispositivo é um Publish, ele publica informações pré-estabelecidas. Já o dispositivo Subscribe recebe todas essas informações que estão sendo publicadas.

Inúmeras informações podem ser publicadas, assim como inúmeros dispositivos podem receber e/ou publicar informações. Estas informações podem ser simplesmente dados ou até mesmo comandos. Caso o dispositivo gere alguma informação que não está cadastrada, esta não será publicada. Por isso que a maior vantagem deste protocolo é a economia de banda de internet, já que não há tráfego de informações sem importância.

Outro elemento importante do elemento MQTT é o Broker, ele é um servidor que gere as informações aos inscritos e vice-versa, funcionando, então, como um intermediário entre Subscribers e Publishers. Além de armazenar, o Broker também filtra as informações. Os dados dentro deste servidor estão armazenados em tópicos e, desta forma, os Subscribers escolhem quais os tópicos querem se inscrever e receber apenas os que os convém. Em outras palavras, o Broker recebe todas as mensagens, filtra e decide quem está interessado e inscrito nela ou não. O Broker pode ser tanto um servidor local, como uma estrutura em nuvem.

Figura 5 – Funcionamento do protocolo MQTT



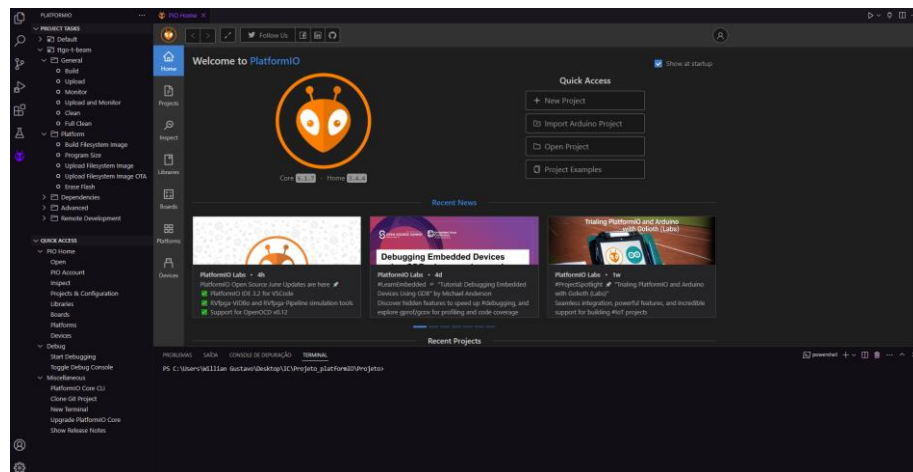
Fonte: mqtt.org, 2023

PlatFromIO

PlatformIO foi a ferramenta de desenvolvimento escolhida para a elaboração dos códigos do projeto, ela é uma extensão do editor de código Visual Studio Code, popularmente conhecido como “VS Code”. Ela não é simplesmente uma extensão, é um

conjunto de ferramentas para desenvolvimento de sistemas embarcados em C/C++. Começou como uma plataforma onde era necessário pagar para se ter todas as funcionalidades, mas em junho de 2019 foi anunciado Open Source(Código aberto) e com todas as funcionalidades gratuitas. Ela possui todas as funcionalidades da IDE Arduino como upload e execução de código e algumas outras.

