



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE SÃO PAULO

Programa de Graduação em Engenharia da Computação



PCS3858 - Laboratório de Sistemas Embarcados

Título – Da Teoria à Prática

José Sinézio Rebello de Faria
Prof. Dr. Carlos Eduardo Cugnasca

Data: 01/09/2023

Agenda

- **Introdução**
- **Justificativa e Motivação**
- **Objetivo**
- **Concepção do Sistema de Monitoramento de Árvores (SMA)**
- **Experimentos e Resultados**
- **Simulador/Plataforma de teste**
- **Documentação e Componentes**

Introdução (1/8)

Sistemas Embarcados

- Um sistema embarcado (Embedded System) é um sistema computacional, conjunto de hardware e software, completamente encapsulado, dedicado ao dispositivo ou sistema que ele controla, de forma a desempenhar uma função ou servir a uma aplicação específica.
- Os sistemas embarcados são encontrados em diferentes aplicações como: Sistemas de controle de motor em automóveis, Dispositivos médicos, Eletrodomésticos, Sistemas de segurança, Dispositivos de comunicação, Urnas eletrônicas, entre outros.

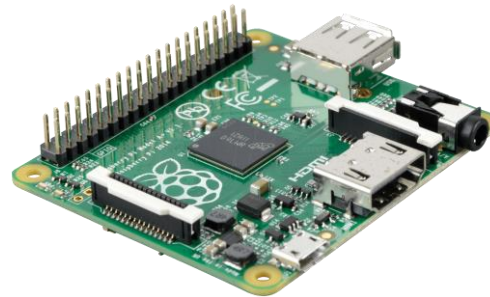
Introdução (2/8)

Algumas alternativas de plataformas de Sistemas Embarcados

Arduino



Raspberry



ESP8266



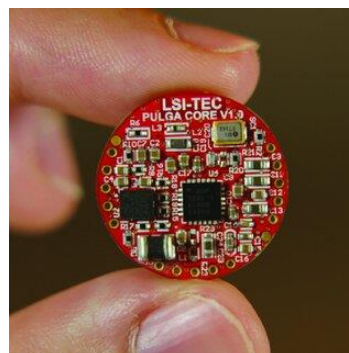
ESP32



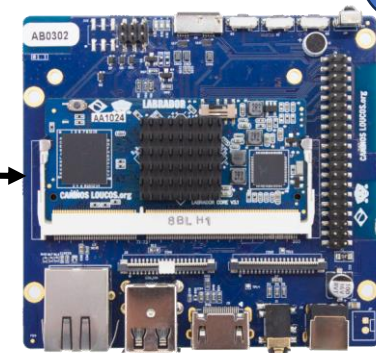
Franzininho



Pulga



Labrador



Introdução (3/8)

ESP32

- **Microcontrolador.**
- **Plataforma de desenvolvimento.**
- **Internet das coisa (IoT).**
- **Robótica.**
- **Automação.**
- **Estação meteorológica...**



Site da espressif: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>

Introdução (4/8)

Características de algumas plataformas programáveis de prototipagem

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

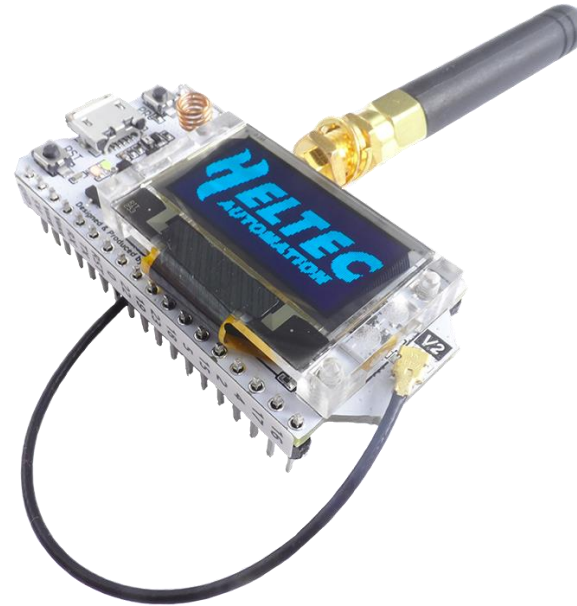
Introdução (5/8)

