



# SISTEMAS EMBARCADOS CONECTADOS A INTERNET DAS COISAS

DAVI V. C. PERDIGÃO  
ERIC HENRIQUE DE C. CHAVES





# Sumário

**1**

Introdução

**2**

Arquitetura

**3**

Tecnologias

**4**

Segurança  
e  
Privacidade

**5**

Desafios  
e  
Tendências  
Futuras

**6**

Conclusão



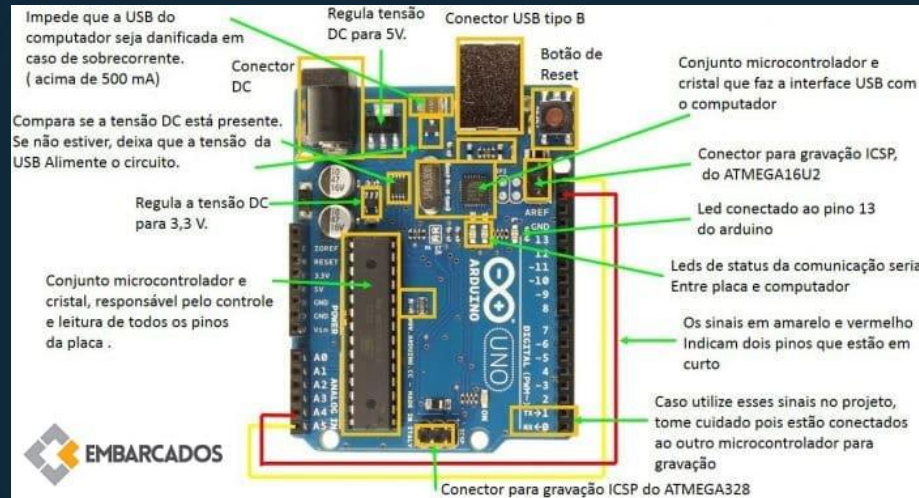
A decorative graphic on the left side of the slide. It features a large central hexagon with a blue-to-teal gradient, containing the white number '1'. Surrounding this central hexagon are several smaller hexagons of varying shades of blue and teal. Some of these smaller hexagons contain white icons: a lightbulb, a thumbs-up, a smartphone, a magnifying glass, and a gear. There is also a network-like icon with a central node and radiating lines, and a speech bubble icon. The entire graphic is set against a dark blue background.

1



# Introdução

- ◇ IoT envolve a interconexão de dispositivos físicos à Internet, permitindo a troca de informações e controle remoto;
- ◇ Os sistemas embarcados são dispositivos eletrônicos com capacidade de processamento, armazenamento e comunicação, incorporados em outros sistemas maiores. Eles têm funções específicas;

Figura 1: Arduino como exemplo de sistema embarcado.




Fonte: Embarcados, 2014.

- 
- ◇ A combinação de sistemas embarcados com IoT possibilita a criação de redes de dispositivos inteligentes, coletando dados em tempo real, transmitindo informações pela Internet e tomando decisões inteligentes;
  - ◇ Automação de processos, monitoramento remoto, análise de dados em larga escala. Isso resulta em maior eficiência operacional, redução de custos, melhor experiência do usuário e criação de soluções inovadoras;
  - ◇ Traz desafios de segurança, como proteção de dados, privacidade, escalabilidade e interoperabilidade. Medidas de segurança são essenciais para garantir a integridade e confidencialidade dos dados transmitidos;
  - ◇ Acompanhar essa tendência é crucial para aproveitar o potencial da IoT.
- 

A decorative graphic on the left side of the slide. It features a large central hexagon with a blue-to-teal gradient, containing the white number '2'. Surrounding this central hexagon are several smaller hexagons of varying shades of blue and teal. Some of these smaller hexagons contain white icons: a lightbulb (top left), a thumbs-up (top center), a smartphone (bottom left), a magnifying glass (bottom center), and a gear (bottom right). There is also a network-like icon with a central node and five connecting lines (top left) and a speech bubble (bottom left).

