

Introdução à Orquestração para Internet da Coisas com Tecnologias Nativas da Nuvem

José Costa, Carlos Resende, João Oliveira, Fernando Rego, Filipe Sousa e **Waldir Moreira**

waldir.junior@aicos.fraunhofer.pt

Fraunhofer Portugal AICOS

REMARKABLE TECHNOLOGY, EASY TO USE

XVIII Escola Regional de Informática Norte 2 (ERIN2) – Macapá, Amapá, Brasil – Agosto 2025

Waldir Aranha Moreira Júnior

Macapaense da gema !!!

- Nov/1980
- Baixada do Japonês, Perpétuo Socorro
- Núcleo Amapaense de Ensino (NAE)
- Percurso acadêmico
 - 1999 - 2001: Bacharelado em Ciência da Computação – The University of Lethbridge (Canadá)
 - 2002 - 2005: Bacharelado em Ciência da Computação – Universidade da Amazônia (Brasil)
 - 2006 - 2008: Mestrado em Ciência da Computação – Universidade Federal do Pará (Brasil)
 - 2009 - 2014: Doutorado em Telecomunicações – Universidades do Minho, Aveiro e Porto (Portugal)
- Fraunhofer Portugal AICOS
 - 2016: Pesquisador Sênior – Connected Things

Fraunhofer Portugal

Contexto Institucional

ASSOCIAÇÃO FRAUNHOFER PORTUGAL RESEARCH



2008 | Instituição de
Investigação Sem Fins
Lucrativos



Fraunhofer Portugal

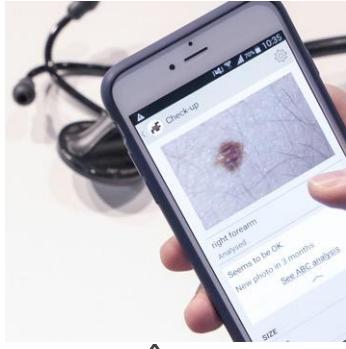
Temas de Inovação e Áreas Científicas



SOLUÇÕES COGNITIVAS CONECTADAS



AGRICULTURA DIGITAL



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL RESPONSÁVEL



TECNOLOGIA DE SAÚDE DESCENTRALIZADA

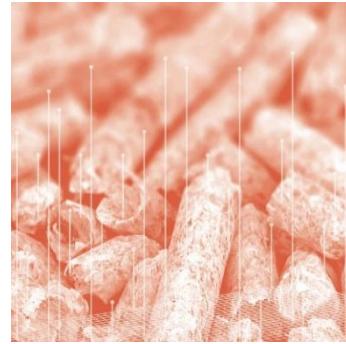


VIVER E ENVELHECER COM DADOS

AICOS, Centro de Investigação para Soluções de Comunicação e Informação Assistidas



PRODUÇÃO AGRÍCOLA SUSTENTÁVEL



BIOENERGIA



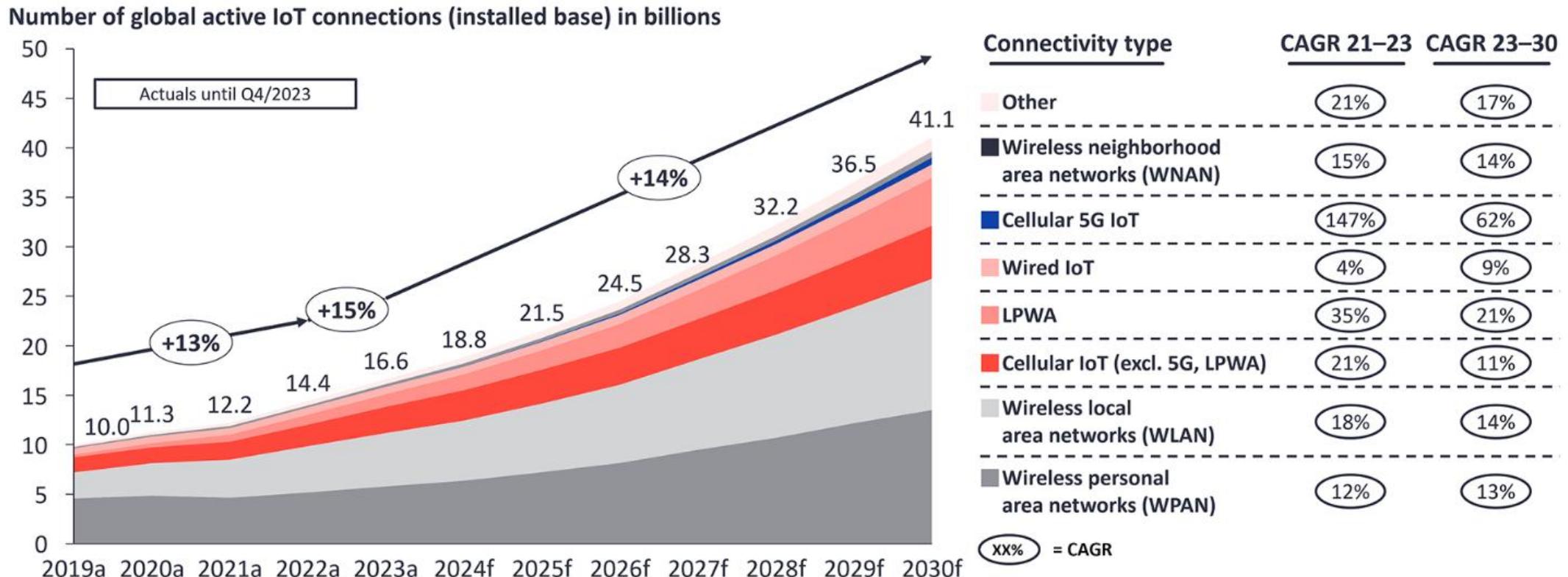
TRATAMENTO DE ÁGUA

AWAM, Centro de Investigação para Agricultura Inteligente e Gestão da Água



Contexto

Crescimento da Internet das Coisas (IoT)

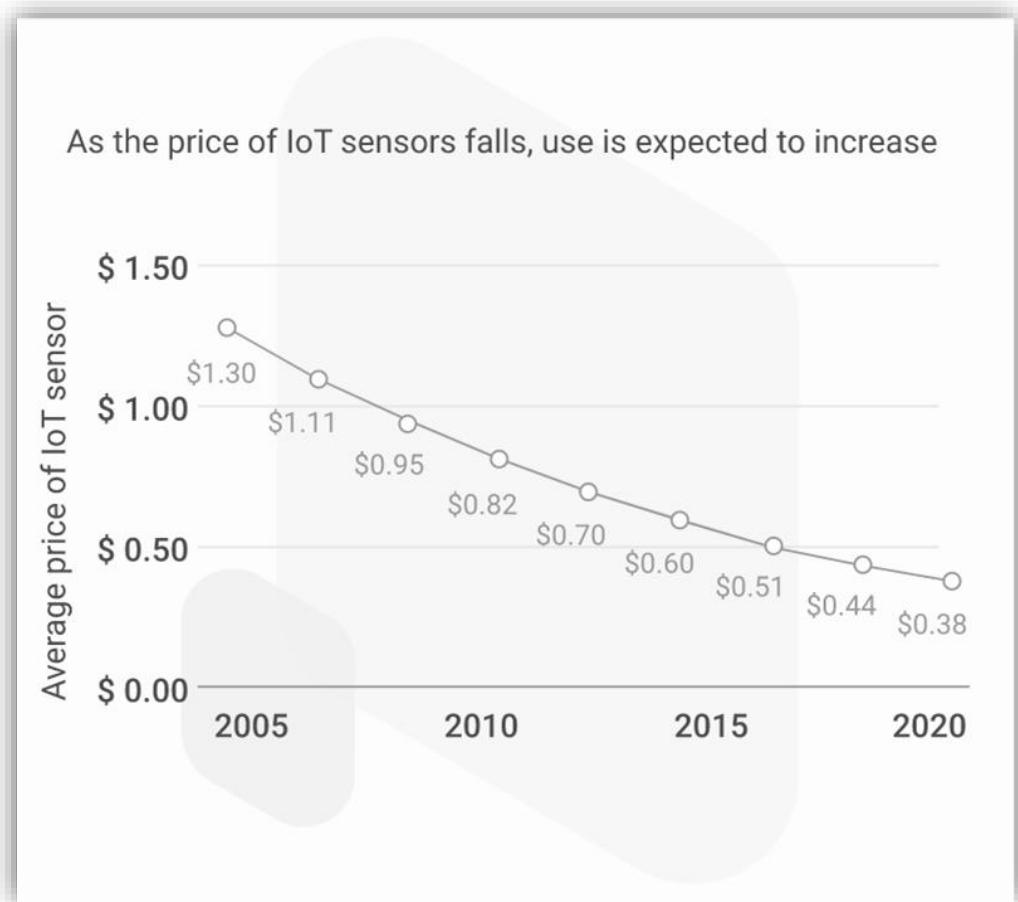


Fonte: IoT Analytics Research 2024-State of IoT Summer 2024 (<https://iot-analytics.com/number-connected-iot-devices/>)

Contexto

Popularidade da IoT

- Preços de tecnologia mais baixos (e em queda)
 - Custo do hardware
 - Custo de conectividade
 - Evolução da tecnologia
- Conectividade avançada
 - Wi-Fi e Bluetooth
 - 4G e 5G
 - Redes de longa distância de baixa potência
- Análise avançada
 - Big Data
 - Inteligência artificial