ESP32 com algumas variações

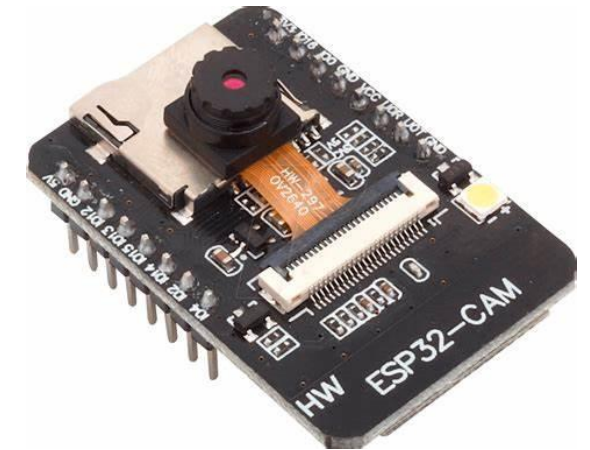
ESP32 SIM800L



ESP32 Heltec LoRa



ESP32 CAM



É versátil

Introdução (6/8)

Configuração do ESP32 Wi-Fi LoRa



Introdução (7/8)

Programação do módulo

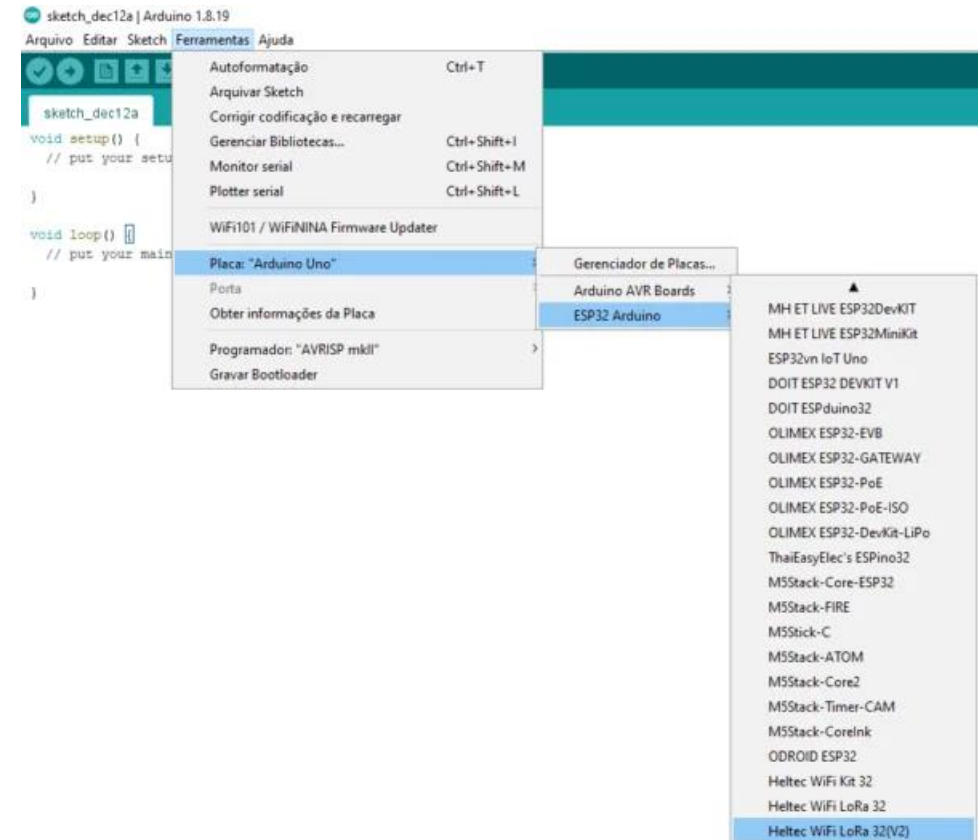
1. Conexão via Serial USB com computador



2. Escrever programa



IDE



3. Upload do programa via serial



4. Programa salvo no ESP32



Justificativa e Motivação (1/2)

Benefícios e Importância das árvores:

Absorve dióxido de carbono (**CO₂**).

Libera oxigênio (**O₂**).

Faz **captação** de partículas.

Faz captação de **particulados de poluição**.

Promove a infiltração das chuvas no local.

Intercepta e evapora a água da chuva.

Reduz o escoamento superficial da água.

Reflete a radiação do Sol.