2

# Arquitetura



Vamos explorar a arquitetura da Internet das Coisas, seus componentes, ferramentas e protocolos que compõem essa tecnologia:

## Identificando o problema

- ◇ a partir desta identificação, como coletar dados que ajudem na tomada de decisão para resolução? Como trafegar e armazenar os dados coletados? Como transformar este dado em informação?

## Plataformas

- ◇ **Arduino** - plataforma de prototipagem. Possui um microcontrolador para conectar os sensores. Desenvolvimento em C/C++;
- ◇ **MCU** - microcontrolador embarcado que possui chip único de sistema operacional real time;
- ◇ **Raspberry Pi** - versão pocket do computador como conhecemos;
- ◇ **Smartphones** - uma grande ferramenta para fazer a coleta de dados.



# Protocolo de comunicação

- ◇ **Publish-subscribe:** a comunicação se dá de forma assíncrona, onde as mensagens são recebidas e distribuídas aos respectivos destinatários através de um broker. Para efeito de comparação, em Request-response, a comunicação se dá de forma síncrona, onde o cliente envia ao servidor uma requisição, e fica aguardando sua resposta.

Figura 2: Comunicação em Request-response.

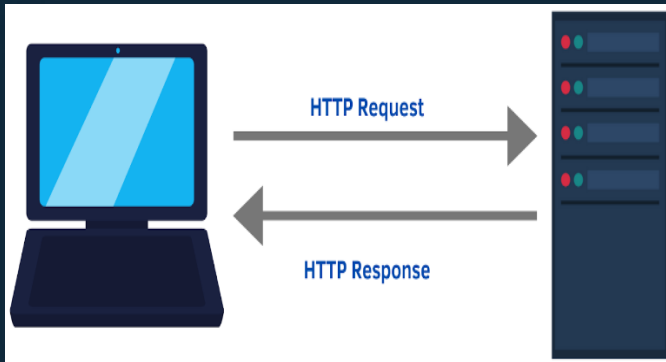
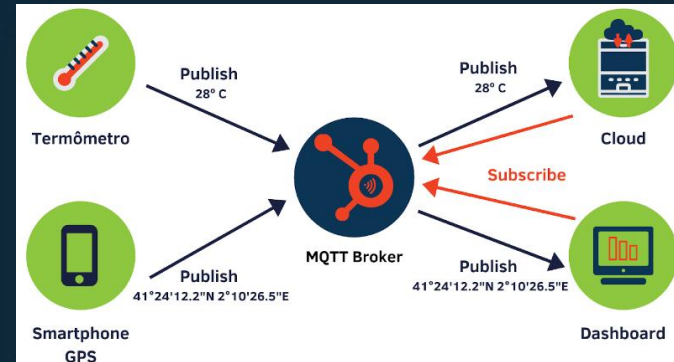


Figura 3: Comunicação em Publish-subscribe.



Fonte: ASONSO, 2020.



# Protocolo de comunicação

- ◇ **MQTT:** Protocolo em tópicos, que são estruturas hierarquicamente criadas para tratar determinado assunto. Os clientes têm liberdade de efetuar a criação de um novo tópico, publicar mensagens, e se inscrever. Para transmissão de dados, o MQTT faz a utilização do TCP. A mensagem MQTT segue um padrão.

Figura 4: Representação gráfica de mensagem MQTT.