Figura 6 – Extensão PlatFormIO dentro do VS Code



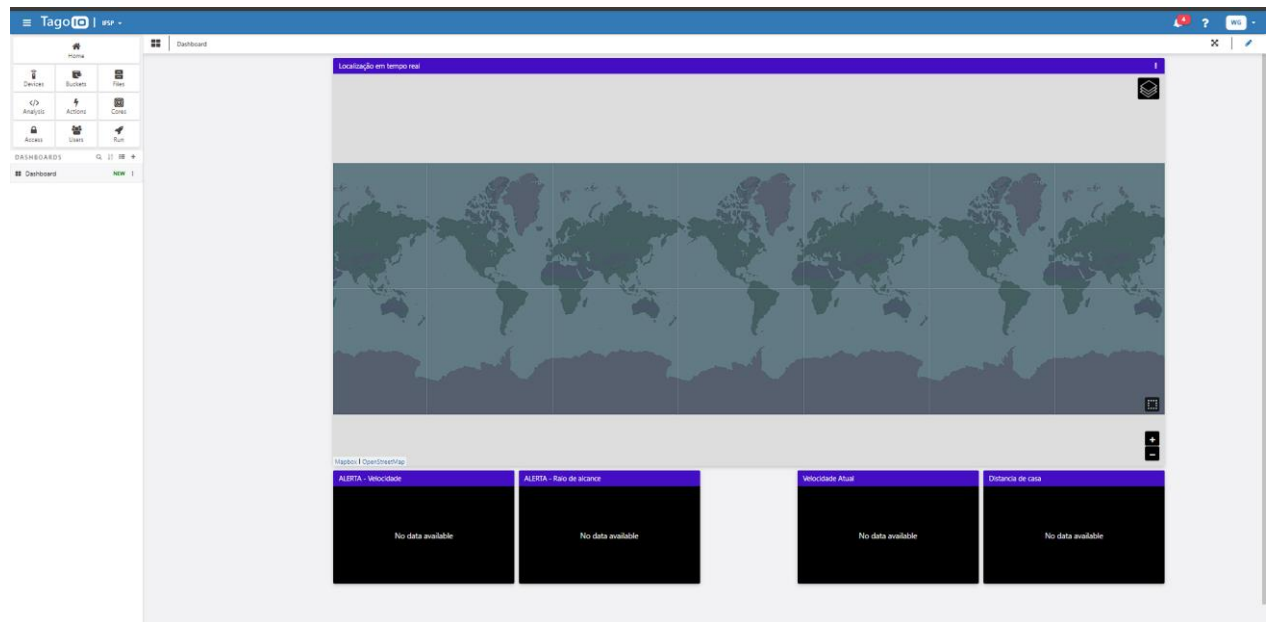
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

TagoIO

TagoIO é uma plataforma web, 100% cloud e de alto nível para monitoramento de ambientes via dispositivos IoT conectados à sua rede. Segundo seu CEO, Fábio Rosa, a Tago hoje possui dois diferenciais: a velocidade que a uma solução de IoT pode ser implementada no mercado, e ser uma ferramenta poderosa que oferece diversas funcionalidades necessárias para tal implementação.

Por meio da plataforma, o usuário pode observar os dados coletados em um dashboard prático para construir suas aplicações. Tendo um painel simples e dinâmico, é possível compartilhar e rastrear o uso da aplicação, além de criar níveis de acesso para diversos usuários, definindo o que cada um poderá visualizar e editar. A plataforma TagoIO permite às empresas construírem e desenvolverem rapidamente uma solução IoT. Tais aplicações podem acontecer em diversos segmentos, como: automação industrial, irrigação inteligente, localização interna de depósitos, composição, refrigeração e telemática. (Khomp,2022).

Figura 6 – Dashboard do projeto na plataforma TagoIO



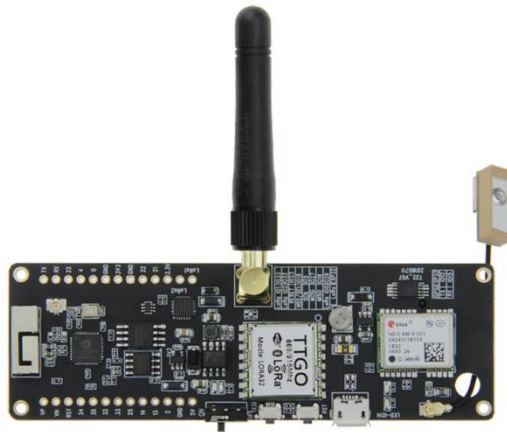
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

DESENVOLVIMENTO

Para obter os resultados foi utilizado:

- Placa Wemos® TTGO T-Beam ESP32 915Mhz WiFi Wireless Bluetooth Module ESP-32 GPS NEO-6M SMA LORA 32 18650 Battery Holder;
- Bateria 18650 Panasonic Ncr18650a 3000mah 3,6v.