Fonte: Microsoft, 2019 Manufacturing Trends Report

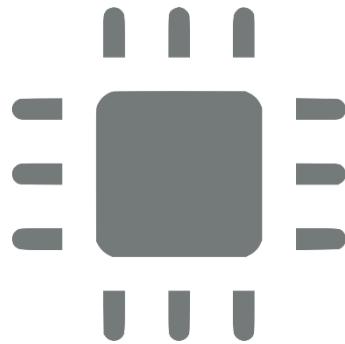


GRANDE
OPORTUNIDADE

Componentes



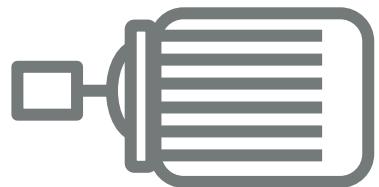
Sensores



Microcontrolador/
Microprocessador



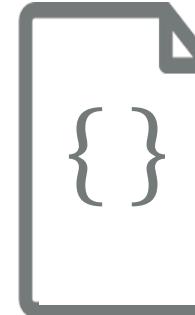
Energia



Atuadores



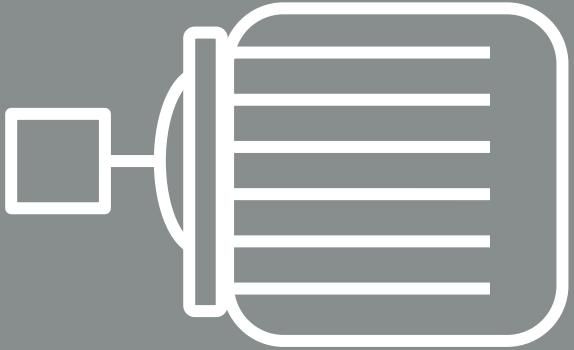
Interface
de rede



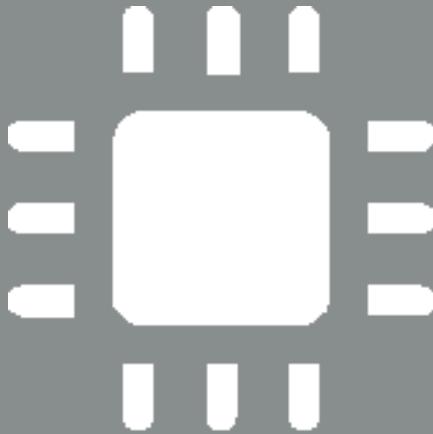
Firmware



- Temperatura, Umidade, Pressão Atmosférica
- Luminosidade (luz)
- Vibração
- Qualidade do ar: CO₂, Compostos Orgânicos Voláteis
- Ruído
- Pó
- GPS
- Unidade de Medida Inercial: Acelerômetro, Magnetômetro, Giroscópio
- Localização interna
- Câmeras/Dispositivo de carga acoplada ou CCD (charge-coupled device)
- Movimento



- Acionamento por pente
- Eletro válvula
- Motor elétrico
- Atuador piezoeletrico
- Servomecanismo
- Solenóide
- Motor deslizante
- Macaco de parafuso



- O MCU pode ser visto como um computador de chip único
- O MPU possui chips circundantes que suportam várias funções, como memória, interfaces e E/S

MCU/MPU e placas de desenvolvimento



Jetson Nano



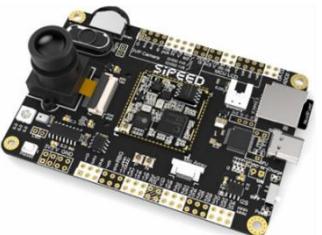
Jetson AGX Xavier



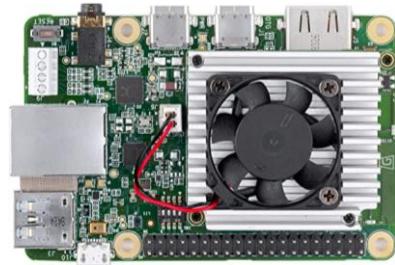
Intel Neural Compute Stick 2



Arduino



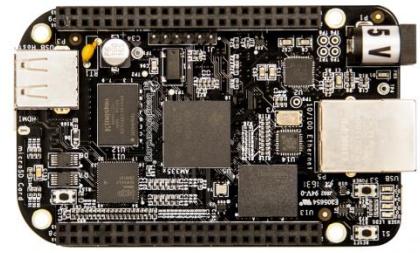
Sipeed MAIX GO



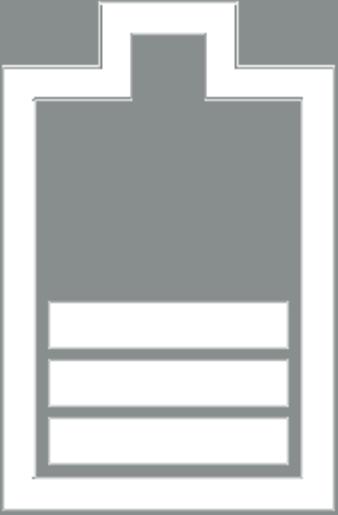
Google Edge TPU Coral



Raspberry Pi



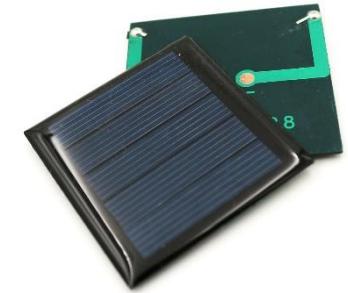
Beaglebone



Bateria



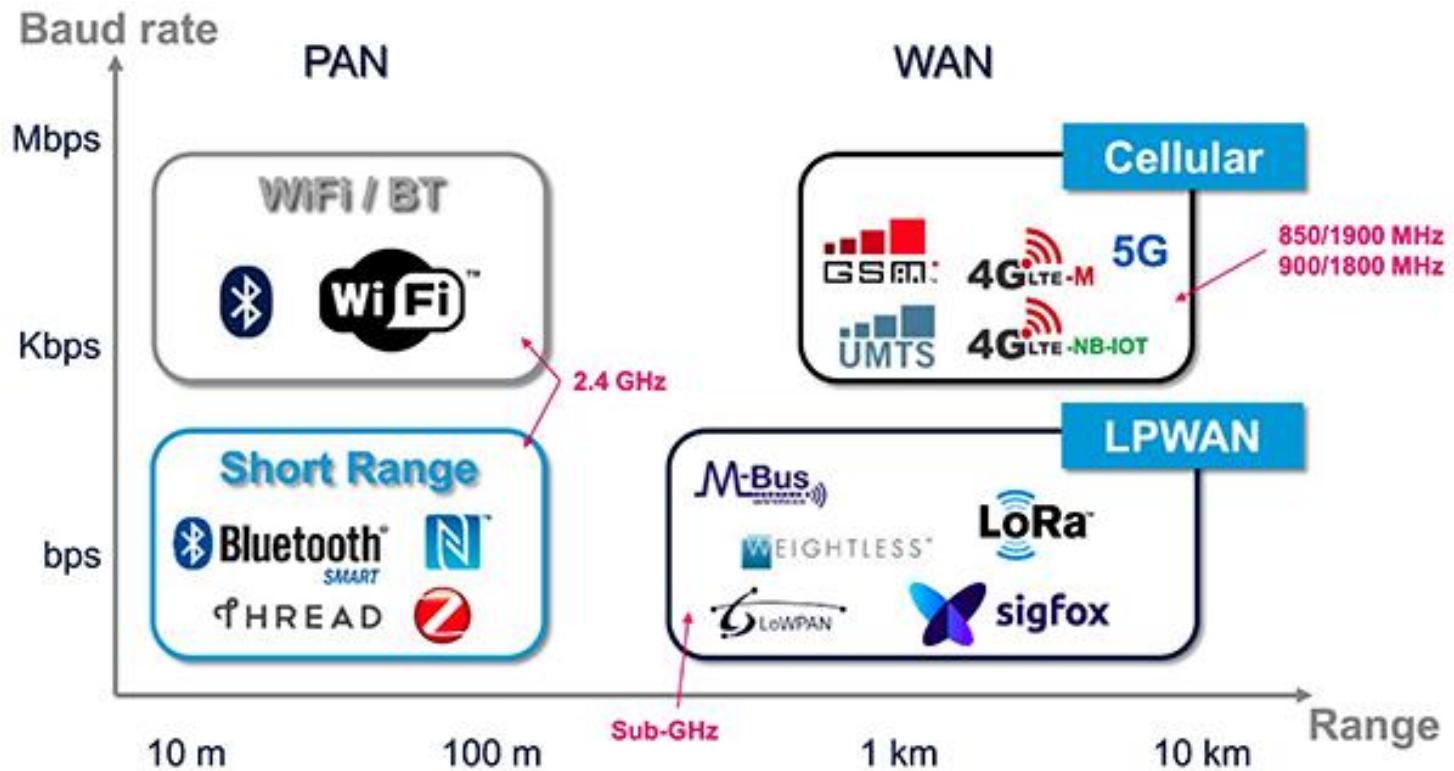
Tomada/Plugue de alimentação (CA)



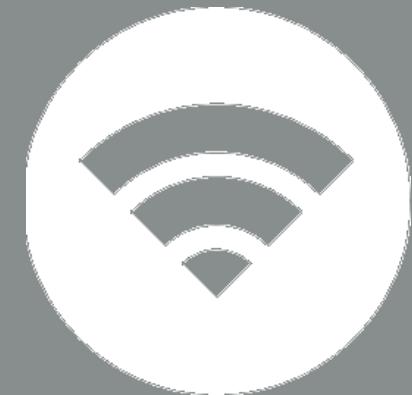
Captação

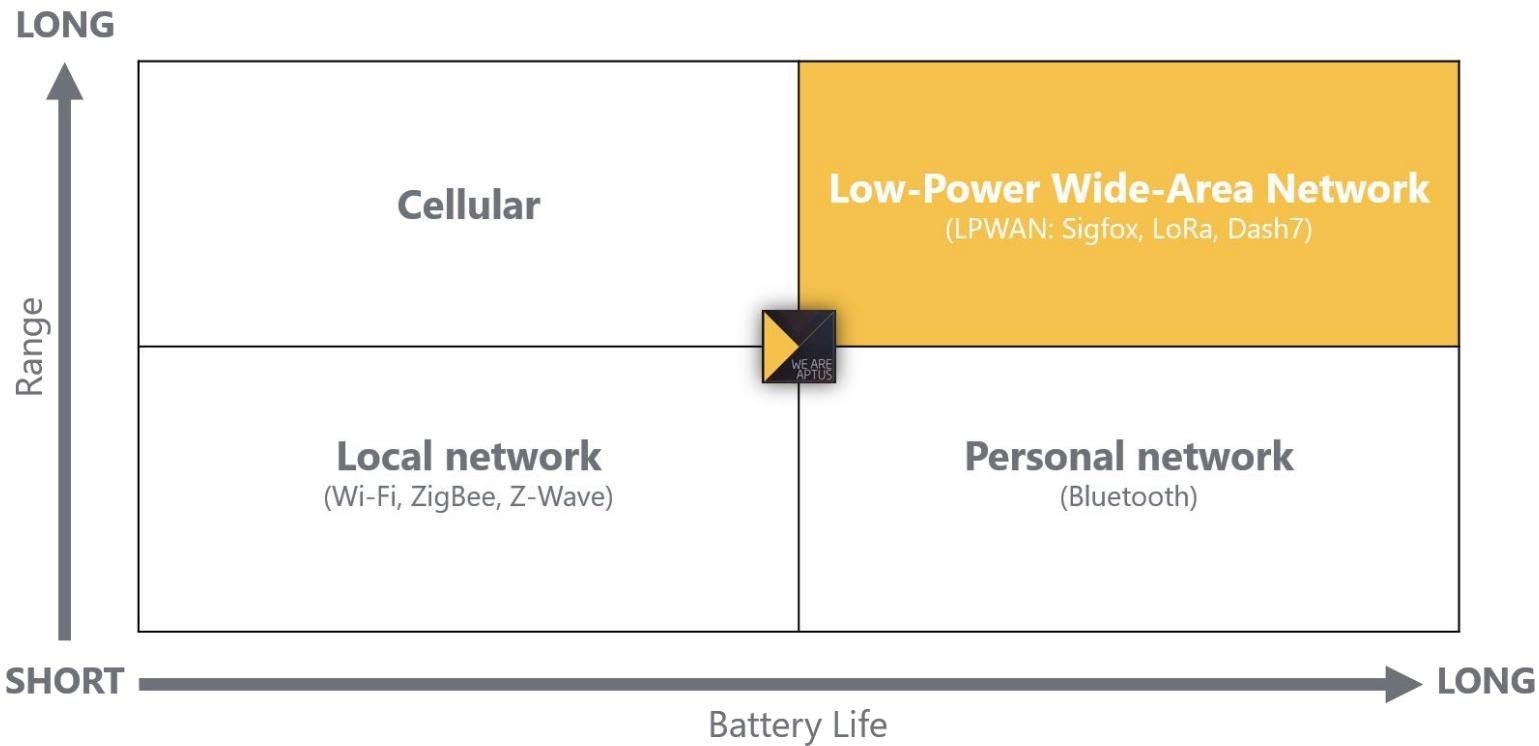


- Cinético
- Fotovoltaico
- Termoelétrico
- Cristal piezoelétrico
- Micro turbina eólica
- Ondas de rádio
- Vibração
- Fluxo de fluido