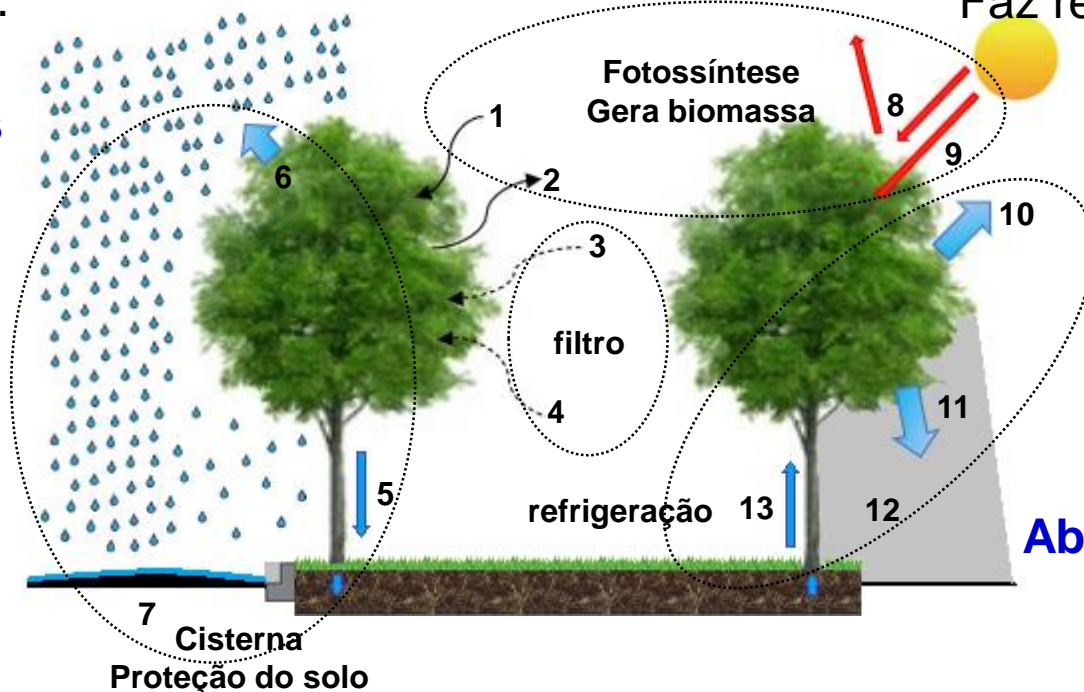
Intercepta e absorve a radiação do Sol.

Faz resfriamento por **transpiração**.

Faz resfriamento da superfície e **microclima local**.

Gera **conforto térmico** para o pedestre.

Absorve água e nutrientes do solo.



Justificativa e Motivação (2/2)

Consequências prováveis da queda de árvores em ambiente urbano:

- Exposição a **risco de vida** de seus habitantes.
- **Perdas econômicas e ambientais** diretas e indiretas, levando a **paralisar parte** da infraestrutura como: Edifícios, Ruas, Dutos subterrâneos, Linhas aéreas de energia e comunicação, entre outros.

A cidade de São Paulo e suas árvores.

- Ela contava em **2014** com cerca de **650 mil árvores nas ruas**, tendo outras tantas em parques e propriedades.

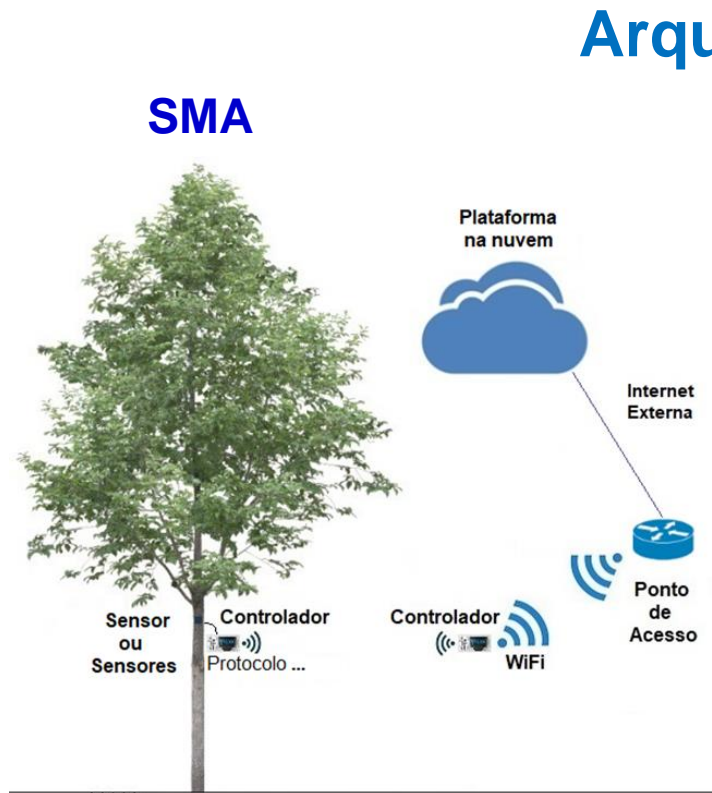
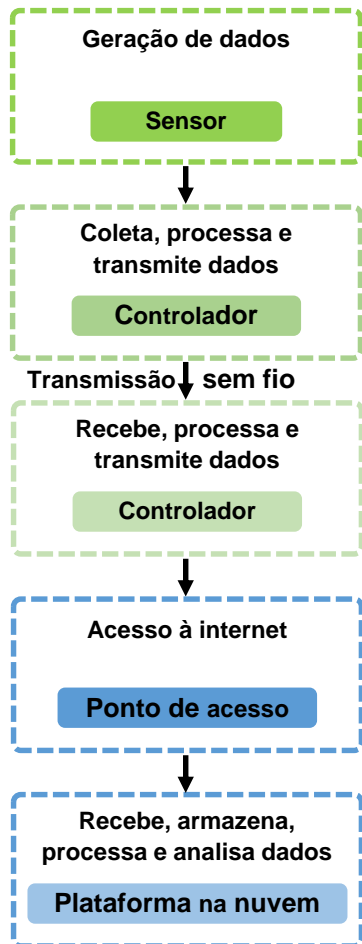
Plano de Desenvolvimento Institucional na Área de Transformação Digital (PDIp):

