



Instituto Politécnico
de Castelo Branco
Escola Superior
de Tecnologia

Monitorização de idosos

Fernando João de Sousa

Nº20210189

Orientador

Paulo Torres

Trabalho de Projeto de fim de curso, à Escola Superior de Tecnologia Unidade Técnico Científica de Engenharia Eletrotécnica e das telecomunicações do instituto politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciado em Engenharia Eletrotécnica e Telecomunicações, realizado sob a orientação científica do Professor Paulo Torres, do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

Setembro de 2024

Composição do júri

Presidente do júri

Professor Doutor, Paulo Torres (orientador)

Prof. Adjunto, IPCB - ESTCB

Vogais

Professora Doutora, Paula Pereira

Prof. Adjunta, IPCB – ESTCB

Professor Doutor, Paulo Marques

Prof. Adjunto, IPCB – ESTCB

Dedicatória

Dedico este projeto ao meu irmão, Apolinário de Sousa, cuja orientação, incentivo e exemplo foram fundamentais para que eu decidisse seguir o curso de Engenharia Eletrotécnica e de Telecomunicações. A sua paixão pelo conhecimento e determinação sempre me inspiraram, e sem as conversas, os conselhos e o apoio constante dele, talvez eu não tivesse trilhado este caminho. A ele, a minha eterna gratidão.

Aos meus familiares, a minha base e a minha força, deixo um agradecimento especial. Vocês são os pilares da minha vida e desta jornada acadêmica. Cada conquista que alcanço é o reflexo do apoio incondicional, dos sacrifícios e do amor que recebo de vós. Sem a vossa confiança, carinho e paciência, nada disto seria possível.

Este projeto é, portanto, não apenas o reflexo do meu esforço individual, mas também do esforço coletivo da minha família, que me acompanhou a cada passo e acreditou em mim, mesmo quando eu próprio duvidei.

Agradecimentos

Quero expressar a minha profunda gratidão à minha mãe, Emília Filomena. O meu enorme obrigado por acreditar em mim, por confiar sempre no meu potencial e pelos constantes incentivos, ensinamentos e valores de vida que generosamente compartilha. A sua presença e apoio têm sido a força motriz por trás das minhas conquistas.

Aos meus colegas de curso, agradeço por serem uma fonte constante de motivação. A jornada universitária tornou-se mais significativa graças à colaboração, partilha de conhecimento e apoio mútuo. O estímulo diário que recebo de cada um de vocês tem sido fundamental para persistir, nunca desistir e extrair o máximo proveito de cada aprendizado.

Um agradecimento especial ao Professor Paulo Torres, cujo empenho, dedicação, apoio e disponibilidade foram elementos cruciais ao longo da realização deste projeto. A orientação e a expertise fornecidas foram fundamentais para o desenvolvimento bem-sucedido desta iniciativa. Estou profundamente grato por toda a orientação recebida.

A todos que de alguma forma contribuíram para este percurso, o meu sincero agradecimento. Este projeto é fruto do apoio, colaboração e inspiração que recebi ao longo do caminho.

Resumo

Este projeto implementa um Sistema de Monitorização de Idosos utilizando sensores integrados a um microcontrolador ESP32, que envia dados via protocolo MQTT para visualização em tempo real através dos clientes MQTTX e do dashboard do Node-RED. O principal objetivo é aumentar a segurança e o bem-estar dos idosos, monitorizando variáveis como temperatura, humidade, pressão atmosférica, localização geográfica, movimentos (giroscópio e acelerómetro) e frequência cardíaca.

O ESP32, programado no Visual Studio Code, processa esses dados e toma decisões automatizadas de acordo com os parâmetros estabelecidos. O sistema oferece monitorização contínua, geração de alertas imediatos, armazenamento do histórico de dados e uma interface de utilizador intuitiva, garantindo tanto segurança e conforto aos idosos como tranquilidade aos cuidadores.

Palavras-chave

Sensores, Monitorização de Idosos, ESP32, WI-FI, MQTT

Abstract

This project implements an Elderly Monitoring System using sensors integrated with an ESP32 microcontroller, which sends data via the MQTT protocol for real-time visualization through MQTTX clients and the Node-RED dashboard. The main goal is to improve the safety and well-being of the elderly by monitoring variables such as temperature, humidity, atmospheric pressure, geographical location, motion (gyroscope and accelerometer), and heart rate.

The ESP32, programmed in Visual Studio Code, processes this data and makes automated decisions based on predefined parameters. The system offers continuous monitoring, immediate alert generation, data history storage, and an intuitive user interface, ensuring both the safety and comfort of the elderly and peace of mind for caregivers.

Keywords

Sensors, Elderly Monitoring, ESP32, WI-FI, MQTT

Índice geral

1. Introdução.....	1
1.2 Objetivo geral	2
2. Enquadramento	3
2.1 Enquadramento Populacional	3
2.2 Problemas de Idosos Identificados.....	4
2.3 Grupos de Idosos	5
3. Parâmetros do Sistema de Monitorização de idosos.....	7
3.1 Temperatura Corporal	7
3.2 Temperatura Ambiental.....	7
3.3 Humidade Ambiental	8
3.4 Pressão Atmosférica.....	8
3.5 Movimento de Idosos.....	8
3.6 Localização em Tempo Real.....	9
3.7 Frequência Cardíaca	9
4. Componentes de Hardware do Sistema.....	10
4.1 EP32.....	10
4.2 Sensor de Temperatura (DS18B20)	13
4.3 Sensor Temperatura, Humidade e Pressão (BME280).....	14
4.4 Sensor de Movimento (MPU6050).....	15
4.5 Sensor de Frequência cardíaca (MAX30100)	16
4.6 Sensor de Localização (NEO6MV2)	17
5. Software.....	19
5.1 Visual Studio Code (VS Code).....	19
5.2 PlatformIO	20
5.3 Fritzing.....	21
5.4 MQTT	22
5.4.1 MQTT Funcionamento	22
5.5 EMQX.....	23
5.5.1 Funcionamento do EMQX.....	24
5.6 Clientes MQTT.....	32
5.6.1 MQTTX.....	32
5.6.2 Configuração do MQTTX.....	33
5.6.3 PLATAFORMA Node-Red.....	35
5.6.4 Instalar Node-RED e Dependências.....	35

6. Protocolos de Comunicação	42
6.1 One-Wire	42
6.2 I2C	42
7. Implementação do Sistema	44
7.1 Sensores	44
7.1.1 Humidade Ambiental e Temperatura Ambiental e Pressão	44
7.1.2 Temperatura Corporal	45
7.1.4 Movimento Acelerómetro e Giroscópio	47
7.1.4 Localização do idoso por GPS	48
7.2 Montagem final (Esquema Elétrico)	49
7.3 Alimentação do sistema	50
7.4 Bateria 18650 Recarregável Li-Íon	50
7.5 TP4056	51
7.6 TPS63020	54
7.8 circuito TP4056, Bateria 18650 Recarregável Li-Íon e TPS63020	55
7.8.1 Funcionamento circuito TP4056, Bateria 18650 Recarregável Li-Íon e TPS63020	56
7.9 Modo Deep Sleep	57
7.9.1 Temporizador ESP32 Acorde do sono profundo	60
7.10 Publicando Leituras de Sensores com ESP32 via MQTT no MQTXX e Node-Red usando Visual Studio Code	61
7.11 Fluxograma	64
7.12 Lista de Material	66
8. Análises de Resultados	67
8.1 Implementação do sistema de monitorização de idosos em um colete	68
8.1.2 Localização dos sensores no colete	69
8.2 ESP32 MQTT publica Leituras dos sensores no MQTXX	71
8.3 ESP32 MQTT publica Leituras de sensores no Node-Red	73
8.3.1 Dashboard Monitorização de Idosos	74
8.3.2 Dashbord Localização dos idosos em Tempo Real	74
9. Conclusão e Trabalhos Futuros	77
9.1 Conclusão	77
9.2 Trabalhos Futuros	77

Índice de Gráficos

Figura 1 - Diagrama em Blocos.....	2
Figura 2 - Percentagem de jovens e idosos dentro da população total em Portugal .	3
Figura 3 - Quantos bebés nascem por cada 1000 residentes em Portugal, por ano .	4
Figura 4 - ESP32	10
Figura 5- Arquitetura do Esp32	11
Figura 6 - Diagrama de blocos Es32	11
Figura 7 - DS18B20 tipo Sonda	13
Figura 8 - BME280	14
Figura 9 - MPU6050.....	15
Figura 10- MAX30100	16
Figura 11- NEO6MV2.....	17
Figura 12- Visual studio code.....	19
Figura 13- Platformio	20
Figura 14 – Fritzing.....	21
Figura 15-EMQX	23
Figura 16- Credenciais EMQX.....	25
Figura 17- EMQX Dashbord.....	26
Figura 18 - Configuração de Clientes.....	27
Figura 19 - Configuração de Topics.....	28
Figura 20 - Configuração da Subscrições.....	29
Figura 21 - Configuração do Websocket.....	30
Figura 22 - Configuração do Listeners.....	31
Figura 23 - Configuração do Cliente MQTTX	33
Figura 24 - Configuração do Broker node no Node-Red	37
Figura 25 - Flow 1 Node-Red.....	38
Figura 26 - Flow 2 Node-Red.....	38
Figura 27 - Configuração do http request.....	39
Figura 28 - Configuração function 1	40
Figura 29 - Configuração da Template1	41
Figura 30- Configuração da Template2	41
Figura 31- Circuito Sensor Temperatura Ambiental, Humidade Ambiental e Pressão	44
Figura 32- "output" Temperatura Ambiental, Umidade Ambiental e Pressão	45
Figura 33 - Circuito Sensor temperatura Corporal	45
Figura 34- - "output" Temperatura do corpo do Idoso.....	46
Figura 35- Circuito Sensor Frequência Cardíaca	46
Figura 36- - "output" Frequência Cardíaca	47
Figura 37- Circuito sensor Acelerómetro e Rotação.....	47
Figura 38 - "output" do Acelerómetro e Rotação do Idoso	48
Figura 39 - Circuito sensor Latitude, Longitude e Altitude	48
Figura 40 - "output" Latitude, Longitude e Altitude.....	49
Figura 41 - Esquema Elétrico	49
Figura 42 - Bateria 18650.....	50
Figura 43 - TP4056 descrição	51
Figura 44 - TP4056.....	51

Figura 45 - Tensão de entrada do TP	52
Figura 46 - Tensão de entrada do TP	52
Figura 47- Carregamento da pilha de silício.....	53
Figura 48 - TPS63020	54
Figura 49 - circuito elétrico de alimentação interface.....	55
Figura 50 - Tensão da entrada TPS63020	56
Figura 51 - circuito de alimentação com ESP32.....	57
Figura 52 - Tensão na saída do TPS63802	57
Figura 53 - Estado da Bateria	58
Figura 54 - Esp32 Timer Deep Sleep	60
Figura 55 - “output” Deep Sleep.....	61
Figura 56 - Interface dos sensores com ESP32.....	62
Figura 57 - BME280, MPU6050, DS18B20 E NEO-6M-0-0001 com o Esp32 publisher	63
Figura 58 - Router Vodafone e Aplicação do Router.....	64
Figura 60 - Fluxograma.....	65
Figura 61 - Colete modelo.....	69
Figura 62 - Localização dos sensores MX30100, NEO-6M-0-0001 no Colete	69
Figura 63 - Localização do sensor BME280.....	70
Figura 64 Localização do sensor DS18B20	70
Figura 65 - MQTTX dados apresentados 1	71
Figura 66 - MQTTX dados apresentados 2	72
Figura 67- MQTTX dados apresentados 3	72
Figura 68- MQTTX dados apresentados 4	73
Figura 69 - Dashbord monitorização de idosos	74
Figura 70 - Dashboard Localização do idoso em tempo real	75
Figura 71 - Google Maps.....	76

Índice de tabelas

Tabela 1 -Início de cessão do Node-Red.....	36
Tabela 2 - Resistência e Corrente TP4056.....	53
Tabela 3 - Power Mode.....	58
Tabela 4 - power mode Deep Sleep.....	58
Tabela 5 - Periféricos e Unidades.....	59
Tabela 6 - Tabela de preços	67

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

μC	Microcontrolador
DS18B20	Sensor de Temperatura
BME280	Sensor de Temperatura, Humidade e Pressão
MPU6050	Sensor de Movimento (giroscópio e Acelerómetro)
MAX30100	Sensor de Frequência Cardíaca
NEO6MV2	Sensor de Localização Geográfica
EN	<i>Enable</i>
ESTCB	Escola Superior de Tecnologia de Castelo Branco
GND	<i>Ground</i>
GPIO	<i>General Purpose Input/Output</i>
I2C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
IPCB	Instituto Politécnico de Castelo Branco
SCK	Entrada de relógio serial – Serial Clock
SDA	<i>Serial Data</i>
SCL	<i>Serial Clock Line</i>
VCC	Tensão em corrente contínua
Vin	Tensão de entrada
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver/Transmitter</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>

1. Introdução

O presente relatório enquadra-se no âmbito do Projeto final de Licenciatura do curso de Engenharia Eletrotécnica e das Telecomunicações, da Escola Superior de Tecnologia de Castelo Branco (ESTCB), do Instituto Politécnico de Castelo Branco (IPCB).

A segurança e o bem-estar dos idosos são preocupações crescentes na sociedade moderna. Com o avanço da tecnologia, torna-se possível desenvolver soluções inovadoras para monitorizar a saúde e as condições ambientais dos idosos, permitindo uma resposta rápida a qualquer emergência. Este projeto propõe um Sistema de Monitorização de Idosos, utilizando sensores avançados e tecnologia de comunicação moderna para garantir uma monitorização contínua e eficaz.

Este projeto implementa um Sistema de Monitorização de Idosos, utilizando vários sensores controlados por um microcontrolador ESP32, que envia dados via MQTT. Os dados são visualizados em tempo real através dos clientes MQTTX e do *dashboard* do Node-RED. O objetivo é melhorar a segurança e o bem-estar dos idosos, monitorizando a temperatura ambiental, humidade ambiental, pressão atmosférica, localização geográfica, movimentos e frequência cardíaca. O ESP32, programado com software desenvolvido no *Visual Studio Code*, analisa os dados recolhidos e toma decisões adequadas para a monitorização dos idosos. O sistema oferece monitorização contínua, alertas imediatos em caso de anomalias, armazenamento de histórico de dados e uma interface intuitiva. Benefícios incluem maior segurança e conforto para os idosos e tranquilidade para familiares e cuidadores. Este sistema visa proporcionar uma monitorização constante e eficiente das condições de saúde e bem-estar dos idosos, garantindo uma melhor qualidade de vida.

1.2 Objetivo geral

Este projeto tem como objetivo desenvolver e implementar um Sistema de Monitorização de Idosos, utilizando sensores conectados a um microcontrolador ESP32 para a recolha e transmissão de dados em tempo real via protocolo MQTT. Os dados serão visualizados no MQTTX e no Dashboard do Node-Red. O sistema será projetado para monitorizar continuamente parâmetros críticos de saúde e ambiente, promovendo a segurança e o bem-estar dos idosos. Através da visualização e análise dos dados, será possível identificar rapidamente situações de risco, oferecendo uma solução eficaz para o cuidado contínuo.

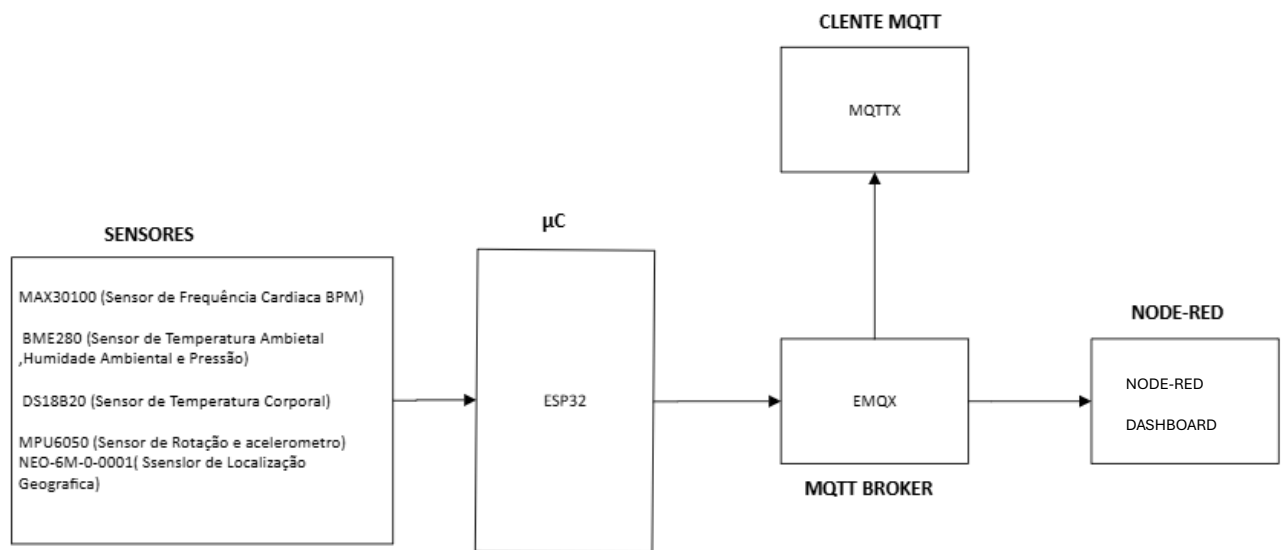


Figura 1 - Diagrama em Blocos

2. Enquadramento

2.1 Enquadramento Populacional

Portugal está a envelhecer a um ritmo mais acelerado do que restantes países europeus, a população portuguesa é a que está a envelhecer a um ritmo mais acelerado no conjunto dos 27 Estados-membros da União Europeia (UE), segundo o Eurostat. Em 2022, metade da população portuguesa tinha mais do que 46,8 anos de idade, a segunda idade mediana mais elevada no conjunto dos países analisados.[6]

É certo que este não é um problema exclusivamente de Portugal. A exceção à regra reside nos países em desenvolvimento pois a tendência aqui é a de que a população continue a crescer exponencialmente. Contudo, a maioria das sociedades desenvolvidas tende a ver a sua população estagnar ou até mesmo decrescer. Considerando dados concretos, estima-se que a Europa tenha em 2050 cerca de 700 milhões de pessoas.[1]

O agravamento do envelhecimento da população portuguesa sem ser compensado pelo aumento da natalidade e ainda agravado pela alta emigração dos jovens é algo que tem vindo a ser um tema cada vez mais abordado pelos meios de comunicação, na medida em que faz com que o futuro desta população possa ser posto em causa. O comportamento e evolução destas três variáveis (envelhecimento da população, diminuição da natalidade e aumento da emigração de jovens portugueses) pode ser verificado através dos seguintes gráficos:[40]

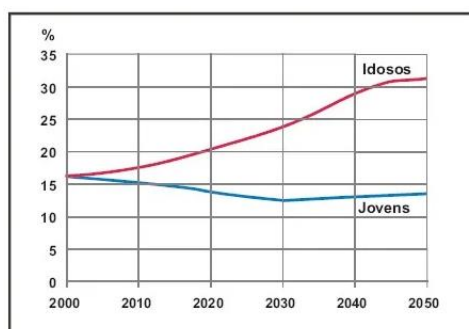


Figura 2 - Percentagem de jovens e idosos dentro da população total em Portugal [F1]

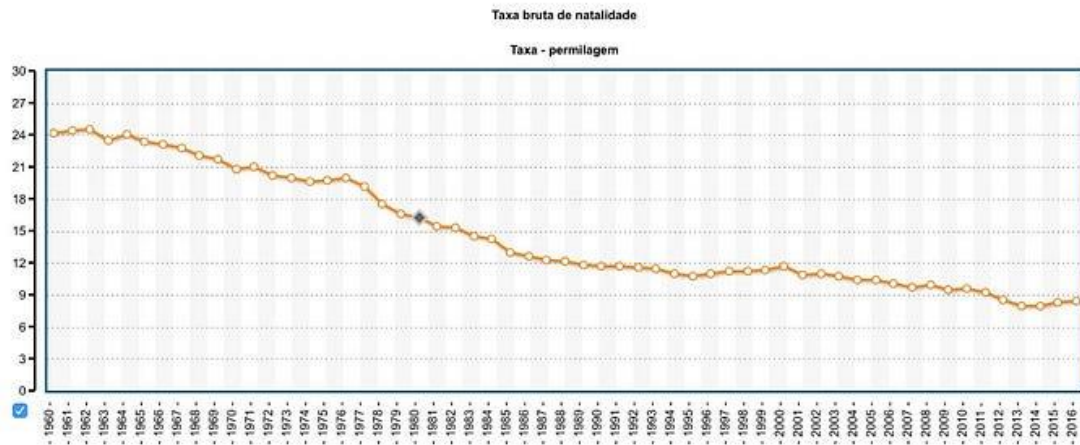


Figura 3 - Quantos bebês nascem por cada 1000 residentes em Portugal, por ano [F1]

No contexto do envelhecimento populacional, um dos desafios mais críticos é assegurar que os idosos possam manter sua independência e qualidade de vida. Para isso, é essencial não apenas promover um estilo de vida saudável, mas também adotar soluções tecnológicas inovadoras que possibilitem o monitoramento remoto de saúde e segurança. Em Portugal, onde a população idosa está crescendo rapidamente, a implementação de sistemas de monitorização para idosos torna-se uma prioridade.

Estes sistemas abrangem uma série de tecnologias, como dispositivos para monitorização contínua de sinais vitais, sensores de movimento que detetam quedas, e monitoramento de temperatura corporal. Além disso, eles podem incluir sensores de temperatura Ambiente, humidade ambiental, pressão atmosférica, frequência cardíaca, e até a localização em tempo real dos idosos. Essas ferramentas não apenas garantem que os idosos sejam monitorizados à distância com precisão, mas também oferecem uma camada adicional de segurança e bem-estar, permitindo respostas rápidas em caso de emergência e contribuindo para a tranquilidade de familiares e cuidadores.

2.2 Problemas de Idosos Identificados

Risco de Quedas e Acidentes:

Os idosos são particularmente vulneráveis a quedas e acidentes domésticos devido a fatores como perda de equilíbrio, fraqueza muscular, e declínio na visão. Esses incidentes não só aumentam o risco de hospitalizações prolongadas, mas também podem levar à perda de independência, impactando gravemente a qualidade de vida. A identificação precoce e a resposta rápida a esses eventos são essenciais para minimizar as consequências físicas e psicológicas.

Isolamento Social:

Muitos idosos, especialmente aqueles que vivem sozinhos ou em áreas rurais, enfrentam um risco significativo de isolamento social. A falta de interação social pode levar ao desenvolvimento de problemas de saúde mental, como depressão e ansiedade, além de agravar condições de saúde já existentes. A redução do contato social também pode resultar em atrasos na detecção de problemas de saúde e na busca de ajuda médica.

Doenças Crônicas:

A gestão de doenças crônicas como hipertensão, diabetes, e problemas cardíacos é um desafio constante para os idosos. A monitorização contínua de parâmetros de saúde, como pressão arterial, frequência cardíaca, glicemia, e saturação de oxigênio, é crucial para prevenir complicações graves e hospitalizações. Sem um monitoramento adequado, essas condições podem rapidamente sair de controle, resultando em emergências médicas.

Sobrecarga de Cuidadores:

Familiares e cuidadores formais frequentemente enfrentam uma sobrecarga emocional e física ao tentar monitorizar constantemente o estado de saúde dos idosos. A necessidade de vigilância contínua, combinada com outras responsabilidades, pode levar ao esgotamento, diminuindo a capacidade dos cuidadores de prestar um cuidado eficaz e aumentando o risco de erros. A falta de suporte tecnológico adequado pode agravar essa situação, colocando tanto o cuidador quanto o idoso em risco.

Esses problemas identificados destacam a importância da implementação de sistemas de monitorização inteligentes que possam mitigar os riscos associados ao envelhecimento, promover o bem-estar dos idosos e aliviar a carga sobre os cuidadores.

2.3 Grupos de Idosos

Ao considerar a implementação de um sistema de monitorização para idosos, é importante reconhecer que a população idosa não é homogênea; ela inclui indivíduos com diferentes necessidades, capacidades e estilos de vida. Para desenvolver soluções eficazes, é necessário entender os diferentes perfis de idosos, que podem ser categorizados da seguinte forma:

Idosos Ativos e Independentes:

Mantêm uma vida ativa e independente, mas podem beneficiar de tecnologias para segurança, como sensores de quedas e alertas de emergência, garantindo a sua autonomia sem interferências.

Idosos com Doenças Crônicas Controladas:

Precisam de monitorização regular de parâmetros de saúde como glicemia e pressão arterial. Soluções que permitam a monitorização remota são essenciais para evitar complicações.