Figura 7 - Placa Wemos® TTGO T-Beam ESP32.



Fonte: LILYGO, 2023

Figura 8 - Bateria 18650 Panasonic.



Fonte: Panasonic, 2023

Para desenvolver todo o código fonte, foi utilizado da linguagem C++.

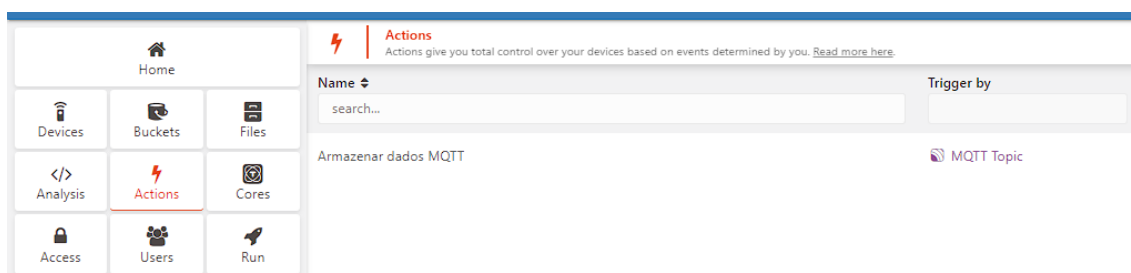
Configuração da plataforma TagoIO

Posto que o projeto atual é a continuação de um projeto anterior, contendo melhorias e novas funções, houve a necessidade de configuração da plataforma de testes utilizada, a TagoIO.

A aplicação dá suporte a várias tecnologias de IoT, o que contempla o cenário do projeto, onde para a transmissão de dados do dispositivo residencial será feita através do protocolo de comunicação MQTT, suportado pela TagoIO.

Para utilizar o MQTT é necessário criar um dispositivo(device), que no cenário real será o dispositivo residencial do paciente, após isso é necessário criar uma Trigger para o armazenamento dos dados, onde nestá será criada os tópicos MQTT para envio dos dados.

Figura 9 – Trigger criada para armazenar os dados



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Figura 10 – Tópicos MQTT

Armazenar dados MQTT
Type MQTT Topic | Action Insert to Device Bucket | Last triggered at há 4 horas

Action Tags More

Trigger

☒ **Single device**
Watch a single device.

☐ **Multiple devices**
Watch all devices with matching tags.

Select the device
Esp32 x

Subscribe
if data arrives in one of the topics, the action will be triggered.

MQTT Topic home/localizacao -

or

MQTT Topic home/Alerta_distancia -

or

MQTT Topic home/Alerta_velocidade -

or

MQTT Topic home/Distancia -

or

MQTT Topic home/Velocidade - +

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Na parte de visualização dos dados, a TagIO oferece diversos Widgets para visualização de dados. Para o projeto foi utilizado de um mapa para visualizar a localização em tempo real, quatro “Solid Widgets” para visualização de velocidade atual, distância entre a casa do paciente e localização atual, assim como dois alertas, um que exibirá “1” quando a velocidade do dispositivo estiver acima do permitido, “0” caso não e outro que exibirá “1” quando a localização atual estiver fora do raio de alcance pré-estabelecido e “0” caso contrário.

Aumento do alcance de transmissão LoRa

Em relação ao projeto anterior, foi incrementada melhorias na transmissão via LoRa, que é responsável pela comunicação entre os dois dispositivos (móvel e fixo). Para tal foi definido: um fator de espalhamento, largura de banda, Coding Rate, comprimento do preambulo, palavra de sincronização, ativação do crc e ganho (em dBm) em ambos os dispositivos, assim fornecendo uma filtragem de sinal entre os dois dispositivos, maior alcance de comunicação e tratamento de interferências externas.