Fonte: STMicroelectronics





Fonte: Long-range radios will change how the Internet of Things communicates, Nov 2016

LPWA

- Redes de longa distância de baixa potência
- Baixa taxa de transferência de dados = Alta sensibilidade = Longo alcance
- Custo relativamente baixo
- Acesso múltiplo = arquitetura um-para-muitos
- Usando espectro licenciado ou não licenciado



Espectro sem licença/não licenciado

NB-IoT



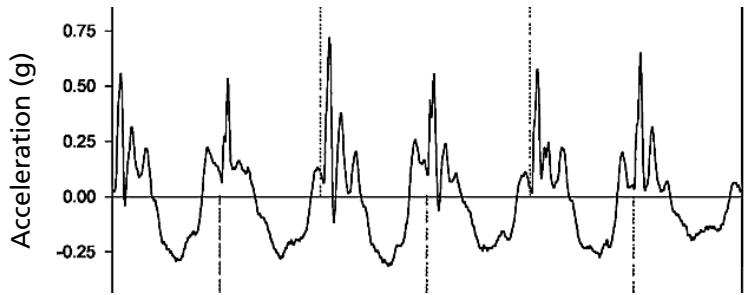
Espectro licenciado



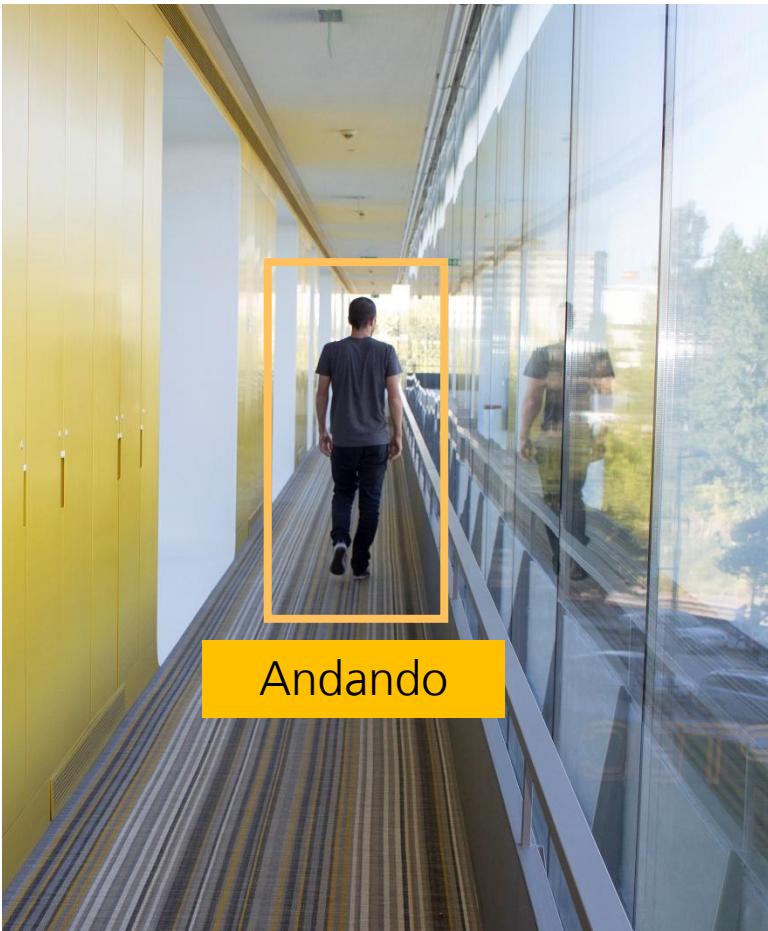
- Firmware é uma classe específica de software de computador que fornece o controle de baixo nível para o hardware específico de um dispositivo
- Contêm funções básicas de um dispositivo e podem fornecer serviços de abstração de hardware para software de nível superior, como sistemas operacionais
- A atualização do firmware requer que os circuitos integrados da ROM sejam substituídos fisicamente ou que a EPROM ou a memória flash sejam reprogramadas por meio de um procedimento especial

Caso de uso de IoT

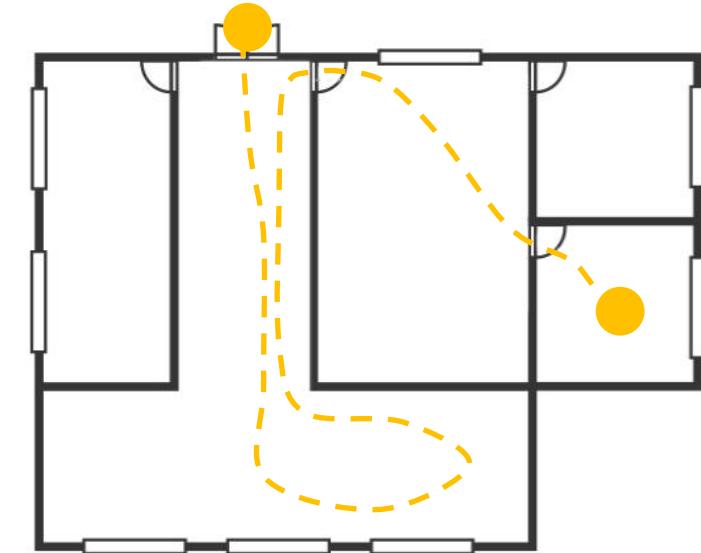
Rastreamento de movimento



Medição inercial



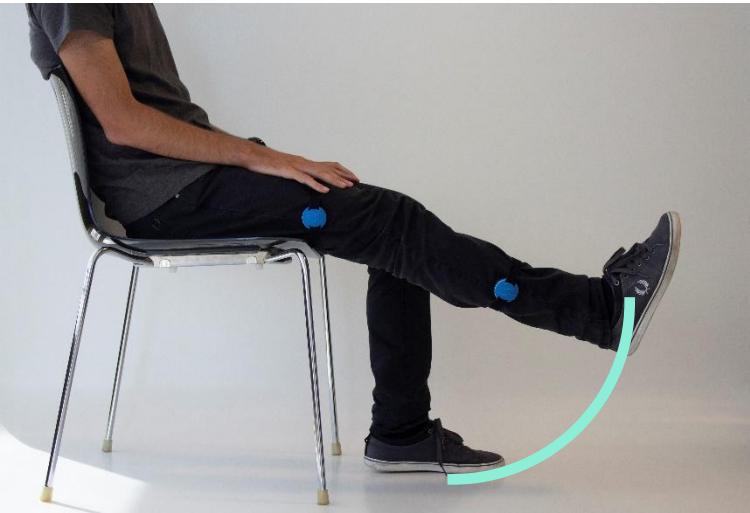
Reconhecimento de atividade/detecção de eventos