Idosos Fragilizados ou com Mobilidade Reduzida:

Necessitam de monitorização em tempo real, como detecção de quedas e sistemas de emergência, devido ao maior risco de acidentes e limitações nas atividades diárias.

Idosos com Declínio Cognitivo:

Enfrentam desafios de segurança, como desorientação e esquecimento. Os sistemas devem incluir localização, lembretes de medicação e detecção de comportamentos de risco.

Idosos em Cuidados Paliativos:

Precisam de monitorização contínua para alívio de sintomas, focando no conforto e qualidade de vida, com comunicação constante com cuidadores.

Essas categorias demonstram a importância de personalizar as soluções de monitoramento para atender às necessidades específicas de cada grupo.

3. Parâmetros do Sistema de Monitorização de idosos

O Sistema de Monitorização de Idosos é uma solução inovadora que utiliza tecnologias para acompanhar e garantir a segurança e o bem-estar dos idosos. Realiza a monitorização contínua e em tempo real de vários sinais vitais e condições ambientais, permitindo uma resposta rápida em situações de risco. Abaixo, seguem os principais parâmetros monitorizados:

3.1 Temperatura Corporal

A temperatura corporal é um dos indicadores mais importantes de saúde. Monitorizar a temperatura de uma pessoa idosa é crucial para a deteção precoce de febre ou hipotermia, permitindo intervenções médicas rápidas. Este parâmetro é essencial para identificar infeções ou outras condições de saúde que possam requerer atenção imediata. [7]

A febre pode ser um sintoma potencialmente fatal, especialmente quando associada a temperaturas elevadas que podem agravar a saúde dos idosos. Esta situação é particularmente preocupante em idosos com doenças cardiovasculares, neurológicas, renais ou respiratórias, uma vez que a medicação utilizada para tratar estas infeções tende a enfraquecer ainda mais o sistema imunológico, aumentando o risco de complicações graves.

Quando a temperatura corporal de uma pessoa idosa ultrapassa os 38°C, é imperativo consultar um médico. Embora a maioria dos casos possa ser tratada através de cuidados de saúde primários, sem necessidade de hospitalização, é essencial manter contacto regular com um especialista. Este acompanhamento contínuo permite monitorizar a temperatura corporal e o quadro clínico de forma mais eficaz, prevenindo assim complicações mais sérias.[2]

3.2 Temperatura Ambiental

A temperatura ambiente refere-se à energia cinética média das moléculas no ar ao redor de um objeto ou dentro de uma área específica, Condições de muito calor ou frio podem ser prejudiciais, especialmente para idosos que são mais sensíveis a mudanças de temperatura.[39]

Condições extremas, seja de calor ou frio, podem ser prejudiciais, especialmente para grupos vulneráveis, como os idosos, que são mais sensíveis às variações térmicas. A monitorização constante da temperatura ambiental é essencial para garantir que o ambiente permaneça dentro de uma faixa segura e confortável, prevenindo riscos à saúde e promovendo bem-estar dos Idosos.

3.3 Humidade Ambiental

A humidade representa a quantidade de vapor de água presente na atmosfera. Níveis elevados costumam trazer a sensação de um ambiente húmido e abafado, enquanto os baixos demais fazem parecer áridos e ajudam a criar eletricidade estática.[32]

A humidade do ar também influencia diretamente o conforto e a saúde do idoso. Níveis de humidade muito altos podem causar desconforto respiratório e agravar problemas como a asma, enquanto níveis muito baixos podem ressecar a pele e as mucosas, causando irritação.

3.4 Pressão Atmosférica

A pressão atmosférica, também chamada de pressão barométrica, é a força que o ar da atmosfera exerce sobre a superfície da Terra e sobre todos os corpos.[33]

Influência da Pressão no Bem-Estar, variações na pressão atmosférica podem afetar o bem-estar de pessoas idosas, especialmente aquelas com condições crônicas como artrite ou problemas respiratórios. Monitorizar a pressão pode ajudar a correlacionar mudanças no ambiente com sintomas relatados, permitindo ajustes em cuidados ou medicação.

Previsão de Mudanças Climáticas

Condições Meteorológicas: Uma queda rápida na pressão pode indicar a aproximação de uma tempestade ou clima severo. Isso pode ser um alerta para preparar o idoso e seus cuidadores para situações onde sair de casa pode ser arriscada.

3.5 Movimento de Idosos

Monitorizar o movimento de idosos é uma medida importante para garantir a segurança e o bem-estar deles, especialmente em situações onde eles podem estar sozinhos em casa. acelerômetros e giroscópios desempenham um papel fundamental nessa monitorização. Vamos entender melhor como eles funcionam:

Por exemplo, se um idoso está caminhando, o acelerômetro consegue capturar a aceleração dos passos. Se o idoso parar repentinamente ou cair, o acelerômetro regista essa mudança.[4]

A rotação mantém sempre a direção na ausência de forças que o perturbem, a rotação do dispositivo em torno de seus eixos. Isso é importante para entender a orientação do corpo do idoso.[5]

Trabalhando em conjunto com o acelerômetro, o giroscópio permite uma análise mais precisa do movimento, ajudando a diferenciar entre movimentos normais e situações potencialmente perigosas, como uma queda. Ele pode, por exemplo, ajudar

a determinar se um movimento abrupto foi um simples tropeço ou uma queda séria que requer intervenção.

3.6 Localização em Tempo Real

A localização em tempo real é uma funcionalidade essencial para idosos que enfrentam problemas de memória ou condições como demência, incluindo o Alzheimer. Esse recurso permite que cuidadores monitorizem continuamente a posição do idoso, prevenindo situações em que ele possa se perder e assegurando um resgate rápido caso ele saia de uma área segura.

A tecnologia de GPS (Sistema de Posicionamento Global) desempenha um papel crucial na monitorização de idosos, especialmente em ambientes externos. Dispositivos equipados com GPS integrado, podem fornecer a localização precisa do idoso em tempo real. Esses dispositivos são capazes de enviar os dados diretamente para aplicativos, Google Maps, permitindo que os cuidadores acompanhem o deslocamento do idoso de forma imediata e eficiente, garantindo assim sua segurança e tranquilidade.

3.7 Frequência Cardíaca

A frequência cardíaca é um indicador importante do funcionamento do coração, especialmente em idosos. Monitorizar este parâmetro é essencial para identificar possíveis irregularidades, como taquicardia (batimentos acelerados), bradicardia (batimentos lentos) ou arritmias (ritmo cardíaco irregular). A detecção precoce destas condições pode ser vital para prevenir complicações graves e salvar vidas, permitindo um tratamento adequado e atempado.

A frequência cardíaca ideal varia de acordo com uma série de características, entre elas a idade. Com o passar do tempo, a tendência é que a frequência cardíaca diminua.[8]

4. Componentes de *Hardware* do Sistema

Neste capítulo serão explorados os componentes de hardware que constituirão o sistema deste projeto servindo de alavanca para entendimento do mesmo. A compreensão detalhada destes elementos é essencial para o sucesso da implementação. Cada componente será analisado destacando as suas funções, especificações técnicas e contribuições para o funcionamento global do projeto.

4.1 ESP32

Um microcontrolador (μC) é um circuito integrado (microchip) único, ou seja, semelhante a um computador muito pequeno, constituído por um núcleo de processador, memórias voláteis e não voláteis e periféricos de entrada e saída de dados que juntam o *Hardware* e o *Software*. [21] Com o aumento da automatização mundial é imprescindível a utilização de microcontroladores na área da eletrónica. Os μC nasceram da invenção de dois engenheiros da Texas Instruments, em 1971. [22] A partir daí foram muitos os μC criados pelas mais diversas empresas da área da eletrónica. Para este projeto escolhemos trabalhar com a placa de desenvolvimento baseada no microcontrolador ESP-WROOM-32 com WI-FI e capacidade Bluetooth. Os μC ESPs são uma criação e produção da empresa Espressif Systems que lançou o seu primeiro modelo, ESP8266, em 2014. Devido ao seu sucesso a empresa chinesa, criou, em 2016 o ESP32 tornando-se o mais famoso da família ESPs. Neste μC destacam-se como pontos fortes a velocidade de processamento, a conectividade WI-FI e *Bluetooth Low Energy* (BLE). Além disso é possível programar esta placa com as linguagens de programação Lua, Python, JavaScript ou Arduino IDE. [23,24]



Figura 4 - ESP32 [F2]

O ESP32 apresenta um sistema *dual core*: o PRO_CPU para o protocolo e o APP_CPU para aplicação. A memória interna, memória externa e periféricos localizam-se no barramento de dados e/ou barramento de instruções. Projetado para trabalhar até 32-bit e frequências de clock de 80 a 240 MHz ajustáveis.

Apresenta um espaço de endereço para dados e barramento de instruções de 4 GB e uma RAM de 512 KB. Exibe memórias internas ROM de 448 KB, SRAM de 520 KB e duas memórias RTC de 8 KB. A memória externa suporta até quatro vezes Flash de 16 MB. [25]

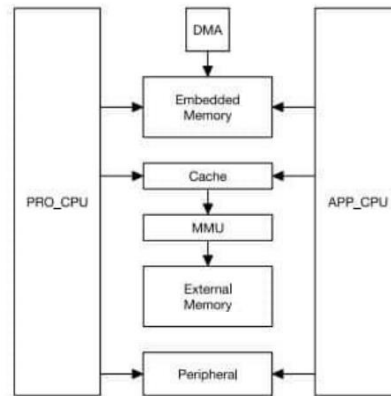


Figura 5- Arquitetura do Esp32 [9]

O ESP32 é um microcontrolador altamente versátil para projetos de Internet das Coisas (IoT), graças à sua ampla gama de periféricos e interfaces de comunicação, incluindo SPI, UART, I2C, IR, SDIO, CAN, Ethernet, DAC, sensores de toque e I2S. Além disso, possui hardware de criptografia embutido com suporte a SHA1 e AES, aumentando a segurança das comunicações. O ESP32 destaca-se pelo coprocessador de consumo ultrabaixo (ULP), que permite executar tarefas simples enquanto os processadores principais estão desligados, proporcionando modos de sleep mais avançados que o ESP8266. Em termos de conectividade, o ESP32 suporta Wi-Fi e Bluetooth 4.2 com BLE, ideal para dispositivos e aplicações que requerem baixo consumo de energia. A combinação dessas características torna o ESP32 uma excelente escolha para o desenvolvimento de IoT. [26]

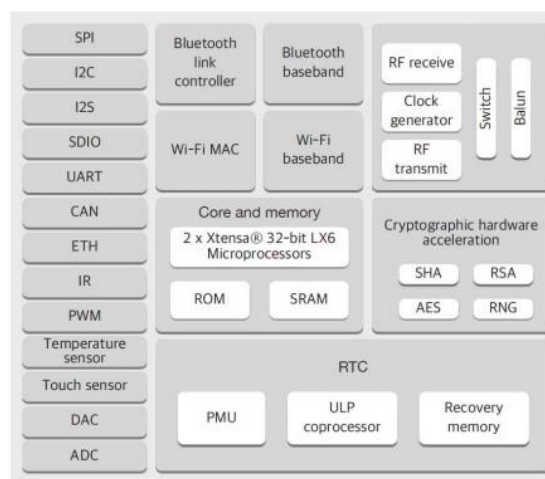


Figura 6 - Diagrama de blocos Es32 [10]

O ESP32 possui várias versões de pinos de saída (pinout), tendo sido escolhido para este projeto uma placa ESP32 DEVKIT V1 DOIT de 30 pinos e 3.3V. Esta placa é composta por um pino de saída de 3.3V, para alimentar periféricos externos, dois pinos de GND, um pino VIN que serve como alimentação externa e um pino EN (enable) usado para habilitar e desabilitar o chip. Os pinos GPIO (General Purpose Input/Output) permitem ser configurados tanto como entrada ou saída de leituras digitais e emissão de sinais de controlo de dispositivos externos. Possui

também pinos ADC (Analog-to-Digital Converter) que permitem a conversão de sinais analógicos para digitais, essencial para alguns sensores que emitem sinais analógicos, ao contrário dos pinos DAC (Digital-to-Analog Converter) que convertem os sinais digitais em analógicos. Os pinos UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) possibilitam uma comunicação série, bastante importante na programação e comunicação com outros dispositivos serial. Os pinos I2C (Inter-Integrated Circuit) são utilizados para a comunicação com periféricos (sensores, displays, ...) com protocolo I2C. Existe ainda pinos PWM (Pulse Width Modulation) capazes de controlar dispositivos como leds, modulando a largura de pulso dos sinais. [27,28] O ESP32 é uma evolução significativa em relação ao ESP8266, disponibilizando melhorias e recursos adicionais. Já em relação ao Arduino, podemos encontrar algumas semelhanças com o Arduino Uno, visto que ambos são microcontroladores. No entanto o ESP32 apresenta uma grande vantagem ao possuir Wi-Fi e Bluetooth BLE em oposição ao ESP8266 que apenas possui Wi-Fi e ao Arduino que não possui nenhuma dessas conectividades incorporadas. Em termos de processador, o ESP8266 possui um único núcleo de 32 bits, a uma frequência de até 160 MHz, enquanto o ESP32 tem um sistema dual core de 32 bits cada um e um clock ajustável de 80 a 240 MHz, proporcionando um melhor desempenho. Já o Arduino Uno é composto por um microcontrolador ATmega328P com um núcleo de 8 bits a operar a 16MHz, resultando num desempenho muito inferior ao ESP32. Relativamente à memória, o ESP8266 dispõe de uma RAM de 160 KB enquanto o ESP32 conta com 520KB de SRAM, 448 KB de ROM, duas memórias RTC de 8KB e suporte para memória externa de até 16MB de Flash e o Arduino 2KB de SRAM e 32 KB de Flash. O microcontrolador ESP32 apresenta uma vasta gama de periféricos, interfaces de comunicação e hardware de criptografia em relação ao seu antecessor. O Arduino Uno apesar de apresentar algumas interfaces como UART, I2C, SPI e PWM, fica aquém da gama apresentada pelo ESP32. Os microcontroladores da família ESP destacam-se também pelo suporte de múltiplas linguagens de programação ao contrário do Arduino que é limitado ao Arduino IDE e à linguagem baseada em C/C++.[29,30,31]

4.2 Sensor de Temperatura (DS18B20)

O sensor de temperatura DS18B20 é um dispositivo digital eficiente e de alta precisão, amplamente utilizado em projetos de medição de temperatura, incluindo aplicações industriais, domésticas e médicas. [13] Este sensor é particularmente adequado para medir a temperatura corporal devido à sua capacidade de operar em condições adversas e à precisão oferecida. Vamos explorar as características e especificações do DS18B20 em detalhes.

Para medir a temperatura corporal, o modelo tipo sonda do DS18B20 foi escolhido devido à sua construção robusta e à capacidade de proporcionar medições precisas em contato direto com a pele. A comunicação com o sensor é realizada utilizando a biblioteca "OneWire", que implementa o protocolo One-Wire sobre I2C, simplificando a integração com microcontroladores como Arduino, ESP32.



Figura 7 - DS18B20 tipo Sonda F [13]

Especificações Técnicas

Fonte de Alimentação: 3,3V ou 5V

Consumo de Corrente: 1mA

Intervalo de Temperatura: -55°C a 125°C

Precisão: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$

Resolução: 9 a 12 bits

Definição dos Pinos:

VCC (fio vermelho)

Dados (fio amarelo)

GND (fio verde)

4.3 Sensor Temperatura, Humidade e Pressão (BME280)

O BME280 é um sensor combinado para monitoramento de pressão atmosférica, humidade e temperatura. Também conhecido como barômetro, pode ser utilizado em estações meteorológicas, navegação GPS, internet das coisas (IOT), automação residencial e muito mais. Os dados de saída são fornecidos via I2C com velocidades de até 3,4MHZ.[27]

O sensor destaca-se pela sua multifuncionalidade, sendo capaz de medir com alta precisão a temperatura, humidade e pressão atmosférica, o que o torna ideal para monitoramento ambiental. Além disso, sua capacidade de comunicação é versátil, suportando tanto os protocolos I2C quanto SPI, oferecendo flexibilidade na integração com diferentes microcontroladores e facilitando sua adaptação a variados sistemas eletrônicos.

A comunicação com o sensor é realizada utilizando a biblioteca Adafruit BME280, facilitando a integração com microcontroladores como Arduino.

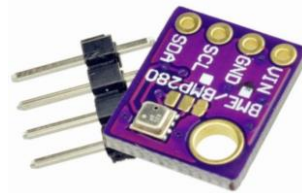


Figura 8 - BME280 F [3]

Especificações Técnicas

Fonte de Alimentação:

Funciona com 1,8V a 3,6V, sendo comumente usado com 3,3V.

Consumo de Corrente:

Modo de baixa potência: 0.1 μ A

Modo normal: 3.6 μ A

Intervalo de Medição:

Temperatura: -40°C a +85°C, com precisão de $\pm 1.0^\circ\text{C}$

Humidade: 0% a 100%, com precisão de $\pm 3\%$

Pressão: 300 hPa a 1100 hPa, com precisão de ± 1 hPa

Definição dos Pinos

VCC: Alimentação (3.3V)

GND: Terra

SDA: Dados I2C

SCL: Relógio I2C

CSB: Seleção de chip SPI (opcional)

SDO: Saída de dados SPI (opcional)

4.4 Sensor de Movimento (MPU6050)

O MPU6050 é baseado em tecnologia MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) e contém um acelerômetro e um giroscópio de 3 eixos cada, tudo em um único chip, totalizando 6 graus de liberdade. Além disso possui um Processador Digital de Movimento (DMP), que reduz a necessidade de processamento do controlador principal. O componente disponibiliza também, um sensor de temperatura interno que permite medições entre -40°C e 85°C . Todas as informações dos sensores, são acessadas através de barramento I2C. [28]

Para monitorizar a atividade e detetar possíveis quedas dos idosos, o MPU6050 fornece dados precisos sobre a Acelerómetro e Giroscópio. Estes dados podem ser analisados para identificar padrões de movimento, detetar quedas e monitorizar a postura.



Figura 9 - MPU6050 F [4]

Especificações Técnicas

Fonte de Alimentação:

Funciona com 3V a 5V, tipicamente utilizado com 3.3V ou 5V.

Consumo de Corrente:

Em torno de 3.9 mA.

Intervalo de Medição:

Acelerómetro: $\pm 2\text{g}$, $\pm 4\text{g}$, $\pm 8\text{g}$, $\pm 16\text{g}$

Giroscópio: $\pm 250^{\circ}/\text{s}$, $\pm 500^{\circ}/\text{s}$, $\pm 1000^{\circ}/\text{s}$, $\pm 2000^{\circ}/\text{s}$

Definição dos Pinos:

VCC: Alimentação

GND: Terra

SCL: Relógio I2C

SDA: Dados I2C

INT: Interrupção (opcional)

4.5 Sensor de Frequência cardíaca (MAX30100)

O sensor MAX30100 possui um conjunto de funcionalidades que o tornam ideal para o monitoramento de sinais vitais. Ele realiza a medição precisa de batimentos cardíacos e da saturação de oxigênio no sangue (SpO2), sendo amplamente utilizado em dispositivos médicos e de saúde. Seu funcionamento é baseado em dois LEDs (um vermelho e um infravermelho), um fotodetector e circuitos integrados que captam os batimentos cardíacos e estimam indiretamente a quantidade de oxigênio no sangue. Além disso, o sensor utiliza comunicação I2C, o que facilita sua integração com diversos microcontroladores, permitindo a criação de projetos versáteis e de fácil implementação em sistemas eletrônicos.

O módulo utiliza comunicação I2C e opera na faixa de tensão entre 1.8 e 3.3VDC com um baixíssimo consumo de corrente em modo de espera, permitindo que se mantenha conectado às fontes de energia (como baterias) por longos períodos.

A comunicação com o sensor é realizada utilizando a biblioteca adequada (como a SparkFun MAX3010x Sensor Library), que facilita a integração com microcontroladores como Arduino. [14]



Figura 10- MAX30100 F [5]

Especificações Técnicas

Fonte de Alimentação:

Funciona com 1.8V a 3.3V, sendo comumente usado com 3.3V.

Consumo de Corrente:

Em torno de 1.6mA (modo de amostragem).

Intervalo de Medição:

Batimentos Cardíacos: Medição em BPM (Batimentos por Minuto).

SpO2: Medição da saturação de oxigênio no sangue em percentagem.

Definição dos Pinos:

VCC: Alimentação (3.3V)

GND: Terra

SCL: Relógio I2C

SDA: Dados I2C

INT: Interrupção (opcional)

4.6 Sensor de Localização (NEO6MV2)

O sensor NEO6MV2 com Antenas é um dispositivo de rastreamento que utiliza a tecnologia GPS para fornecer coordenadas geográficas precisas. Este módulo é ideal para projetos de localização e navegação, sendo amplamente utilizado em aplicações que exigem alta precisão de posicionamento.[16]

O sensor NEO6MV2 possui diversas funcionalidades, destacando-se na **determinação precisa de posição**, fornecendo dados de latitude e longitude, além de informações sobre **velocidade** e **altitude**, sendo ideal para aplicações de rastreamento pessoal. Em termos de comunicação, o dispositivo utiliza a interface **UART**, o que facilita a integração com uma ampla gama de microcontroladores, tornando-o uma solução versátil para projetos que envolvem monitoramento de localização.



Figura 11- NEO6MV2 F [6]

Especificações Técnicas

Fonte de Alimentação:

Funciona com 3.3V a 5V, sendo comumente usado com 5V.

Consumo de Corrente:

Aproximadamente 50mA em operação.

Precisão de Posicionamento:

Posição Horizontal: 2.5m CEP (Circular Error Probable).

Velocidade: 0.1m/s.

Antena:

Inclui uma antena externa que melhora a recepção do sinal GPS.

Definição dos Pinos

VCC: Alimentação (5V)

GND: Terra

TX: Transmissão de Dados (UART)

RX: Recepção de Dados (UART)

5. Software

Enquanto os componentes de hardware constituem a base física do sistema, o software é responsável por gerenciar e coordenar suas operações. Após entender bem a função de cada componente, o software tem o papel fundamental de interligar, controlar e instruir cada parte do hardware, garantindo o funcionamento eficiente e integrado do sistema como um todo.

5.1 Visual Studio Code (VS Code)

O Visual Studio Code (VS Code) é um editor de código-fonte desenvolvido pela Microsoft. É um software gratuito e de código aberto que oferece uma ampla gama de recursos para desenvolvedores de software. Ele é projetado para ser leve, rápido e altamente personalizável. O VS Code suporta várias linguagens de programação e fornece recursos como destaque de sintaxe, sugestões de código, depuração, controle de versionamento integrado e uma ampla variedade de extensões disponíveis para personalizar o ambiente de desenvolvimento. Uma das principais vantagens do VS Code é a sua ampla comunidade de usuários e desenvolvedores, que contribuem para a criação de extensões, temas e recursos adicionais.[15]



Figura 12- Visual studio code

Interface Moderna e Personalizável: O VS Code oferece uma interface de usuário moderna e altamente personalizável, com temas e extensões que permitem adaptar o ambiente de desenvolvimento às necessidades do usuário.

Suporte a Extensões: A vasta biblioteca de extensões do VS Code possibilita adicionar funcionalidades como depuração, controle de versão (Git), integração contínua e muito mais.

Integração com Git: VS Code possui integração nativa com Git, permitindo o gerenciamento de repositórios, commits, branches e outras funcionalidades diretamente no editor.

Depuração Avançada: O VS Code oferece suporte avançado para depuração, incluindo pontos de interrupção, inspeção de variáveis e execução passo a passo.

IntelliSense: Recursos de auto completar código, sugestões de sintaxe e documentação integrada ajudam a aumentar a produtividade dos desenvolvedores.

5.2 PlatformIO

O PlatformIO é uma plataforma de desenvolvimento integrado (IDE), no formato de extensão para o VScode, que suporta muitas placas e dispositivos diferentes, incluindo a famosa placa ESP32. Uma das principais vantagens de usar a PlatformIO é que ela tem uma interface mais amigável e fácil de usar do que o IDE do Arduíno. Ela também tem recursos avançados de depuração e muitas bibliotecas prontas, que deixam a programação mais rápida e fácil.[17]



Figura 13- Platformio [F7]

Ele pode ser usado como uma extensão do VS Code ou como uma IDE independente. Suas principais características incluem:

Compatibilidade com Múltiplas Plataformas: O PlatformIO suporta uma ampla gama de plataformas de hardware, incluindo Arduíno, ESP32, STM32, entre outras.

Gerenciamento de Bibliotecas: Possui um sistema robusto de gerenciamento de bibliotecas que facilita a busca, instalação e atualização de bibliotecas necessárias para os projetos.

Build System Avançado: O sistema de compilação do PlatformIO é poderoso e flexível, permitindo configurações complexas e automação de tarefas.

Monitor Serial Integrado: Ferramentas de monitoramento serial integradas ajudam na depuração e na comunicação com dispositivos embarcados.