Figura 11 – Parâmetros LoRa para ganho de alcance

```
LoRa.setSpreadingFactor(12);  
LoRa.setSignalBandwidth(250E3);  
LoRa.setCodingRate4(5);  
LoRa.setPreambleLength(6);  
LoRa.setSyncWord(0x15);  
LoRa.crc();
```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Desenvolvimento das funções da cerca virtual

Foi desenvolvida duas novas funções para o conceito de “alerta” do projeto. Sendo uma de distância, onde é estabelecida uma localização primaria que corresponde ao local fixo do dispositivo residencial, e uma localização secundaria que corresponde a localização atual do segundo dispositivo, o móvel. Também é estabelecido uma distância máxima, que corresponde a distância máxima permitida entre os dois pontos (localização fixa e atual).

As duas localizações são comparadas através da Fórmula de Haversine, que considera a curvatura da Terra e fornece um resultado bastante preciso correspondente a distância entre dois pontos utilizando latitude e longitude. Outra função desenvolvida foi a função de velocidade, mais simples em comparação a função de raio de alcance, posto que, o modulo GPS do dispositivo fornece a velocidade atual, e então a função de velocidade se encontra na obtenção dessa variável e comparação de uma velocidade pré-estabelecida como velocidade máxima. Ambas as funções retornam “1” quando emitem o alerta, e publicam esse valor no tópico MQTT correspondente, que posteriormente é exibido na plataforma TagIO.

Também foi desenvolvida a exibição da distância entre a localização atual e localização pré-estabelecida, assim como a velocidade atual, a fim de facilitar a visualização no sistema.

Tratamento de erros

No projeto em questão foi corrigido alguns problemas do projeto anterior como alcance curto e envio de dados aleatórios para o sistema. Para a primeira correção, a solução já foi precitada neste artigo, para a segunda correção foi criada no código fonte, condicionais para enviar apenas dados correspondentes ao cenário real, ignorando dados de latitude, longitude e velocidade anormais.

Testes práticos

Para testes dos dispositivos de funcionamento foram utilizados dois aparelhos para a comunicação, um Slave que tem a finalidade de se comportar como um nó final de comunicação, o qual envia o sinal de rastreamento GPS, e o Master, que trabalha como um gateway receptando e tratando os dados conforme recebido. Os dados eram enviados eram do tipo Double e processados em funções dentro do código fonte do Master, assim transformando os dados em formato Json, publicando através de MQTT na plataforma TagIO.

Considerando que, o projeto em questão é a continuação de outro projeto anteriormente, alguns testes como: obtenção e visualização de localização em tempo real, foram dispensados, posto que já foram realizados.

Todavia, algumas melhorias foram implementadas, a fim de obter um maior alcance de transmissão entre dispositivos, e para tais melhorias houve testes. Posteriormente, foi testada as novas funções da cerca virtual, com intuito de visualizar se o cenário real correspondia ao planejado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizados diversos testes de alcance de comunicação LoRa entre Slave(móvel) e Master (Fixo) e envio destes mesmos dados do Master para o serviço de cloud da TagIO via MQTT. A maior distancia registrada foi de aproximadamente 2km, em uma rota que não é totalmente linear, como mostra a figura abaixo:

[illegible]

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Tal alcance foi aumentado utilizando apenas recursos de software, e considerando uma rota urbana, com muitas interferências. Este resultado pode ser melhorado se for considerado como melhorias de hardware para amplificar o sinal (como uma antena de maior qualidade).

Igualmente, foi testado a visualização da distância entre o ponto fixo pré-estabelecido e a localização atual, e como precitado a maior distância registrada foi de aproximadamente 2km.

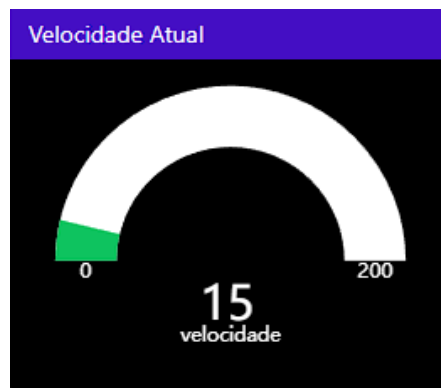
Figura 12 – Widget da TagoIO para visualização de distância



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Da mesma forma, foi testado o monitoramento da velocidade do dispositivo, onde a velocidade máxima capturada foi de aproximadamente 70km/h, porém, por motivos práticos a maior velocidade registrada foi de 15km/h.