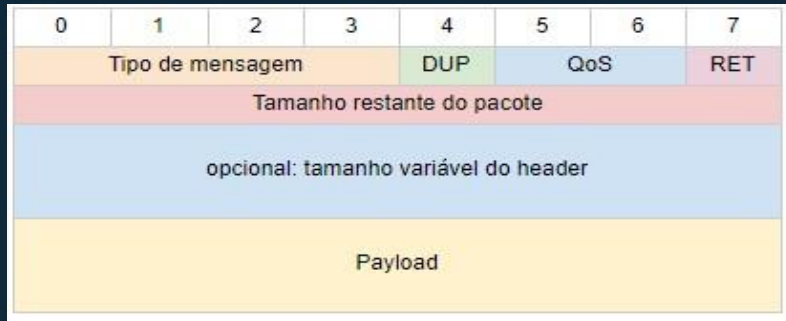


Figura 5: Tipos de mensagem MQTT.

Valor	Nome	Direção	Descrição
0	Reservado	Proibido	Reservado
1	CONNECT	Cliente para Servidor	Requisição do cliente para conectar ao servidor
2	CONNACK	Servidor para Cliente	Reconhecimento da conexão
3	PUBLISH	Cliente para Servidor ou Servidor para cliente	Publicar mensagem
4	PUBACK	Cliente para Servidor ou Servidor para cliente	Reconhecimento da publicação
5	PUBREC	Publicação recebida	Publicação recebida(parte 2 do QoS=1)
6	PUBREL	Cliente para Servidor ou Servidor para cliente	Publicação lançada(parte 2 do QoS=2)
7	<u>PUBCOMP</u>	Cliente para Servidor ou Servidor para cliente	Publicação completa(parte 3 do QoS=2)
8	SUBSCRIBE	Cliente para Servidor	Pedido de inscrição
9	SUBACK	Servidor para cliente	Reconhecimento de inscrição
10	UNSUBSCRIBE	Cliente para Servidor	Pedido de desinscrição
11	UNSUBACK	Servidor para cliente	Reconhecimento de desinscrição
12	PINGREQ	Requisição	Requisição PING
13	PINGRESP	Servidor para cliente	Resposta PING
14	DISCONNECT	Cliente para Servidor	Cliente está desconectado
15	Reservado	Proibido	Reservado

# Protocolo de comunicação

## ◇ QoS (Quality of Service):

1. **QoS 0 (no máximo uma vez):** fire and forget (atirar e esquecer), aqui a mensagem é enviada apenas uma vez e não haverá passos seguintes, dessa forma ela não será armazenada, nem feedback para saber se ela chegou ao destinatário. Modo mais rápido, porém menos seguro;
2. **QoS 1 (pelo menos uma vez):** a mensagem é entregue pelo menos uma vez, havendo uma espera da recepção de feedback da entrega da mensagem (Puback). Não recebendo o Puback, a mensagem continuará sendo enviada até que haja o feedback;
3. **QoS 2 (Exatamente uma vez):** a mensagem é entregue exatamente uma vez, necessitando que seja armazenada localmente no emissor e no receptor até ser processada. Por segurança, é necessário o envio de 2 pares de request-response (chamado de four-part handshake).

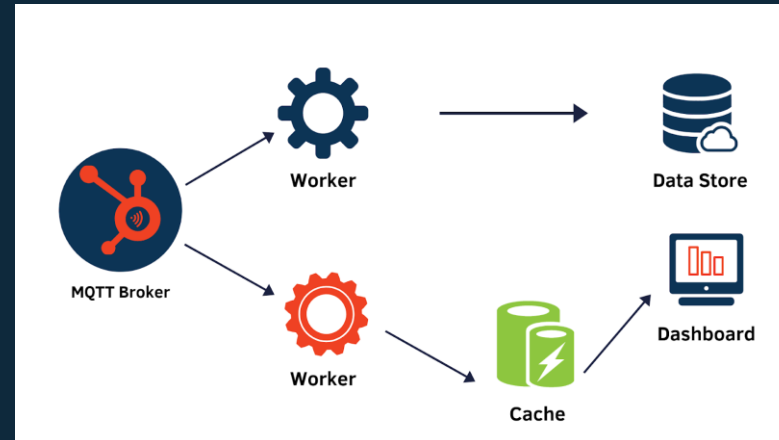


# Nuvem

A escalabilidade oferecida pela nuvem se torna uma grande aliada. Recebe e processa os dados coletados por meio de workers, que são serviços que se inscrevem para receber as informações do intermediário (broker).