Ambiente de Testes Unitários: Suporte para testes unitários permite garantir a qualidade e confiabilidade do código desenvolvido.

5.3 Fritzing

O Fritzing foi desenvolvido na Fachhochschule Potsdam (University of Applied Sciences Potsdam), na Alemanha, e lançado em sua primeira versão 0.1b em novembro de 2008. Trata-se de um software de código aberto, sob licença GPLv3, para desenvolvimento de protótipos de circuitos eletrônicos.

Este software permite que sejam criados layouts de circuitos eletrônicos de maneira simples e rápida. Estes layouts permitem a documentação dos esquemáticos por pesquisadores, designers, artistas e hobbistas.[18]

Além disso, é possível desenhar placas de circuito impresso (PCIs ou PCBs) através dos esquemáticos desenvolvidos. A seguir, uma tela de exemplo no Fritzing :



Figura 14 - Fritzing [F8]

Vista de Protoboard (Breadboard): Permite aos utilizadores criar uma representação visual do seu circuito eletrónico num protoboard. Isto é útil para planear e demonstrar como os componentes estão conectados num protótipo físico.

Vista de Esquemático: Fornece uma representação esquemática tradicional do circuito. Esta vista é essencial para entender as conexões elétricas e para criar um diagrama de circuito formal.

Layout de PCB: Ajuda os utilizadores a desenhar placas de circuito impresso (PCBs). Os utilizadores podem dispor os seus componentes, traçar pistas e gerar ficheiros necessários para a fabricação de PCBs.

Biblioteca de Componentes: Inclui uma ampla gama de componentes, como resistores, capacitores, ICs, sensores e mais. Os utilizadores também podem criar e adicionar componentes personalizados.

Integração de Código: O Fritzing suporta integração com Arduino e outras plataformas de microcontroladores, permitindo aos utilizadores escrever e carregar código diretamente a partir do software.

Comunidade e Partilha: O Fritzing tem uma forte comunidade de utilizadores que partilham os seus designs e projetos. A galeria de projetos Fritzing e os fóruns são ótimos recursos para inspiração e suporte.

Multiplataforma: O Fritzing está disponível para Windows, macOS e Linux, tornando-o acessível a uma ampla gama de utilizadores.

5.4 MQTT

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) é um protocolo de transporte de mensagens que possibilita a comunicação entre máquinas e é amplamente usado para conectividade de IoT (Internet of Things). É aberto, leve e tem fácil implementação, sendo executado em TCP/IP ou em outros protocolos de rede.

De formato Cliente/Servidor, usa o paradigma Publish/Subscribe, em que o Cliente pode fazer “postagens/publicações” ou captar informações, enquanto o Servidor administra o envio e o recebimento desses dados.[19]

Protocolo de Telemetria: O MQTT é conhecido como protocolo de transporte de telemetria do serviço de enfileiramento de mensagens.

Leve e Eficiente: Este protocolo de mensagens é leve e facilita a comunicação para clientes de rede com recursos limitados através de um mecanismo simples.

Simplicidade na Comunicação: Ao contrário da maioria dos sistemas de mensagens, não é necessário atribuir endereços aos clientes MQTT.

Modelo de Publicação/Assinatura: O MQTT utiliza um modelo de comunicação simples baseado em tópicos, onde as mensagens são publicadas e assinadas conforme necessário.

Fiabilidade: O protocolo opera sobre TCP/IP, garantindo a entrega fiável de dados.

5.4.1 MQTT Funcionamento

Para compreender como o MQTT funciona, é essencial dominar os conceitos de Cliente MQTT, Broker MQTT e modo publicar-Subscrever, Tópico e QoS:

Qualquer aplicação ou dispositivo que utilize a biblioteca de cliente MQTT é considerado um cliente MQTT. Por exemplo, uma aplicação de mensagens instantâneas que utiliza MQTT é um cliente, assim como diversos sensores que empregam MQTT para reportar dados, e várias ferramentas de teste MQTT também se classificam como clientes.[19]

O Broker MQTT (corretor MQTT) é responsável por lidar com solicitações de conexão, desconexão, subscrição e cancelamento de subscrição dos clientes, além de fazer o roteamento das mensagens. Um broker MQTT robusto pode suportar um número massivo de conexões e uma taxa de transferência de mensagens em níveis de milhões, facilitando aos provedores de serviços de IoT focar nos seus negócios e criar rapidamente uma aplicação MQTT fiável.[34]

O padrão publish-subscribe (publicar-subscrever) diferencia-se do padrão cliente-servidor porque separa o cliente que envia mensagens (publicador) do cliente que recebe mensagens (subscritor). No padrão cliente-servidor, existe uma conexão direta entre o cliente e o servidor, enquanto no padrão publish-subscribe,

os publicadores e subscritores comunicam-se através do broker, que é responsável por distribuir as mensagens aos subscritores interessados.[35]

No MQTT, as mensagens são organizadas e endereçadas através de tópicos. Um tópico pode ser visto como um caminho hierárquico que categoriza a mensagem. Por exemplo, um sensor de temperatura na sala de estar pode publicar seus dados no tópico "casa/sala/temperatura". Os subscritores que desejam receber dados de temperatura da sala de estar subscrevem a este tópico específico.

O MQTT oferece três níveis de QoS para garantir a entrega da mensagem:

QoS 0 (No Delivery Guarantee): A mensagem é entregue no máximo uma vez, sem confirmação de recebimento.

QoS 1 (At Least Once Delivery): A mensagem é entregue pelo menos uma vez, com confirmação de recebimento.

QoS 2 (Exactly Once Delivery): A mensagem é entregue exatamente uma vez, com um processo de handshake (aperto de mão) entre o publicador e o subscritor para garantir a entrega.

No projeto de monitorização de idosos, foi utilizada a plataforma EMQX para oferecer conexões eficientes e estáveis. A escolha do MQTT e da EMQX proporcionou um meio robusto e confiável para a comunicação entre os dispositivos de monitorização, assegurando a transmissão contínua e segura dos dados de saúde dos idosos.

5.5 EMQX

O EMQX é uma plataforma de mensagens MQTT distribuída em larga escala que oferece conexões ilimitadas, integração perfeita e implantação em qualquer lugar. Como um servidor de mensagens MQTT escalável e de alto desempenho, o EMQX Enterprise fornece soluções confiáveis de transmissão de mensagens em tempo real e conectividade de dispositivos para aplicativos IoT, oferece suporte a vários protocolos de padrão aberto, como MQTT, HTTP, QUIC e WebSocket. É 100% compatível com o padrão MQTT 5.0 e 3.x e protege a comunicação bidirecional com MQTT sobre TLS/SSL e vários mecanismos de autenticação.[24]

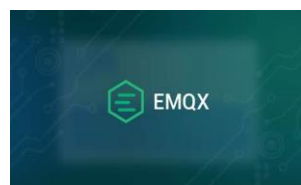


Figura 15-EMQX F [12]

Principais Características do EMQX:

Alta Escalabilidade: Capaz de suportar milhões de conexões simultâneas de clientes MQTT, adequado para implementações de grande escala em IoT e M2M (Machine to Machine).

Elevado Desempenho: Processa grandes volumes de mensagens com baixa latência, maximiza a taxa de transferência (throughput) de mensagens.

Fiabilidade: Alta disponibilidade com suporte a clustering e replicação de dados, mecanismos de failover para assegurar a continuidade do serviço em caso de falhas.

Segurança: Suporte a autenticação e autorização robustas através de vários mecanismos, como ACLs (listas de controlo de acesso) e integração com sistemas de autenticação externos (LDAP, JWT, etc.).

Criptografia de dados em trânsito com TLS/SSL:

Suporte a Protocolos: Além de MQTT, suporta outros protocolos como MQTT-SN, CoAP, LwM2M e HTTP, facilita a integração com vários tipos de dispositivos e aplicações.

Extensibilidade: Plug-ins e extensões permitem adicionar novas funcionalidades e personalizar o comportamento do broker, APIs disponíveis para o desenvolvimento de extensões personalizadas.

5.5.1 Funcionamento do EMQX

Cliente MQTT: Dispositivos ou aplicações que utilizam o EMQX como broker podem ser sensores, atuadores, aplicações móveis ou qualquer outro sistema que implemente a biblioteca MQTT.

Broker MQTT: O EMQX atua como intermediário, gerindo conexões, subscrições e encaminhamento de mensagens. Recebe mensagens de publicadores e entrega-as aos subscritores apropriados, seguindo as regras de tópicos e QoS definidas.

Publicação-Subscrição: Utiliza o modelo publish-subscribe para distribuir mensagens. Publicadores enviam mensagens a tópicos específicos, e subscritores recebem essas mensagens ao subscreverem-se aos tópicos de interesse.

Tópicos: No EMQX, os tópicos são usados para organizar e endereçar mensagens. Os tópicos podem ser hierárquicos e suportam caracteres universais para facilitar a subscrição a múltiplos tópicos de uma vez.

QoS: O EMQX suporta os três níveis de QoS definidos pelo protocolo MQTT, garantindo diferentes níveis de fiabilidade na entrega das mensagens.

Executando e Gerenciando o EMQX

1. **Para iniciar o EMQX**, digite o seguinte comando na linha de comando:

```
sh Copiar código
./emqx/bin/emqx start
```

2. **Para interromper o EMQX**, digite:

```
sh Copiar código
./emqx/bin/emqx stop
```

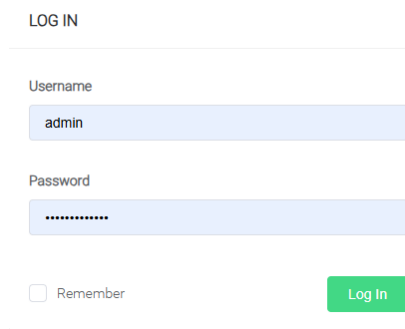
3. **Acessando o EMQX Dashboard:**

- Inicie seu navegador da web e digite o seguinte endereço na barra de endereços para acessar o EMQX Dashboard

```
arduino Copiar código
http://localhost:18083
```

4. **Credenciais:**

- O nome de usuário padrão é: admin
- A senha padrão é: sousa123



LOG IN

Username
admin

Password
.....

Remember

Figura 16- Credenciais EMQX

Após inserir as credenciais de login no **EMQX**, teremos acesso ao painel de controle do **broker**. Na primeira página, seremos direcionados à **Visão Geral**, que fornece uma visão simplificada para melhor compreensão.

A **Figura 17** ilustra a interface do **Dashboard do EMQX**, mostrando especificamente a página de **Monitor**. Nesta página, podemos visualizar o status em tempo real do sistema, com informações detalhadas sobre cada nó do **EMQX**. Cada

nó é responsável por uma instância do **broker**, permitindo o gerenciamento de conexões, tópicos, assinaturas e outros aspetos operacionais.

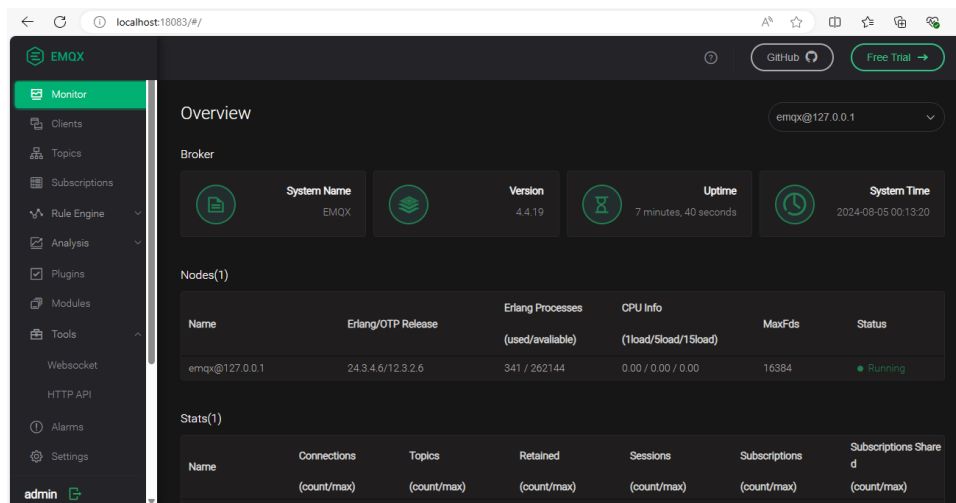


Figura 17- EMQX Dashbord

A página de monitorização do sistema EMQX é dividida em várias secções principais que oferecem uma visão detalhada sobre o estado e a configuração do broker. A secção **Overview** fornece uma visão geral do sistema, incluindo informações básicas como o nome do broker, que é EMQX, a versão atual (4.4.19), o tempo de atividade (7 minutos e 40 segundos) e a hora do sistema, configurada para 2024-08-05 00:13:20. Estas informações são fundamentais para uma monitorização rápida e eficaz do broker.

Na secção **Nodes**, são apresentados detalhes sobre os nós do sistema. Cada nó possui um nome, como "emqx@127.0.0.1", e utiliza uma versão específica do Erlang/OTP, que neste caso é a 24.3.4.6/12.3.6. Informações adicionais incluem o número de processos Erlang em uso (341) comparado com o total disponível (262144), o uso atual de CPU (0%), o número máximo de descritores de ficheiros configurado para 16384, e o estado atual do nó, que está "Running". Esta secção é crucial para avaliar a saúde e o desempenho dos nós no sistema.

A secção **Stats** exhibe diversas estatísticas que são vitais para entender o funcionamento do broker. Inclui dados sobre o número atual de conexões e o máximo permitido, o total de tópicos e o limite configurado, a quantidade de mensagens retidas, o número de sessões ativas, e as assinaturas normais e partilhadas com os seus respetivos limites. Estas estatísticas são úteis para gerir e ajustar o desempenho do broker conforme as necessidades do sistema.

O dashboard do EMQX oferece uma navegação rica e funcional com várias opções para gestão e monitorização. A aba **Monitor** mostra o estado geral do broker e as principais estatísticas, enquanto a secção **Clients** permite a gestão dos clientes conectados. A **Topics** oferece uma visão e controlo sobre os tópicos ativos, e **Subscriptions** permite gerir as assinaturas desses tópicos. O **Rule Engine** é usado

para configurar regras de processamento de mensagens, e a secção **Analysis** disponibiliza ferramentas para análise de dados. Além disso, o dashboard inclui a gestão de **Plugins** e **Modules**, proporcionando controlo sobre funcionalidades adicionais do EMQX. Há também ferramentas adicionais na secção **Tools**, configurações de WebSocket, gestão da API HTTP na aba **HTTP API**, e uma secção de **Alarms** para visualizar notificações e alertas importantes.

Estas secções, em conjunto, fornecem um panorama abrangente das funcionalidades do EMQX, permitindo uma gestão detalhada e eficiente do sistema.

A Figura 18 mostra a seção **Clients** (Clientes) do painel de controle do EMQX, onde são exibidas informações detalhadas sobre os clientes conectados ao broker. Nessa seção, é possível visualizar dados como o status das conexões, identificadores dos clientes e outras métricas relevantes. A seguir, são apresentadas descrições e instruções específicas para interpretar e gerenciar essas informações, auxiliando na administração eficiente dos clientes conectados.

ID do cliente	Nome de usuário	Endereço IP	Manutenção (seg) de atividade	Intervalo(s) de expiração	Contagem de assinaturas	Status da conexão	Operação
esp32-cliente-08.D1...	admin	192.168.0.139:56...	15	0	1	● CONECTADO	Expulsar
nodered_454a5adad...	indefinido	192.168.0.165:58...	60	0	15	● CONECTADO	Expulsar

Figura 18 - Configuração de Clientes

A secção de Clientes no EMQX Dashboard fornece informações detalhadas sobre os dispositivos conectados ao broker. Entre os clientes listados, temos o esp32-cliente-08

que utiliza o nome de utilizador "admin" e está conectado através do endereço IP 192.168.0.139. Este cliente mantém a conexão ativa com um intervalo de manutenção (Keepalive) de 15 segundos, possui uma contagem de assinaturas de 1 e está atualmente com o estado de conexão "CONECTADO".

Outro cliente presente na lista é o nodered_454a5adad, cujo nome de utilizador está definido como "indefinido". Este cliente está conectado pelo endereço IP 192.168.0.165 e possui um intervalo de manutenção (Keepalive) de 60 segundos.

O nodered_454a5adad tem uma contagem de assinaturas significativamente maior, com 15 assinaturas, e também se encontra com o estado de conexão "CONECTADO".

Esses detalhes na página de Clientes ajudam a monitorizar e gerir os dispositivos conectados, fornecendo informações essenciais sobre a atividade e o estado de cada conexão no sistema EMQX.

A Figura 19 ilustra a seção "Topics" do painel de controle do EMQX, onde são listados os tópicos ativos no broker. Nessa seção, é possível visualizar e monitorizar os tópicos utilizados para a troca de mensagens entre clientes. A seguir, são fornecidas descrições detalhadas e orientações sobre como interpretar e gerenciar as informações apresentadas, facilitando o acompanhamento e a administração eficiente dos tópicos no ambiente do broker.

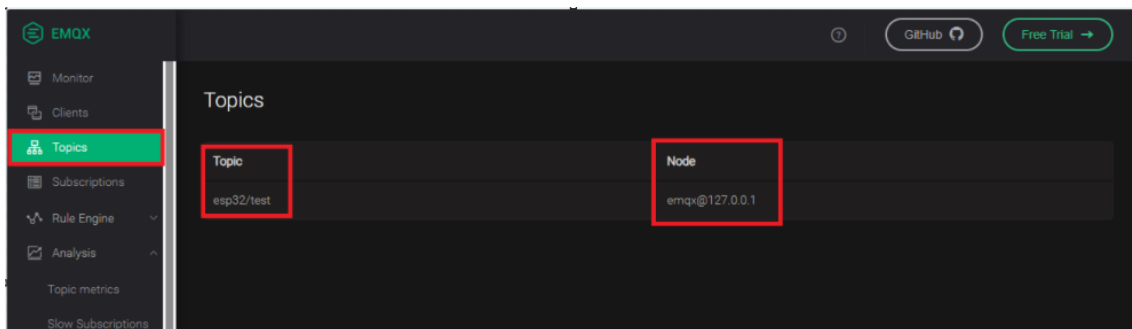


Figura 19 - Configuração de Topics

A secção de Tópicos no EMQX Dashboard proporciona uma interface prática para visualizar e gerir os tópicos ativos no sistema. Para aceder a esta secção, basta navegar até ao menu lateral esquerdo e selecionar "Topics", que está destacado em verde na imagem correspondente. Na página de Tópicos, é exibida uma tabela que lista todos os tópicos ativos, incluindo o nome de cada tópico, como por exemplo **esp32/test**, e o nodo em que o tópico está ativo, neste caso **emqx@127.0.0.1**. Esta visualização permite verificar facilmente quais tópicos estão em uso e em qual nodo eles estão associados, facilitando a monitorização do sistema.

Além da simples visualização, a secção de Tópicos também permite monitorizar os tópicos e, embora não seja explicitamente mostrado na imagem, normalmente oferece outras funcionalidades como a gestão de assinaturas, a verificação de mensagens retidas, entre outras operações que podem ser essenciais para o funcionamento eficaz do sistema. Manter um registo organizado dos tópicos é especialmente importante para garantir a eficiência, sobretudo quando se lida com múltiplos dispositivos e sensores.

A Figura 20 do painel de controlo do EMQX apresenta a página de **Subscriptions (Subscrições)**, onde é possível visualizar e gerir as subscrições dos clientes conectados. Nesta secção, podem ser consultados detalhes sobre os tópicos subscritos, bem como os níveis de Qualidade de Serviço (QoS) aplicados. Este nível de detalhe é crucial para garantir que as subscrições estejam alinhadas com as

necessidades do sistema e que o desempenho seja otimizado através de um controlo eficiente das subscrições e dos tópicos.

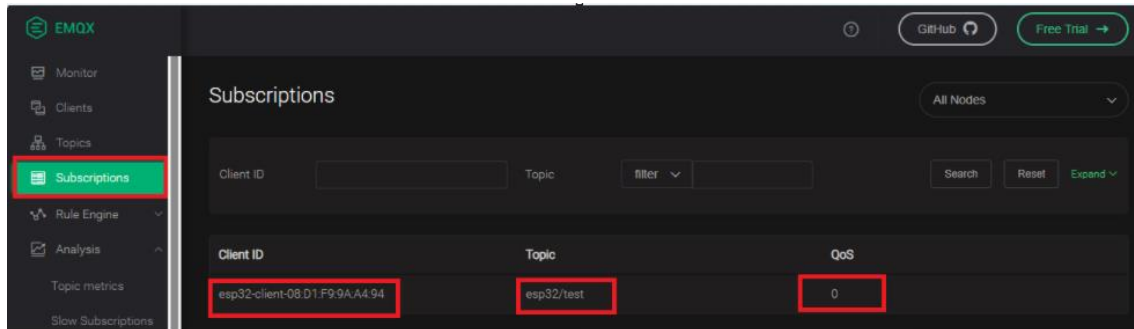


Figura 20 - Configuração da Subscrições

A secção de Subscrições no EMQX Dashboard oferece uma interface detalhada para visualizar e gerir as subscrições MQTT atuais dos clientes conectados. No painel de navegação, a secção 'Subscrições' está destacada em verde, indicando que é a secção atualmente ativa, facilitando a localização no menu.

Na página de Subscrições, são apresentados detalhes específicos sobre as subscrições ativas. Esta secção inclui filtros de pesquisa que permitem buscar subscrições com base no ID do Cliente e no Tópico, o que ajuda a encontrar rapidamente as informações relevantes num ambiente com múltiplas conexões.

Os detalhes das subscrições são organizados numa tabela que apresenta três colunas principais: ID do Cliente, Tópico e QoS. Por exemplo, um dos clientes listados é o esp32-client-08: D1:F9:9A:A4:94, que está subscrito ao tópico esp32/test com um nível de Qualidade de Serviço (QoS) de 0. Esta tabela proporciona uma visão clara e organizada das subscrições, permitindo uma gestão eficiente e o acompanhamento do estado de comunicação dos clientes com o broker.

A Figura 21 ilustra a página de Websocket no painel de controle do EMQX. Nessa área, é possível monitorizar e gerenciar as conexões Websocket ativas no broker. O Websocket oferece suporte à comunicação bidirecional em tempo real entre o servidor e os clientes, proporcionando uma troca de mensagens eficiente e contínua. A seguir, apresenta-se um resumo das informações exibidas, que incluem detalhes sobre as conexões ativas, tópicos assinados e as taxas de transmissão de

mensagens, permitindo uma visão clara e detalhada do desempenho e da utilização do sistema.

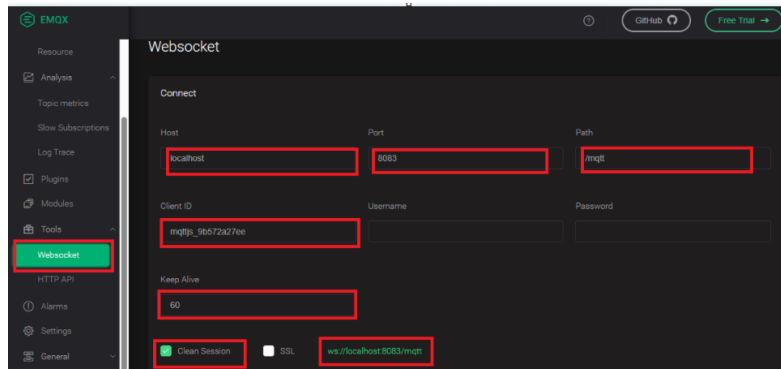


Figura 21 - Configuração do Websocket

No EMQX Dashboard, a secção 'Websocket' está destacada em verde no painel de navegação, indicando que é a secção atualmente ativa. Esta secção é utilizada para configurar e estabelecer conexões com um broker MQTT através de Websocket, proporcionando uma interface intuitiva para ajustar as definições de conexão.

Na página de Conexão Websocket, é possível especificar diversas configurações importantes para a conexão. O Host está definido como "localhost" e a Porta utilizada é a 8083, com o Caminho configurado como "mqtt". O ID do Cliente é definido como "mqttjs_9657a27c7e" e o Keep Alive está ajustado para 60 segundos. A opção Sessão Limpa (Clean Session) está marcada, o que significa que a sessão será iniciada sem subscrições ou mensagens persistentes. A URL de Conexão é apresentada como "ws://localhost:8083/mqtt".

Adicionalmente, existem campos opcionais para o Nome de Utilizador (Username) e Palavra-Passe (Password), que estão atualmente vazios, permitindo flexibilidade na configuração de autenticação se necessário. A opção SSL não está marcada, indicando que a conexão não é criptografada. Estas configurações fornecem um controle completo sobre a forma como os clientes se conectam ao broker via Websocket, facilitando a integração e o teste de comunicações MQTT num ambiente Websocket.