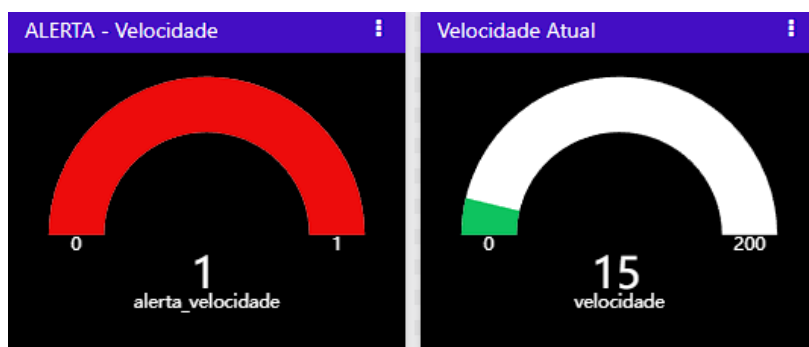
Figura 13 – Widget da TagoIO para visualização de velocidade



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Além disso, foi testado o alerta de velocidade, onde a velocidade máxima estabelecida foi de 5km/h, assim na velocidade registrada acima, o alerta foi emitido.

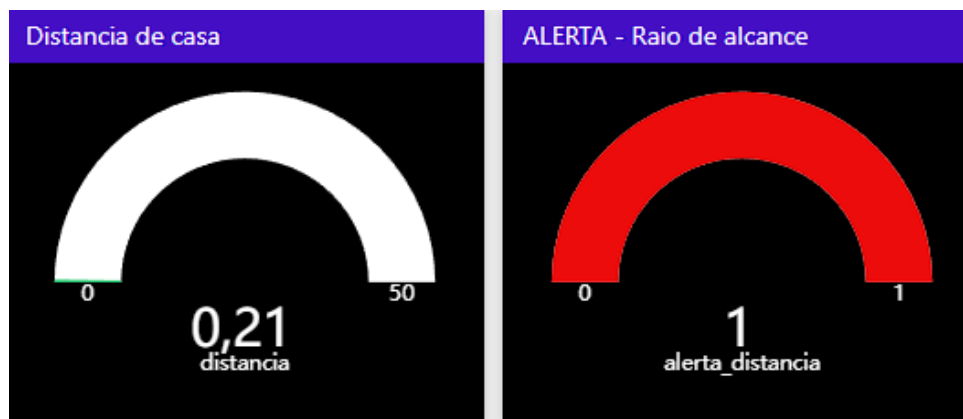
Figura 14 – Widget da TagoIO para visualização de velocidade e alerta gerado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Ademais, foi testado o alerta de raio de alcance, onde a distância máxima permitida e pré-estabelecida era de 100m, assim na distância registrada (em km) abaixo, o alerta foi acionado.