Rastreamento interno

Caso de uso de IoT

Dispositivo vestível



Taxa

Direção

Correspondência

Eixo

Plano

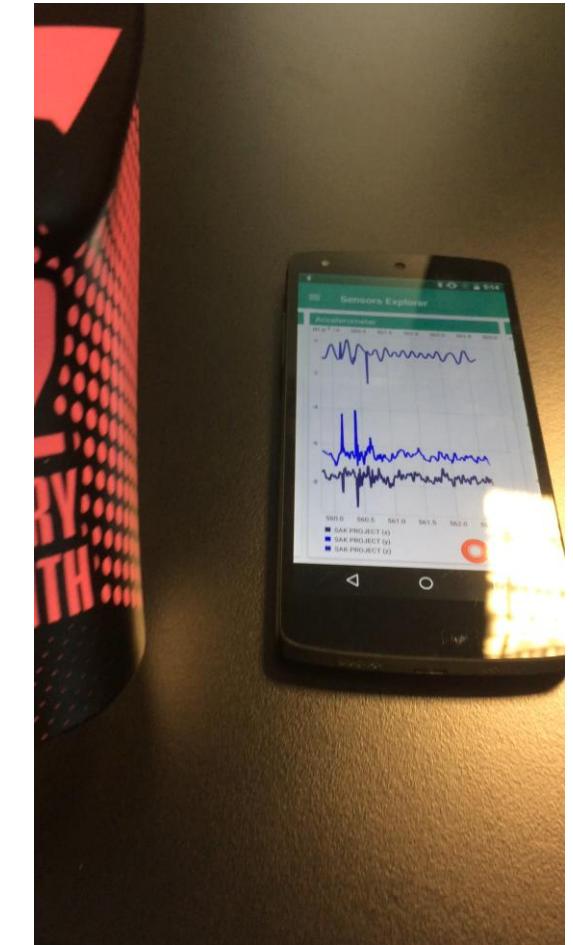
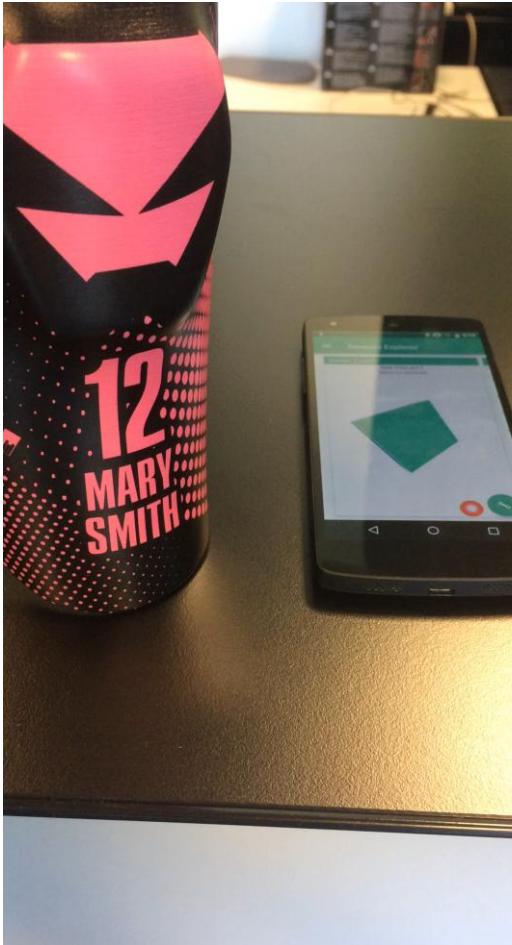
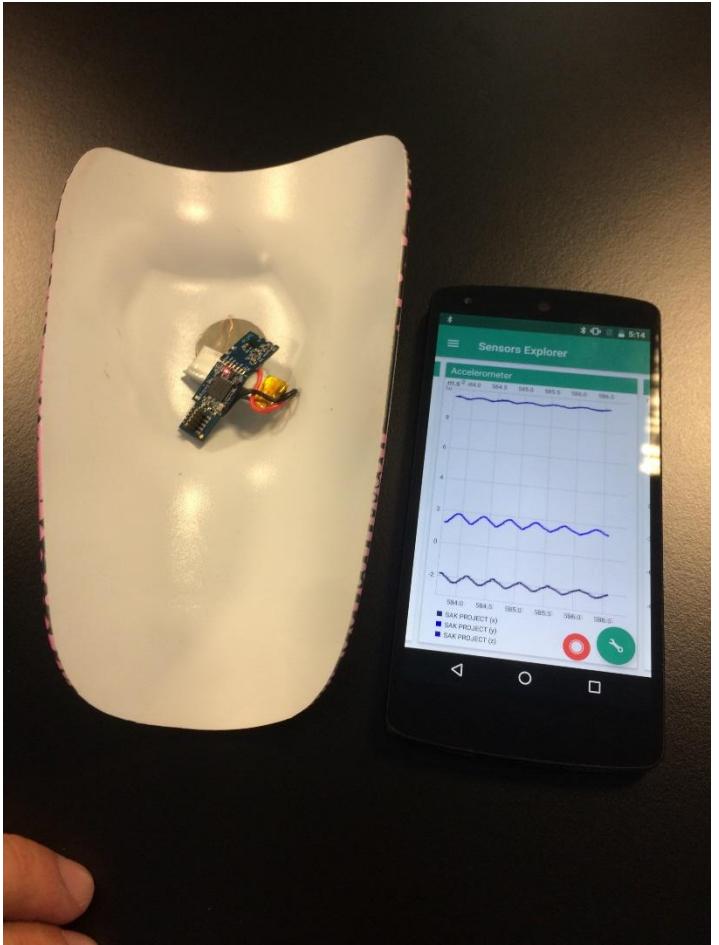
Perfil

Amplitude de movimento

Postura

Caso de uso de IoT

Dispositivo vestível



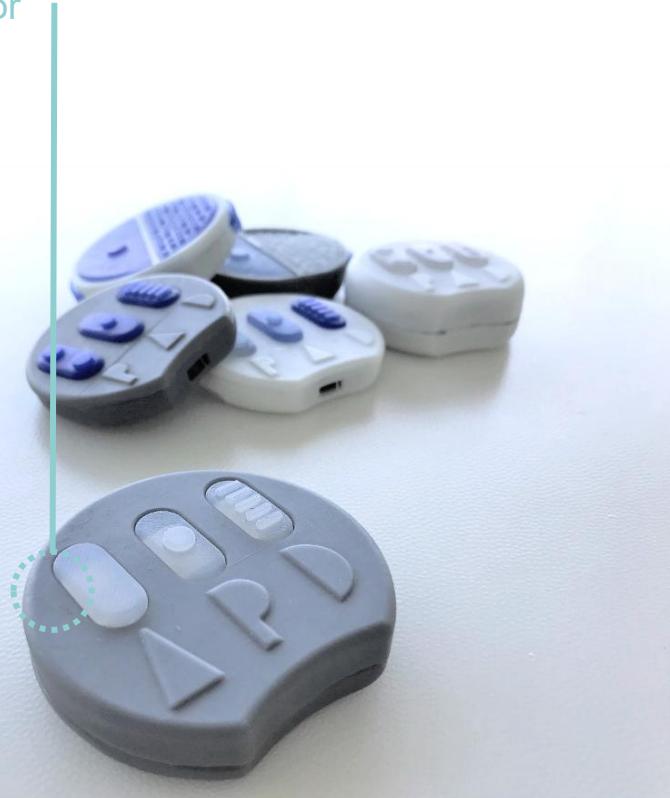
Caso de uso de IoT

Trabalhador industrial

Apoio Social

Pressão

Dor



Auto-relato

Temperatura

Umidade

Iluminação

Ruído



Ambiente

Risco ergonômico
(EAWS, RULA)

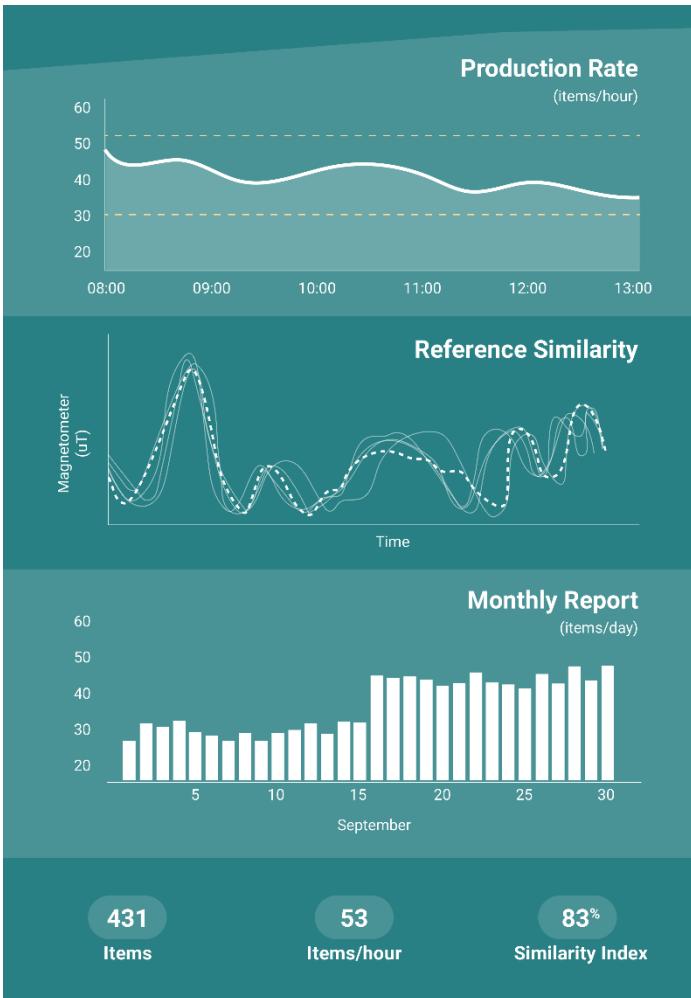


Ergonomia/Produtividade

Caso de uso de IoT

Ergonomia na manufatura

- Tarefas repetitivas são identificadas como um fator de risco associado à atividade laboral
- Produtividade
 - Número de peças
 - Eficiência geral da estação de trabalho
 - Inatividade
- Ergonomia
 - Rapid Upper Limb Assessment (RULA)
 - Ergonomic Assessment Work-Sheet (EAWS)
 - Índice de deformação (SI)



Áreas de aplicação de IoT

Principais áreas de aplicação

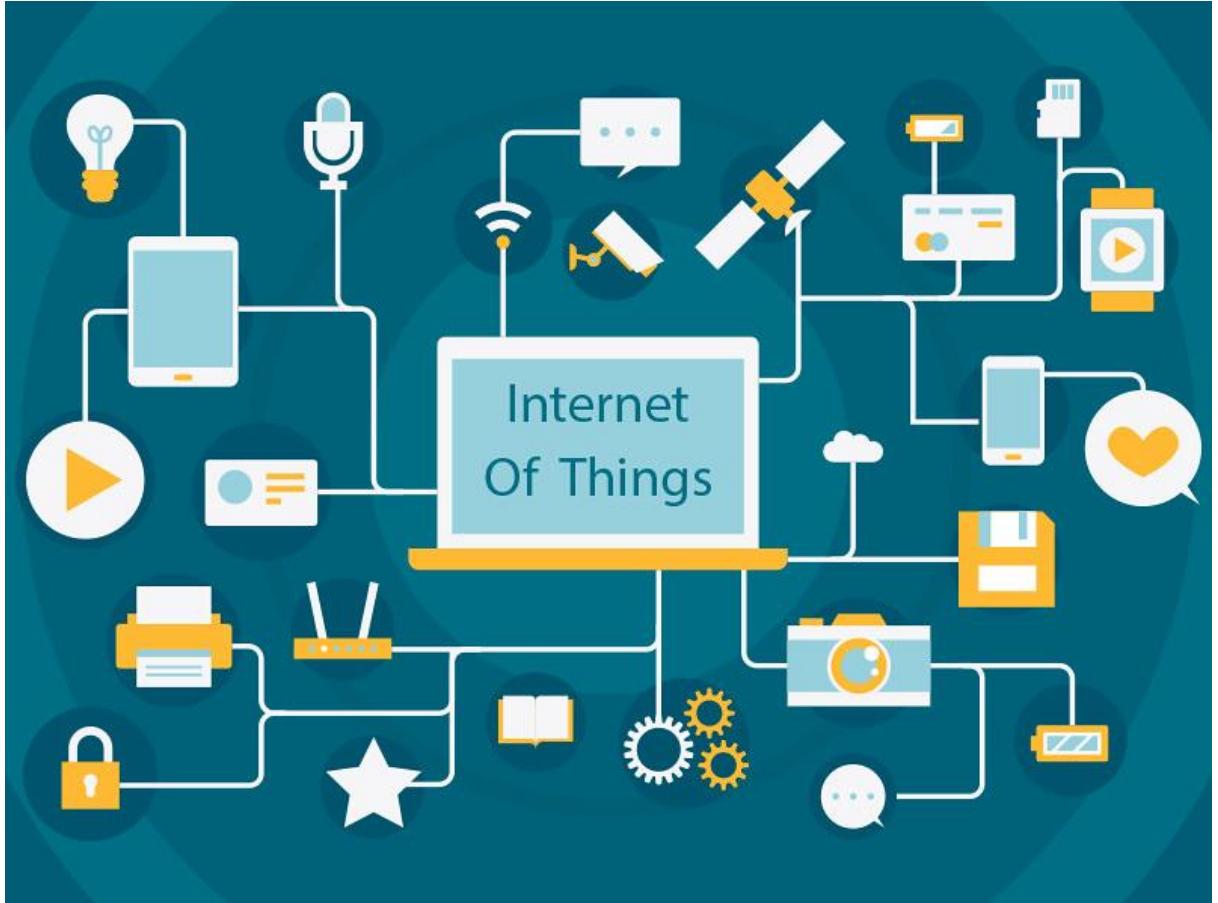
- Industrial e Manufatura
 - Manutenção preditiva, rastreamento de ativos, gêmeos digitais
 - Qualidade do produto e otimização da produção
- Cidades inteligentes
 - Gestão do tráfego, utilização de energia, qualidade do ar
 - Detecção de incidentes
- IA na borda
 - Análise em tempo real de câmeras, sensores e drones