A Figura 22 apresenta a secção "Listeners" do painel do EMQX, onde são listados diversos protocolos juntamente com suas respectivas configurações. Essa secção permite visualizar e gerenciar os diferentes tipos de protocolos suportados pelo broker. A seguir, é fornecido um resumo das principais informações exibidas na

imagem, destacando os detalhes relevantes de cada protocolo, como portas utilizadas, estados de ativação e outras configurações associadas.

Protocol	Listen On	Max Connections	Current Connections
mqtt:ssl	8883	102400	0
mqtt:tcp	0.0.0.0:1883	1024000	2
mqtt:tcp	127.0.0.1:11883	1024000	0
http:dashboard	0.0.0.0:18083	512	1
http:management	0.0.0.0:8081	512	0
mqtt:ws:8083	0.0.0.0:8083	102400	0
mqtt:ws:8084	0.0.0.0:8084	102400	0

Figura 22 - Configuração do Listeners

Na secção de protocolos do EMQX, são destacados vários protocolos configurados para gerir as conexões do broker. Entre os principais, está o protocolo MQTT, que está a ouvir em 0.0.0.0:1883 com um limite de 1.024.000 conexões máximas, das quais 2 estão atualmente ativas. Outro protocolo destacado é o HTTP, que opera em 0.0.0.0:18083 com um máximo de 512 conexões, tendo 1 conexão ativa no momento.

Além desses, há outros protocolos listados que estão configurados para diferentes portas e condições. Outro listener para MQTT está configurado em 8883, com um limite de 102.400 conexões máximas e atualmente sem conexões ativas. Há ainda um listener de MQTT específico para 127.0.0.1:11883, também com uma capacidade máxima de 1.024.000 conexões, mas sem conexões ativas.

Adicionalmente, o protocolo HTTP está a ouvir em 0.0.0.0:8081, configurado para suportar até 512 conexões, mas sem nenhuma conexão ativa atualmente. Por fim, o protocolo MQTT está configurado para ouvir em 8083, com uma capacidade para 102.400 conexões máximas e também sem conexões ativas neste momento. Estas configurações detalhadas permitem um controlo preciso e ajustável das capacidades de conexão do broker, garantindo que ele pode escalar e operar eficientemente conforme as necessidades da rede.

5.6 Clientes MQTT

O projeto de monitorização de idosos utiliza os clientes MQTT, como o MQTTX e Node-RED, de forma estratégica para garantir uma comunicação ágil e eficiente entre sensores, dispositivos e servidores. Estes clientes são essenciais em todas as fases de desenvolvimento, teste e operação do sistema, assegurando que os dados críticos relacionados com a saúde e o bem-estar dos idosos sejam recolhidos, transmitidos e processados em tempo real.

O MQTTX, por exemplo, destaca-se na fase de teste e depuração, permitindo simular a troca de mensagens MQTT entre dispositivos e servidores. Esta simulação possibilita verificar a eficiência da comunicação, identificar eventuais falhas e ajustar o sistema antes da sua implementação final.

Já o Node-RED, com a sua interface visual intuitiva, facilita a integração e automação dos fluxos de dados. Permite a criação de processos que respondem automaticamente a eventos, como a emissão de alertas médicos ou a deteção de alterações nas condições de saúde dos idosos. A flexibilidade do Node-RED torna o sistema mais adaptável a diferentes cenários, simplificando tanto o processamento de informações como a resposta rápida a situações críticas.

Com estes clientes, o sistema de monitorização garante um funcionamento contínuo e fiável, assegurando que os idosos sejam monitorizados de forma eficaz e que as suas necessidades de saúde sejam atendidas prontamente, contribuindo para a sua segurança e qualidade de vida.

5.6.1 MQTTX

O MQTTX é um cliente de desktop MQTT 5.0 de múltiplas plataformas, compatível com macOS, Linux e Windows. Este aplicativo elegante e funcional permite aos usuários criar e gerenciar conexões MQTT de forma rápida e eficiente. Sua interface de usuário, inspirada em aplicativos de bate-papo, facilita a criação e o armazenamento de múltiplos clientes. [23]

Principais Funcionalidades

Multiplataforma: Compatível com macOS, Linux e Windows.

Interface Intuitiva: Inspirada em aplicativos de bate-papo, torna o gerenciamento de conexões mais acessível e organizado.

Gestão de Múltiplos Clientes: Permite criar e salvar várias conexões MQTT, facilitando o gerenciamento e a alternância entre diferentes clientes.

Publicação e Assinatura de Mensagens: Simula a publicação e assinatura de mensagens MQTT, essencial para testes e depuração.

Configurações Personalizáveis: Oferece várias opções de configuração para adaptar-se às necessidades específicas de cada projeto.

5.6.2 Configuração do MQTTX

A Figura 22 apresenta uma secção de um guia detalhado para a configuração do MQTTX, utilizando a captura de ecrã fornecida como referência. Este guia oferece um passo a passo completo para a configuração do cliente MQTTX, essencial para garantir a comunicação eficaz no sistema de monitorização de idosos.

No processo de configuração, são abordados aspetos como a criação de ligações com brokers MQTT, a definição de tópicos para subscrição e publicação, e a personalização das propriedades da ligação, tais como autenticação e qualidade de serviço (QoS). A captura de ecrã na Figura 23 destaca os parâmetros críticos que devem ser configurados, incluindo o endereço do broker, as credenciais de acesso e as opções de segurança, como a utilização de TLS/SSL para encriptação das comunicações.

Este guia é especialmente útil para utilizadores que estão a configurar o MQTTX pela primeira vez, fornecendo instruções claras para assegurar que o cliente MQTT funcione corretamente no ambiente de monitorização. Além disso, a configuração adequada do MQTTX facilita o teste e a depuração do sistema, permitindo a simulação de mensagens entre sensores e servidores, e garantindo que o fluxo de dados seja contínuo e fiável.

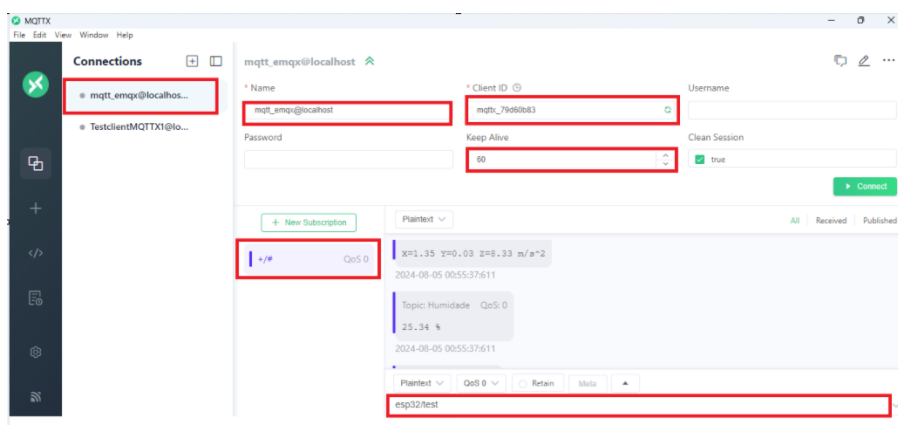


Figura 23 - Configuração do Cliente MQTTX

Na configuração da conexão MQTT, o Nome da Conexão é definido como `mqtt_emqx@localhost`, permitindo ao utilizador identificar facilmente a conexão que está a ser configurada. O Client ID está configurado como `mqttx_79d6b083`, servindo como uma identificação única para o cliente MQTT, que deve ser exclusivo para cada dispositivo conectado ao broker.

O parâmetro Keep Alive está definido com o valor 60, indicando que o cliente MQTT enviará pacotes de manutenção ("ping") ao broker a cada 60 segundos para assegurar que a conexão se mantenha ativa. A opção Sessão Limpa ("Clean Session") está marcada como verdadeira, o que significa que a sessão começará sem reter o estado das subscrições anteriores, evitando a entrega de mensagens antigas quando

o cliente se reconectar, uma configuração útil para garantir uma inicialização limpa de cada sessão.

Relativamente às Subscrições, o cliente está subscrito ao tópico `+/#` com um QoS 0, o que significa que irá receber todas as mensagens publicadas em todos os tópicos, dado que `+/#` é um coringa que representa todos os tópicos. Para Publicação, o tópico `esp32/test` está configurado para receber dados com um QoS 0, o que implica uma garantia mínima de entrega das mensagens, sendo adequado para aplicações onde a latência deve ser baixa e a entrega de todas as mensagens não é crítica.

Esta configuração exemplifica um cenário típico para testar e depurar a comunicação MQTT em ambientes de desenvolvimento ou de monitorização, como no caso de um projeto de monitorização de idosos. Cada parâmetro pode ser ajustado conforme necessário para se alinhar com as especificações do broker e as exigências do sistema, oferecendo flexibilidade para adaptar a configuração às necessidades específicas do ambiente.

5.6.3 PLATAFORMA Node-Red

Node-RED é um ambiente de código aberto para construir e implementar aplicativos voltado a Internet das Coisas. Segundo Ribeiro (2016) “os Nodos são uma forma mais fácil e dinâmica de programar para IoT, contendo uma interface mais simples e intuitiva, pode criar inúmeros projetos com customizações”. O Node-RED apresenta uma interface simples, pode se desenvolver diversos projetos através de customização dos NODES. Sendo possível controlar objetos em tempo real, desde tarefas domésticas como apagar a luz com uma postagem no Twitter ou então acionar o alarme do carro através de um dispositivo móvel. Além disso, pode se programar para realizar tal comando a partir de um horário de um definido dia. [9]

5.6.4 Instalar Node-RED e Dependências

Para realizar a instalação do Node-RED é necessário ter o NodeJS instalado na máquina, conforme foi apresentado no capítulo anterior, ou então, acessar o site oficial do Node-RED (<http://nodered.org/>), acessar a opção “documentation” e seleciona a opção “installation”, após isso deve ser realizado o download do NodeJS para o sistema operacional que está sendo utilizado. A Figura 8 apresenta a página de download do Node. [9]

```
sh Copiar código
sudo npm install -g --unsafe-perm node-red
```

Depois de instalado, pode iniciar o Node-RED com o comando: Finalizado a instalação do Node-RED e o reconhecimento do Arduino digite no CMD o comando:

```
sh Copiar código
node-red
```

A plataforma será carregada e fornecerá um endereço que deve ser acessado através do navegador. A Figura 8 representa a plataforma. Node-RED em execução endereço que deverá ser acessado.

Tabela 1 -Início de cessão do Node-Red

Para aceder ao Node-RED, abra o navegador e digite <http://localhost:1880/> na barra de endereços. Isso abrirá a interface principal do Node-RED, onde poderá criar e gerir fluxos. O próximo passo é instalar os pacotes necessários para integrar o MQTT e o Dashboard. Para isso, clique no ícone de menu no canto superior direito (representado por três linhas horizontais), selecione Manage palette, e depois vá para o separador Install. Procure e instale os pacotes node-red-contrib-mqtt-broker (para configurar o broker MQTT) e node-red-dashboard (para criar interfaces visuais interativas).

Depois de instalar os pacotes, estará pronto para configurar o cliente MQTT no Node-RED. Primeiro, adicione ao fluxo dois nós da paleta: o nó MQTT in (entrada), que será utilizado para receber mensagens, e o nó MQTT out (saída), que será usado para enviar mensagens. Configure o nó MQTT in para subscrever o tópico esp32/test, enquanto o MQTT out deve ser ajustado para publicar mensagens nesse mesmo tópico.

Para estabelecer a ligação com o servidor MQTT, clique duas vezes no nó MQTT in para abrir as suas propriedades. No campo Server, clique no ícone de lápis para adicionar um novo servidor MQTT.

A configuração completa do nó MQTT-broker pode ser visualizada na figura 24, que ilustra os detalhes desta ligação. Esta imagem servirá como guia para garantir que o nó seja configurado corretamente.

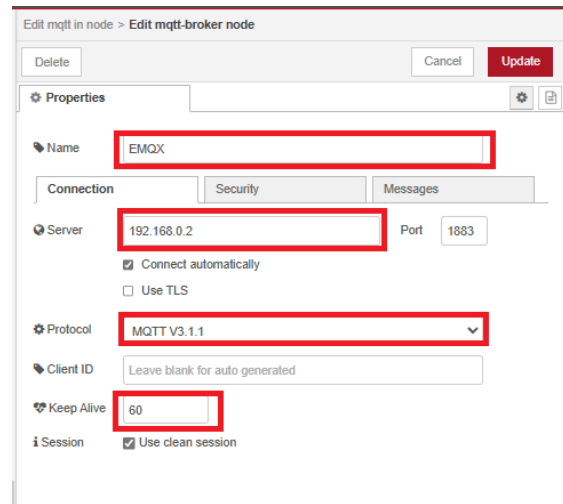


Figura 24 - Configuração do Broker node no Node-Red

Name: O nome do broker MQTT, que neste caso é "EMQX". Este é um nome descritivo para ajudar a identificar este broker dentro do Node-RED.

Server: O endereço IP do servidor MQTT, que é 192.168.0.2. O endereço IP indica onde o broker MQTT está hospedado. O porto utilizado é o padrão 1883 para conexões não seguras (sem TLS).

Protocol: O protocolo MQTT utilizado. Aqui está configurado para "MQTT V3.1.1", que é uma versão comum do protocolo MQTT.

Client ID: O campo de ID do cliente está vazio, o que significa que o Node-RED vai gerar automaticamente um ID de cliente único para esta conexão.

Keep Alive: O intervalo de keep alive em segundos, configurado para 60 segundos. Isso significa que o cliente MQTT vai enviar uma mensagem de keep alive ao broker a cada 60 segundos para manter a conexão ativa.

Use clean session: Esta opção está marcada, o que significa que o cliente MQTT vai começar uma nova sessão limpa cada vez que se conectar ao broker. Não vai reter nenhum estado de sessão anterior.

Connect automatically: Está marcada, o que indica que o Node-RED vai tentar conectar-se automaticamente a este broker MQTT quando o fluxo for iniciado.

Use TLS: Não está marcada, o que significa que a conexão não está a utilizar encriptação TLS. Se segurança adicional for necessária, esta opção deve ser ativada e as configurações TLS apropriadas devem ser fornecidas na aba "Security".

As Figuras 25 e 26 exibem o painel do Node-RED, onde é possível visualizar vários nós interconectados nos fluxos Flow 1 e Flow 2. A seguir, essas conexões são detalhadas.

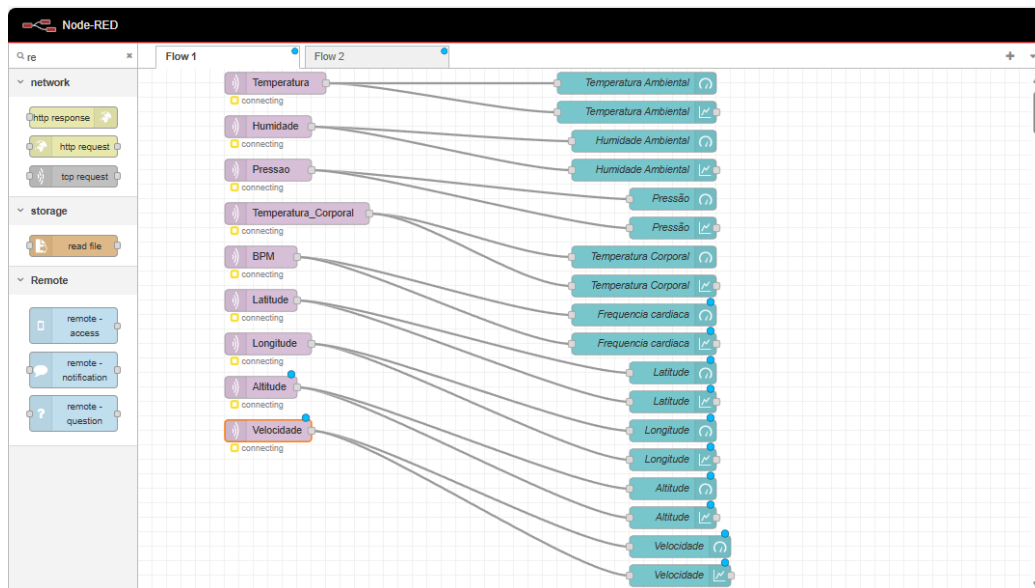


Figura 25 - Flow 1 Node-Red

O FLOW1 exibe diversos sensores voltados para a monitorização ambiental e de saúde, incluindo sensores de temperatura (ambiental e corporal), humidade, pressão, frequência cardíaca (BPM), dados de GPS (latitude, longitude, altitude) e velocidade. Cada nó de sensor está conectado a uma saída correspondente, indicando que esses dispositivos estão a captar e possivelmente a processar dados para futura utilização.

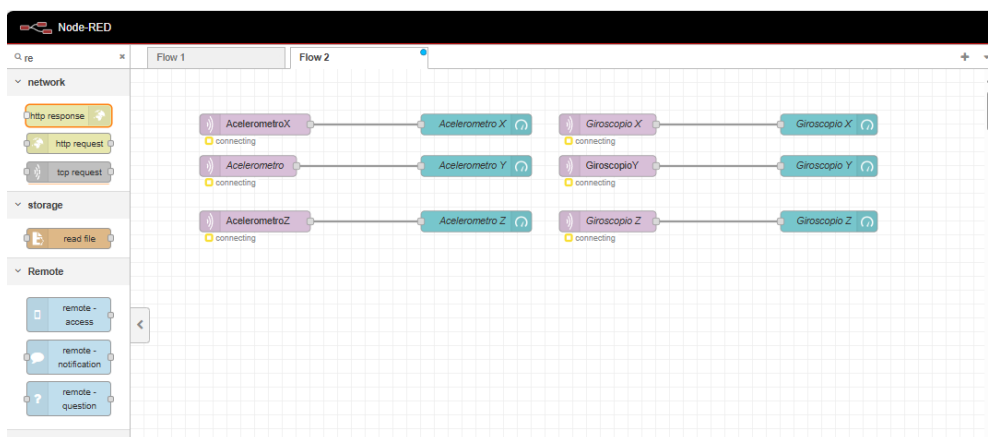
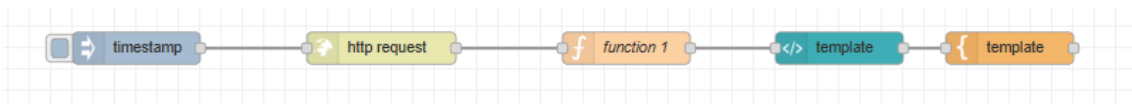


Figura 26 - Flow 2 Node-Red

O FLOW2 apresenta nós dedicados a acelerómetros e giroscópios, capturando dados nos eixos X, Y e Z para ambos os sensores. Assim como no fluxo anterior, cada nó está conectado às saídas correspondentes, indicando que os dados capturados pelos acelerómetros e giroscópios estão prontos para processamento ou análise futura.



O fluxo no Node-RED consiste em uma sequência de nós conectados. A seguir, descreverei cada nó, e sua função no fluxo e suas respectivas configurações.

timestamp: Este nó gera uma marca temporal (timestamp) quando ativado, para iniciar um fluxo em intervalos regulares ou em momentos específicos.

http request: Este nó envia uma requisição HTTP para um servidor. Esta a ser usado para obter dados de uma API ou para enviar dados para um serviço web.

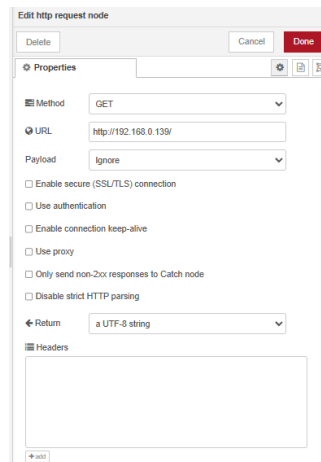


Figura 27 - Configuração do http request

A figura 27 mostra a configuração do nó "HTTP Request" no fluxo utilizado para enviar dados do sensor Neo-6M-0-0001 para obter a localização em tempo real no Google Maps. Aqui está uma explicação detalhada sobre essa configuração:

Method (GET): A requisição está configurada como "GET", o que significa que o nó está solicitando dados de um servidor específico (neste caso, o dispositivo na URL fornecida). Isso faz sentido para obter informações de localização do sensor ou da interface de GPS.

URL: O endereço IP fornecido (`http://192.168.0.139/`) é o local onde o dispositivo ou o serviço responsável pela coleta dos dados do sensor está hospedado. Que é o IP de um servidor local.

Payload (Ignore): A configuração está definida para ignorar o payload, o que é comum em requisições GET, já que essa solicitação normalmente apenas solicita dados ao invés de enviar algo.

Return (a UTF-8 string): Isso significa que a resposta recebida será retornada como uma string codificada em UTF-8, que pode ser manipulada e interpretada nas etapas seguintes do fluxo.

Este nó está enviando uma requisição GET ao dispositivo na rede local para coletar os dados de localização fornecidos pelo sensor GPS e, em seguida, processar essas informações para exibir a localização no Google Maps.

function 1: extrai as coordenadas de latitude e longitude a partir do conteúdo HTML recebido usando expressões regulares. Em seguida, ela gera um link do Google Maps com essas coordenadas para visualização da localização em tempo real. Se as coordenadas forem encontradas, a função atualiza a mensagem com a latitude, longitude e o link. Caso contrário, retorna uma mensagem de erro indicando que as coordenadas não foram extraídas.

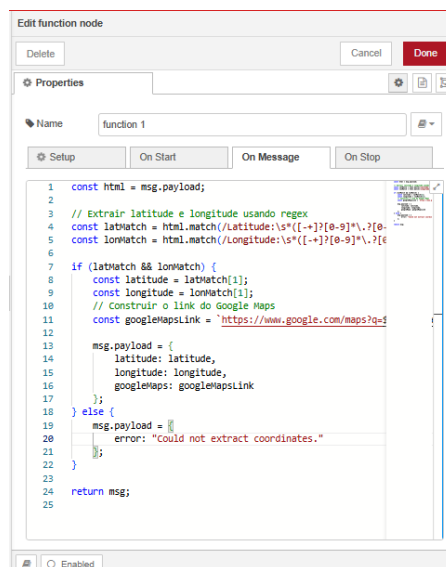


Figura 28 - Configuração function 1

template: este template HTML exibe latitude e longitude dinâmicas e gera um link para o Google Maps usando variáveis `{{msg.payload.latitude}}`, `{{msg.payload.longitude}}` e `{{msg.payload.googleMaps}}`.

As variáveis são substituídas por valores reais ao renderizar a página, criando um link para visualizar a localização no Google Maps em uma nova aba.

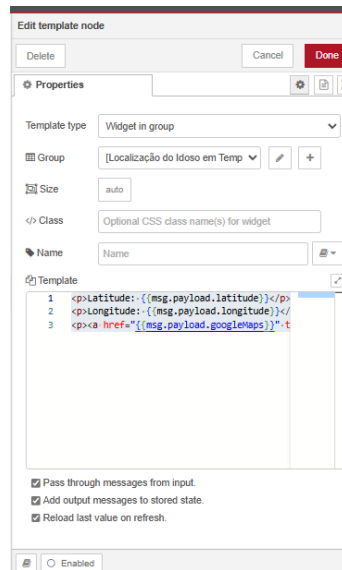


Figura 29 - Configuração da Template1

template: usado para formatar os dados processados antes de os enviar para o próximo passo ou exibi-los no dashboard.

Este template HTML exhibe latitude e longitude e cria um link para o Google Maps usando variáveis dinâmicas ({{payload.latitude}}, {{payload.longitude}} e {{payload.googleMaps}}).

As variáveis são substituídas por valores reais quando a página é processada, permitindo visualizar a localização no Google Maps em uma nova aba.

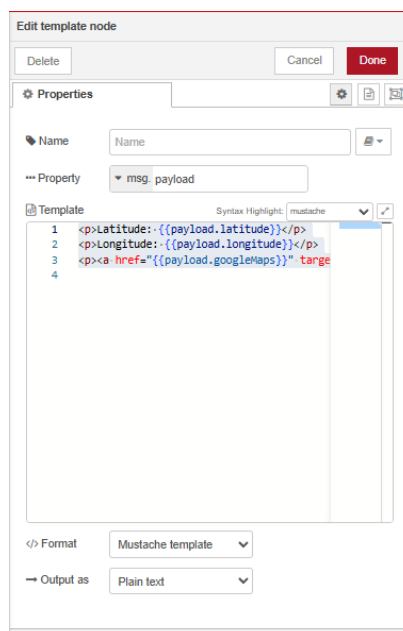


Figura 30- Configuração da Template2

6. Protocolos de Comunicação

Este capítulo apresenta uma análise detalhada dos protocolos de comunicação utilizados no projeto, destacando sua importância no estabelecimento de uma troca eficiente de dados entre os diversos componentes do sistema. Os protocolos de comunicação são fundamentais para garantir tanto a integridade quanto a eficiência nas interações entre os módulos, assegurando que a informação seja transmitida de forma precisa e confiável.

