

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

HORTA VERTICAL COM SISTEMA DE MONITORAMENTO IOT

Matheus Sinto Novaes

Orientador: Prof. Dr. João Eduardo Machado Perea Martins



AGENDA

- Introdução
- Hidroponia
- Circuito de Telemetria e IoT
- Calibração dos Sensores
- API
- Conclusão

INTRODUÇÃO: JUSTIFICATIVA E PROBLEMÁTICA

- Crescimento populacional → + consumo de alimentos → + uso de terras → impacto climático.
- "O desmatamento para abertura de novas áreas para agricultura e pecuária vem alterando o regime de chuvas no Brasil e pode reduzir a eficiência da produção brasileira." (FOLHA, 2021)
- Otimização de recursos através da verticalização:
 - multiplicar a produção em terreno menor;
 - possibilidade de fazer plantio *indoor*:
 - controle total de iluminação, temperatura, umidade;
 - dispensa necessidade de agrotóxicos;
 - permite aproximação das áreas urbanas → melhora logística;
 - uso de hidroponia:
 - economia na água e uso de nutrientes;
- Em grande escala: fazenda vertical
- Em menor escala: horta vertical
- Monitoramento de cultivos com tecnologia → aprimoramento da produção



INTRODUÇÃO: OBJETIVOS

- Construção de uma horta vertical hidropônica para cultivo *indoor*;
- Monitorar parâmetros referentes à hidroponia:
 - pH, eletrocondutividade, temperatura, nível de água;
- Controle e mensuração de iluminação;
- Controle básico de fluxo de água;
- Acessar os dados e controlar os dispositivos da horta remotamente → IoT
- Persistir os dados gerados → Banco de Dados
- Fácil acesso dos dados para análise e fácil controle dos dispositivos → API



HIDROPONIA

substantivo feminino

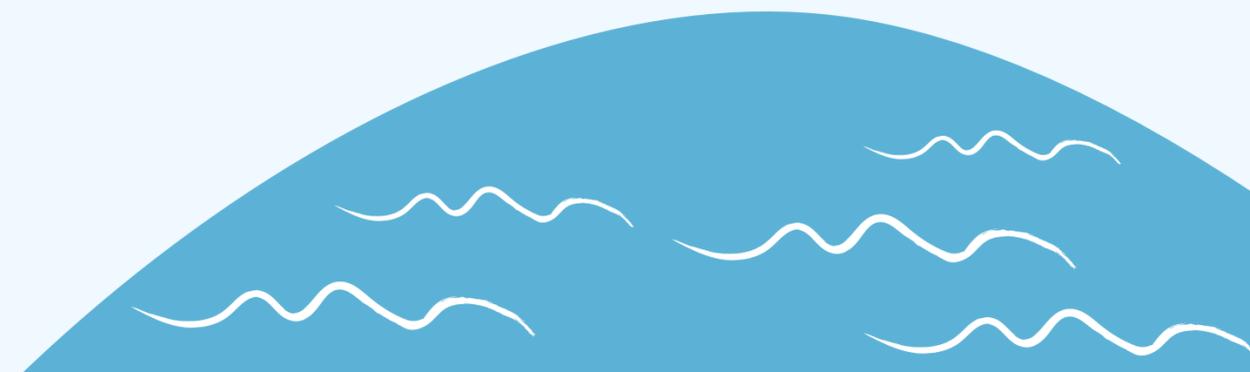
"Técnica de cultivo de plantas em meio aquoso com auxílio de suporte que as sustente, providenciando os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento" (DICIO, 2022)

- Técnica independente de solo (além dela: aeroponia e aquaponia)
- Seu uso data de antigas civilizações: combinação de água em abundância e natureza
 - Jardins suspensos da Babilônia, Jardins Flutuantes Astecas.
- Espera-se utilizar a hidroponia para produção no espaço e em áreas desertas, urbanas, com solo infértil ou contaminado;
- Maximiza produção (economia de recursos)
- Nem toda espécie pode ser cultivada nesse sistema;



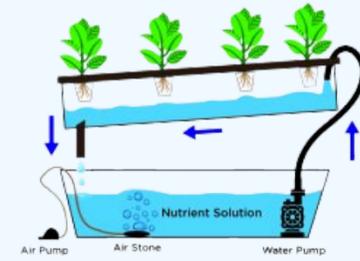
HIDROPONIA

- Necessidade de cada nutriente varia de planta para planta;
- pH do meio interfere na absorção de nutrientes;
- quantidade de nutrientes altera a eletrocondutividade;
- temperatura interfere na solubilidade da água, oxigenação e causa stress na planta.

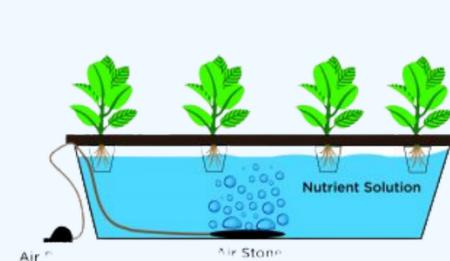


HIDROPONIA

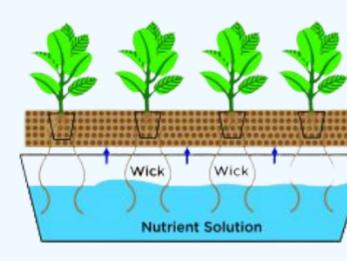
Nutrient Film Technique



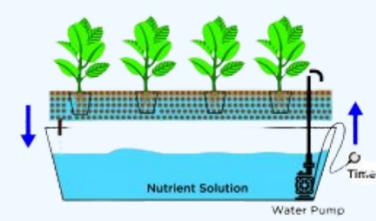
Deep Water Culture



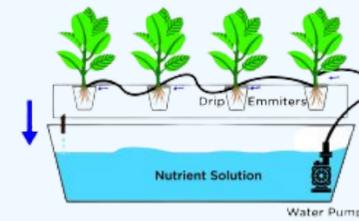
Wick System



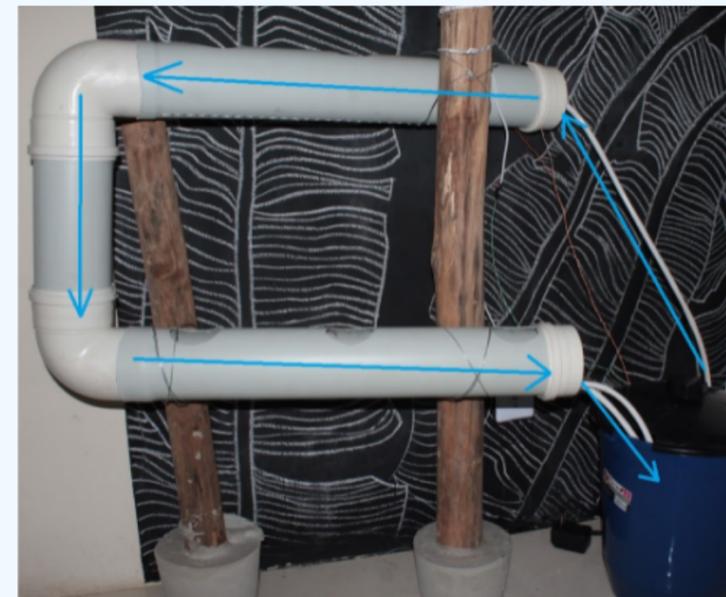
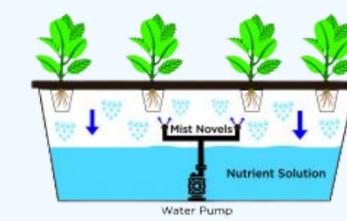
Ebb and Flow