- Manufatura Avançada, **Cidades Inteligentes** e Sustentabilidade.
- **Processo Fapesp** 2017/50348-2.
- Linha de pesquisa de **Sensoriamento Inercial** Autônomo.
- Voltados para o **monitoramento de árvore, encosta e saneamento**.

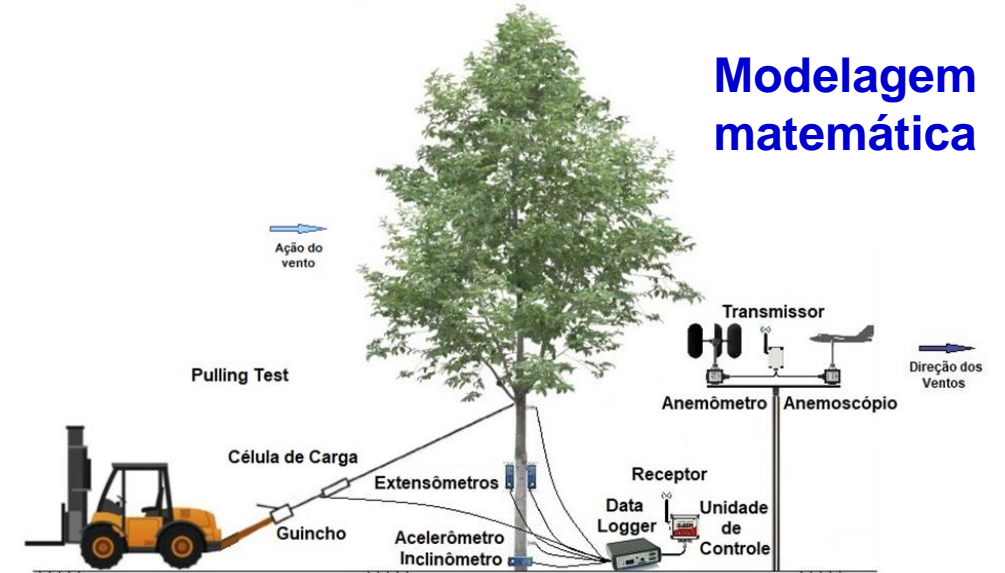
Objetivo

- O objetivo da pesquisa foi propor um **Sistema de Monitoramento de Árvores (SMA)**, para análise e previsão de risco de quedas destas em ambientes urbanos.

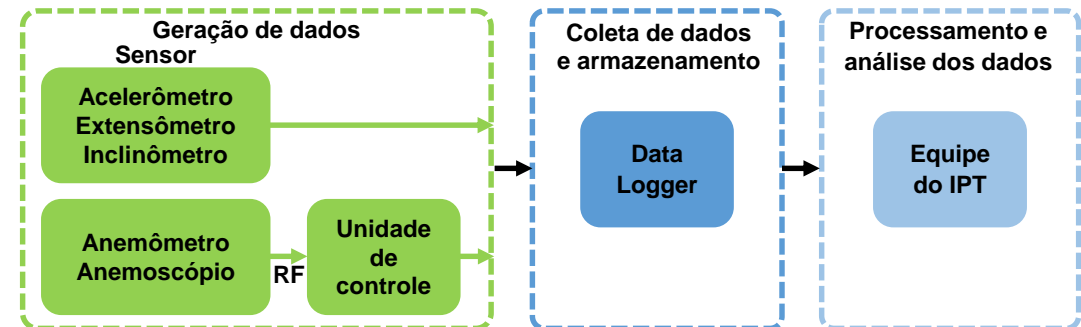
Concepção do SMA (1/1)



Arquiteturas



Fonte: adaptado de Koizumi et al. (2010).



Concepção do SMA (2/2)

SMA

Etapas:

- Definição do **hardware básico**;
- Conectividade do **SMA** com a nuvem;
- Avaliação do **consumo de energia**;
- Sincronismo dos dados (**RTC**);
- **Distância e potência** no envio da mensagem;
- Sistema de **sinalizações**;
- **Algoritmo** de coleta de dados.

Modelagem matemática

Etapa das equações:

- Módulo de elasticidade do fuste;
- Momento de tombamento;
- Força de tombamento;
- Força de vento;
- Determinação do coeficiente de arrasto;
- Resistência da raiz.