Cada protocolo será descrito com base em suas funcionalidades e características principais, explicando também como eles se integram e são aplicados dentro do escopo deste projeto.

6.1 One-Wire

O protocolo One-Wire é uma interface de comunicação de dados de baixa velocidade amplamente utilizada em microcontroladores e sistemas embarcados, que se destaca por operar com apenas um fio para transmissão de dados. Desenvolvido pela Dallas Semiconductor (agora Maxim Integrated), o One-Wire possibilita a comunicação serial em um barramento de comunicação mestre-escravo, onde um único dispositivo mestre controla um ou mais dispositivos escravos.[36]

Diferente de outros protocolos de comunicação, o One-Wire não utiliza uma linha dedicada de clock. A comunicação bidirecional ocorre de maneira *half-duplex* em uma única linha de dados. Isso significa que, em vez de ter linhas separadas para transmissão e recepção, os dados trafegam alternadamente na mesma linha. Uma das principais vantagens deste protocolo é a simplicidade, pois minimiza a quantidade de fios necessários, facilitando a conexão de dispositivos em aplicações com restrições físicas ou de custo.

6.2 I2C

O protocolo de comunicação I2C é um protocolo de comunicação serial que permite que dispositivos diferentes se comuniquem e troquem dados através de um barramento compartilhado. Ele foi criado pela Philips Semiconductors e é amplamente utilizado em muitos dispositivos eletrônicos, como smartphones, computadores, sensores e até mesmo em sistemas industriais.

O principal benefício da comunicação I2C é que ela permite que múltiplos dispositivos possam ser conectados a um mesmo barramento, permitindo que eles se comuniquem e troquem dados de forma rápida e fácil. Além disso, o protocolo I2C é muito versátil e pode ser utilizado em uma ampla variedade de aplicações, desde sistemas pequenos e simples até sistemas complexos e de grande escala.[37]

O ESP32 possui suporte integrado para I2C fazendo deste um excelente μ C para projetos que necessitem de comunicação entre sensores, displays, memórias e outros dispositivos I2C. [38]

7.Implementação do Sistema

Este capítulo apresenta os resultados obtidos durante a execução e finalização do projeto. A validação de resultados e aplicação permite-nos comprovar a eficácia de todos os elementos colocados em prática, identificar possíveis melhorias futuras e assegurar que os objetivos definidos foram alcançados.

7.1 Sensores

Como princípio à montagem do projeto, executou-se a programação e testes de cada sensor de forma individualizada. Cada sensor foi configurado e verificado separadamente para garantir o melhor desempenho ao projeto final com o objetivo de solucionar problemas encontrados

7.1.1 Humidade Ambiental, Temperatura Ambiental e Pressão

O sensor Temperatura, Humidade e Pressão é amplamente utilizado para medir variáveis meteorológicas como temperatura, umidade relativa e pressão atmosférica, sendo valorizado por sua alta precisão e estabilidade a longo prazo em aplicações de monitoramento ambiental. Para conectá-lo ao microcontrolador ESP32, é necessário fazer as ligações corretas de seus quatro fios. O fio vermelho (VCC) deve ser conectado à alimentação de 3.3V do ESP32, enquanto o fio preto (GND) deve ser ligado ao pino GND do ESP32. O fio azul (SCK/CLK), que é responsável pela sincronização da comunicação I2C, deve ser conectado ao pino GPIO 22 (clock) do ESP32. Por fim, o fio verde (SDA), encarregado da transmissão dos dados, deve ser conectado ao pino GPIO 21 do ESP32, completando assim o circuito de comunicação necessário para o funcionamento adequado do sensor.

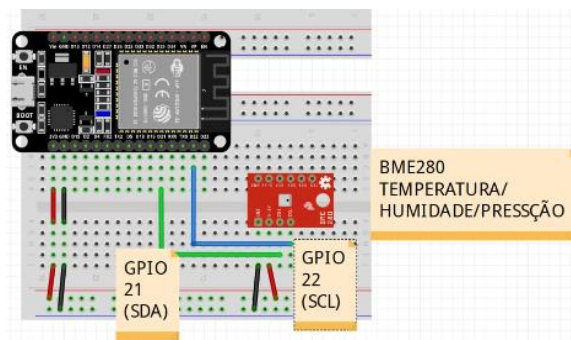


Figura 31- Circuito Sensor Temperatura Ambiental e Umidade Ambiental e Pressão

As figuras 31 ilustram o esquema de ligações do sensor de temperatura ambiental, Umidade ambiental e Pressão atmosfera e a ligação elétrica entre o sensor e o ESP32, respetivamente. Estes diagramas são essenciais para visualizar a configuração correta e assegurar uma implementação sem erros.

Desta forma, o sensor de sensor de temperatura ambiental, Umidade ambiental e Pressão atmosfera, quando corretamente instalado e configurado,

fornece dados precisos e confiáveis sobre a temperatura do corpo do idoso, contribuindo significativamente para a monitorização de idosos.

```
PROBLEMS  OUTPUT  TERMINAL  PORTS
▼ TERMINAL
Umidade Ambiental: 26.67 %
Temperatura Ambiental: 34.00 °C
Pressão: 967.38 hPa
Umidade Ambiental: 26.69 %
Temperatura Ambiental: 34.00 °C
Pressão: 967.35 hPa
Umidade Ambiental: 26.68 %
Temperatura Ambiental: 34.00 °C
Pressão: 967.34 hPa
Umidade Ambiental: 27.17 %
```

Figura 32- "output" Temperatura Ambiental, Umidade Ambiental e Pressão

7.1.2 Temperatura Corporal

Este sensor permite-nos monitorizar a temperatura corporal é essencial para avaliar a saúde do idoso, e o uso de sensores específicos para essa finalidade pode fornecer dados valiosos. Para conectar o sensor de temperatura corporal ao ESP32, o esquema de ligação é o seguinte: o fio vermelho deve ser conectado à alimentação de 3.3V do ESP32, o fio preto ao GND do ESP32, e o fio amarelo que transmite os dados ao GPIO 4 do ESP32. É importante ter atenção especial durante a conexão dos fios para garantir a precisão das leituras e o correto funcionamento do sensor.

Além disso, é fundamental a inserção de uma resistência de 4.7kΩ entre a alimentação e o pino de dados. Esta resistência, conhecida como resistência pull-up, é crucial para o correto funcionamento do protocolo One-Wire utilizado por este sensor. A resistência pull-up garante que o barramento de dados se mantenha em um estado de repouso adequado, o que é essencial para uma comunicação bidirecional estável e para minimizar o risco de interferências que possam comprometer a integridade dos dados transmitidos.

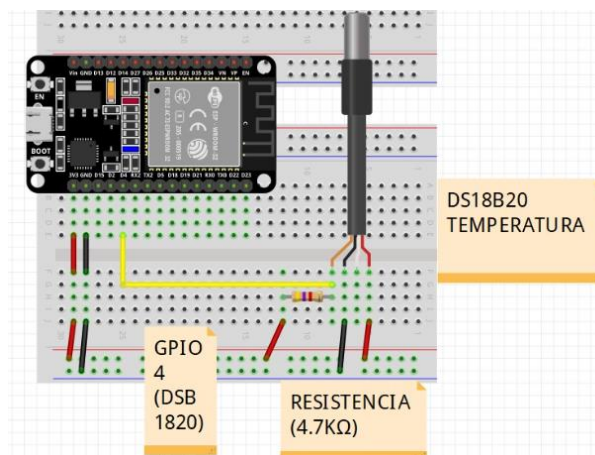


Figura 33 - Circuito Sensor temperatura Corporal

As figuras 33 ilustram o esquema de ligações do sensor de temperatura corporal e a ligação elétrica entre o sensor e o ESP32, respetivamente. Estes diagramas são essenciais para visualizar a configuração correta e assegurar uma implementação sem erros.

Desta forma, o sensor de temperatura corporal, quando corretamente instalado e configurado, fornece dados precisos e confiáveis sobre a temperatura do corpo do idoso, contribuindo significativamente para a monitorização de idosos.

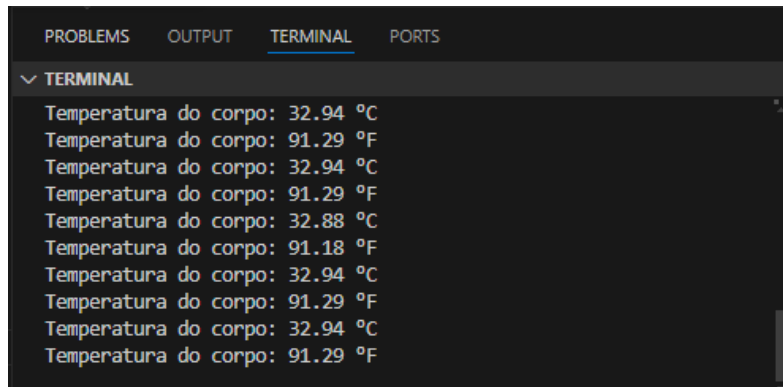


Figura 34- - "output" Temperatura do corpo do Idoso

7.1.4 Frequência Cardíaca

Este sensor foi utilizado para medir a frequência cardíaca do idoso, fornecendo informações vitais sobre o seu estado de saúde. monitor de frequência cardíaca num único dispositivo, permitindo uma monitorização contínua e precisa.

Para a conexão ao ESP32, o fio vermelho foi ligado à alimentação de 3.3V do Esp32, o fio Preto à GND do Esp32, o fio azul (SCL) foi ligado ao GPIO 22, enquanto o fio verde (SDA) foi ligado ao GPIO 21. É importante garantir que as ligações estejam corretas para assegurar o bom funcionamento do sensor.

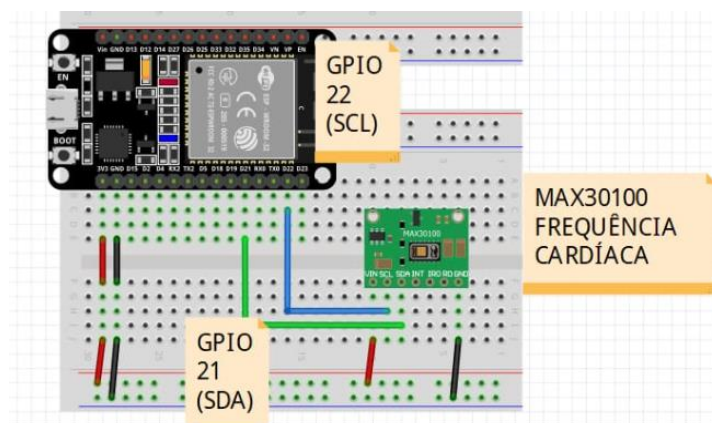
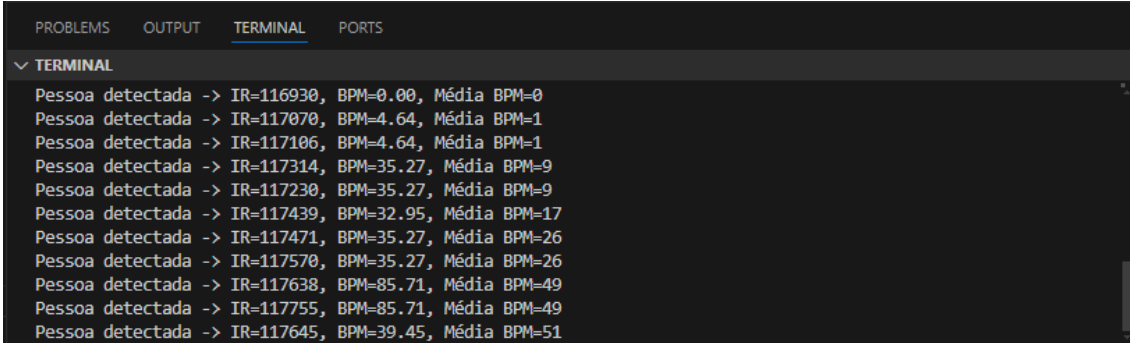


Figura 35- Circuito Sensor Frequência Cardíaca

As figuras 35 apresentam o esquema de ligações do sensor de frequência cardíaca MAX30100 e a ligação elétrica entre o sensor e o ESP32, respetivamente.

Esses diagramas são cruciais para garantir que a configuração está correta e que o sensor está funcionando de maneira adequada.

Desta forma, o sensor Frequência Cardíaca, quando corretamente instalado e configurado, oferece dados precisos e confiáveis sobre a frequência cardíaca do idoso, sendo uma ferramenta essencial para a monitorização de idosos.



```

PROBLEMS  OUTPUT  TERMINAL  PORTS
▼ TERMINAL
Pessoa detectada -> IR=116930, BPM=0.00, Média BPM=0
Pessoa detectada -> IR=117070, BPM=4.64, Média BPM=1
Pessoa detectada -> IR=117106, BPM=4.64, Média BPM=1
Pessoa detectada -> IR=117314, BPM=35.27, Média BPM=9
Pessoa detectada -> IR=117230, BPM=35.27, Média BPM=9
Pessoa detectada -> IR=117439, BPM=32.95, Média BPM=17
Pessoa detectada -> IR=117471, BPM=35.27, Média BPM=26
Pessoa detectada -> IR=117570, BPM=35.27, Média BPM=26
Pessoa detectada -> IR=117638, BPM=85.71, Média BPM=49
Pessoa detectada -> IR=117755, BPM=85.71, Média BPM=49
Pessoa detectada -> IR=117645, BPM=39.45, Média BPM=51

```

Figura 36- "output" Frequência Cardíaca

7.1.4 Movimento Acelerómetro e Giroscópio

Para a deteção de movimentos e rotação, utilizou-se o sensor MPU6050, que integra um acelerómetro e um giroscópio em um único dispositivo, proporcionando dados abrangentes sobre a orientação e os movimentos do idoso.

Para a conexão ao ESP32, o fio vermelho foi ligado à alimentação de 3.3V, o fio Preto ao GND, o fio azul (SCL) foi ligado ao GPIO 22, enquanto o fio verde (SDA) foi ligado ao GPIO 21. É importante garantir que as ligações estejam corretas para assegurar o bom funcionamento do sensor.

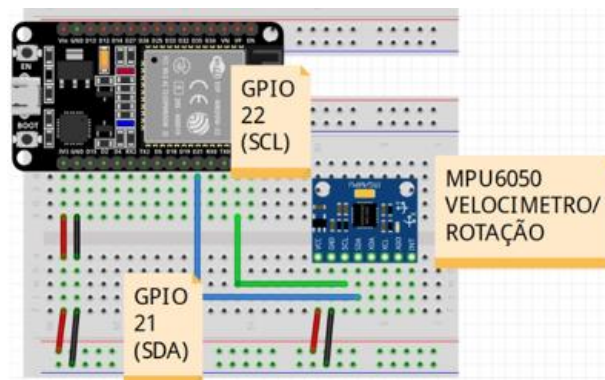


Figura 37- Circuito sensor Acelerómetro e Rotação

As figuras 37 ilustram o esquema de ligações do sensor MPU6050 e a ligação elétrica entre o sensor e o ESP32, respetivamente. Estes diagramas são fundamentais para garantir uma configuração correta e eficiente do sistema.

Assim, o sensor Acelerómetro e Giroscópio, quando devidamente instalado e configurado, fornece dados precisos sobre a aceleração e rotação, permitindo uma

monitorização detalhada dos movimentos e da postura do idoso. Isso contribui significativamente para a deteção de quedas e outras situações potencialmente perigosas.

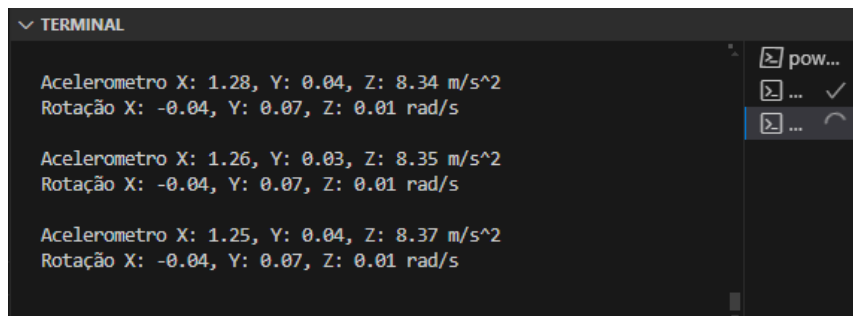


Figura 38 - "output" do Acelerómetro e Rotação do Idoso

7.1.4 Localização do idoso por GPS

Para a deteção de localização, foi utilizado o módulo GPS NEO6MV2 com Antena, que permite medir a latitude, longitude, altitude e velocidade, fornecendo uma localização precisa do idoso e possibilitando a sua visualização no Google Maps.

Para a conexão ao ESP32, o fio vermelho foi ligado à alimentação de 3.3V, o fio Preto à GND, O fio azul (TX) foi ligado ao GPIO 16, enquanto O fio verde (RX) foi ligado ao GPIO 17. É essencial garantir a correta ligação dos fios para assegurar o bom funcionamento do módulo GPS. O NEO-6M-0-0001 utiliza o protocolo de comunicação serial para enviar os dados de localização para o ESP32. A precisão dos dados depende de uma boa receção do sinal GPS, pelo que é recomendado posicionar a antena GPS em um local com boa visibilidade do céu.

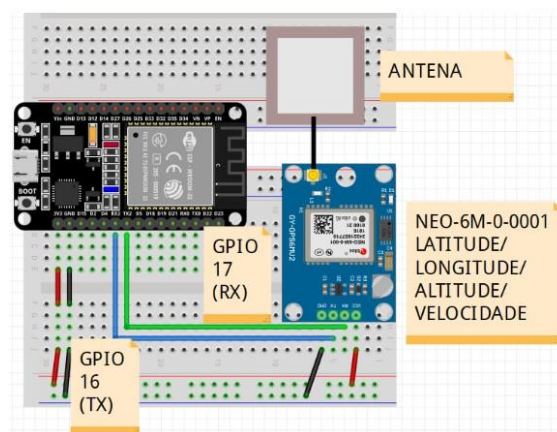
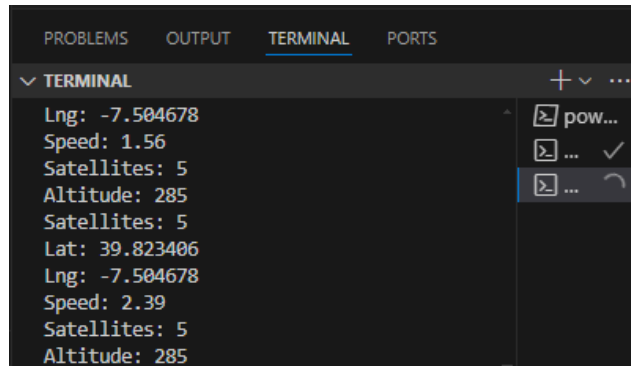


Figura 39 - Circuito sensor Latitude, Longitude e Altitude

As figuras 39 apresentam o esquema de ligações do módulo NEO6MV2 e a ligação elétrica entre o módulo e o ESP32, respetivamente. Estes diagramas são cruciais para garantir que a configuração está correta e que o módulo está a funcionar de maneira adequada.

Desta forma, o módulo GPS NEO6MV2, quando corretamente instalado e configurado, oferece dados precisos e confiáveis sobre a localização do idoso. Estes dados podem ser utilizados para visualizar a posição do idoso no Google Maps, proporcionando uma ferramenta importante para a sua monitorização e segurança.



```
PROBLEMS OUTPUT TERMINAL PORTS
TERMINAL
Lng: -7.504678
Speed: 1.56
Satellites: 5
Altitude: 285
Satellites: 5
Lat: 39.823406
Lng: -7.504678
Speed: 2.39
Satellites: 5
Altitude: 285
```

Figura 40 - "output" Latitude, Longitude e Altitude

7.2 Montagem final (Esquema Elétrico)

Na figura 41 é apresentado o esquema elétrico de todo o sistema implementado.

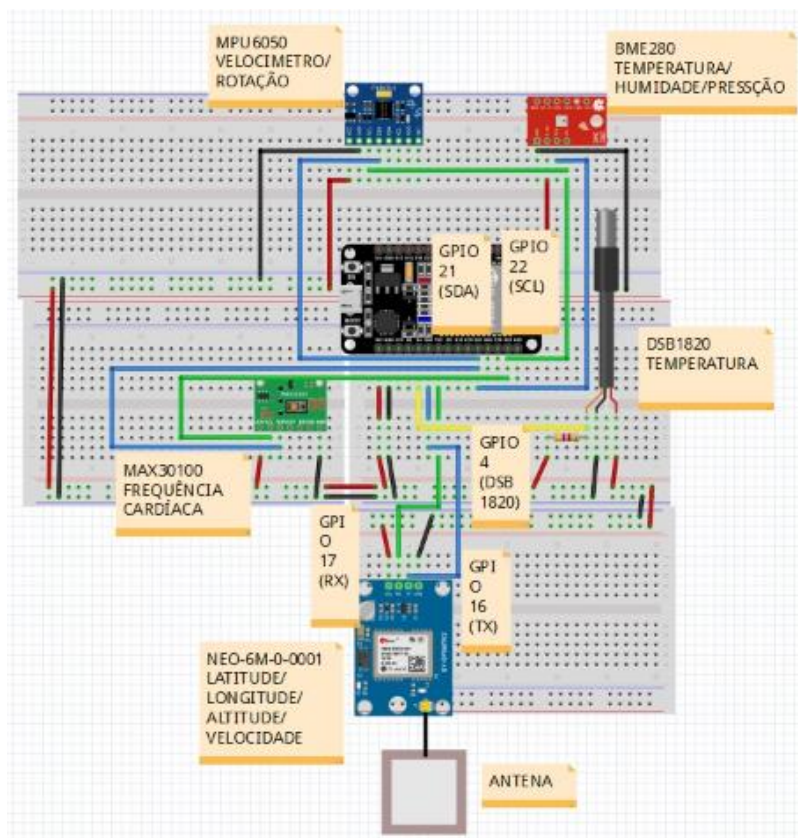


Figura 41 - Esquema Elétrico

7.3 Alimentação do sistema

A alimentação do sistema de monitoramento de idosos, desde a conexão com a fonte de energia até os componentes responsáveis pela conexão e carregamento da bateria de silício. São detalhados os processos de integração com a fonte de alimentação, garantindo o funcionamento contínuo do sistema, e o papel de cada componente no gerenciamento eficiente da energia, assegurando a longevidade e a confiabilidade do dispositivo.

7.4 Bateria 18650 Recarregável Li-Íon

A Bateria 18650 oferece alta densidade de energia, desempenho estável e compatibilidade ampla, sendo essencial para alimentação portátil confiável. Disponível em várias capacidades para atender às suas necessidades específicas de energia.[12]



Figura 42 - Bateria 18650 [F15]

A Bateria 18650 é uma poderosa fonte de energia, conhecida por sua alta densidade de energia e desempenho estável. Disponível em diferentes capacidades, você pode escolher a que melhor atende às suas necessidades de energia. Selecione entre as opções de capacidade disponíveis e garanta alimentação confiável para seus dispositivos eletrônicos.

Esta bateria é conhecida por sua longa vida útil e sua capacidade de manter uma tensão estável durante seu ciclo de carga. Como uma das opções mais confiáveis para alimentação portátil, ela é essencial para muitos consumidores e profissionais que dependem de energia duradoura e confiável.[12]

Especificações bateria 18650

- Tipo: Bateria de Li-Ion (Íon de Lítio)
- Modelo: 18650 (bateria cilíndrica)
- Tensão: 3,7 V
- Capacidade: 2200 mAh ou 2600 mAh (selecione a capacidade desejada no anúncio)
- Dimensões: 65 mm (altura) x 18 mm (diâmetro)

- Peso: 45 g

7.5 TP4056

O TP4056 é um circuito integrado de gerenciamento de carga altamente eficiente projetado para carregar baterias de íon de lítio (Li-Ion) ou polímero de lítio (LiPo) de forma segura e confiável. Esta pequena placa se tornou uma escolha popular entre os makers de eletrônica devido à sua simplicidade para uso, baixo custo e capacidade de propiciar proteção para os projetos

Resumindo, esta placa em seu modelo básico funciona como um carregador de bateria autônomo, capaz de fornecer a corrente de carga necessária para recarregar uma bateria Li-Ion ou LiPo. [10]

Abaixo você pode visualizar os pinos da placa TP4056 (pinout TP4056):

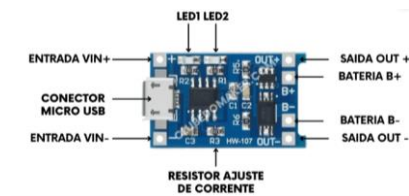


Figura 43 - TP4056 descrição [F14]



Figura 44 - TP4056 [F14]

Entrada VIN+ e entrada VIN-: Nestes pinos conecta-se a fonte de alimentação externa que fornecerá energia para o projeto. A tensão de entrada pode variar de 4,5 V a 5,5 V.