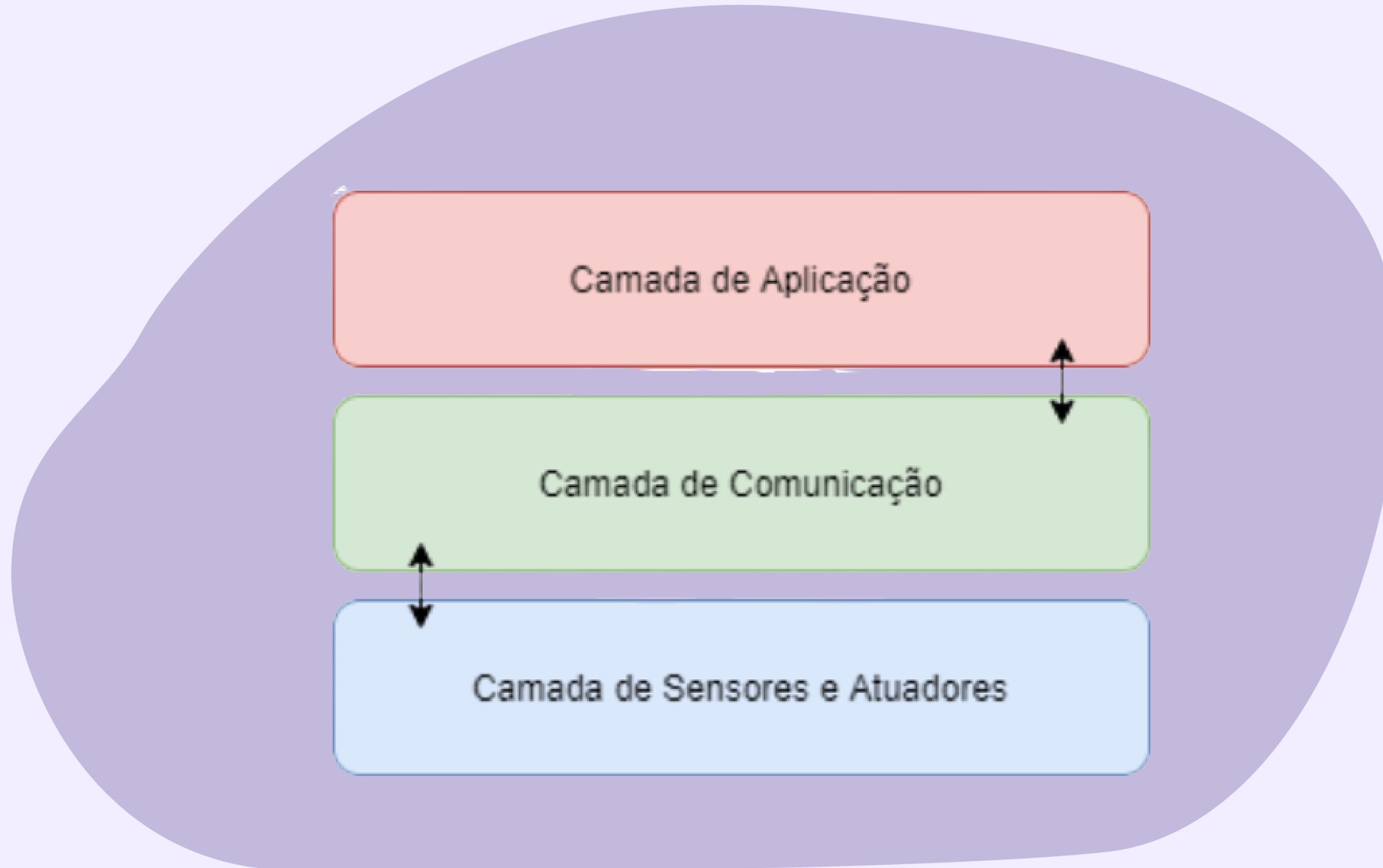
Drip System



Aeroponics



ARQUITETURA GERAL



CIRCUITO DE TELEMETRIA

- Circuito de sensores na horta;
- Utilização de microcontrolador Arduino → portas analógicas;
- Para medir
 - pH: PH4502C;
 - eletrocondutividade: TDS Meter 1.0;
 - temperatura: DS18B20;
 - iluminação: fotoresistor;
 - nível da água: 3x FD10;
- Envia dados para ESP8266 publicar.