Desafios da IoT

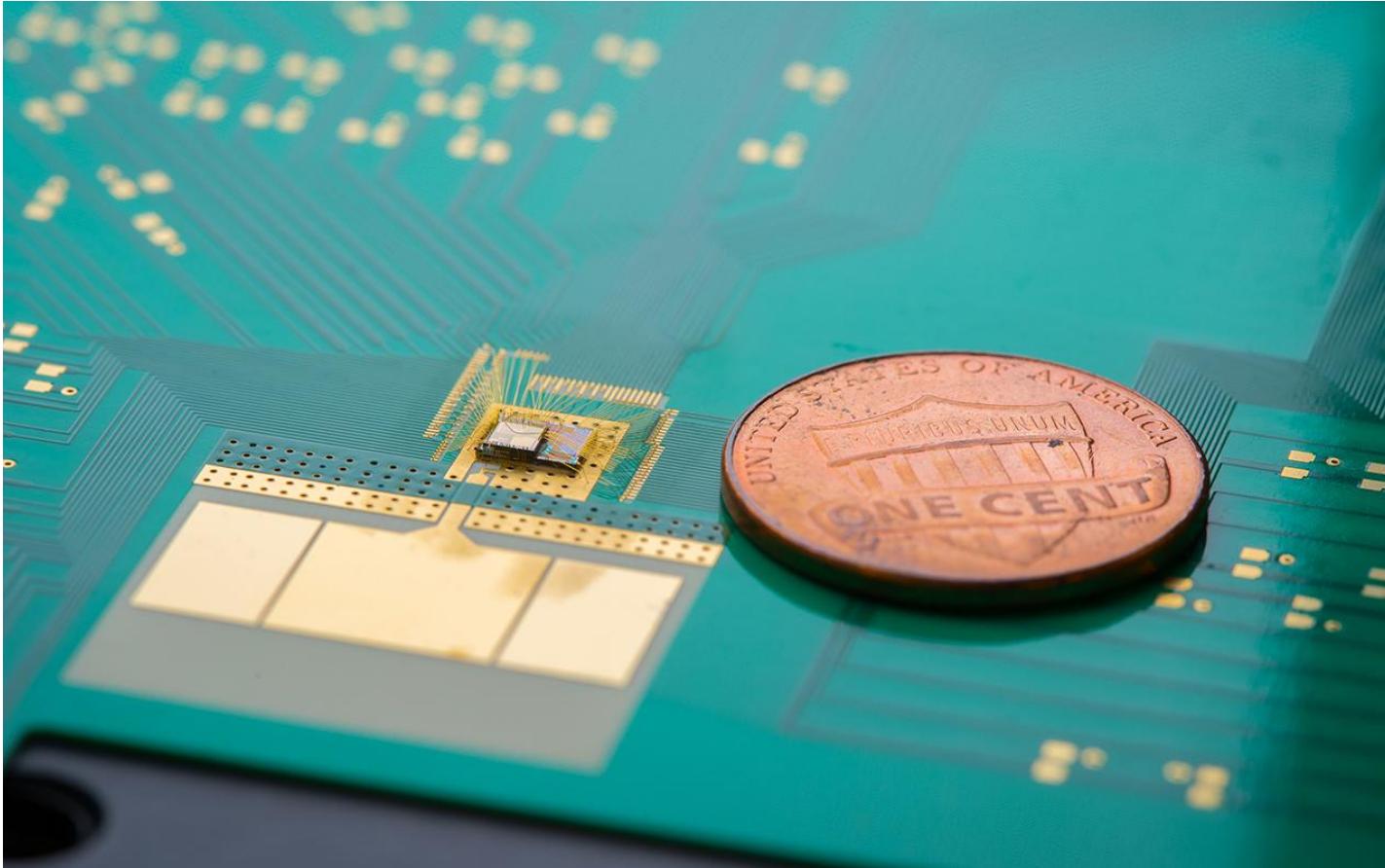
Dispositivos heterogêneos

- Diferentes tipos de especificações de hardware e sistemas operacionais
- Protocolos de comunicação (Wi-Fi, BLE, Zigbee, LoRa, NB-IoT)
- Gerenciamento de dispositivos com diferentes arquiteturas, limites de recursos e plataformas



Desafios da IoT

Limitações de recursos



- Recursos limitados
 - CPU, memória, energia e armazenamento restritos
- Conectividade não confiável
 - Conexões de rede intermitentes ou de baixa largura de banda
- Eficiência energética
 - Dispositivos alimentados por bateria requerem operação de baixo consumo de energia

Desafios da IoT

Escalabilidade e interoperabilidade



- Gerenciamento massivo de dispositivos
 - Dificuldades em atualizar, monitorar e manter um número crescente de dispositivos IoT
- Sobrecarga de dados e tensão na rede
 - Altos volumes de dados podem sobrecarregar o armazenamento, os sistemas de processamento e as redes de comunicação
- Interoperabilidade
 - Garantir a compatibilidade entre diversos dispositivos e protocolos

Desafios da IoT

Segurança

- Ataques no nível do dispositivo
 - Adulteração física
 - Explorações de firmware
- Ataques no nível da rede
 - Homem no meio (MitM)
 - Detecção de pacotes
 - Negação de serviço (DoS)
- Ataques de nuvem/back-end
 - Acesso não autorizado à API
 - Violações de dados
 - Malware em serviços em nuvem



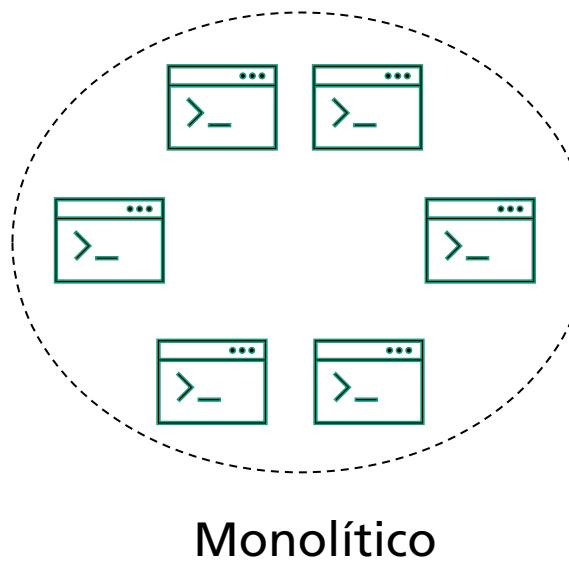


CONCEITOS NATIVOS DA NUVEM

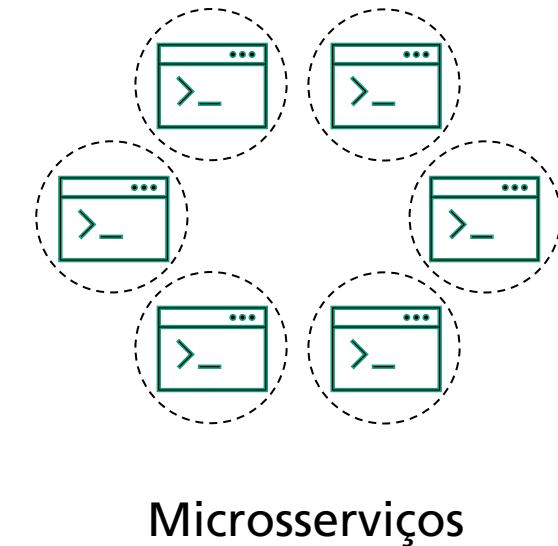
Conceitos nativos da nuvem

Microsserviços e seus paradigmas

- Características dos microsserviços:
 - Separação de responsabilidades
 - Comunicação assíncrona
 - Escalabilidade
 - Potencializa a computação distribuída
 - Potencializa/facilita a automação do desenvolvimento e implantação de software



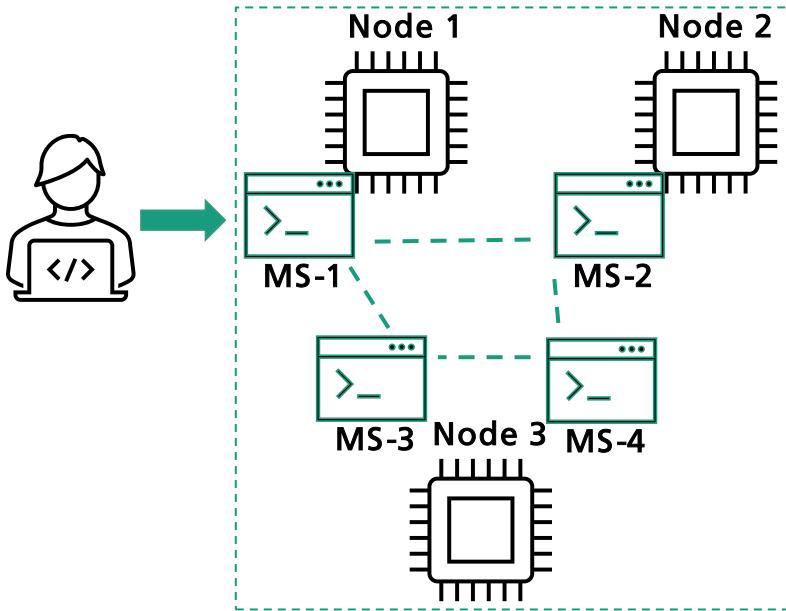
VS.