Conector micro USB: Essa entrada possui a mesma função das entradas VIN+ e VIN-, ou seja, função de alimentar o circuito. Ela fornece a facilidade de conectar um cabo micro USB de uma fonte de alimentação externa, ou de um power bank.

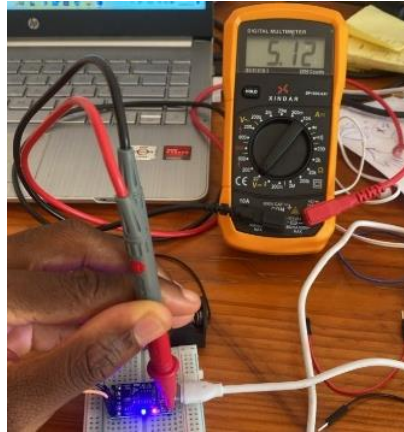


Figura 45 - Tensão de entrada do TP

Saída OUT+ e Saída OUT-: Estes pinos fornecem energia para alimentar seu projeto. A tensão de saída é fixa em 4,2V.

Bateria B+ e bateria B-: nesses pinos conecta-se a bateria Li-Ion ou Li-Po que você deseja carregar. É importante destacar que o TP4056 tem uma função de proteção contra sobre corrente, o que significa que ele monitora a corrente de carga e interrompe o processo se detectar uma corrente excessiva. [10]

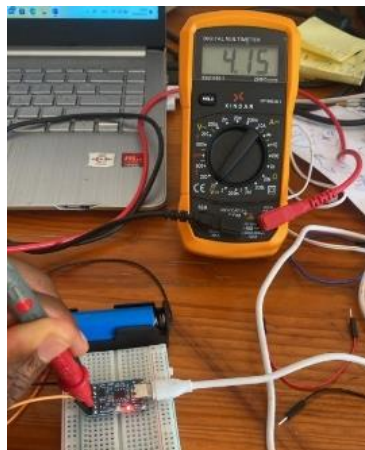


Figura 46 - Tensão de entrada do TP

Este módulo possui o controlador CI TP456. O TP456 é um componente que fornece tensão e corrente de forma contínua para baterias de lítio de célula única, contando com proteção térmica.

Como dito, a tensão é fixa, mas a corrente é programada através de um resistor (R3), podendo chegar até 1000mA. A resistência utilizada para cada nível de corrente é informada abaixo:

Resistência (Ω)	Corrente (mA)
10	130
5	250
4	300
3	400
2	580
1.66	690
1.5	780
1.33	900
1.2	1000

Tabela 2 - Resistência e Corrente TP4056

O módulo TP4056 possui dois LEDs de status, nomeados de LED1 e LED2, conforme informado na figura de pinos do TP4056. Os LEDs funcionam da seguinte maneira:

- LED1 aceso e LED2 apagado: Bateria em carregamento;
- LED1 apagado e LED2 aceso: Carga da bateria completa;
- LED1 piscando e LED2 aceso: Bateria não conectada.

O carregamento ocorre em duas fases, a primeira o carregador fornece uma corrente constante á bateria até ela atingir a tensão de carga nominal máxima, em torno de 4,2V. A outra fase ocorre depois de atingir a tensão máxima, onde o carregador mantém a tensão constante enquanto a corrente diminui gradualmente até que a bateria esteja completamente carregada. [10]

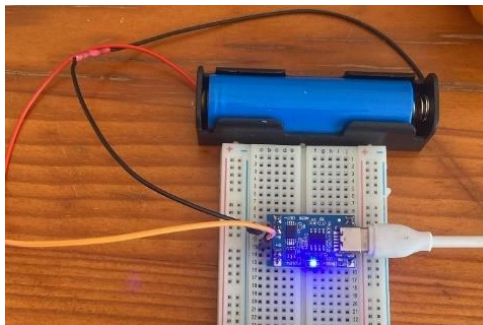


Figura 47- Carregamento da pilha de silício

Como usar o módulo TP4056

Para usar o módulo TP4056 para alimentar seu projeto e carregar a bateria, você precisará dos seguintes componentes:

- Módulo TP4056
- Bateria 18650
- Soquete para bateria 18650
- Fonte 5V

- Conversor step up

Após possuir os componentes necessários, conecte a bateria Li-Ion ou Li-Po aos terminais de bateria do TP4056 Bateria B+ e B-. Depois conecte a fonte de alimentação ao terminal de entrada VIN+ e VIN- ou na porta micro USB. Já o seu projeto ou dispositivo que deseja alimentar, conecte-o nos pinos Saída OUT+ e OUT- . [10]

7.6 TPS63020

O conversor buck-boost TPS63802 utiliza quatro interruptores internos para manter a conversão de energia síncrona em todas as condições de operação possíveis. Isso permite que o dispositivo mantenha alta eficiência em uma ampla gama de tensões de entrada e cargas de saída. Para regular a tensão de saída em todas as condições de tensão de entrada possíveis, o dispositivo faz a transição automática entre os modos buck, buck-boost e boost conforme necessário pelas condições de operação. Assim, opera como um conversor buck quando a tensão de entrada é superior à tensão de saída, e como um conversor boost quando a tensão de entrada é inferior à tensão de saída. [11]



Figura 48 - TPS63020 [F17]

Quando a tensão de entrada está próxima da tensão de saída, o dispositivo opera em modo buck-boost de 3 ciclos. Neste modo, todos os quatro interruptores estão ativos (ver Secção 9.4.1.3). A corrente RMS através dos interruptores e do indutor é mantida no mínimo para minimizar as perdas de comutação e condução. Controlar os interruptores desta forma permite que o conversor mantenha sempre alta eficiência em toda a gama de tensões de entrada. O dispositivo fornece uma transição suave entre todos os modos. [11]

Principais Características:

Ampla Gama de Tensão de Entrada: Opera numa gama de tensão de entrada de 1,3V a 5,5V.

Tensão de Saída Ajustável: A tensão de saída pode ser configurada entre 1,8V e 5,2V.

Alta Eficiência: O dispositivo oferece até 95% de eficiência, o que é crucial para aplicações alimentadas por bateria.

Transição Suave: O TPS63802 pode fazer a transição suavemente entre os modos buck e boost, o que é essencial quando a tensão de entrada cruza a tensão de saída.

Resposta Rápida a Transientes: Esta característica é particularmente útil em sistemas onde a carga muda rapidamente.

Corrente de Quiescência Baixa: Com uma corrente de quiescência tão baixa quanto 11 μA , ajuda a prolongar a vida útil da bateria.

Pacote Compacto: Vem num pacote WSON pequeno, tornando-o adequado para aplicações com restrições de espaço.

7.8 Circuito TP4056, Bateria 18650 Recarregável Li-Íon e TPS63020

No contexto de um sistema de alimentação com o uso dos circuitos TP4056 e TPS63020, o TP4056 é tipicamente utilizado como um módulo de carregamento de baterias de íons de lítio, responsável por controlar o processo de carga com proteção contra sobrecarga e descarga excessiva. A saída do TP4056 é ligada à entrada do TPS63020, que é um conversor buck-boost capaz de fornecer uma tensão de saída estável, independentemente de as tensões de entrada da bateria estarem acima ou abaixo da tensão de saída desejada. A configuração elétrica deste sistema pode ser visualizada nas Figura 48, detalha a interface de alimentação. Estes diagramas são fundamentais para compreender a distribuição de energia no projeto e garantir o correto funcionamento dos componentes envolvidos.

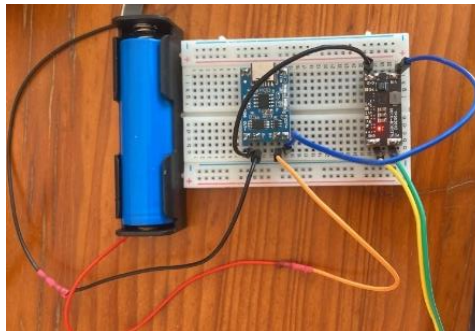


Figura 49 - circuito elétrico de alimentação interface

Fonte de alimentação (Silício de 3,74V): Esta fonte de silício fornece 3,74V, que é conectada à fonte de bateria B+ e B- do TP4056 e conectada a entrada TPS63020.[11]

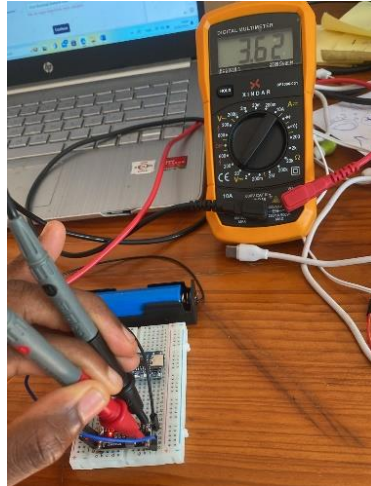


Figura 50 - Tensão da entrada TPS63020

TP4056: Este circuito é um carregador de baterias de lítio, esta a ser usado para fornecer energia a partir da fonte de 3,62V. A tensão de saída do TP4056 é 3,62V.

TPS63802: Conectado à saída do TP4056, ele eleva a tensão de 3,74V para 5V.

ESP32: O ESP32 é alimentado pelos 5V gerados pelo TPS63802.

7.8.1 Funcionamento circuito TP4056, Bateria 18650 Recarregável Li-Íon e TPS63020

O TP4056 recebe a tensão de 3,74V da sua fonte de silício e a mesma tensão é aplicada à entrada do TPS63802.

O TPS63802 converte essa tensão de 3,74V para uma saída de 5V, que é então utilizada para alimentar o ESP32.

O ESP32 normalmente requer uma tensão de 5V para operar corretamente, especialmente se estiver sendo alimentado pela entrada de 5V.

Considerações:

Eficiência: O TPS63802, sendo um conversor *buck-boost* eficiente, é ideal para este tipo de aplicação, onde a tensão de entrada pode variar (especialmente se a bateria estiver a descarregar), mas a saída de 5V deve ser mantida estável.

Corrente de Saída: Indica que o TPS63802 pode fornecer corrente suficiente para o ESP32, considerando as necessidades de potência do ESP32 e de quaisquer periféricos que possam estar conectados.

Calor: O conversor pode dissipar calor dependendo da corrente que está a ser usada, então uma boa gestão térmica pode ser necessária se o dispositivo estiver a operar sob carga elevada.

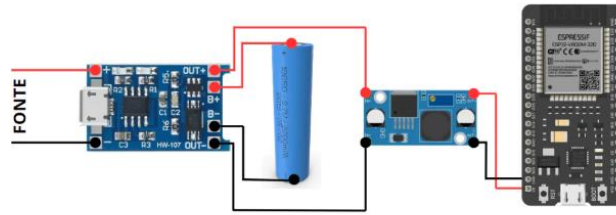


Figura 51 - circuito de alimentação com ESP32[F15]

O ESP32, um dos microcontroladores mais populares para aplicações IoT, possui uma entrada VIN que permite a ligação a fontes de alimentação externas que operam numa faixa de tensão entre 5V e 12V, garantindo a sua correta alimentação e funcionamento. Contudo, quando se utiliza um carregador de bateria como o TP4056, que fornece uma saída de 3,74V a partir de uma fonte de alimentação de silício, é necessário implementar um conversor de tensão step-up para elevar essa tensão para os 5V requeridos pela entrada VIN do ESP32. Neste contexto, o conversor buck-boost TPS63802 surge como uma solução ideal. Este dispositivo é capaz de converter a tensão de entrada de 3,74V para uma saída estável de 5V, garantindo assim a compatibilidade com os requisitos do ESP32. Além disso, a sua capacidade de operar tanto em modo buck como boost permite que ele lide eficientemente com variações na tensão de entrada, assegurando uma saída constante mesmo quando a tensão da bateria cai durante o uso. Este fator é particularmente importante em aplicações onde a estabilidade da tensão de alimentação é crítica para o desempenho do ESP32 e dos periféricos a ele conectados. Portanto, ao integrar o TPS63802 nesta configuração, garante-se que o ESP32 seja alimentado de forma eficiente e fiável, maximizando tanto a vida útil do dispositivo quanto a autonomia da bateria, sem comprometer o desempenho.[11]

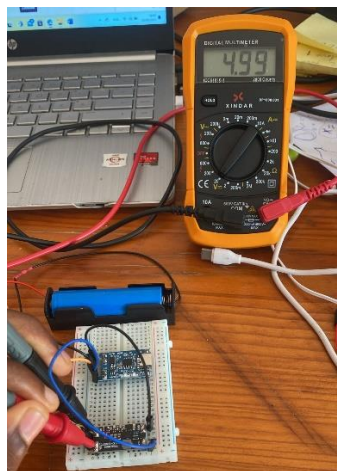


Figura 52 - Tensão na saída do TPS63802

7.9 Modo Deep Sleep

O modo Deep Sleep no ESP32 é uma técnica altamente eficaz para economizar bateria, pois reduz drasticamente o consumo de energia. Neste modo, a maioria dos

componentes do ESP32 é desligada, mantendo apenas o RTC (Real-Time Clock) e alguns periféricos essenciais em funcionamento, permitindo que o dispositivo "acorde" com base em um temporizador ou em um evento externo. Esta funcionalidade é ideal para projetos que exigem baixo consumo energético, como dispositivos IoT, prolongando significativamente a vida útil da bateria. [24]

Para colocar o ESP32 em modo de hibernação profunda, é necessário configurar corretamente o código para entrar neste estado de baixa energia e determinar as fontes de ativação. Entre essas fontes, o temporizador é frequentemente utilizado para fazer com que o ESP32 saia do modo Deep Sleep e retorne ao funcionamento normal, maximizando assim a economia de energia e a eficiência da bateria.[24]

A tabela a seguir lista quais periféricos e unidades estão ativos ou inativos durante diferente modo Deep Sleep. As unidades máximas permanecem em um estado inativo no modo de hibernação e hibernação para economizar o consumo de energia. [24]

Power Mode	Deep-Sleep
Sleep Pattern	ULP sensor – monitored pattern
CPU	OFF
WI-FI/BT Baseband and Radio	OFF
RTC Memory and RTC Peripherals	ON
ULP Co-Processor	ON/OFF

Tabela 3 - Power Mode

Para compreender a utilidade dos modos *Deep Sleep* em diferentes aplicações, consulte o consumo de energia em operação listado na tabela abaixo.

Power mode	descrição	Consumo de Energia
Deep -Sleep	The ULP co-processor is powered on	1.50 μ A
	ULP sensor-monitored Pattern	100 μ A@1% duty
	RTC timer + RTC memory	10 μ A

Tabela 4 - power mode Deep Sleep

Para reduzir o consumo de energia e economizar bateria, o modo de hibernação profunda é implementado no ESP32. Geralmente, o módulo consome muita energia e pode consumir 75mA em modo de consumo normal ou inativo.



Figura 53 - Estado da Bateria [F16]

No entanto, se o WiFi também estiver a ser utilizado, o consumo de corrente pode atingir 240 mA. Por esta razão, ao alimentar placas ESP32 com baterias, não é muito prático manter o ESP32 no modo ativo quando apenas pretendemos realizar alguns eventos após um determinado intervalo de tempo.

Podemos colocar o módulo em um modo de hibernação profunda para reduzir o consumo de energia. Quando ativamos com sucesso o sono profundo no ESP32, o consumo de corrente estaria na faixa de microamperes (μA) e as baterias também durarão mais.

A tabela abaixo mostra as unidades ativas individuais no ESP32 quando ele é colocado em sono profundo.

Periféricos e Unidades	Unidades Ativas
Coprocessador ULP	LIGADO/DESLIGADO
RTC & Periféricos RTC	EM
Núcleo ESP32 & Memória	DESLIGADO
Wi-Fi	DESLIGADO
Bluetooth	DESLIGADO
Periféricos	DESLIGADO
Rádio	DESLIGADO

Tabela 5 - Periféricos e Unidades

Conforme mostrado na tabela acima, durante o modo de hibernação profunda, apenas o controlador RTC (relógio em tempo real), os periféricos RTC e as memórias RTC estão no modo ativo. Todos os periféricos digitais, a maior parte da RAM e a CPU estão desligados.

Isto ocorre porque apenas o módulo RTC permanece ativo, resultando na perda de dados que não foram previamente armazenados na memória de recuperação do RTC. Neste estado, o consumo de corrente é reduzido para valores entre 0,15 mA e 10 μA , caso o coprocessador ULP esteja ativado.[24]

Fontes de ativação do ESP32

Depois de ativar o modo de hibernação profunda do ESP32, existem várias maneiras pelas quais a placa Esp32 pode ser ativada, como:

1. Despertar do temporizador
2. Toque no pino para acordar
3. Despertar externo

No projeto de monitorização de idosos, utilizou-se a funcionalidade de ativação por temporizador do ESP32 para otimizar o consumo de energia. Esta abordagem permite que o ESP32 entre no modo de hibernação profunda, economizando bateria, e seja reativado após um período predefinido, graças ao temporizador interno.

7.9.1 Temporizador ESP32 Acorde do sono profundo

O Esp32 é um microcontrolador extremamente versátil, especialmente adequado para aplicações que demandam eficiência energética, como dispositivos de monitoramento remoto e sistemas de longa duração. Uma das características mais poderosas do Esp32 é sua capacidade de entrar em um estado de sono profundo, ou hibernação, onde o consumo de energia é drasticamente reduzido, permitindo que o dispositivo opere por períodos muito longos com recursos de bateria limitados. Durante o sono profundo, a maioria dos subsistemas do ESP32 é desligada, mantendo apenas o mínimo necessário para preservar o estado e responder a eventos predefinidos. Um desses eventos é o acionamento do temporizador interno, que pode ser programado para despertar o microcontrolador após um intervalo de tempo específico. Essa funcionalidade elimina a necessidade de dispositivos externos para gerenciar o ciclo de sono e despertar, tornando o ESP32 ideal para aplicações como a monitorização de idosos, onde o dispositivo precisa operar de forma autônoma e eficiente por longos períodos. Com essa capacidade, o ESP32 não só preserva a energia, mas também garante que ele esteja pronto para executar tarefas críticas no momento certo, sem comprometer a autonomia do sistema.[24]



Figura 54 - Esp32 Timer Deep Sleep [F16]

Implementação

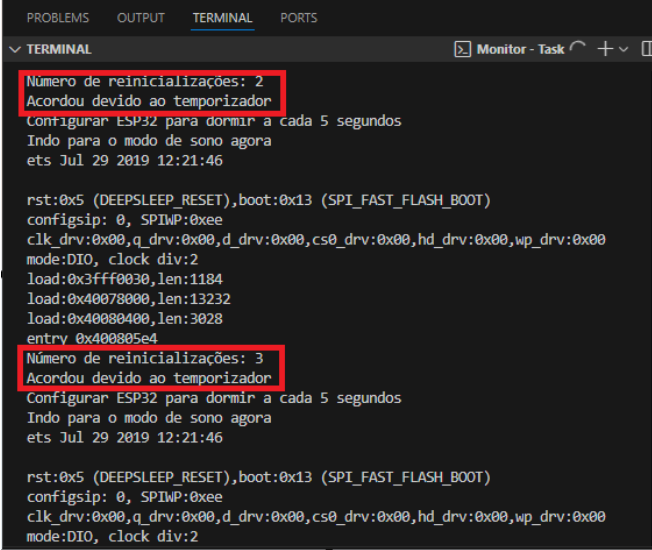
Configuração do Modo de Hibernação Profunda: A primeira etapa envolve configurar o ESP32 para entrar no modo de sono profundo. Nesse estado, quase todos os componentes do dispositivo são desligados, exceto aqueles essenciais para retomar a operação normal. Essa configuração permite que o ESP32 economize energia significativamente, prolongando a vida útil da bateria.[24]

Programação do Temporizador: Em seguida, o temporizador interno do ESP32 é programado para um intervalo de 5 segundos. Após esse período, o dispositivo será automaticamente reativado. Esse intervalo de tempo pode ser ajustado de acordo com a frequência necessária para a monitorização de idosos, garantindo que as verificações sejam realizadas em intervalos regulares sem comprometer a eficiência energética.[24]

Reativação Automática: Quando o temporizador atinge o valor predefinido, o ESP32 é automaticamente despertado do modo de hibernação profunda. Após a

reativação, o dispositivo retorna ao seu estado operacional e retoma a execução do programa exatamente de onde parou, ou reinicia conforme a lógica programada. Nesse processo, o ESP32 pode retomar leituras de sensores e continuar as tarefas de monitoramento, garantindo a continuidade e a confiabilidade das operações.[24]

A cada 5 segundos, o ESP32 é ativado, imprime uma mensagem no monitor serial, e em seguida, retorna ao modo de hibernação profunda. Cada vez que o ESP32 desperta, a variável que conta as inicializações é incrementada. Além disso, o ESP32 também exibe o motivo do seu despertar no monitor serial, conforme ilustrado na figura abaixo.



```
PROBLEMS OUTPUT TERMINAL PORTS
TERMINAL Monitor - Task
Número de reinicializações: 2
Acordou devido ao temporizador
Configurar ESP32 para dormir a cada 5 segundos
Indo para o modo de sono agora
ets Jul 29 2019 12:21:46

rst:0x5 (DEEPSLEEP_RESET),boot:0x13 (SPI_FAST_FLASH_BOOT)
configsip: 0, SPIWP:0xee
clk_drv:0x00,q_drv:0x00,d_drv:0x00,cs0_drv:0x00,hd_drv:0x00,wp_drv:0x00
mode:DIO, clock div:2
load:0x3fff0030,len:1184
load:0x40078000,len:13232
load:0x40080400,len:3028
entry 0x400805e4
Número de reinicializações: 3
Acordou devido ao temporizador
Configurar ESP32 para dormir a cada 5 segundos
Indo para o modo de sono agora
ets Jul 29 2019 12:21:46

rst:0x5 (DEEPSLEEP_RESET),boot:0x13 (SPI_FAST_FLASH_BOOT)
configsip: 0, SPIWP:0xee
clk_drv:0x00,q_drv:0x00,d_drv:0x00,cs0_drv:0x00,hd_drv:0x00,wp_drv:0x00
mode:DIO, clock div:2
```

Figura 55 - “output” Deep Sleep

7.10 Publicando Leituras de Sensores com ESP32 via MQTT no MQTTX e Node-Red usando Visual Studio Code

Este projeto detalha a configuração de um sistema inovador que utiliza a poderosa placa de desenvolvimento ESP32 para publicar leituras de sensores num broker MQTT, permitindo que os dados sejam monitorizados e exibidos no MQTTX e no Node-Red Dashboard. O objetivo é criar um sistema eficiente e fiável para a monitorização de idosos, fornecendo informações em tempo real a cuidadores e familiares. Todo o desenvolvimento será realizado no Visual Studio Code, uma plataforma robusta e versátil que facilita a escrita e a depuração de código, e a comunicação será feita via MQTT, um protocolo de mensagens leve, ideal para dispositivos IoT.

A placa ESP32, reconhecida pela sua capacidade de processamento e conectividade Wi-Fi, será ligada a uma variedade de sensores especializados para a monitorização dos idosos. Estes sensores, quando conectados ao ESP32, criarão um

sistema robusto e integrado para uma monitorização contínua e em tempo real. A placa ESP32, com a sua capacidade de processamento eficiente e conectividade Wi-Fi, permitirá a transmissão dos dados recolhidos para plataformas de monitorização remota, onde cuidadores e profissionais de saúde poderão aceder e analisar essas informações. A figura 56 ilustra a interface dos sensores conectados ao ESP32, demonstrando como estes dispositivos interagem para recolher e transmitir dados cruciais.

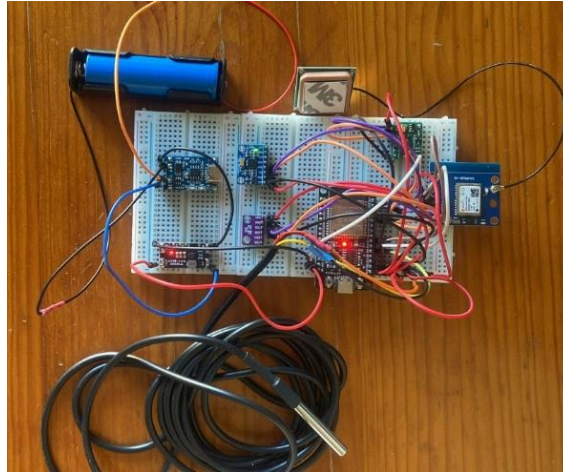


Figura 56 - Interface dos sensores com ESP32

Os dados coletados pelos sensores serão transmitidos ao broker MQTT, que, neste projeto, será o EMQX, instalado em um sistema operacional Windows. O EMQX é uma plataforma de mensagens altamente escalável e eficiente, projetada para lidar com um grande volume de dispositivos e mensagens. Sua escolha garante que o sistema terá a capacidade de gerenciar a comunicação de dados de forma eficiente e segura, permitindo o envio e recebimento de dados em tempo real.