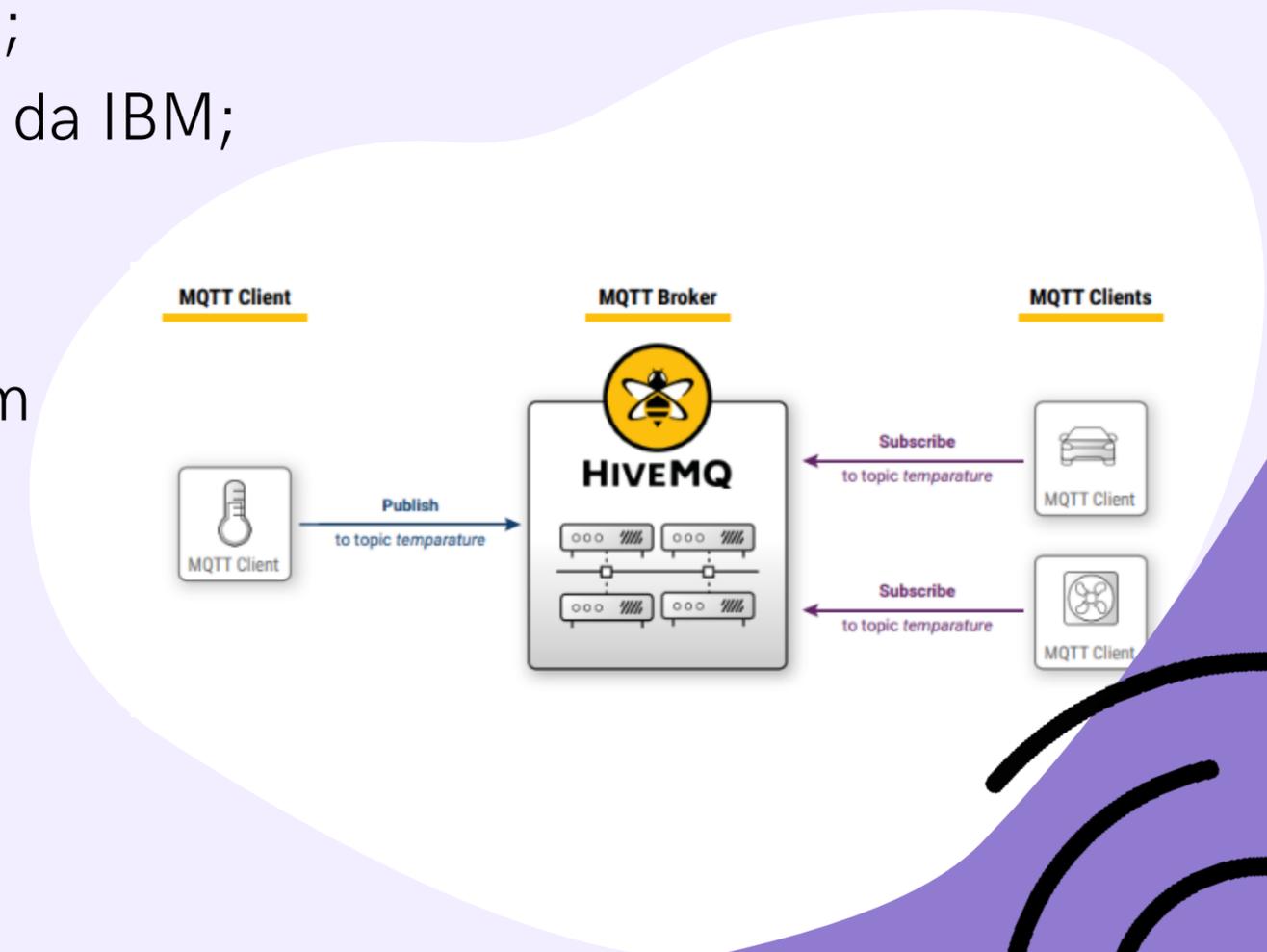
CIRCUITO IOT

- Atuadores e conexão da Horta;
- Utilização de microcontrolador ESP8266 → conexão com a *internet*;
- Recebe dados do Arduino e publica no *broker* MQTT;
- Controla estado do motor e da iluminação.