No exemplo abaixo, temos dois workers recebendo informações do mesmo tópico e trabalhando de maneiras diferentes. O primeiro recebe dados sobre o uso de energia e temperatura ambiente e armazena. O segundo recebe os mesmos dados, mas envia para uma área de cache onde apenas a última informação é relevante. Esses dados podem ser acessados via web ou mobile.

Figura 6: Exemplo de armazenamento e processamento com workers.



A decorative graphic on the left side of the slide. It features a large central hexagon with a blue-to-teal gradient, containing the number '3'. Surrounding this central hexagon are several smaller hexagons of varying shades of blue and teal. Some of these smaller hexagons contain white icons: a lightbulb, a thumbs-up, a smartphone, a magnifying glass, and a gear. There is also a network-like icon with a central node and several smaller nodes connected by lines.

3

Tecnologias



# Conectividade

- ◇ Conectividade é crucial para sistemas embarcados na IoT. Escolher a tecnologia adequada é essencial para garantir o desempenho, eficiência e segurança;
- ◇ Tecnologias de comunicação principais:
  1. **Wi-Fi:** alta velocidade, mas consome mais energia;
  2. **Bluetooth:** curto alcance, eficiente em energia
  3. **Zigbee:** baixo consumo de energia, ideal para controle e monitoramento;
  4. **LoRa (Long Range):** longo alcance, baixo consumo de energia, útil em áreas rurais ou urbanas com baixa densidade de dispositivos.
- ◇ Protocolos de comunicação utilizados na IoT:
  1. **MQTT:** troca de dados eficiente e leve;
  2. **CoAP:** otimizado para baixa potência e largura de banda restrita;
  3. **HTTP:** protocolo padrão da web.
- ◇ Considerações ao escolher a tecnologia de conectividade: Alcance, Largura de banda, Consumo de energia e Segurança.





# Software

- ◇ O desenvolvimento de software é essencial para o funcionamento dos sistemas embarcados conectados à IoT. É importante considerar a eficiência de recursos, facilidade de desenvolvimento e suporte à conectividade e segurança;
- ◇ **Plataformas de desenvolvimento:** Arduino e Raspberry Pi, por exemplo oferecem um ambiente de desenvolvimento e bibliotecas que facilitam a programação dos dispositivos;
- ◇ **Linguagens de programação:** C/C ++, Python e Java são amplamente utilizadas no desenvolvimento de software para sistemas embarcados;
- ◇ **Frameworks e bibliotecas:** Por exemplo, Node-RED, que permite a criação de fluxos de dados visualmente, e TensorFlow Lite, que facilita a implementação de modelos de aprendizado de máquina em sistemas embarcados;
- ◇ **Sistemas operacionais embarcados:** FreeRTOS, Contiki e TinyOS, são projetados para executar com recursos limitados. Eles oferecem recursos de gerenciamento de tarefas, escalonamento, comunicação e acesso a periféricos;





# Gerenciamento de Energia

- ◇ Aspecto crítico em sistemas embarcados conectados à IoT, especialmente quando se trata de bateria. É essencial garantir a vida útil da bateria, a confiabilidade e a redução do impacto ambiental. Algumas considerações relevantes incluem:
- ◇ **Otimização do consumo de energia:** Isso pode incluir o uso de sensores de baixo consumo de energia, algoritmos de economia de energia e estratégias de desligamento em casa de não uso;
- ◇ **Estratégias de gerenciamento de energia:** Pode ser alcançado por meio de técnicas como hibernação, escalonamento dinâmico de frequência e controle inteligente de energia com base na carga de trabalho;
- ◇ **Eficiência energética na IoT:** Os sistemas embarcados na IoT podem se beneficiar da coleta e análise de dados de consumo de energia. Isso permite identificar padrões de uso, desperdícios e otimizar o consumo em tempo real.