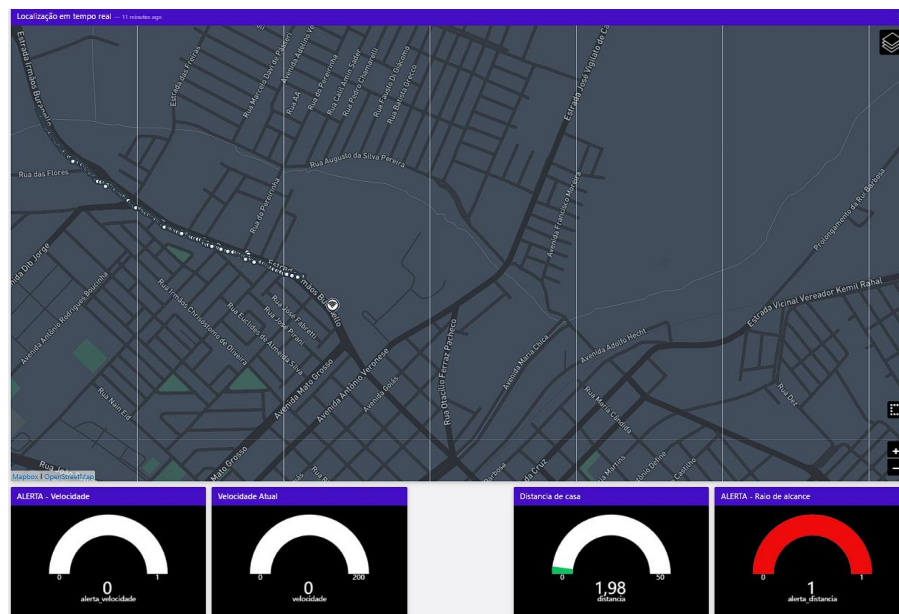
Figura 15 – Widget da TagoIO para visualização de distância e alerta gerado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Posteriormente, foi testado a visualização completa no Dashboard, visando exemplificar um cenário mais próximo possível do contexto do projeto. Na figura abaixo, o dispositivo móvel estava parado, assim a velocidade atual era de 0km/h e o alerta de velocidade não era acionado. Todavia, como a distância máxima permitida foi estabelecida sendo de 100m, o alerta de raio de alcance foi acionado. Também é mostrada a visualização da distância entre a localização atual do dispositivo e o local fixo estabelecido (Rua Francisco Freitas franco, 52, jardim Esplanada, Penápolis)

Figura 16 – Visualização do Dashboard completo na Tagolo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

A tecnologia de transmissão LoRa apresenta características que vêm de encontro a proposta de rastreamento, dentre os quais se destacam: área de cobertura da tecnologia de transmissão, custo/benefício dos dispositivos e autonomia de bateria.

Problemas ao longo do projeto

Na ideia da cerca virtual, outras funções entrariam juntas com as precitadas acima, uma função seria de uma espécie de timer, onde se o dispositivo Slave(móvel) estivesse fora da localização pré-estabelecida depois de um tempo, também pré-estabelecido, iria gerar um alerta.

Outra função que acabou não sendo realizada no desenvolvimento do projeto foi a criação de um relatório de constância de alertas, que poderia auxiliar no monitoramento do avanço da doença em questão. Todavia, com os problemas surgindo com o desenvolvimento das outras funções, essas novas implementações acabam não sendo realizadas.

O projeto em questão é integrado com outro projeto, um sistema web para a visualização de todas as funcionalidades criadas, que iria substituir a

plataforma da TagolO. Entretanto, este projeto paralelo enfrentou dificuldade e não foi possível realizar a integração entre ambos os projetos.

APÊNDICE

Função Setup - Master

```
void setup(){
    Serial.begin(115200);
    setupWifi();
    conectaWifi();
    conectaMQTT();
    while (setupLoRa () == false);
    delay(1000);
}
```

Função Loop - Master

```
void loop() {
    manterConexoes();
    MQTT.loop();
    String payloadLOC;
    Dado dadoLoRa;
    char recebido;
    int tamanhoPacote = 0;
    char * informacaoRecebida = NULL;
    tamanhoPacote = LoRa.parsePacket();

    if (tamanhoPacote == sizeof(Dado))
    {
        Serial.println("[LoRa Receptor] Há dados a serem lidos");
        informacaoRecebida = (char *)&dadoLoRa;
        while (LoRa.available())
        {
            recebido = (char)LoRa.read();
            *informacaoRecebida = recebido;
            informacaoRecebida++;
        }
        payloadLOC = criaJsonLOC(dadoLoRa);
        publicaLOC(payloadLOC);
        cercaVirtual(dadoLoRa);
    }
}
```

Função Setup – Slave

```
void setup(){  
  Serial.begin(115200);  
  SerialGPS.begin(9600, SERIAL_8N1, 12, 15);  
  while (setupLoRa () == false);  
  delay(1000);  
}
```

Função Loop – Slave

```
void loop() {  
  enviaLoRa();  
  delayGPS(1000);  
}
```

As outras funções foram ocultadas a fim de proteção intelectual, posto que os códigos foram desenvolvidos unicamente pelo bolsista.

CONCLUSÃO

Neste momento, o protótipo se encontra em fase de testes de monitoramento, das funções da cerca virtual e ambientação da infraestrutura de redes para a realização de testes mais complexos.