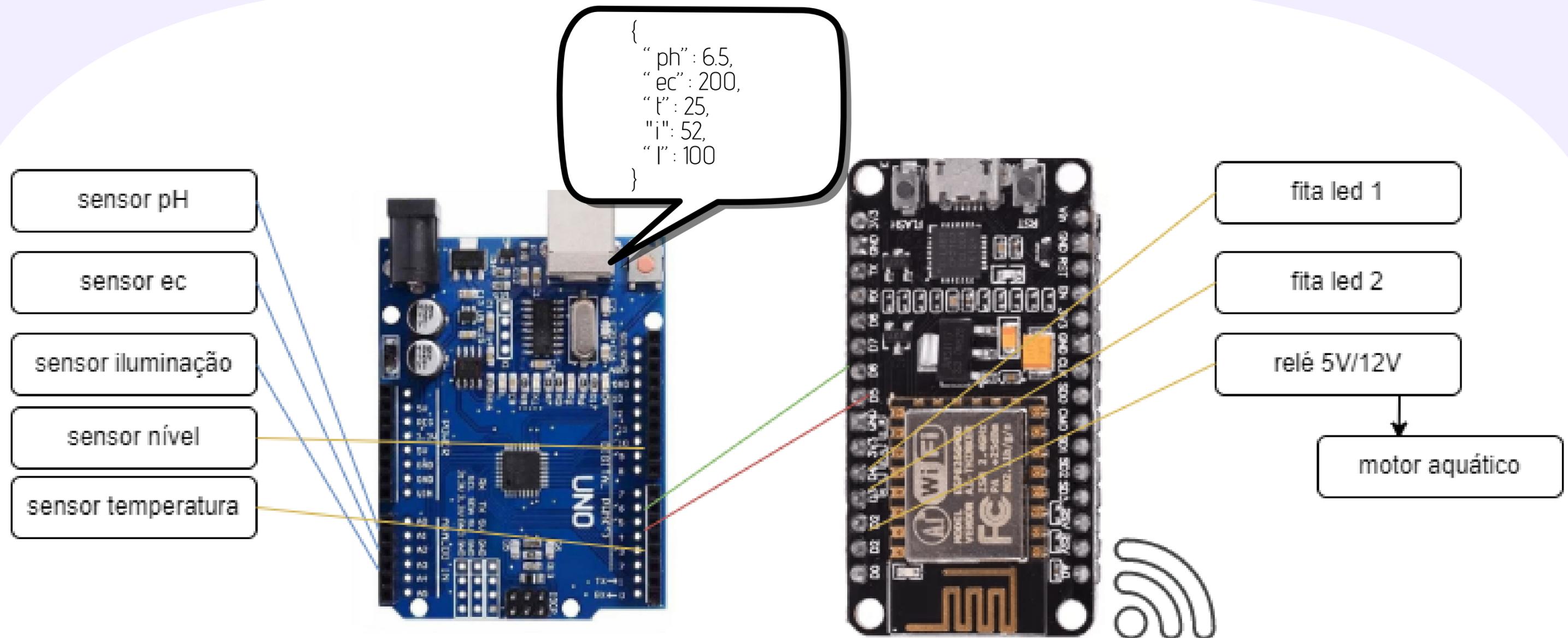
MQTT

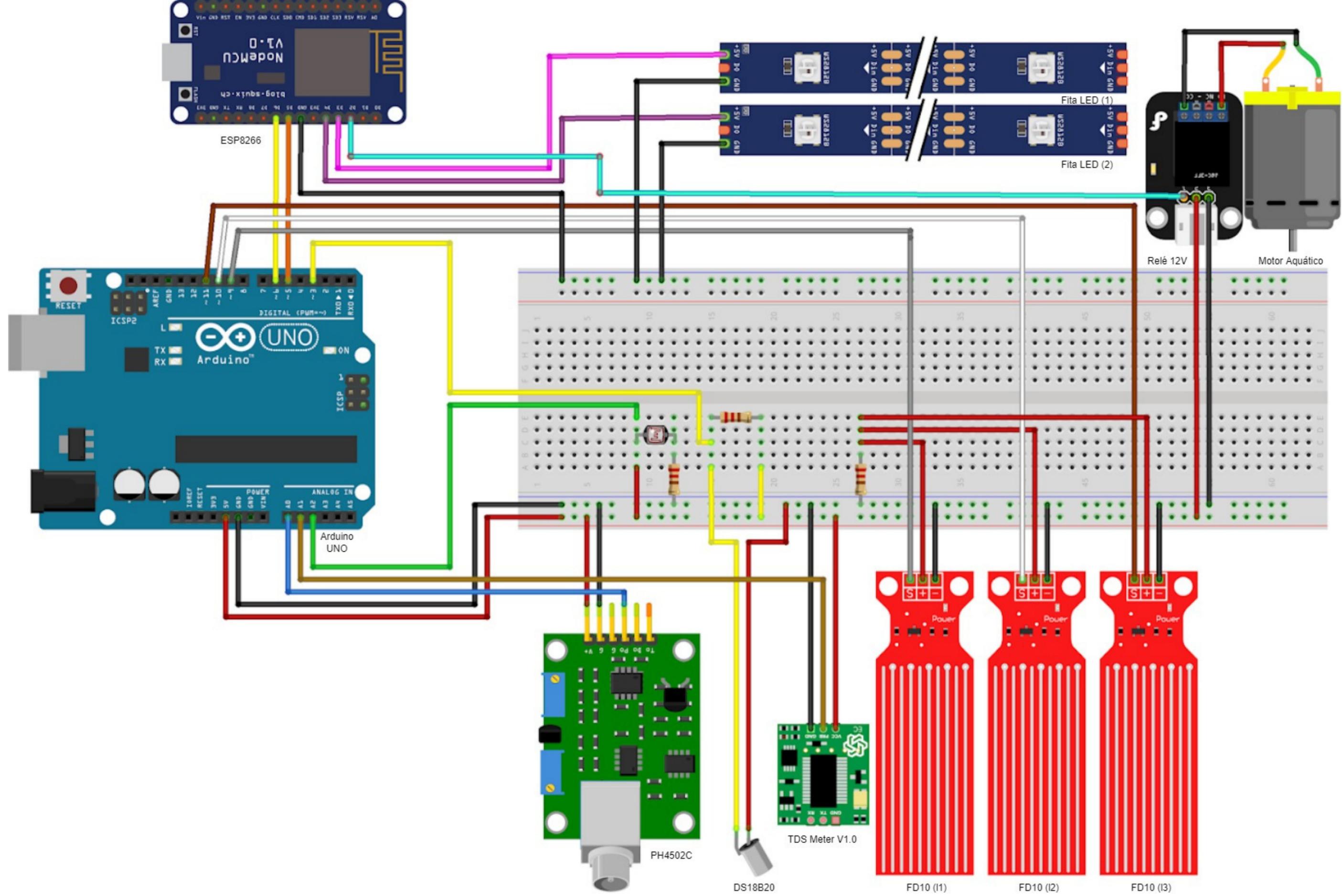
- Desenvolvido em 1999 pela IBM → protocolo que utilizasse pouca energia e pequena largura de banda;
- Protocolo de transporte de mensagem cliente/servidor (*broker*);
- Publish/Subscribe;
- Leve e simples de utilizar → ótimo para aplicações IoT;
- *MQ Telemetry Transporte* → *MQ* = série de produtos da IBM;
- Mensagens separadas por tópicos;
- Camada de comunicação: *broker* da HiveMQ na nuvem



CONEXÃO ARDUINO X ESP8266

- Comunicação Serial
- Dados organizado em arquivo JSON





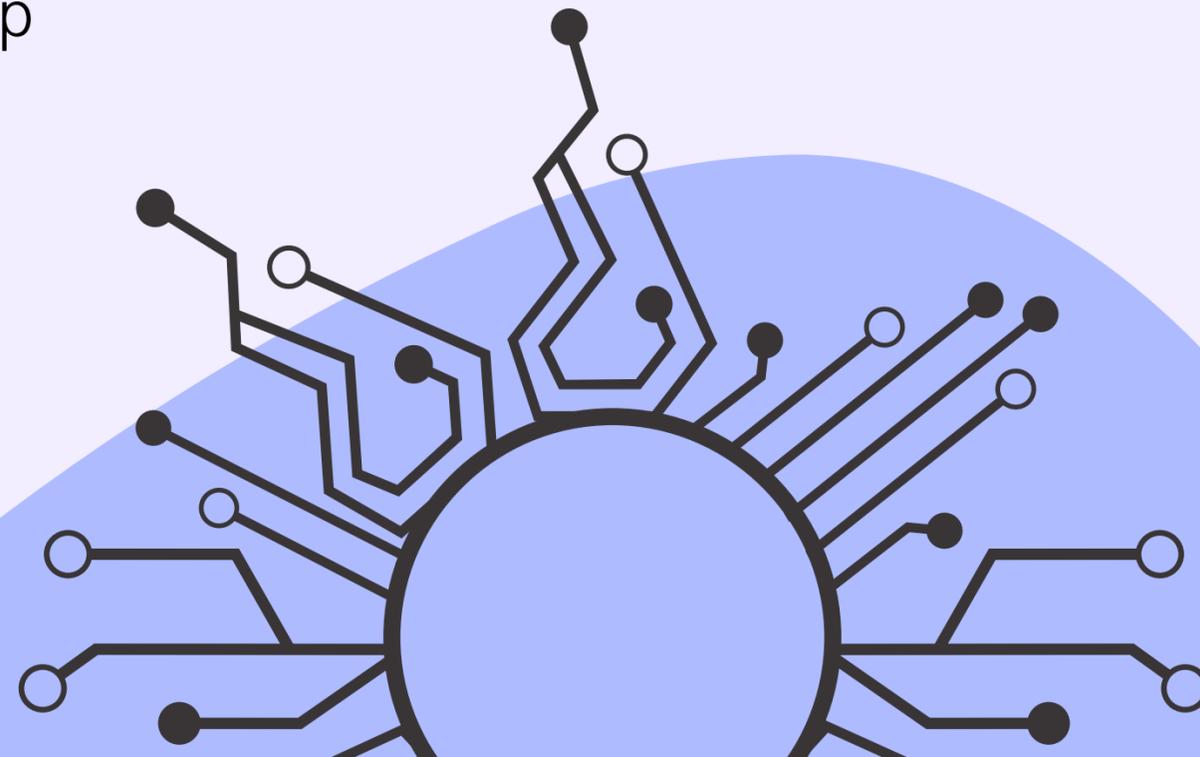
CÓDIGOS

Telemetria:

- Includes
- Defines
- Variáveis globais
- Setup
- Funções de leitura
- Loop

IoT:

- Includes
- Variáveis globais
- Funções de comunicação
- Setup
- Loop



pH

- Escala de concentração em mols por litros de íons livres de H^+ e OH^-
 - ácido ou básico;
- Varia de 0 a 14 \rightarrow 0 = 100% ácido, 14 = 100% básico;
- pH 7 = neutro;
- Métodos de medir pH:
 - visual \rightarrow comparação de cores em papel sensível ao pH;
 - fotométrico \rightarrow comparação de cor em solução sensível ao pH;
 - potenciométrico \rightarrow potencial galvânico de um par de eletrodos;

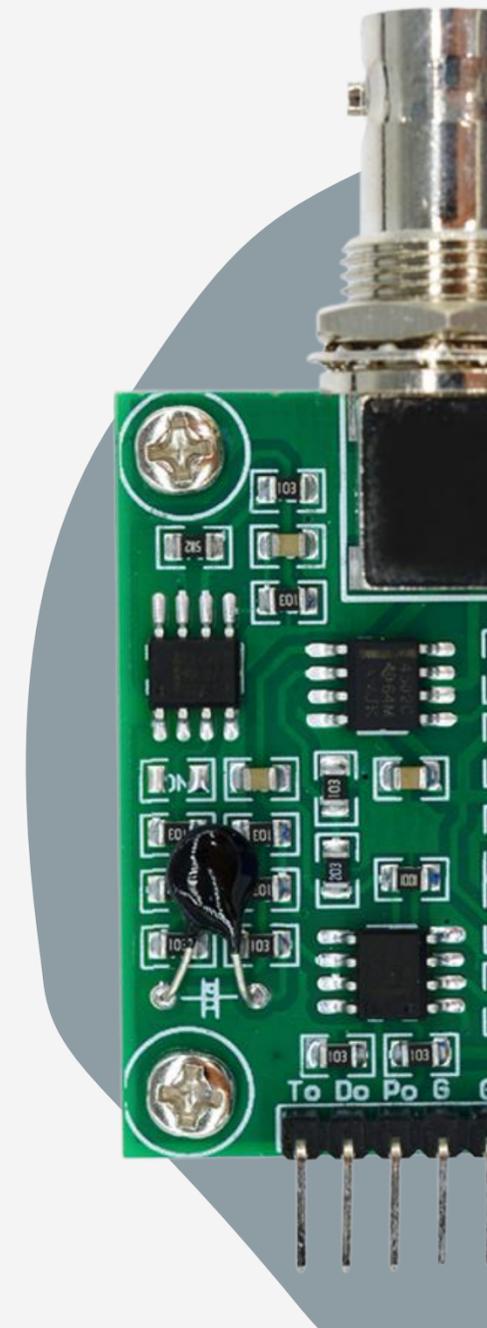


PH4502C

- Sensor composto por circuito e sonda;
 - a sonda lê o pH;
 - o circuito interpreta o resultado da sonda e passa pelo pino Po;
- Pouca documentação online;
- Três circuitos numa só placa:
 - temperatura e detecção de limite (não utilizados);
 - medição → amplificador operacional para dividir voltagem:
 - resultado da sonda varia entre + e - mV, sendo o 0V = pH 7;
 - circuito amplifica sinal para variar de 0V a 5V e pH 7 = 2,5V;
- Necessário dois pontos de calibração → relação linear pH e V;

$$m = \Delta\text{pH}/\Delta V_{\text{pH}} = (\text{pH}_{\text{max}} - \text{pH}_{\text{min}}) / (V_{\text{pHmax}} - V_{\text{pHmin}})$$

$$\text{pH} = \text{pH}_{\text{max}} - (V_{\text{max}} - \text{Po}) * m$$



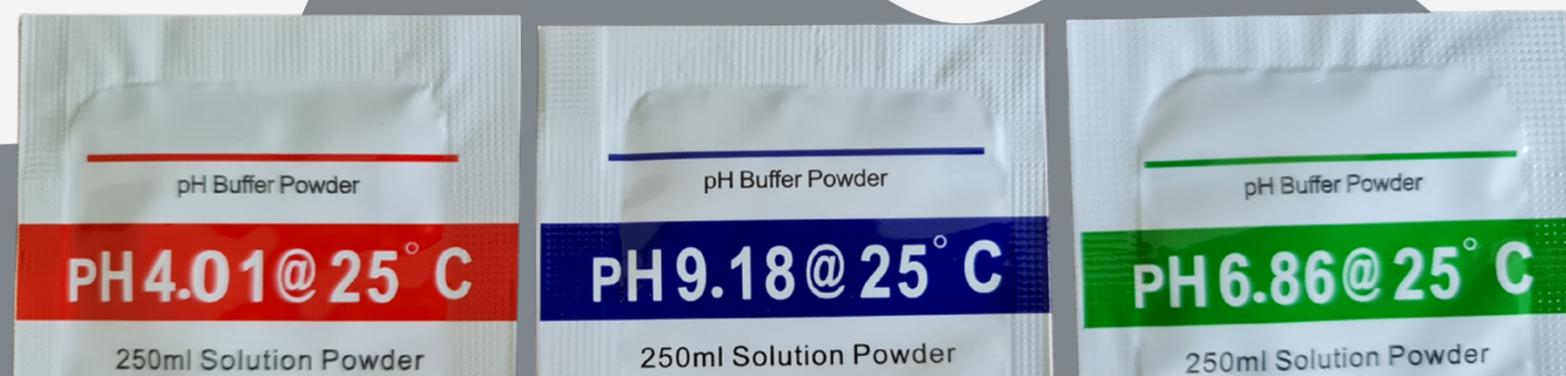
SONDA

- Composta por dois eletrodos internos:
 - medição:
 - composto por fio de prata revestido de cloreto de prata;
 - fica dentro de uma membrana de vidro com solução tampão neutra (KCl);
 - ao entrar em contato com a solução medida é formada uma fina camada de gel entre o vidro e a solução medida e entre o vidro e a solução tampão;
 - as camadas trocam íons H de acordo com a concentração nelas, gerando diferença de potencial proporcional à diferença de concentração de íons;
 - referência:
 - responsável pela precisão;
 - produz potencial elétrico previsível, fica imerso num eletrólito definido (3 mols de KCl);
 - o eletrólito deve estar em contato com o meio medido: uso de diafragma para se difundir ou vazer no meio;
 - tempo de imersão contamina eletrólito;
- Precisão entre pH 2 pH 10.