A decorative graphic on the left side of the slide. It features a large central hexagon with a white number '4'. Surrounding this central hexagon are several smaller hexagons of varying shades of blue and cyan. Some of these smaller hexagons contain white icons: a lightbulb, a thumbs-up, a smartphone, a magnifying glass, and a gear. There is also a network-like icon with a central node and several smaller nodes connected by lines.

4

# Segurança e Privacidade





- ◇ **Autenticação e Autorização:** A autenticação forte, como o uso de chaves criptográficas, ajuda a verificar a identidade dos dispositivos e usuários antes de permitir o acesso aos recursos. A autorização adequada deve ser implementada;
- ◇ **Criptografia de Dados:** Os gateways e nuvem devem ser criptografados para garantir a confidencialidade dos dados transmitidos. Isso assegura que os dados não possam ser lidos ou modificados por terceiros não autorizados;
- ◇ **Atualizações de Segurança:** Aplicação regular de patches e atualizações de firmware para corrigir vulnerabilidades conhecidas. Os fabricantes devem fornecer mecanismos de atualização seguros e simples;
- ◇ **Monitoramento e Detecção de Anomalias:** Análise de padrões de tráfego, detecção de intrusões e análise de dados em tempo real para identificar possíveis ameaças e violações de segurança;
- ◇ **Privacidade dos Dados:** As práticas de coleta, armazenamento e uso de dados devem ser transparentes e informadas aos usuários, com opções claras de consentimento e controle sobre o compartilhamento e uso dos dados;
- ◇ **Segurança Física:** Dispositivos protegidos contra acesso não autorizado, fisicamente ou por proteções de rede, como firewalls e detecção de intrusões.



A decorative graphic on the left side of the slide. It features a large central hexagon with a white number '5'. Surrounding this central hexagon are several smaller hexagons of varying shades of blue and cyan. Some of these smaller hexagons contain white icons: a lightbulb, a thumbs-up, a smartphone, a magnifying glass, and a gear. There is also a network-like icon with a central node and several connecting lines.

5

# Desafios e Tendências Futuras





# Conclusão

A interconexão dos sistemas embarcados à IoT traz benefícios como eficiência operacional, redução de custos e maior segurança. No entanto, também apresenta desafios, como segurança dos dados e privacidade. É importante acompanhar as tendências tecnológicas para aproveitar todo o potencial da IoT, como computação em nuvem e inteligência artificial. A colaboração entre empresas, pesquisadores e governos é fundamental para superar desafios e impulsionar a inovação. A responsabilidade e a segurança dos dados são essenciais para criar um futuro mais conectado e inteligente.





Obrigado!



# Referências Bibliográficas

- ◇ Antonopoulos, A., & Gillam, L. (2017). **The Internet of Things: Living in a Connected World.** Syngress.
- ◇ Barros, E., & Farias, M. C. (2017). **Internet das Coisas (IoT): Conceitos, Arquiteturas e Aplicações.** Novatec Editora.
- ◇ Gu, Y., Wang, Z., Khandelwal, A., & Wu, W. (2018). **IoT Based Intelligent Embedded Systems: Paradigms, Technologies, and Applications.** Springer.
- ◇ Liu, J., & Jiang, H. (2019). **Internet of Things: Advances, Challenges, and Opportunities.** CRC Press.
- ◇ Roisenberg, M., Ferreira, D., & Fagundes, L. (2017). **Internet das Coisas: Aplicações e Desafios.** Editora UFSM.
- ◇ Silva, R., & Silva, R. (2019). **Internet of Things: Principles and Paradigms.** Wiley.
- ◇ Vermesan, O., & Friess, P. (Eds.). (2014). **Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems.** River Publishers.