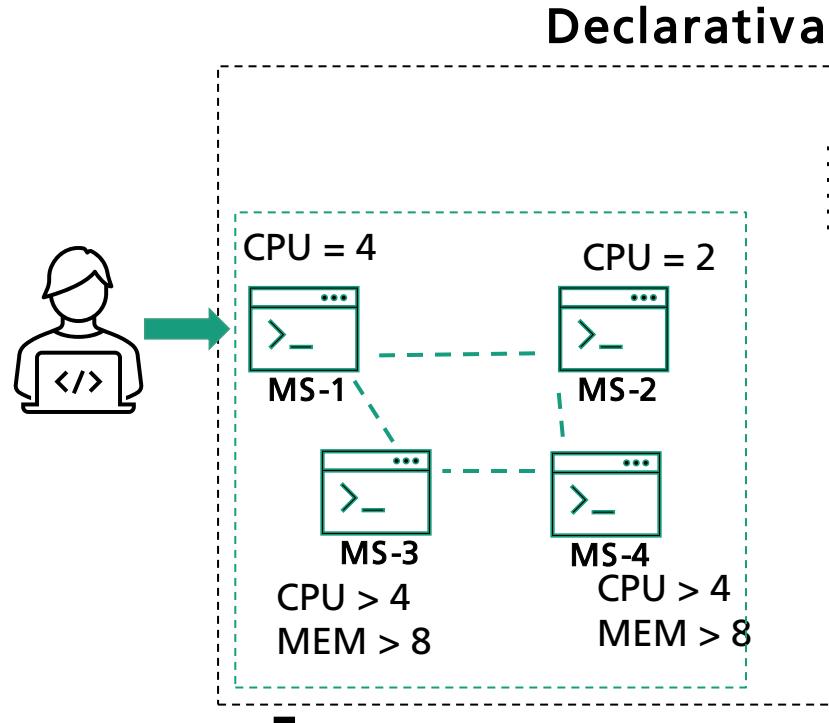
Conceitos nativos da nuvem

Automação de implantação de software - linguagem de especificação

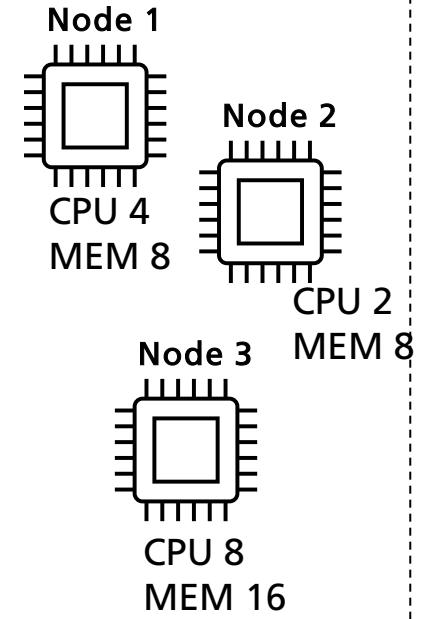
Imperativa



VS.



Declarativa



Estrutura de orquestração

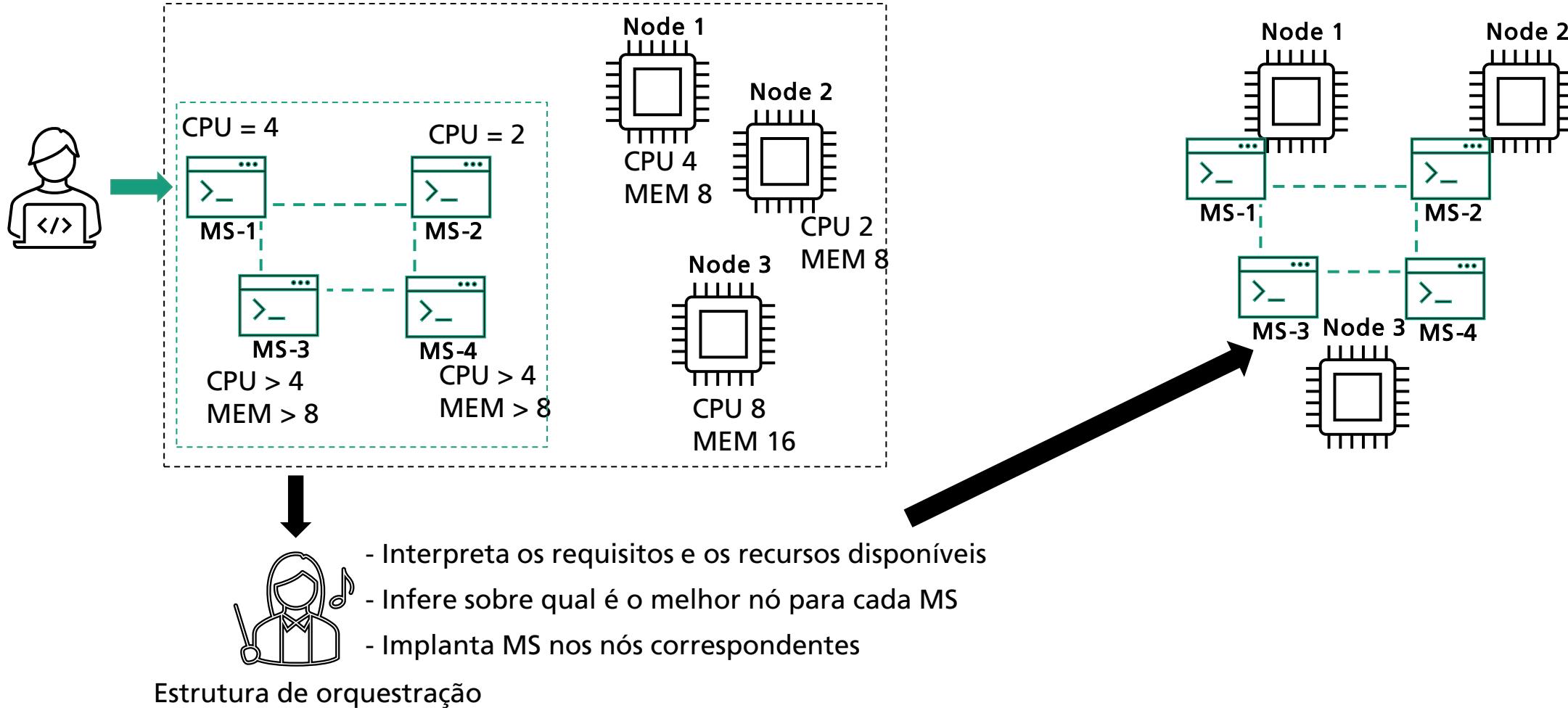
Estrutura de orquestração

- Interpreta instruções
- Implanta MS nos nós correspondentes

- Interpreta os requisitos e os recursos disponíveis
- Infere sobre qual é o melhor nó para cada MS
- Implanta MS nos nós correspondentes