Diante dos testes que foram realizados e os dados obtidos através deles, foi verificado o quão viável o projeto pode ser no cenário real, assim como a continuidade das atividades de aprimoramento dos códigos fonte, além da possibilidade de deslocar o tratamento de dados para outras plataformas com maior abrangência de funções gratuitas e até mesmo a ligação direta com o sistema web desenvolvido simultaneamente em outro projeto de pesquisa, que pretende-se obter como produto final de ambos projetos.

Por conseguinte, o protótipo passou por alguns obstáculos, todavia ao decorrer do projeto foi identificado possíveis melhorias, tais como: adicionar novas funções a cerca virtual (como a função de timer precitada no artigo); gerar relatórios de constância de alertas; integração com o sistema web desenvolvido paralelamente em outro projeto, visando auxiliar não só no monitoramento de localização, mas talvez como monitoramento do avanço da doença, posto que com um aumento de geração de alertas poderá indicar um avanço mais grave na doença cognitiva em questão.

Algumas limitações como curta distância foram superadas, porém esse fator é limitado ao tratamento da tecnologia de transmissão LoRa e deverá ser considerado no desenvolvimento do código fonte.

Novas funções foram criadas, o que tornou o projeto ainda mais completo, auxiliando na autonomia dos usuários do projeto.

Destarte, o projeto possui melhorias e integrações a serem feitas, contudo demonstrou possuir uma grande perspectiva de futuro e ser de grande viabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALECRIM, Emerson. **O que é Internet das Coisas (Internet of Things)?** 2017. Disponível em: [<https://www.infowester.com/iot.php>](https://www.infowester.com/iot.php) . Acesso em: 12 Fev. 2022.

BRASIL. Lei no 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 jul. 2015. Disponível em: [<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm>](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm). Acesso em: 13 de Fev, 2022.

ESPRESSIF. **ESP32: A Different IoT Power and Performance.** 2018. Disponível em: [<https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp32/overview>](https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp32/overview) . Acesso em: 13 Fev. 2022.

INSTITUTO NEWTON C. BRAGA. **Conheça a tecnologia LoRa® e o protocolo LoRaWAN™ (LOR001).** Disponível em: [<http://newtoncbraga.com.br/index.php/electronica/52-artigos-diversos/11992-conheca-a-tecnologia-lora-e-o-protocolo-lorawan-lor001>](http://newtoncbraga.com.br/index.php/electronica/52-artigos-diversos/11992-conheca-a-tecnologia-lora-e-o-protocolo-lorawan-lor001) . Acesso em: 13 Fev. 2022.

LORA ALLIANCE. **LoRaWAN Networks.** 2018. Disponível em: [<https://www.lora-alliance.org>](https://www.lora-alliance.org) . Acesso em: 1 abr. 2019.

FLIPEFLOP. **Como programar o ESP32 com VS Code e PlatFormIO .** 2022. Disponível em < <https://www.flipeflop.com/blog/como-programar-esp32-com-vs-code-e-platformio/>> . Acesso em: 13 fev.2022

PlatFormIO. **Professional collaborative platform for embedded development.** 2022. Disponível em < <https://platformio.org>> . Acesso em 13 Fev. 2022.

TTGO, T.BEAM. **TTGO-TBEAM Datasheet.** Disponível em: [<https://github.com/LilyGO/TTGO-T-Beam>](https://github.com/LilyGO/TTGO-T-Beam) . Acesso em: 13 Fev. 2022.

HiTecnologia. **O que é protocolo MQTT?** 2017. Disponível em: <https://www.hitecnologia.com.br/blog/o-que-e-protocolo-mqtt>. Acesso em 07, Jul, 2022.

Khomp. **Conheça a TagoIO, a primeira ferramenta cloud para desenvolvimento de solução IoT homologada Khomp.** 2019. Disponível em: <https://www.khomp.com/pt/tagoio-solucao-iot/>. Acesso em 07, Jul, 2022.

Willian Gustavo Rocha Leme

Prof. Dr. Rogério Pinto Alexandre