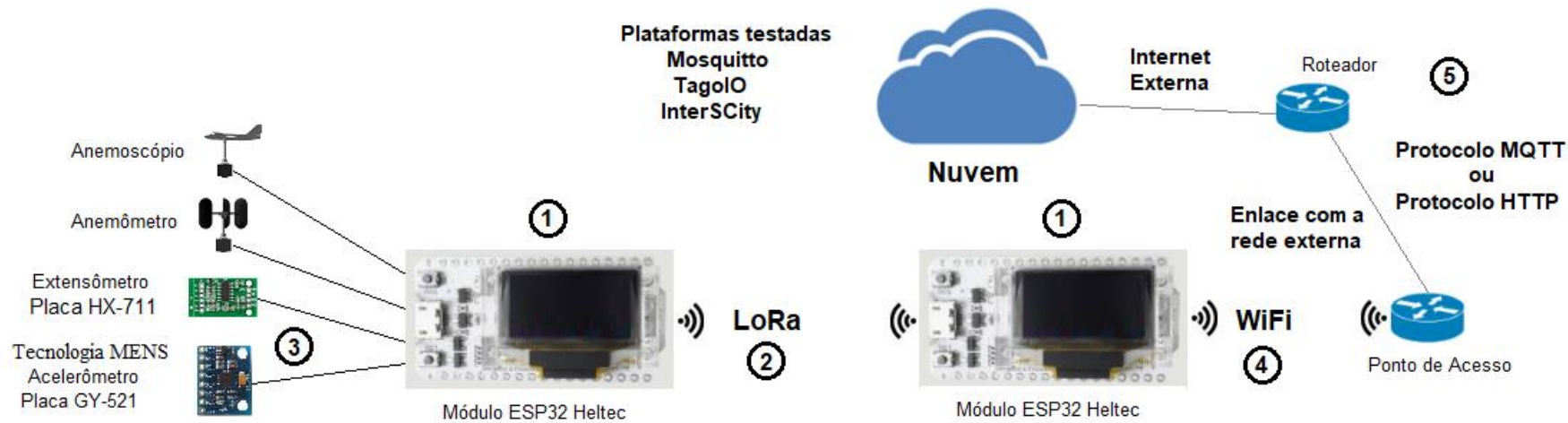
Etapa das variáveis:

- Experimento em campo.

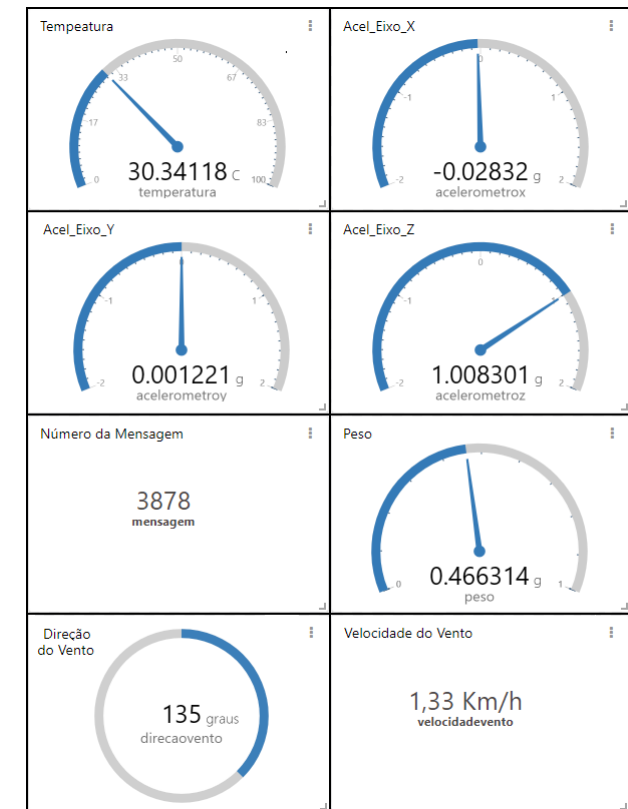
Experimentos e Resultados (1/5)

Em laboratório e prototipagem

Arquitetura



Resultado TagoIO



Experimentos e Resultados (2/5)