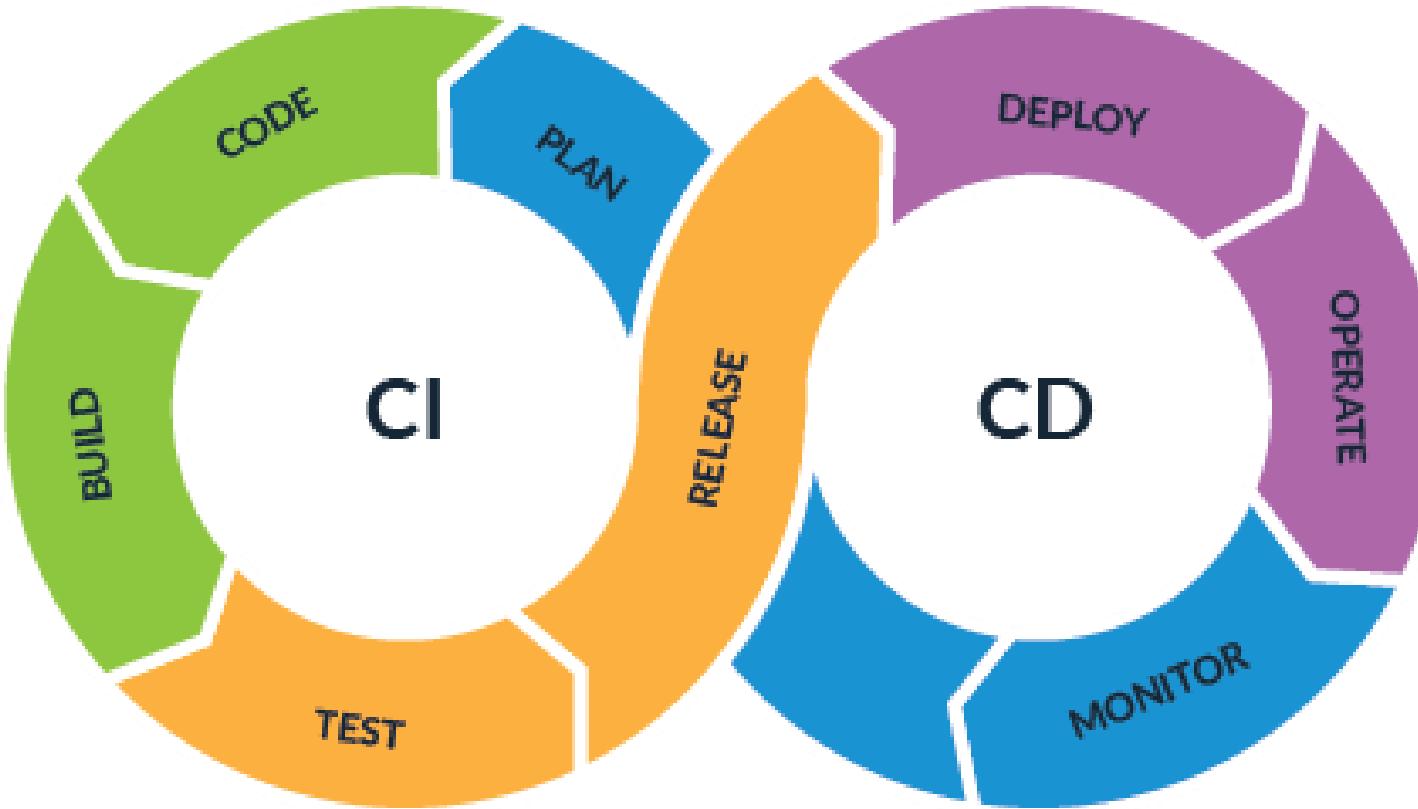
Cloud native concepts

Linguagem de especificação declarativa



Conceitos nativos da nuvem

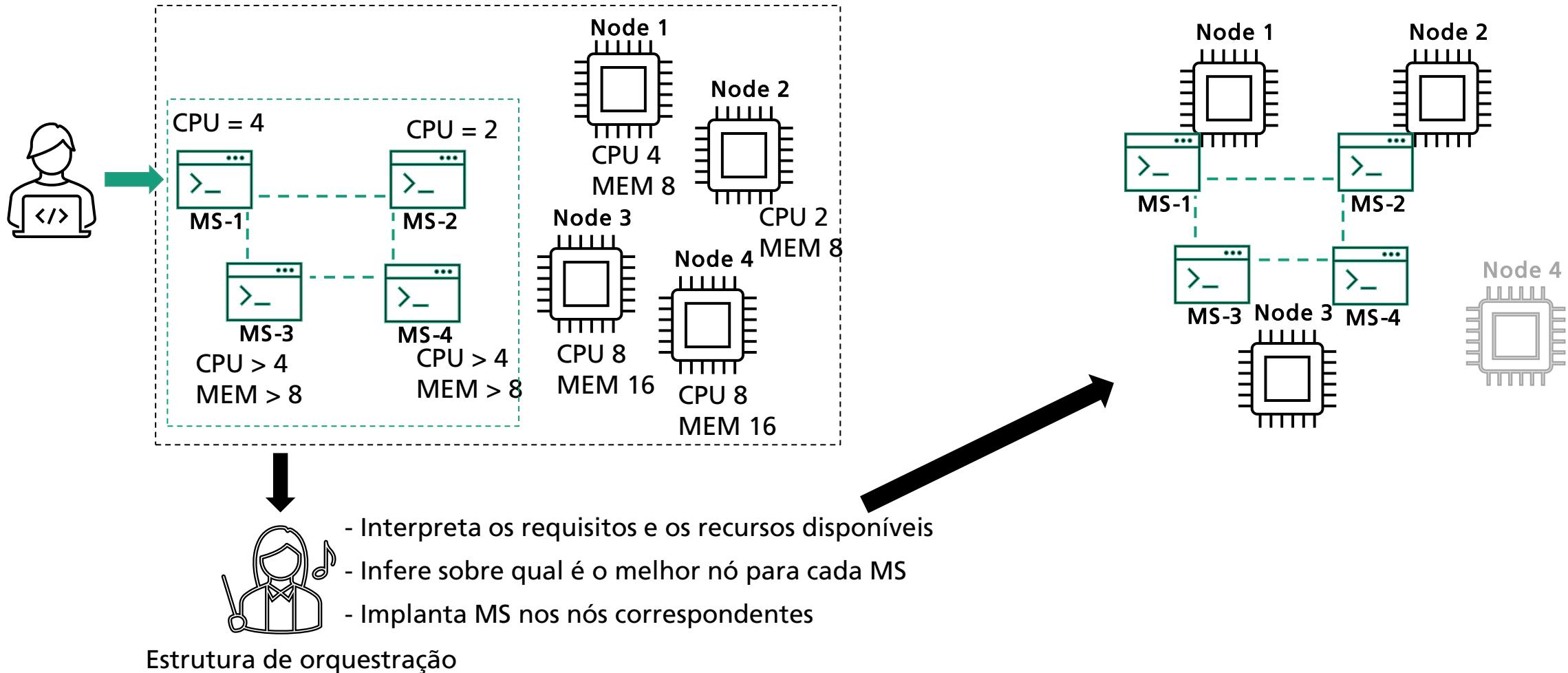
Automação com DevOps e Integração/Entrega Contínuas



Fonte imagem: <https://github.com/NewthingAde/Building-CI-CD-Pipelines-Monitoring-Logging?tab=readme-ov-file>