CALIBRAÇÃO

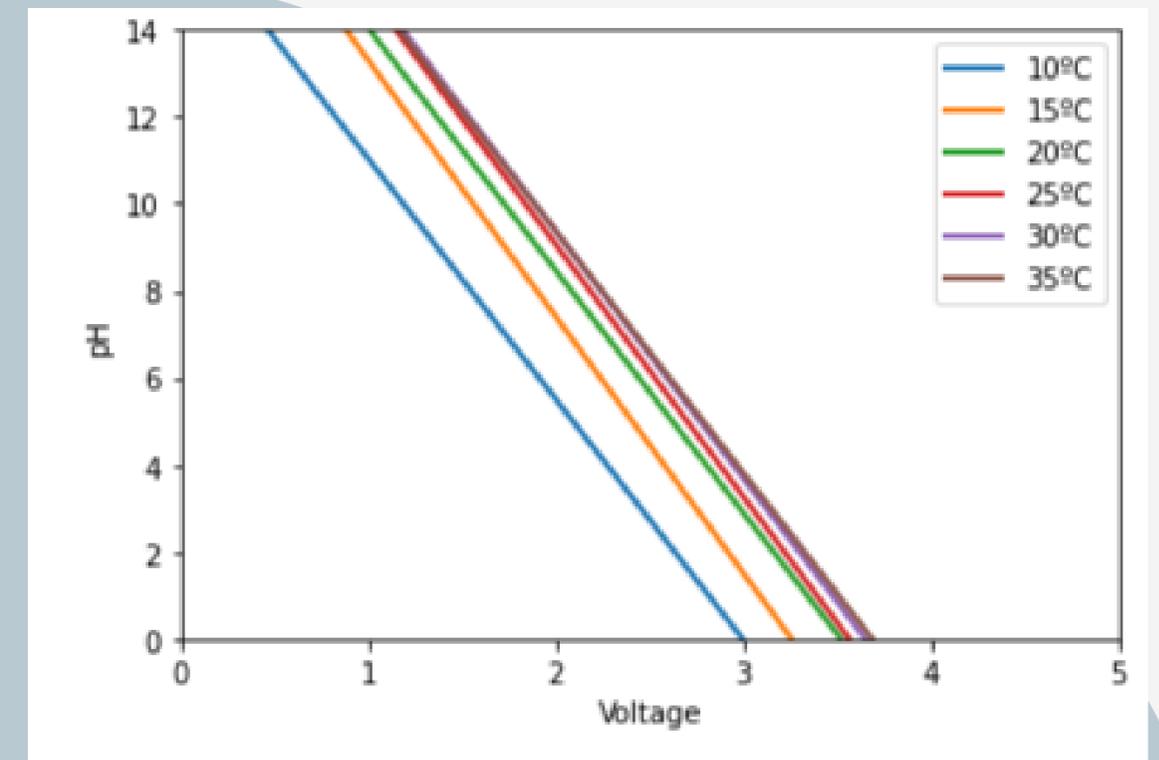
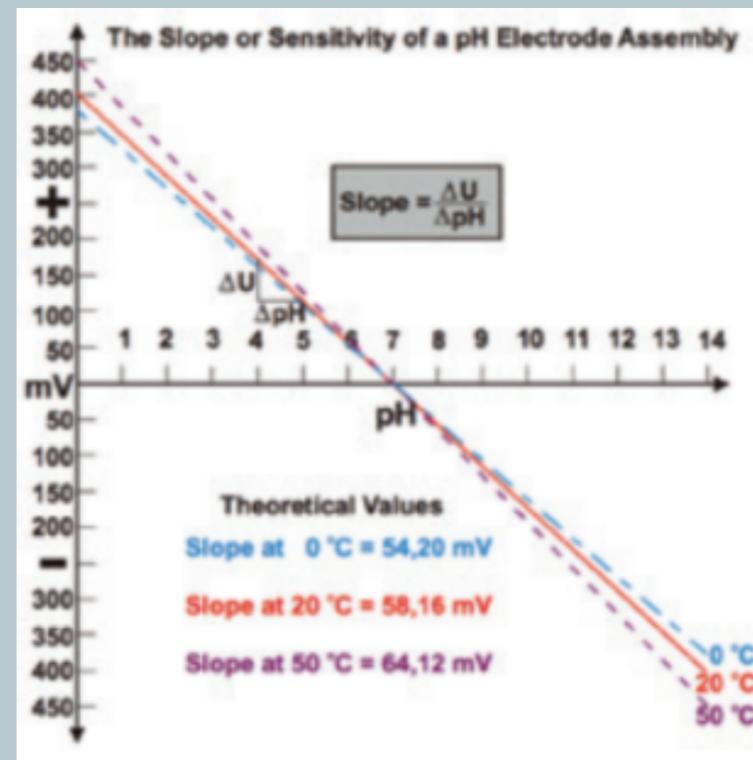
- 1) Ajustar o potenciômetro de compensação da placa para que $\text{pH } 7 = 2.5\text{V}$;
- 2) Medir voltagem para pH mais ácido;
- 3) Limpar a sonda em água deionizada;
- 4) Medir voltagem para pH mais básico;
- 5) Aplicar dados obtidos nas fórmulas;
- 6) Checar o resultado nas três soluções.