Para visualizar e monitorizar os dados coletados, utilizaremos o cliente MQTTX do EMQX, que exibirá as informações no formato de chat. Além disso, empregaremos o Node-Red (Dashboard), uma ferramenta visual que simplifica a criação de interfaces de usuário personalizadas. Com o Node-Red, será possível configurar gráficos, alertas e relatórios detalhados, proporcionando uma visão clara e imediata das condições de saúde dos idosos.

Essa interface permitirá que cuidadores e familiares acompanhem, de maneira intuitiva e proativa, o bem-estar dos idosos.

A figura 57 ilustra a disposição dos sensores no sistema, destacando como cada um deles contribui para o funcionamento integrado. A imagem também apresenta os tópicos nos quais cada sensor publica os dados e os respectivos clientes que subscrevem esses tópicos, evidenciando o fluxo de informações e a comunicação eficiente entre os dispositivos.

robusta, permitindo a interconexão de dispositivos no ambiente de implementação do projeto.

O nome da rede foi definido como "Cunhituca" e a senha de acesso é "Apolo2002", assegurando que apenas usuários autorizados possam conectar-se à rede. Com essa configuração, garantimos uma melhoria significativa na qualidade do sinal, proporcionando conectividade confiável e de alta velocidade em toda a área de atuação do projeto.

Essa solução facilitou o acesso ao servidor MQTT, que é responsável pela comunicação entre dispositivos, sendo fundamental para a integração de sistemas como MQTTX e Node-Red. A boa conectividade permite que os dados sejam publicados e distribuídos de forma eficiente para os clientes conectados, garantindo o funcionamento adequado do projeto, a troca de informações em tempo real e a automação dos processos.

Além disso, o uso do router portátil proporciona flexibilidade, permitindo que o sistema seja facilmente adaptado ou movido para outros locais, se necessário, mantendo sempre uma rede de comunicação eficiente e segura.



Figura 58 - Router Vodafone

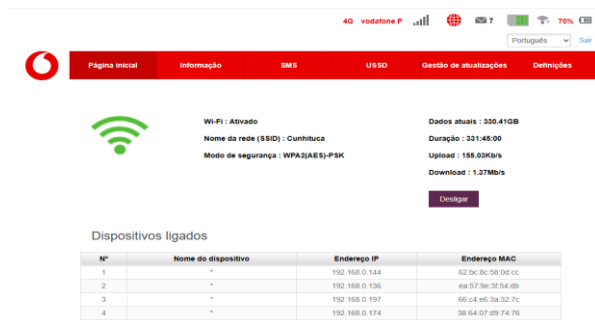


Figura 59 - Aplicação do Router

7.11 Fluxograma

A Figura 60 apresenta o fluxograma que descreve em detalhe o funcionamento do programa implementado no ESP32, proporcionando uma visão clara das etapas e processos envolvidos na execução do sistema.

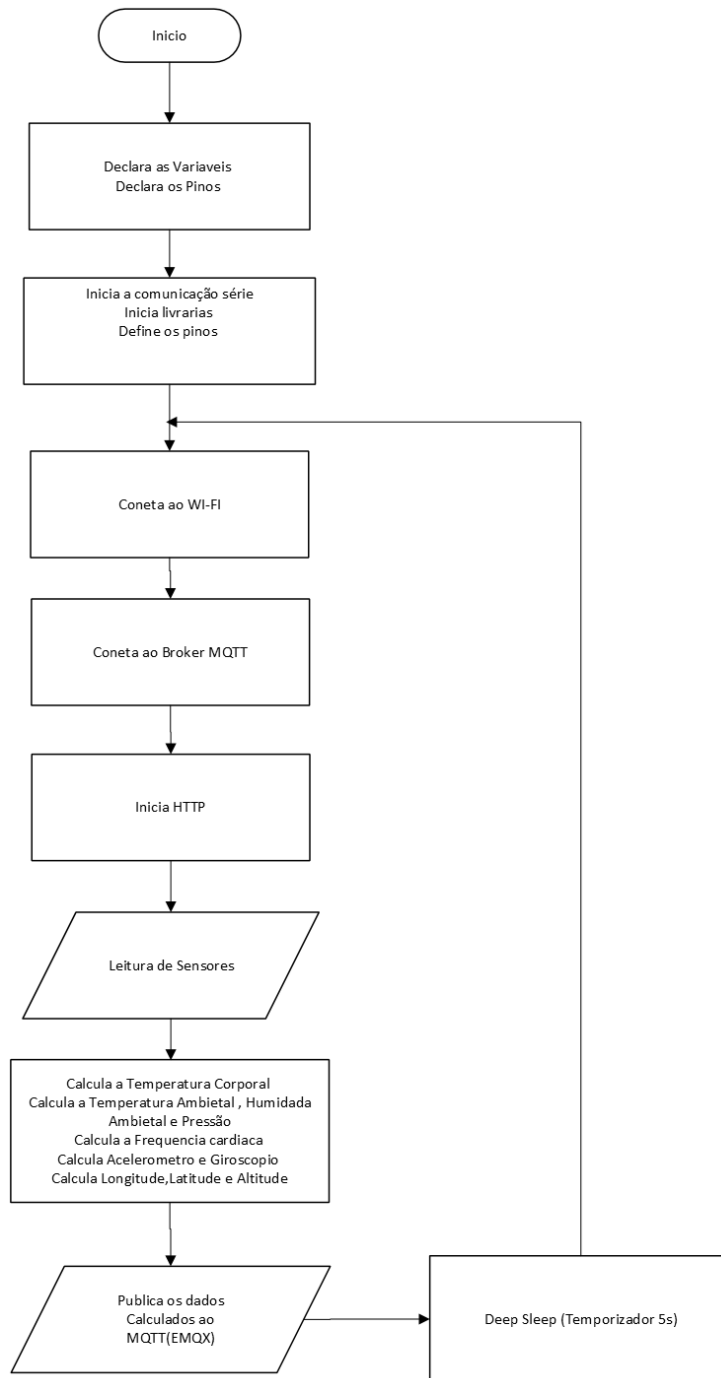


Figura 60 - Fluxograma

O fluxograma representa o funcionamento de um sistema, provavelmente com um microcontrolador ESP32, que utiliza diversos sensores e comunica dados através de protocolos como MQTT e HTTP. Aqui está uma explicação detalhada das etapas:

1. **Início:** Marca o início do processo.
2. **Declaração de Variáveis e Definição de Pinos:** O sistema começa por declarar as variáveis necessárias e configurar os pinos que serão utilizados para conectar os sensores e dispositivos de comunicação.

3. **Inicia a Comunicação Série e Bibliotecas:** Inicia a comunicação através da interface serial para enviar e receber dados, bem como carregar as bibliotecas necessárias para operar os sensores e o Wi-Fi.
4. **Conecta ao Wi-Fi:** O dispositivo tenta conectar-se à rede Wi-Fi para permitir a comunicação com serviços externos.
5. **Conecta ao Broker MQTT:** Após a conexão com o Wi-Fi, o sistema estabelece ligação com um broker MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), que será responsável pelo envio e receção de dados através do protocolo MQTT. O broker pode ser um servidor MQTT como o EMQX mencionado posteriormente.
6. **Inicia HTTP:** Inicializa uma comunicação HTTP, talvez para enviar ou receber dados de servidores remotos ou APIs.
7. **Leitura de Sensores:** O sistema faz a leitura dos dados de todos os sensores conectados.
8. **Cálculos dos Parâmetros:** A seguir, são realizados os cálculos com os dados dos sensores:
 - **Temperatura Corporal:** Mede a temperatura do corpo humano.
 - **Temperatura, Humidade e Pressão Ambientais:** Mede as condições ambientais ao redor.
 - **Frequência Cardíaca:** Calcula a taxa de batimentos cardíacos.
 - **Acelerômetro e Giroscópio:** Mede a aceleração e a orientação do dispositivo.
 - **Longitude, Latitude e Altitude:** Determina a localização geográfica usando GPS ou outro sensor de posicionamento.
9. **Publicação dos Dados via MQTT:** Todos os dados calculados são publicados no broker MQTT, permitindo que outros dispositivos ou servidores possam recebê-los e processá-los.
10. **Deep Sleep (Temporizador de 5s):** O sistema entra em modo "*Deep Sleep*", uma função de economia de energia, por 5 segundos. Neste modo, o dispositivo desliga a maior parte de suas funções, mantendo apenas o módulo RTC ativo. Após esse período, o sistema volta ao início do processo.

7.12 Lista de Material

Neste subcapítulo, fornecemos uma visão detalhada dos materiais utilizados na construção e manutenção do projeto. A Tabela 1, apresentada a seguir, descreve os itens essenciais adquiridos para a implementação do sistema de monitorização de idosos. A tabela inclui:

Quantidades Necessárias: Cada item é listado com a quantidade exata adquirida, permitindo uma compreensão precisa dos recursos utilizados.

Componentes Específicos: Identificamos os componentes técnicos e de suporte que foram fundamentais para o desenvolvimento do sistema. Esta especificação técnica é crucial para garantir que o sistema funcione conforme o esperado e para futuras manutenções ou atualizações.

Preços Correspondentes: Incluímos os preços de cada material, proporcionando transparência sobre os custos associados ao projeto. Isso também permite a avaliação do custo-benefício e a identificação de oportunidades para otimização financeira.

Distribuidores: A lista de distribuidores fornece informações sobre as fontes dos materiais, facilitando futuras aquisições e garantindo a rastreabilidade dos fornecedores. Isto também pode ser útil para comparar fornecedores e negociar melhores condições em projetos futuros.

Esses detalhes são essenciais para uma visão clara e compreensiva do investimento realizado, permitindo a análise da eficiência dos recursos empregados e a fundamentação de decisões para a gestão e escalabilidade do projeto. A precisão na documentação dos materiais também facilita a replicação do projeto e a implementação de melhorias contínuas, contribuindo para a eficácia e sustentabilidade do sistema de monitorização de idosos.

Quantidade	Componente	Preço (€)	Distribuidor
1	Esp32	5.28	All my store
1	Sensor DS18B20	2.21	aelectronics8
1	Sensor BME280	1.41	Far East Electronics
1	Sensor MAX30100	1.83	SZHJW Technology Store
1	Sensor MPU6050	3.72	Dondeleo
1	Sensor NEO6MV2	3.58	ShenzhenYida Store
1	Sensor TP4056	0.28	HongYuanXin electronic Store
1	Sensor TPS63020	0.96	EC-Buying Ali Store
1	Breadboard	1.71	Shop1103677917 Store
1	Colete Polar	Oferta	
1	Bateria 18650 Recarregável Li-Íon	1.63	TEZE Official Store
Total		22.34	

Tabela 6 - Tabela de preços

8. Análises de Resultados

Este capítulo apresenta a implementação do sistema em um colete polar desenvolvido para a monitorização de idosos, além dos principais resultados e a análise dos dados recolhidos ao longo do projeto. A avaliação baseia-se na

observação visual dos parâmetros monitorizados, com dados coletados por diversos sensores integrados ao colete.

Os dados obtidos pelos sensores foram publicados através dos clientes MQTT e Node-RED, permitindo uma visualização completa e detalhada. Como não havia um idoso disponível para os testes, optei por utilizar o colete pessoalmente. Durante uma semana, realizei o monitoramento, utilizando o sistema em minha rotina diária, partindo de minha residência na Avenida Rotary, em Castelo Branco. Isso permitiu uma análise prática do desempenho do sistema ao longo do tempo.

Adicionalmente, utilizei o Google Maps para receber os dados enviados pelo sensor de localização integrado ao colete. Isso possibilitou o acompanhamento preciso da minha localização em tempo real, demonstrando com sucesso a eficiência do sistema de geolocalização implementado.

Essa experiência prática foi fundamental para validar o correto funcionamento do colete, garantindo a coleta e análise eficazes dos dados gerados.

8.1 Implementação do sistema de monitorização de idosos em um colete

Ao desenvolver um sistema inovador de monitorização para idosos, que será implementado diretamente num colete especialmente projetado. A escolha do colete como base para o sistema não foi por acaso. Este oferece uma solução prática e eficiente para o monitoramento constante da saúde dos idosos, enquanto garante conforto e facilidade de uso.

O colete é leve, ajustável e feito com materiais que proporcionam conforto ao longo do dia, permitindo que o idoso o vista como uma peça de roupa comum. Além disso, foi desenhado para ser discreto, de forma que o idoso não se sinta incomodado ou constrangido ao utilizá-lo.

A interface do sistema é intuitiva, com indicadores claros e simples, projetados para que o idoso, independentemente do seu nível de familiaridade com a tecnologia, possa usá-lo sem dificuldades. Funções essenciais, como a medição de sinais vitais e a deteção de quedas, são realizadas de forma automática, reduzindo ao mínimo a necessidade de intervenção do utilizador.

Conforme ilustrado na figura abaixo, o colete integra sensores estratégicos que recolhem dados em tempo real, enviando informações para uma central de monitorização que pode ser acedida por profissionais de saúde ou familiares. Desta forma, o idoso pode manter a sua autonomia e segurança, sabendo que está a ser monitorizado continuamente.

Este sistema representa um avanço significativo na assistência à saúde dos idosos, promovendo tanto a segurança como a qualidade de vida. A nossa missão é oferecer uma solução que não só monitorize, mas que também respeite a dignidade e o conforto dos idosos, tornando o processo de cuidado mais humano e acessível.



Figura 61 - Colete modelo

8.1.2 Localização dos sensores no colete

Os sensores foram estrategicamente posicionados no colete para garantir a máxima precisão na coleta de dados biométricos e de movimento do corpo do idoso. A localização dos sensores foi cuidadosamente planejada para capturar de forma eficaz os sinais vitais e a atividade física, permitindo uma monitorização mais confiável e acurada do estado de saúde e bem-estar do idoso.

O sensor **MAX30100** foi cuidadosamente posicionado de forma a garantir contacto direto com a região do peito, permitindo a medição precisa da frequência cardíaca do idoso. O sensor **NEO6MV2** está integrado na parte interna do sistema, com a antena orientada para assegurar a melhor receção dos sinais de localização, proporcionando monitorização em tempo real da posição do idoso. O sensor **MPU6050** foi igualmente colocado internamente, numa posição fixa que otimiza a precisão dos dados do acelerómetro e do giroscópio, essenciais para detetar movimentos corporais e identificar quedas. A Figura 55 mostra a localização detalhada destes sensores no colete.



Figura 62 - Localização dos sensores MX30100, NEO-6M-0-0001 no Colete

O sensor **BME280** foi colocado na parte exterior do colete para garantir contato direto com o ambiente externo, permitindo a leitura precisa de dados como temperatura, humidade e pressão atmosférica. Esta posição foi escolhida para assegurar a obtenção de informações ambientais exatas, refletindo com precisão as condições do espaço em que o idoso monitorizado se encontra. A Figura 56 ilustra a localização do sensor na parte exterior do colete.



Figura 63 - Localização do sensor BME280

O sensor **DS18B20** foi estrategicamente localizado na parte inferior do colete para assegurar um contacto direto e constante com o corpo do idoso, permitindo uma monitorização precisa e contínua da temperatura corporal. A escolha desta posição foi cuidadosamente considerada para garantir que o sensor obtenha leituras fiáveis e exatas da temperatura, refletindo o estado de saúde do idoso em tempo real. Esta informação é crucial para o sistema de monitorização, pois fornece dados vitais que podem indicar mudanças no estado de saúde do utilizador. A Figura 57 apresenta em detalhe a localização e o posicionamento deste sensor no sistema.



Figura 64 Localização do sensor DS18B20

8.2 ESP32 MQTT publica Leituras dos sensores no MQTTX

O protocolo MQTT é utilizado para publicar dados dos sensores em um cliente MQTTX, que exibe essas informações de forma clara e intuitiva. A interface do *chat* do MQTTX detalha cada dado recebido do EMQX, facilitando a compreensão e análise dos dados transmitidos. Abaixo, você pode ver como essas informações são apresentadas.

A Figura 65 ilustra como os dados são exibidos no cliente MQTTX, que faz parte de um sistema de monitoramento de idosos. Este sistema é estruturado em torno de três tópicos principais: aceleração, rotação e temperatura corporal.

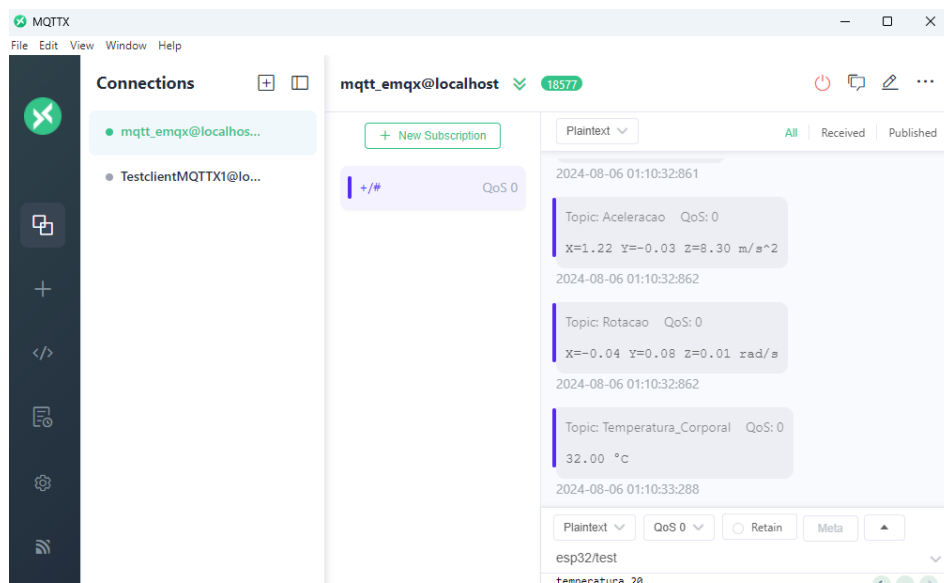


Figura 65 - MQTTX dados apresentados 1

Afigura 66, o cliente MQTTX está a exibir dados relacionados com três tópicos principais: temperatura, pressão e humidade. Cada um desses tópicos contém valores numéricos que representam as leituras dos sensores em tempo real:

Esses valores são críticos para o sistema de monitorização de idosos, pois permitem o acompanhamento constante das condições ambientais em que os idosos se encontram. A monitorização da temperatura pode ajudar a detetar condições de calor extremo que podem afetar a saúde dos idosos. A pressão atmosférica é relevante para avaliar mudanças climáticas que possam ter impacto no bem-estar, e a humidade pode influenciar o conforto e a saúde respiratória. A visualização em tempo real desses dados no MQTTX permite que cuidadores ou sistemas automatizados respondam rapidamente a qualquer situação anómala.

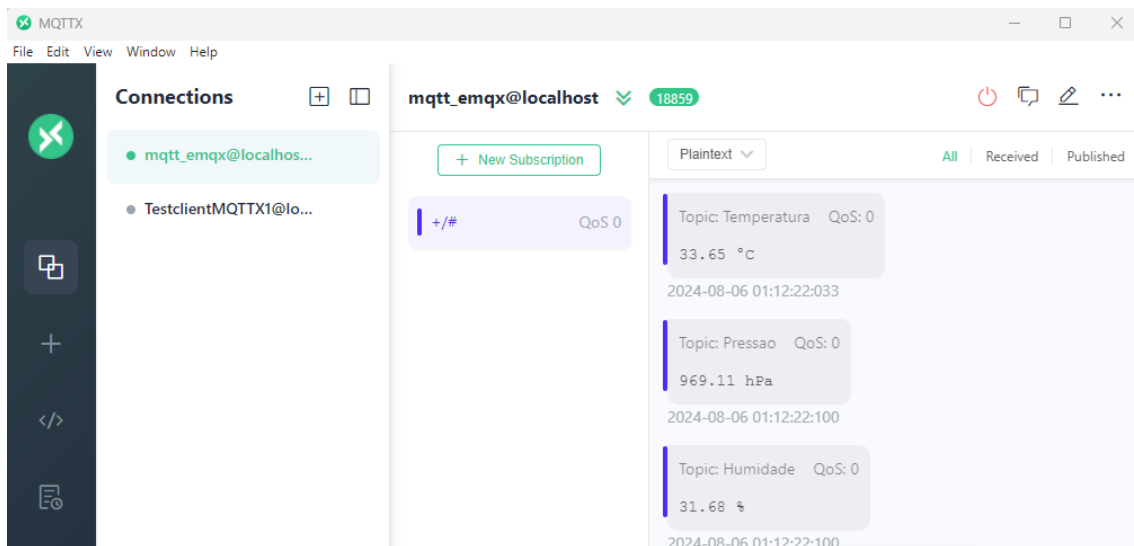


Figura 66 - MQTTX dados apresentados 2

A figura 67, o cliente MQTTX exhibe dados referentes ao tópicos BPM, que indica a frequência cardíaca em batimentos por minuto. O valor apresentado é 25,62 BPM. Este dado é extremamente importante para a monitorização de idosos, pois permite o acompanhamento da frequência cardíaca, um indicador essencial da saúde cardiovascular. Um valor tão baixo pode sinalizar uma condição anormal ou um problema com a medição, exigindo uma investigação imediata para assegurar a segurança e o bem-estar do idoso.

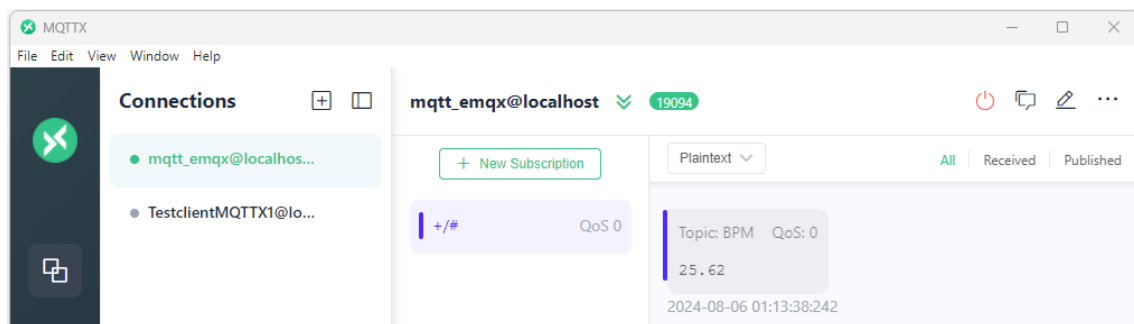


Figura 67- MQTTX dados apresentados 3

Na Figura 68, o cliente MQTTX está exibindo dados relacionados à localização e ao movimento, organizados em quatro tópicos distintos. Esses tópicos incluem a Latitude, que fornece a coordenada geográfica norte-sul, a Longitude, responsável por indicar a coordenada geográfica leste-oeste, a Altitude, que representa a elevação em relação ao nível do mar, e a Velocidade, que informa a rapidez com que o objeto monitorado está se deslocando. Cada um desses parâmetros é essencial

para determinar com precisão a posição e o movimento de um dispositivo ou objeto em tempo real.

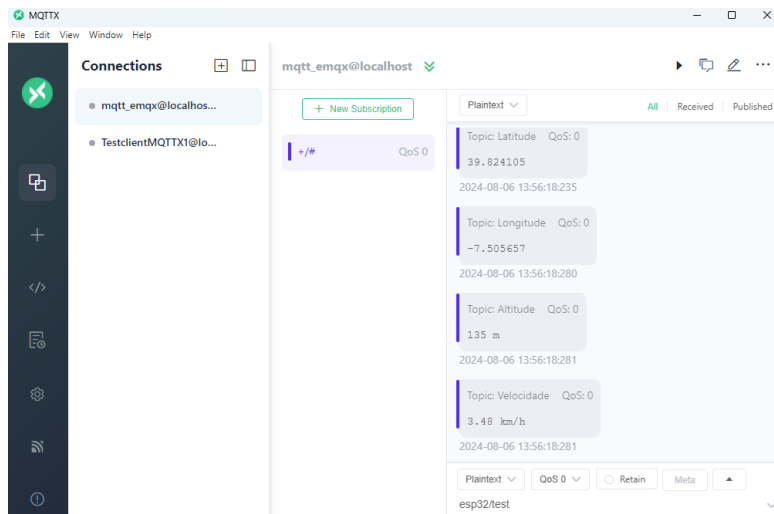


Figura 68- MQTTX dados apresentados 4

Esses dados são essenciais num sistema de monitorização de idosos que inclui a rastreabilidade da localização. A latitude e longitude fornecem a posição geográfica exata do idoso, enquanto a altitude pode indicar se o idoso se encontra em diferentes andares de um edifício, por exemplo. A velocidade indica se o idoso está em movimento, o que pode ser útil para detetar deslocações inesperadas ou perigosas. A monitorização contínua desses parâmetros permite garantir a segurança dos idosos, facilitando intervenções rápidas em caso de emergência.