Estruturas da IoT

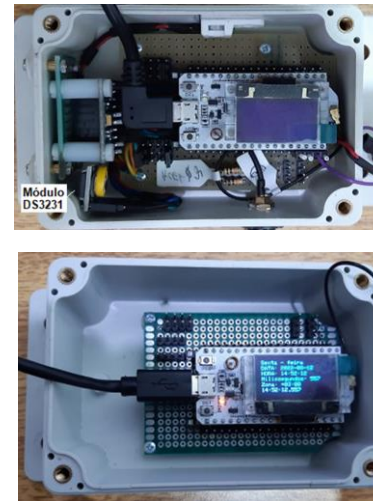
Protótipo



Validação de operação com a nuvem



Protótipo



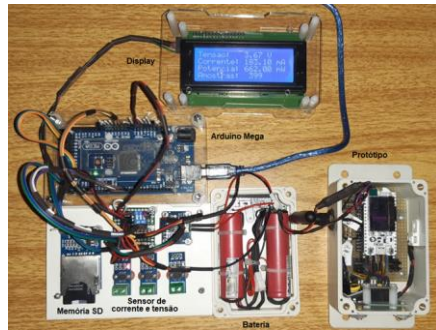
RTC com *TimeStamp*

- O protótipo tem o gasto de energia do módulo **DS3231** e do processamento do ***TimeStamp***;
- Com o **protocolo NTP**, não há gasto de energia no módulo, mas terá que **acrescer tempo de transmissão dos dados** entre o módulo e o gateway.

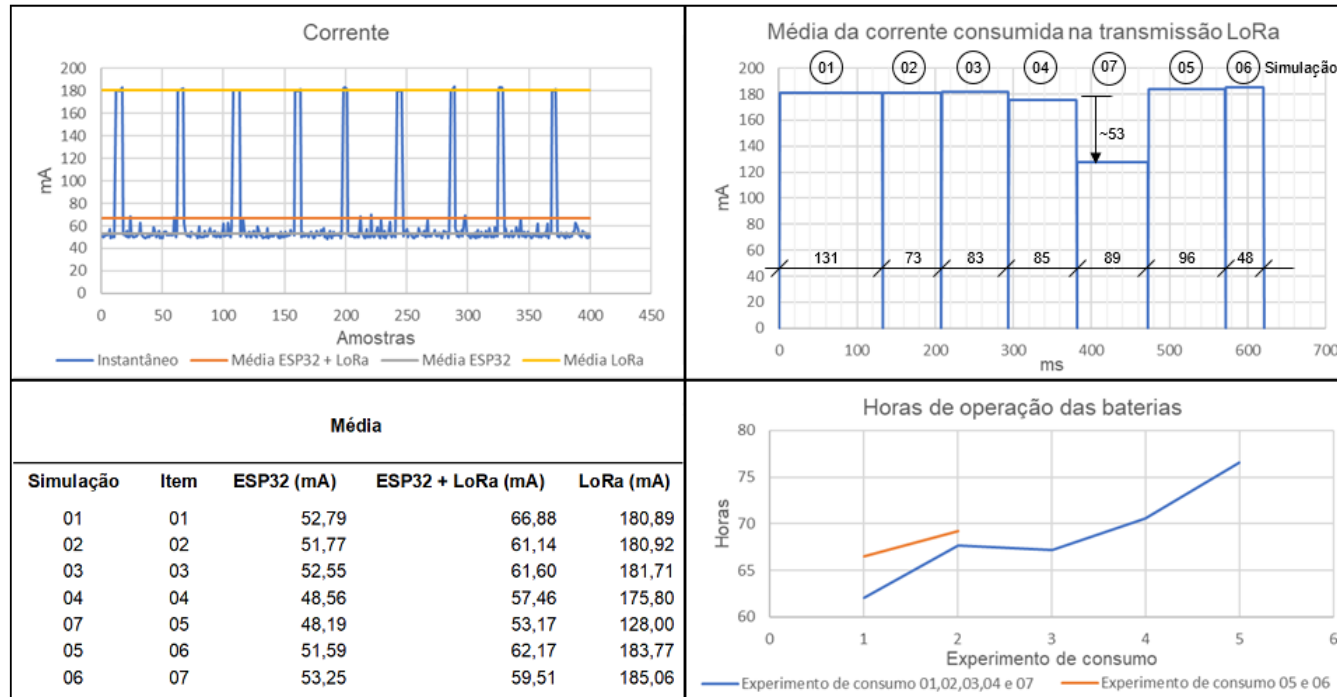
Experimentos e Resultados (3/5)

Estruturas da IoT

Protótipo



Consumo de energia do módulo

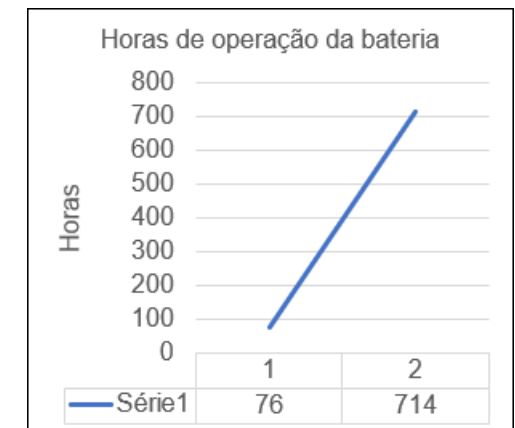


Algoritmo

MPU 9250	Modo	taxa de atualização (Hz)	Consumo
	Normal	-	450 μ A
	Baixa potência	0,98	8,4 μ A
	Baixa potência	31,25	19,8 μ A