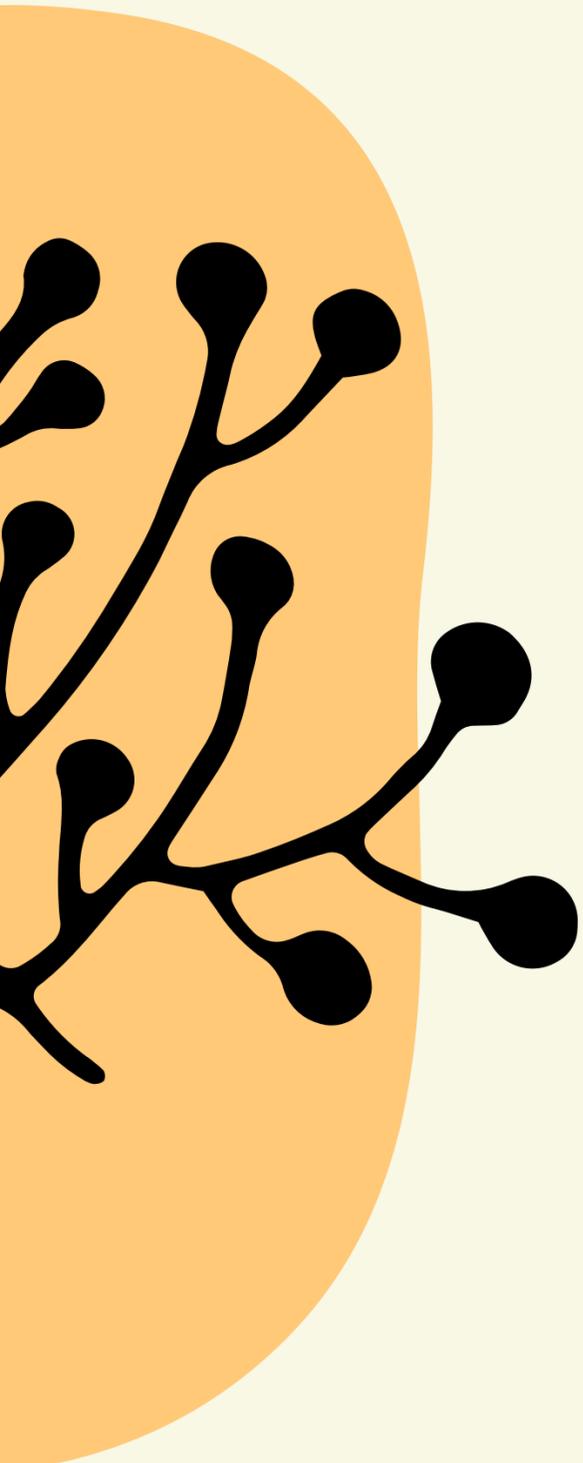


Compensação de temperatura

- O pH varia de acordo com a temperatura: altera a inclinação da reta;
- Sensor menos preciso: altera também posição;
- Solução: descartar a compensação de temperatura e aceitar um resultado menos preciso

°C	pH4.00	pH6.86	pH9.18
10	4.00	6.92	9.33
15	4.00	6.90	9.28
20	4.00	6.88	9.23
25	4.00	6.86	9.18
30	4.01	6.85	9.14
35	4.02	6.84	9.10
40	4.03	6.84	9.07
45	4.04	6.83	9.04
50	4.06	6.83	9.02





API

- Interface de Programação de Aplicação;
- Utiliza protocolo HTTP para requisições;
 - requisição feita com um método GET, POST, UPDATE, DELETE e etc.;
 - resposta com código de status e outros dados;
- No projeto a API persiste dados gerados pela horta num banco de dados e os expõe por *endpoints*;
- Componente opcional: por isso a horta se comunica com o broker e não diretamente com a API;
- Estrutura de visualização e persistência de dados seja escolhida pelo usuário.



BANCO DE DADOS

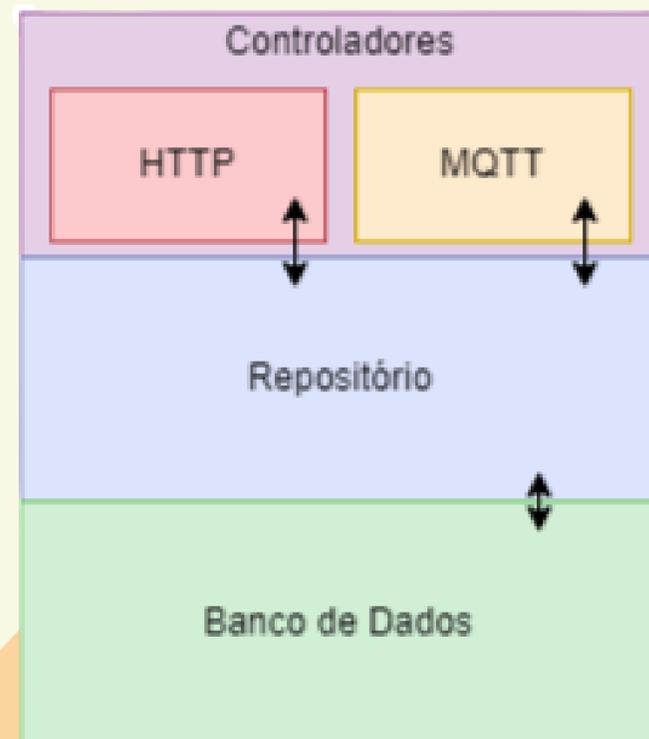
- Tabela de dados: armazena os dados recebidos pela horta em ordem de chegada com sua data e hora (UNIX Timestamp);
- Tabela de culturas: armazena intervalos de tempo dos dados gerados;
- SGBD: PostgreSQL.

Data
Received: long
pH: double
Ec: double
Temperature: double
Illuminance: int
WaterLevel: int

Cultivation
Id: int
Name: string
Description: string
Start: long
End: long

API

- ASP.NET (C#);
- Se conecta ao *broker* para:
 - receber dados da horta e persistir no banco de dados;
 - publicar nos tópicos de led e motor;
- *Endpoints* HTTP expõe dados do banco e permite gravar na tabela de culturas;
- Repositório é a camada de abstração do banco de dados em C# (conexão, read e write);
- Os controladores se comunicam com o repositório para ler e gravar no banco;



Exemplos de endpoint:

`/mqtt/motor/{state}`

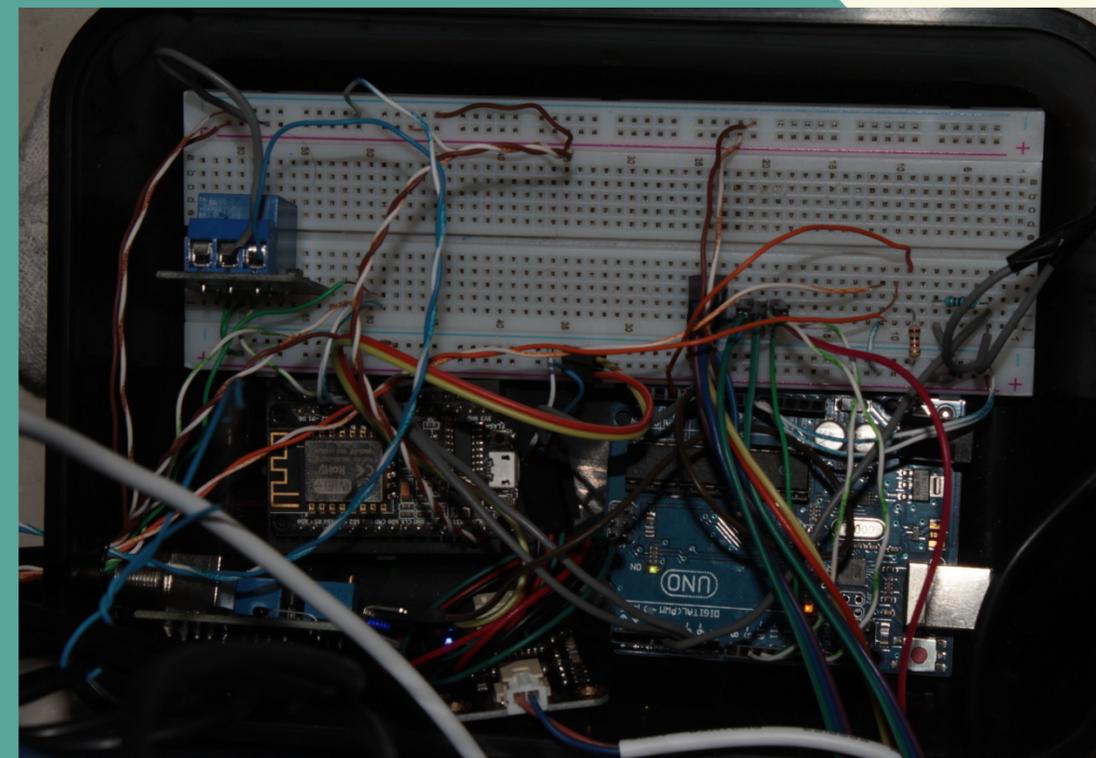
`/mqtt-led/{level}/{state}`

`/data/getall`

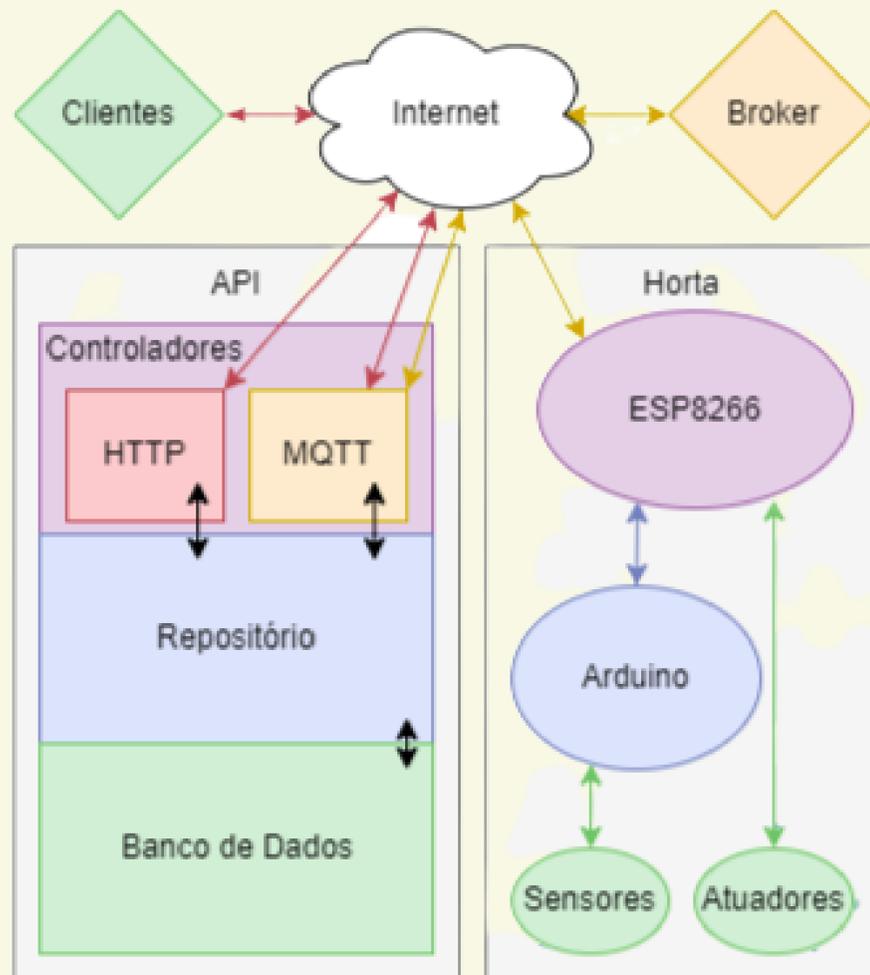
`/cultivation/get&name={name}`

`/cultivation/add`

CONCLUSÃO



CONCLUSÃO



+ New Subscription

Plaintext

success QoS 0

data QoS 0

error QoS 0

debug QoS 0

led QoS 0

Topic: data QoS: 0
{ "t": 26.5625, "pH": 5.998014, "ec": 20.15206, "l": -1, "i": 28 }
2022-01-16 15:56:12:283

Topic: data QoS: 0
{ "t": 26.5 }
2022-01-16 15:56:17:371

Topic: data QoS: 0
{ "t": 26.5625, "pH": 5.970632, "ec": 20.15206, "l": -1, "i": 27 }
2022-01-16 15:56:22:286

Topic: data QoS: 0
{ "t": 26.5 }
2022-01-16 15:56:27:293

Topic: data QoS: 0
{ "t": 26.625, "pH": 5.970632, "ec": 20.12766, "l": -1, "i": 27 }
2022-01-16 15:56:32:310

Topic: data QoS: 0
{ "t": 26.62 }
2022-01-16 15:56:37:338

HortaAPI / GetAll

GET http://localhost:5000/data/getall...

Params Authorization Headers (6) Body Pre-request Script Tests Settings

Query Params

KEY	VALUE
Key	Value

Body Cookies Headers (4) Test Results

Pretty Raw Preview Visualize JSON

```
805     "ec": 2460.855,  
806     "temperature": 24.625,  
807     "illuminance": 1,  
808     "waterLevel": -1  
809   },  
810   {  
811     "received": 1641938744,  
812     "ph": 7.394497,  
813     "ec": 2460.855,  
814     "temperature": 24.625,  
815     "illuminance": 1,  
816     "waterLevel": -1  
817   },  
818   {  
819     "received": 1642339258,  
820     "ph": 5.998014,  
821     "ec": 12.39647,  
822     "temperature": 25.4375,  
823     "illuminance": 19,  
824     "waterLevel": -1  
825   }  
826 }
```

BIBLIOGRAFIA

Desmatamento altera chuvas e prejudica agronegócio, diz estudo. 2021. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2021/09/desmatamento-altera-chuvas-e-prejudica-agronegocio-diz-estudo.shtml>>. Acesso em: 21 jan. 2022.

CHIN, Yap Shien ; AUDAH, Lukman. Vertical farming monitoring system using the internet of things (IoT). 2017.

TAN, Eng-Kee; CHONG, Yung-Wey; NISWAR, Muhammad; *et al.* **An IoT Platform for Urban Farming**. IEEE Xplore. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9163781>>. Acesso em: 13 Aug. 2020.

BENTON JONES, J.. Complete guide for growing plants hydroponically. Boca Raton, Florida: Crc Press, 2014.

HIVEMQ. MQTT & MQTT 5 Essentials. [s.l.]: HiveMQ, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.hivemq.com/download-mqtt-ebook/>>. Acesso em: 3 May 2021.

K. SPRINGER, Erich. **pH Measurement Guide**. [s.l.]: Hamilton, 2014.