O cliente MQTTX irá armazenar todos os dados medidos publicados pelos sensores, incluindo a data e a hora em que foram capturados, assim como o momento em que esses dados foram recebidos pelo servidor EMQX. Esses dados são organizados e guardados no histórico do bate-papo, permitindo que sejam consultados posteriormente sempre que necessário. Isso assegura que todas as informações relevantes fiquem disponíveis para análise futura, facilitando o acompanhamento e a revisão dos dados coletados.

8.3 ESP32 MQTT publica Leituras de sensores no Node-Red

Para melhorar a monitorização dos dados do idoso, foi utilizado o dashboard do cliente node-red, que facilita a visualização e o acompanhamento em tempo real das informações recolhidas. Foram desenvolvidos dois dashboards distintos:

Dashboard de Monitorização de Idosos: Este dashboard exibe os dados dos sensores em tempo real, como batimentos cardíacos, temperatura corporal e outros sinais vitais, permitindo uma rápida análise do estado de saúde do idoso.

Dashboard de Localização: Este dashboard apresenta a posição atual do idoso em tempo real, utilizando um mapa para mostrar a sua localização exata. Isto é fundamental para garantir a segurança e mobilidade do idoso.

Abaixo estão os detalhes visuais destes dashboards, que foram criados para proporcionar uma compreensão mais clara e acessível da monitorização e localização dos idosos.

8.3.1 Dashboard Monitorização de Idosos

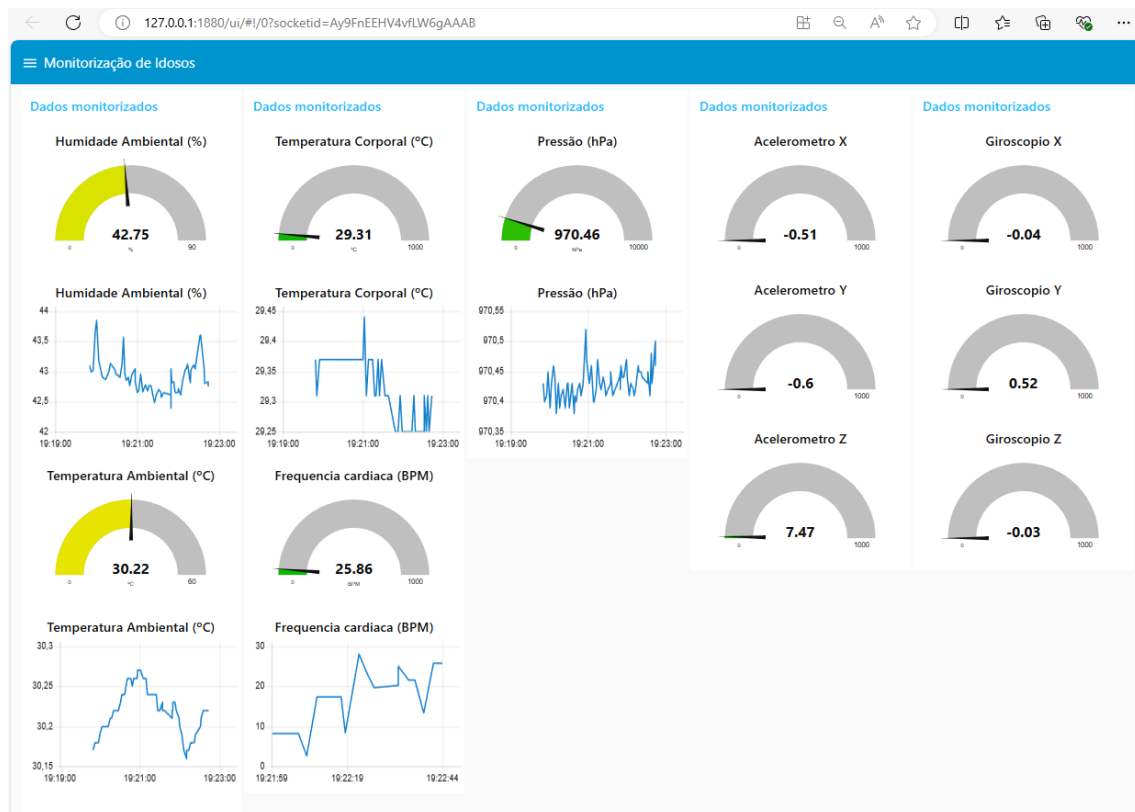


Figura 69 - Dashbord monitorização de idosos

A Figura 70 apresenta a Dashboard de monitorização de idosos, que oferece uma visão detalhada e clara de diversos parâmetros de saúde e ambientais em tempo real. A interface exhibe dados por meio de medidores e gráficos de linhas, permitindo a visualização tanto de valores instantâneos quanto de séries temporais. Os parâmetros monitorizados incluem humidade ambiental (%), temperatura corporal (°C), pressão atmosférica (hPa), temperatura ambiental (°C), frequência cardíaca (BPM) e informações de movimento fornecidas por acelerómetros e giroscópios nos eixos X, Y e Z. Esta plataforma é essencial para o acompanhamento contínuo das condições dos idosos, proporcionando a possibilidade de decisões rápidas e assertivas com base em informações precisas e sempre atualizadas.

8.3.2 Dashbord Localização dos idosos em Tempo Real

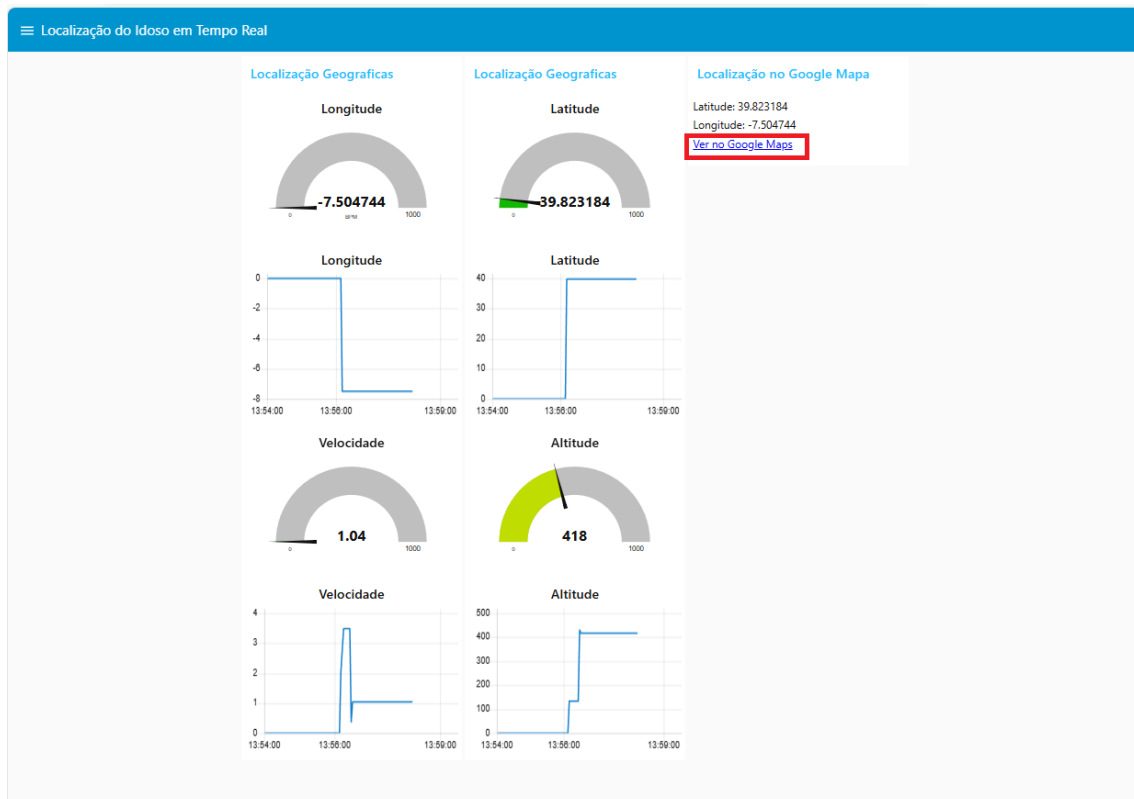


Figura 70 - Dashboard Localização do idoso em tempo real

A Figura 71 apresenta o *dashboard* de monitorização da localização de idosos em tempo real, exibindo uma série de dados cruciais para o acompanhamento da sua segurança. Entre os dados mostrados, estão a longitude e a latitude, ambas representadas por medidores e gráficos de linha, que indicam as coordenadas geográficas do idoso. Além disso, o painel inclui informações sobre a velocidade, também representada por um medidor e um gráfico de linha, mostrando a rapidez do deslocamento. A altitude, por sua vez, é apresentada de forma semelhante, revelando a altura em relação ao nível do mar. Um dos principais recursos do *dashboard* é o rastreamento em tempo real dessas variáveis, permitindo o acompanhamento contínuo da localização geográfica e das condições de movimento do idoso. Adicionalmente, há uma secção com um link que possibilita visualizar a localização atual no *Google Maps*, fornecendo uma visão mais detalhada do local onde o idoso se encontra. Esta integração com o *Google Maps*, por meio do link "Ver no *Google Maps*", oferece aos utilizadores uma maneira fácil e precisa de visualizar

a posição exata no mapa, reforçando a utilidade do painel no monitoramento e na garantia da segurança do idoso.

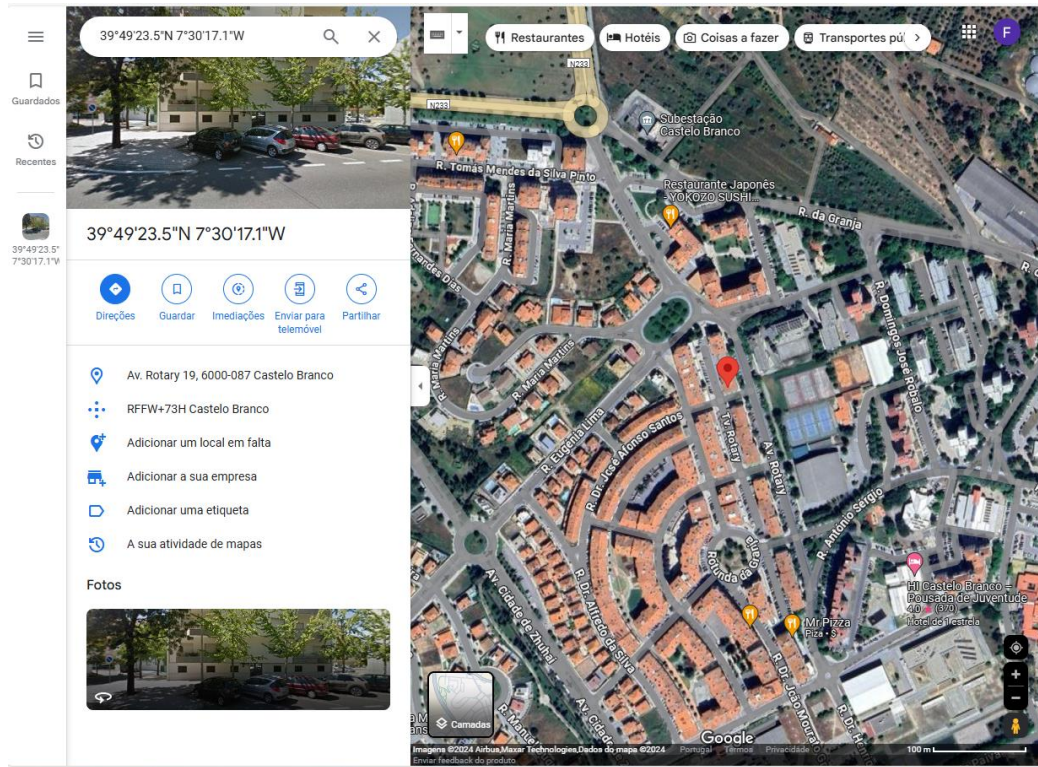


Figura 71 - Google Maps

9. Conclusão e Trabalhos Futuros

9.1 Conclusão

O desenvolvimento do Sistema de Monitorização de Idosos apresentado neste projeto demonstrou o potencial da tecnologia para melhorar significativamente a qualidade de vida dos idosos, proporcionando-lhes maior segurança e bem-estar. Através da implementação de sensores avançados e da utilização do microcontrolador ESP32, conseguimos criar uma solução eficaz que permite monitorizar, em tempo real, diversos parâmetros críticos, como temperatura, humidade, pressão, localização geográfica, movimento, rotação e frequência cardíaca.

Como MQTTX e Node-RED oferecem uma abordagem moderna e robusta para o acompanhamento contínuo da saúde dos idosos. Este sistema não só garante uma monitorização constante, como também permite a deteção precoce de anomalias, possibilitando uma resposta rápida em situações de emergência.

Os benefícios desta solução são claros: além de aumentar a segurança e o conforto dos idosos, proporciona tranquilidade aos familiares e cuidadores, que podem confiar na precisão e na eficácia do sistema para zelar pelo bem-estar dos seus entes queridos. A armazenagem de históricos de dados e a interface intuitiva completam o conjunto de funcionalidades, tornando este sistema uma ferramenta poderosa e acessível.

Em resumo, o projeto atingiu os objetivos propostos, oferecendo uma solução inovadora e prática para a monitorização de idosos. Com a evolução contínua da tecnologia, este sistema pode ainda ser expandido e aprimorado, abrindo caminho para novas funcionalidades e uma monitorização ainda mais detalhada e personalizada. O sucesso deste projeto reforça a importância de aliar a engenharia e a tecnologia em prol do bem-estar social, especialmente no cuidado com as populações mais vulneráveis.

9.2 Trabalhos Futuros

Em termos de trabalhos futuros, existem várias vertentes que podem ser exploradas e aprimoradas com base neste projeto e nos resultados obtidos, tanto ao nível de hardware como de software. Estas melhorias têm o potencial de tornar o sistema ainda mais robusto, eficiente e adaptável às necessidades dos utilizadores.

No que diz respeito ao hardware, uma área promissora é a ampliação da conectividade e automação do sistema. Por exemplo, a integração de tecnologias de comunicação de longo alcance, como LoRa, permitiria uma gestão remota mais eficaz, especialmente em áreas com cobertura de rede limitada. Adicionalmente, a implementação de um painel solar para carregar a bateria recarregável 18650 de Li-Íon já existente no sistema poderia melhorar a sustentabilidade e a autonomia,

reduzindo a necessidade de manutenção frequente e aumentando a viabilidade do sistema em locais onde a substituição ou recarga da bateria possa ser mais difícil.

Outra direção interessante seria a integração de inteligência artificial (IA) para análise preditiva e detecção de padrões. Com a IA, seria possível prever incidentes com base em dados históricos e comportamentos registados, alertando antecipadamente para possíveis problemas de saúde ou condições perigosas. Esta abordagem também poderia ser aplicada para personalizar a monitorização, ajustando os parâmetros e os alertas de acordo com o perfil individual de cada idoso.

A implementação de um sistema de alarmes mais sofisticado é outra área a explorar. Por exemplo, o desenvolvimento de alarmes que sejam ativados automaticamente quando os sensores detetam valores críticos para o idoso, como uma queda brusca na frequência cardíaca ou um aumento súbito na pressão arterial, seria uma adição vital. Além disso, a inclusão de um botão de emergência no sistema permitiria que os idosos solicitassem ajuda imediatamente em situações de necessidade, aumentando assim a sua segurança e autonomia.

Relativamente ao *Dashboard*, há espaço para melhorias significativas na interface, tornando-a mais intuitiva e acessível. Uma sugestão é a inclusão de animações que representem de forma visual e clara a posição e os movimentos dos idosos, como uma figura humana que simule as suas ações e eventuais quedas. Outra melhoria possível é a implementação de um mapa interativo que mostre em tempo real a deslocação do idoso, permitindo um acompanhamento mais preciso e detalhado da sua localização. Estas funcionalidades tornariam a interpretação dos dados mais direta e compreensível para os utilizadores, facilitando a resposta a situações de emergência.

Além disso, a integração do sistema com aplicações móveis e plataformas web pode ser aprofundada, permitindo que familiares e cuidadores monitorizem e controlem o sistema de forma mais flexível e prática, a partir de qualquer lugar e a qualquer momento. Este tipo de integração não só aumentaria o alcance do sistema, mas também tornaria a sua utilização mais conveniente para os utilizadores finais.

Por fim, a exploração de novos sensores e tecnologias emergentes poderia expandir as capacidades do sistema. Sensores que monitorizem outros parâmetros vitais, como níveis de oxigénio no sangue, ou que sejam capazes de identificar padrões de sono, poderiam proporcionar uma visão mais completa do estado de saúde do idoso. Também a incorporação de funcionalidades para monitorizar o ambiente, como a qualidade do ar, poderia acrescentar uma camada extra de proteção.

Referências Bibliográficas

- [1] <https://O envelhecimento da população portuguesa | by ISEG JBC | Medium>
- [2] [https://Febre em adultos: quando ir ao pronto-socorro? \(onsalus.com.br\)](https://Febre em adultos: quando ir ao pronto-socorro? (onsalus.com.br))
- [3] <https://vFrequência cardíaca: como medir os batimentos - MEDPREV>
- [4] [https://Acelerômetro - Wikipédia, a enciclopédia livre \(wikipedia.org\)](https://Acelerômetro - Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org))
- [5] [https://Giroscópio - Wikipédia, a enciclopédia livre \(wikipedia.org\)](https://Giroscópio - Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org))
- [6] <https://www.publico.pt/2023/02/22/sociedade/noticia/populacao-portugal-envelhecer-ue-revela-eurostat-2039817>
- [7] <https://www.tuasaude.com/medico-responde/qual-a-temperatura-normal-do-corpo-humano/>
- [8] <https://Frequência cardíaca: como medir os batimentos - MEDPREV>
- [9] <https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/1411420369.pdf>
- [10] <https://clubedomaker.com/como-usar-carregador-bateria-tp4056>
- [11] [https://TPS63802 2-A, High-efficient, Low IQ Buck-boost Converter in DFN Package datasheet \(Rev. D\) \(ti.com\)](https://TPS63802 2-A, High-efficient, Low IQ Buck-boost Converter in DFN Package datasheet (Rev. D) (ti.com))
- [12] <https://www.makehero.com/produto/bateria-18650-recarregavel-li-ion/>
- [13] <https://www.makehero.com/blog/sensor-de-temperatura-ds18b20-arduino/#:~:text=Realize%20medições%20de%20temperatura%20com%20precisão%20não%20só,informações%20para%20o%20microcontrolador%20utilizando%20apenas%201%20fio.>
- [14] <https://Sensor de Batimento Cardíaco e Oxímetro MAX30100 - MakerHero>
- [15] <https://cyber0devs.com/visual-studio-code-o-que-e-e-como-funciona/>
- [16] <https://www.eletrogate.com/modulo-gps-neo-6m-com-antena#:~:text=O%20que%20é%20o%20Módulo%20GPS%20NEO-6M%20com,em%20aplicações%20que%20exigem%20alta%20precisão%20de%20posicionamento.>
- [17] <https://manualdaautomacao.com/o-que-e-visual-studio-code-e-platformio/#:~:text=O%20que%20é%20PlatformIO%3F%20o%20PlatformIO%20é%20uma,de%20usar%20do%20que%20o%20IDE%20do%20Arduino>
- [18] <https://www.makehero.com/blog/introducao-ao-fritzing/>
- [19] [https://Protocolo MQTT: como funciona, dicas e informações importantes \(kalatec.com.br\)](https://Protocolo MQTT: como funciona, dicas e informações importantes (kalatec.com.br))
- [20] <https://Visão geral do EMQX | Documentos do EMQX>
- [21] <https://edu.ieee.org/br-ufcgras/o-que-e-um-microcontrolador/> (consultado a 13 jun 2024)

- [22] <https://www.robopatos.cafe/post/o-que-%C3%A9-um-microcontrolador> (consultado a 13 jun 2024)
- [23] <https://mqttx.app/docs/get-started>
- [24] <https://docs.emqx.com/en/emqx/latest/>
- [25] <https://microcontrollerslab.com/esp32-deep-sleep-wake-up-sources-arduino-ide/#:~:text=In%20this%20tutorial,%20we%20will%20learn>
- [26] <https://www.makerhero.com/blog/esp32-um-grande-aliado-para-o-makeriot/> (consultado a 13 jun 2024)
- [27] <https://www.easytronics.com.br/barometro-bme280#:~:text=O%20BME280%20é%20um%20sensor%20combinado%20para%20monitoramento,forneidos%20via%20I2C%20com%20velocidades%20de%20até%203%2C4MHZ.>
- [28] <https://www.easytronics.com.br/mpu6050-acelerometro-e-giroscopio-de-3-eixos>
- [29] <https://lobodarobotica.com/blog/arduino-ou-esp-descubra-a-melhoropcao/> (consultado a 26 jun 2024)
- [30] <https://makeradvisor.com/esp32-vs-esp8266/>(consultado a 26 jun 2024)
- [31] <https://www.elprocus.com/difference-between-esp32-vs-arduino/> (consultado a 26 jun 2024)
- [32] <https://pt.wikihow.com/Medir-os-Níveis-de-Umidade#:~:text=A%20umidade%20representa%20a%20quantidade%20de%20vapor%20de,parecer%20áridos%20e%20ajudam%20a%20criar%20eletricidade%20estática.>
- [33] <https://www.significados.com.br/pressao-atmosferica/#:~:text=A%20pressão%20atmosférica%2C%20também%20chamada%20de%20pressão%20barométrica%2C,concentração%20do%20ar%3A%20Ar%20mais%20concentrado%3A%20maior%20pressão>
- [34] <https://engprocess.com.br/mqtt-broker/>
- [35] <https://embarcados.com.br/mqtt-protocolos-para-iot/#:~:text=O%20padrão%20de%20troca%20de%20mensagens%20no%20MQTT,rede%20capaz%20de%20gerir%20as%20publicações%20e%20subscrições.>
- [36] <https://compraco.com.br/blogs/tecnologia-e-desenvolvimento/o-que-e-o-protocolo-de-1-fio>
- [37] <https://embarcados.com.br/comunicacao-i2c/>
- [38] <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/api-reference/peripherals/i2c.html> (consultado a 28 fev 2023)
- [39] <https://sigmaearth.com/pt/o-que-é-uma-temperatura-ambiente/>
- [40] <https://medium.com/@isegjbc/o-envelhecimento-da-população-portuguesa-8426628cf14c>

Fontes Imagens

- [F1] <https://O envelhecimento da população portuguesa | by ISEG JBC | Medium>
- [F2] <https://Placa de desenvolvimento WIFI NodeMcu ESP-32S Lua ESP-WROOM-32 - Opencircuit>
- [F3] [https:// BME280 Digital Sensor temperatura umidade pressão barométrica Sensor GY-BME280 I2C SPI 1.8 5V fabricantes e fornecedores China - Kuongshun eletrônico \(sz-kuongshun.com\)](https:// BME280 Digital Sensor temperatura umidade pressão barométrica Sensor GY-BME280 I2C SPI 1.8 5V fabricantes e fornecedores China - Kuongshun eletrônico (sz-kuongshun.com))
- [F4] <https://GY-521 Módulo triaxial digital MPU-6050 Gyro 6DOF 3 eixos - DonDeLeo - Centro Commerciale OnLine DETTAGLIO e INGROSSO>
- [F5] <https:// Sensor de Batimento Cardíaco e Oxímetro MAX30100 - MakerHero>
- [F6] [https://GPS Neo-6M com Arduino - Aprenda a Usar \(pinterest.com\)](https://GPS Neo-6M com Arduino - Aprenda a Usar (pinterest.com))
- [F7] <https:// Logotipo PlatformIO PNG transparente - StickPNG>
- [F8] [https://Fritzing - Baixar \(softonic.com\)](https://Fritzing - Baixar (softonic.com))
- [F9] <https://embarcados.com.br/esp32-lidando-com-multiprocessamento parte-i/>
- [F10] https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- [F13] <https://curtocircuito.com.br/blog/Categoria%20Arduino/como-utilizar-o ds18b20>
- [12] <https://emqx.medium.com/a-peek-at-emqx-5-the-most-scalable-mqtt-broker-is-almost-there-b69bcbc8dbf7>
- [F14] <https://clubemaker.com/como-usar-carregador-bateria-tp4056>
- [F15] <https://www.makerhero.com/produto/bateria-18650-recarregavel-li-ion/>
- [F16] <https://microcontrollerslab.com/esp32-deep-sleep-wake-up-sources-arduino-ide/#:~:text=In%20this%20tutorial,%20we%20will%20learn>
- [F17] <https://www.amazon.com/-/es/convertidor-automático-Microcontrolador-alimentación-ondulación/dp/B0D5YCSZFP>