ESP32	Modo	Consumo
	Normal	30 mA ~ 68 mA
	Dormir	150 μ A

LoRa	Modo	Transmissão (dB)	Consumo
	LoRa	20	130 mA

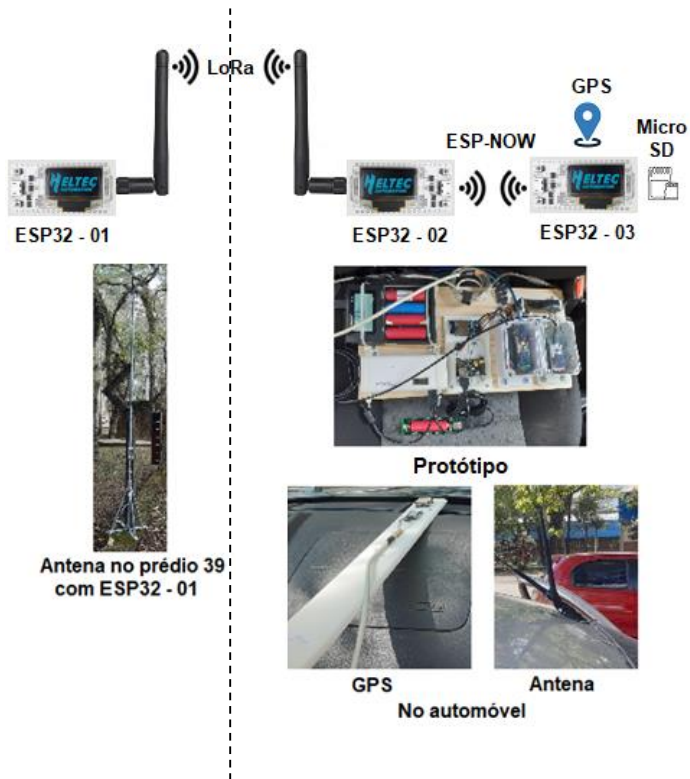


Experimentos e Resultados (4/5)

Estruturas da IoT

Distância e potência no envio de mensagem

Protótipo



Parâmetros	Valor
CR	5
SF	7
BW	125
Gain LoRa	20

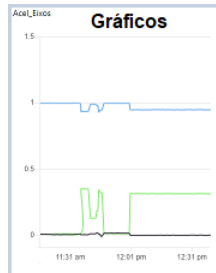


Experimentos e Resultados (5/5)

Estruturas da IoT

Protótipo

Mensagens de sinalização e análise dos dados na nuvem



E-MAIL

Entrada - Josesindefaria@usp.br | Alerta possibilidade de rupt...

De USP - Universidade de São Paulo's App <action-636525abe438eb00113a1603@6022833bfc48a4001852668a.run.tago.io>

Para Jose Sinézio Rebello de Faria

Assunto **Alerta possibilidade de ruptura da árvore**

O ponto de ruptura da árvore para o eixo X, foi ultrapassado!!!

SMS

24724

sexta-feira, 4 de novembro de 2022

O ponto de ruptura da árvore para o eixo X, foi ultrapassado!!!

E-MAIL

Entrada - Josesindefaria@usp.br | Device Offline Alert - Entrad...

De USP - Universidade de São Paulo's App <analysis-636555af78753500114e9c1d@6022833bfc48a4001852668a.run.tago.io>

Para Jose Sinézio Rebello de Faria

Assunto **Device Offline Alert**

Hi!
You're receiving this alert because the following devices didn't send data in the last 1 minutes.

Devices:Dispositivo_Poli_IPT_01
Dispositivo_Poli_IPT_02
Dispositivo_Poli_IPT_03

SMS

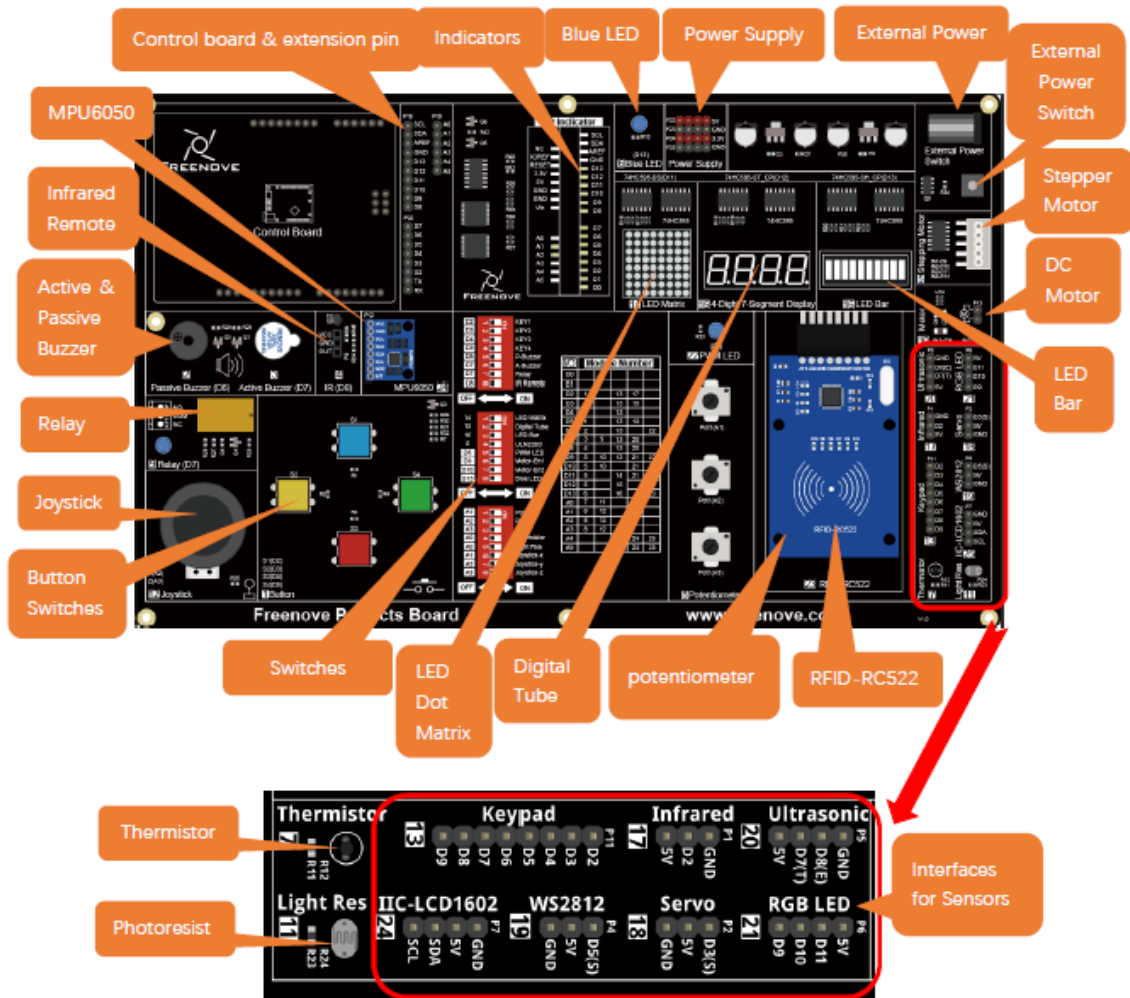
26539

sexta-feira, 4 de novembro de 2022

Hi!
You're receiving this alert because the following devices didn't send data in the last 1 minutes.

Devices:Dispositivo_Poli_IPT_01
Dispositivo_Poli_IPT_02
Dispositivo_Poli_IPT_03

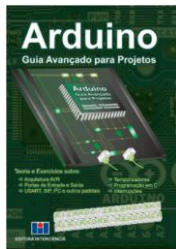
Simulador/Plataforma de teste



Freenove - <https://www.freenove.com/>

Documentação e Componentes

Alguns livros



Alguns Site de Pesquisa

Arduino - https://www.arduino.cc/
Raspberry Pi - https://www.raspberrypi.com/
Embarcados - https://embarcados.com.br/
IDE (Integrated Development Environment) Arduino - Exemplos
Instituto Newton C. Braga - https://www.newtoncbraga.com.br/
Crescer Indústria de Automação - https://www.crescerengenharia.com/
Random Nerd Tutorials - https://randomnerdtutorials.com/
Fernando K Tecnologia - https://www.fernandok.com/
Udemy – Cursos Online - https://www.udemy.com/
GitHub - Desenvolvedor do software - https://github.com/

Alguns Site de Componentes

Saravati - https://www.saravati.com.br/
Mamute Eletrônica - https://www.mamuteeletronica.com.br/
Curto Circuito - https://curtocircuito.com.br/ - Blog
MakerHero - https://www.makerhero.com/ - Blog
Usinainfo - https://www.usinainfo.com.br/ - Blog
Eletrogate - https://www.eletrogate.com/ - Blog
RoboCore - https://www.robocore.net/ - Tutoriais

Alguns Site de Simulação

Wokwi – Simulador Online de projetos - https://wokwi.com/
--



José Sinézio Rebello de Faria - josesindefaria@gmail.br

OBRIGADO