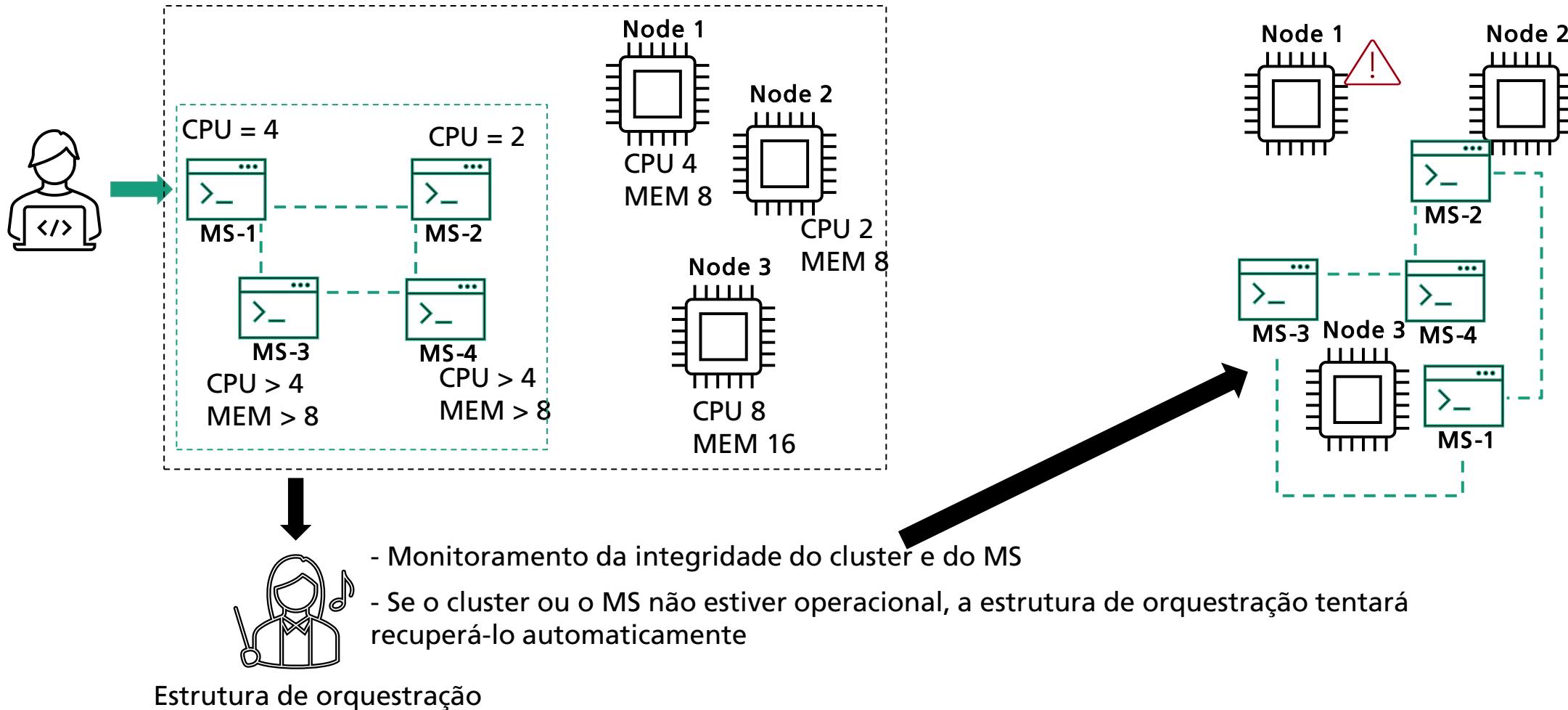
Conceitos nativos da nuvem

Melhor utilização da infraestrutura



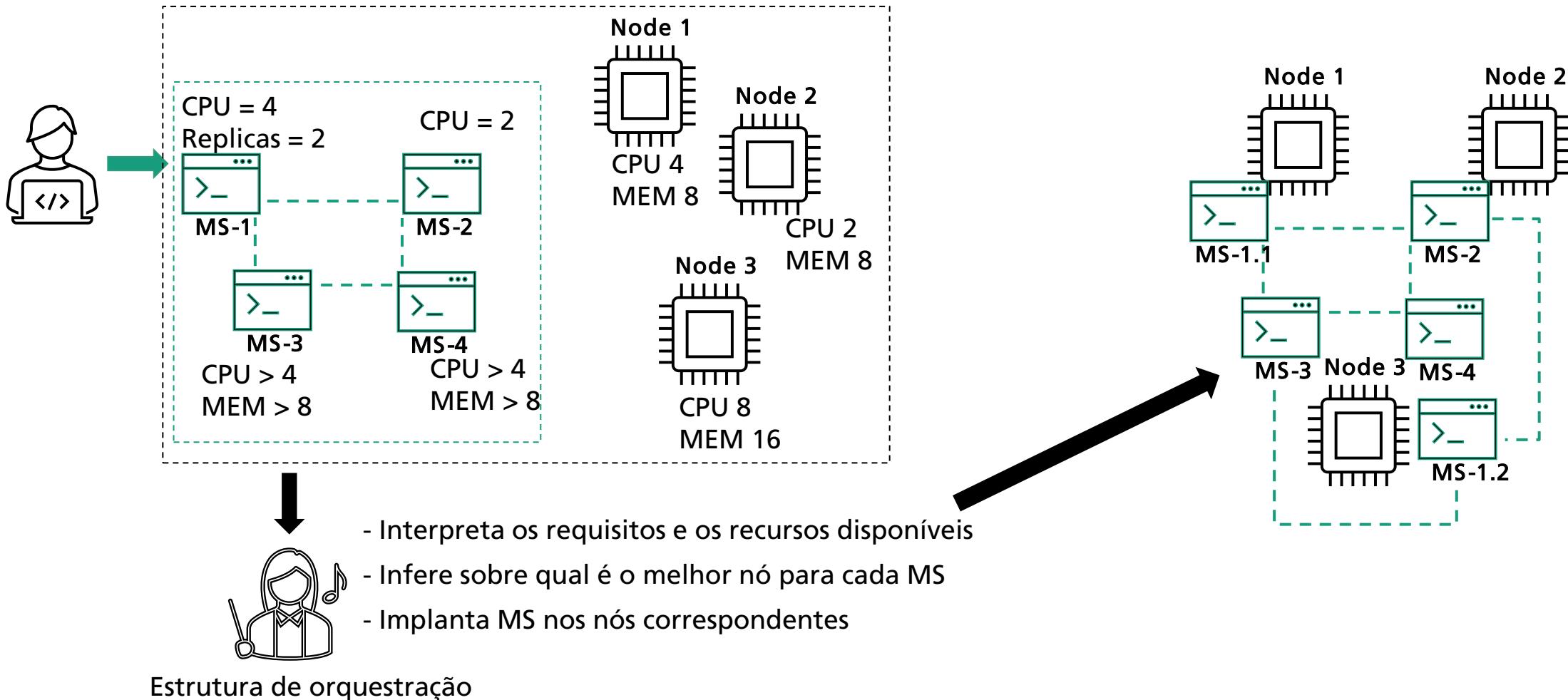
Conceitos nativos da nuvem

Tolerância a falhas e observabilidade



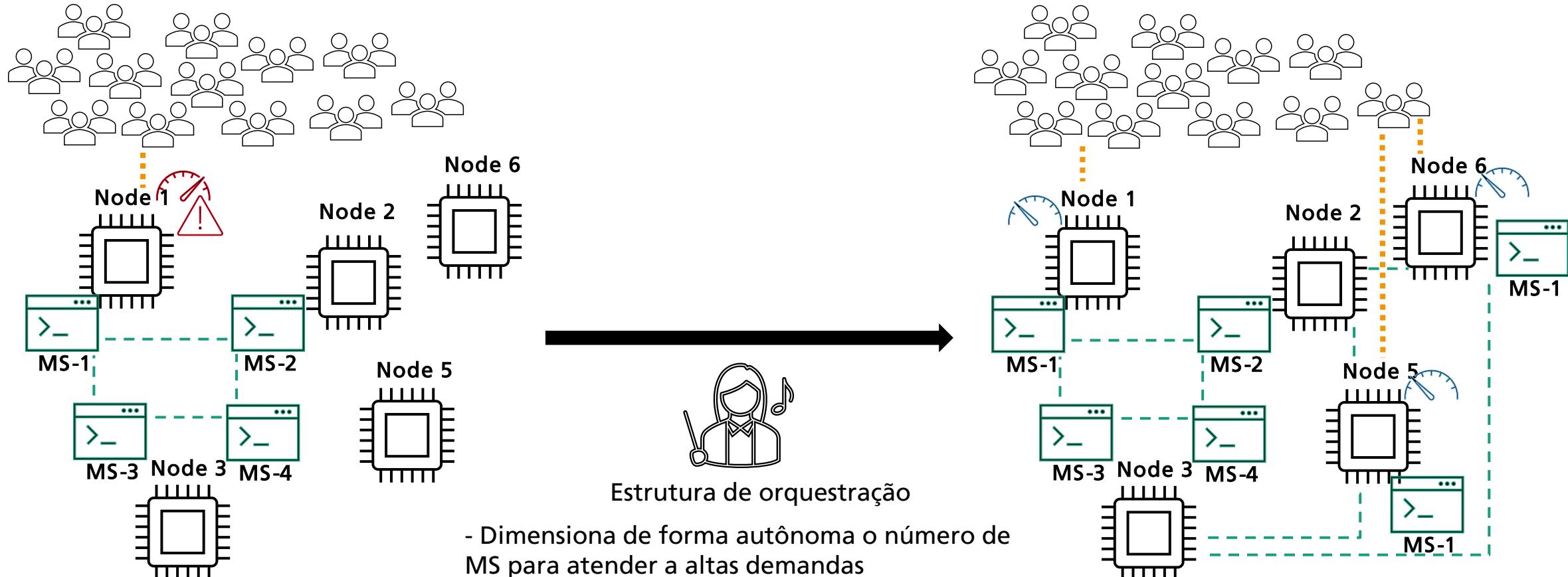
Conceitos nativos da nuvem

Replicação



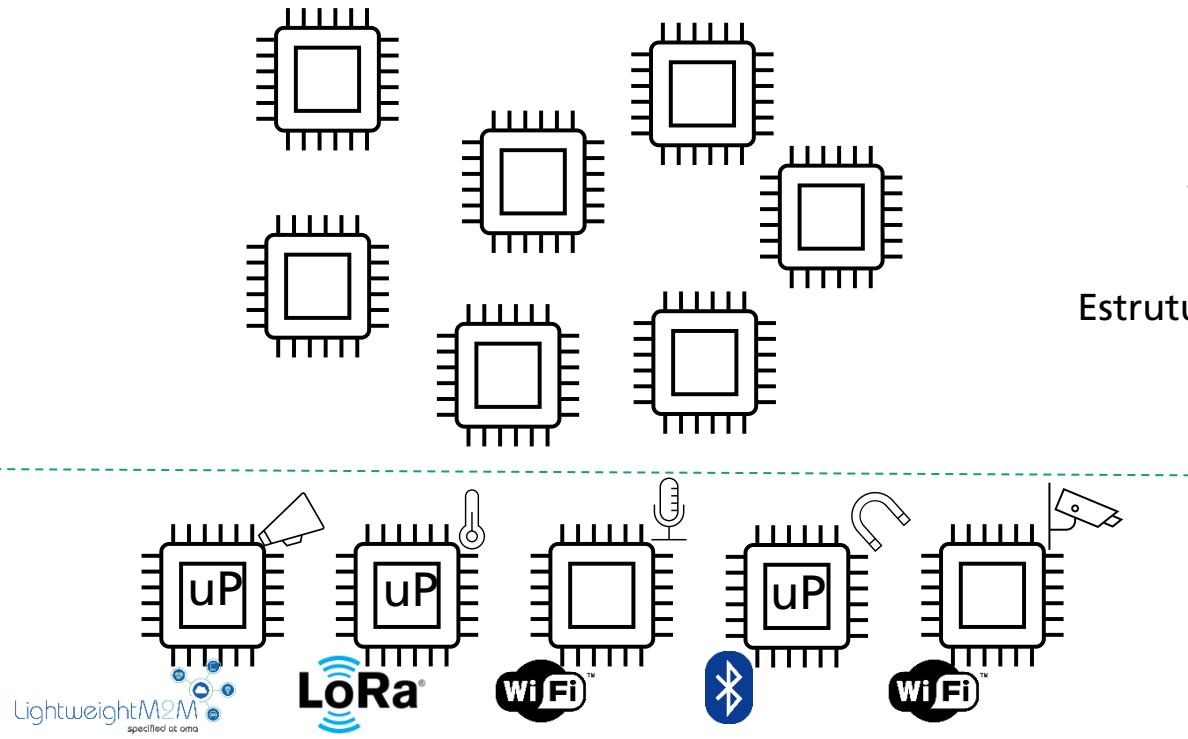
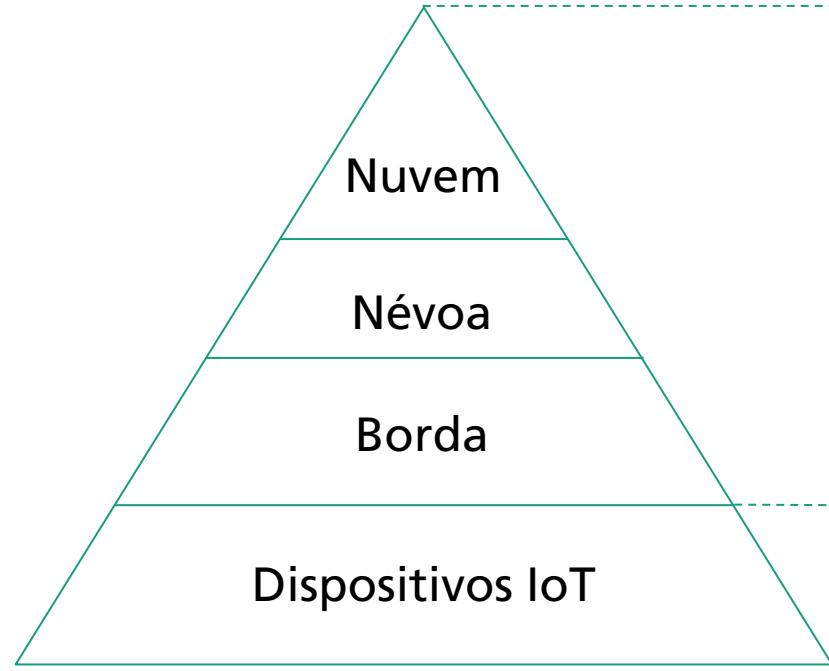
Conceitos nativos da nuvem

Escalabilidade



Conceitos nativos da nuvem

Continuum

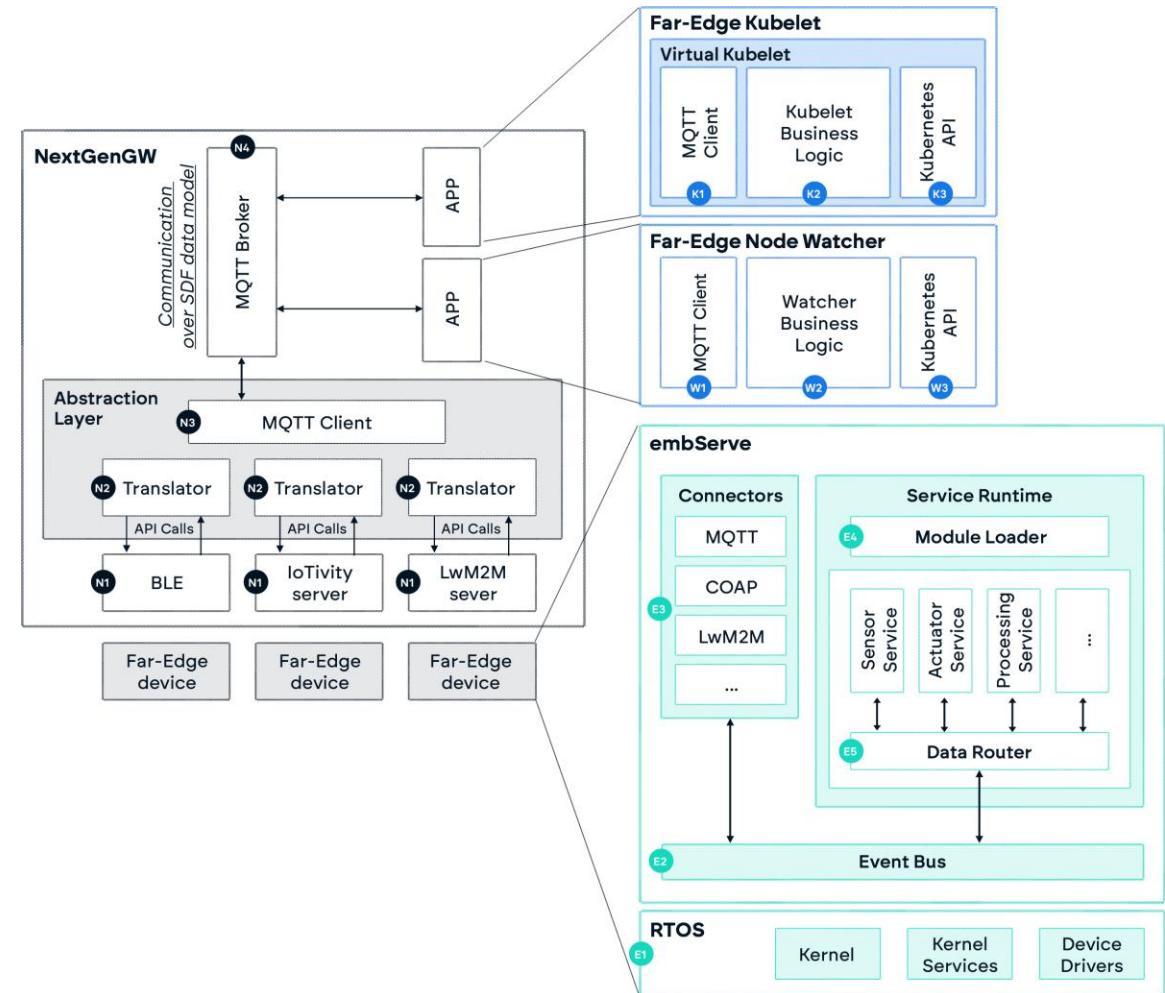


CONCEITOS NATIVOS DA NUVEM E IOT



Gerenciamento da IoT com base em conceitos nativos da nuvem

FITA – Integração de dispositivos IoT com recursos limitados no Kubernetes



European
Commission

HORIZON
EUROPE



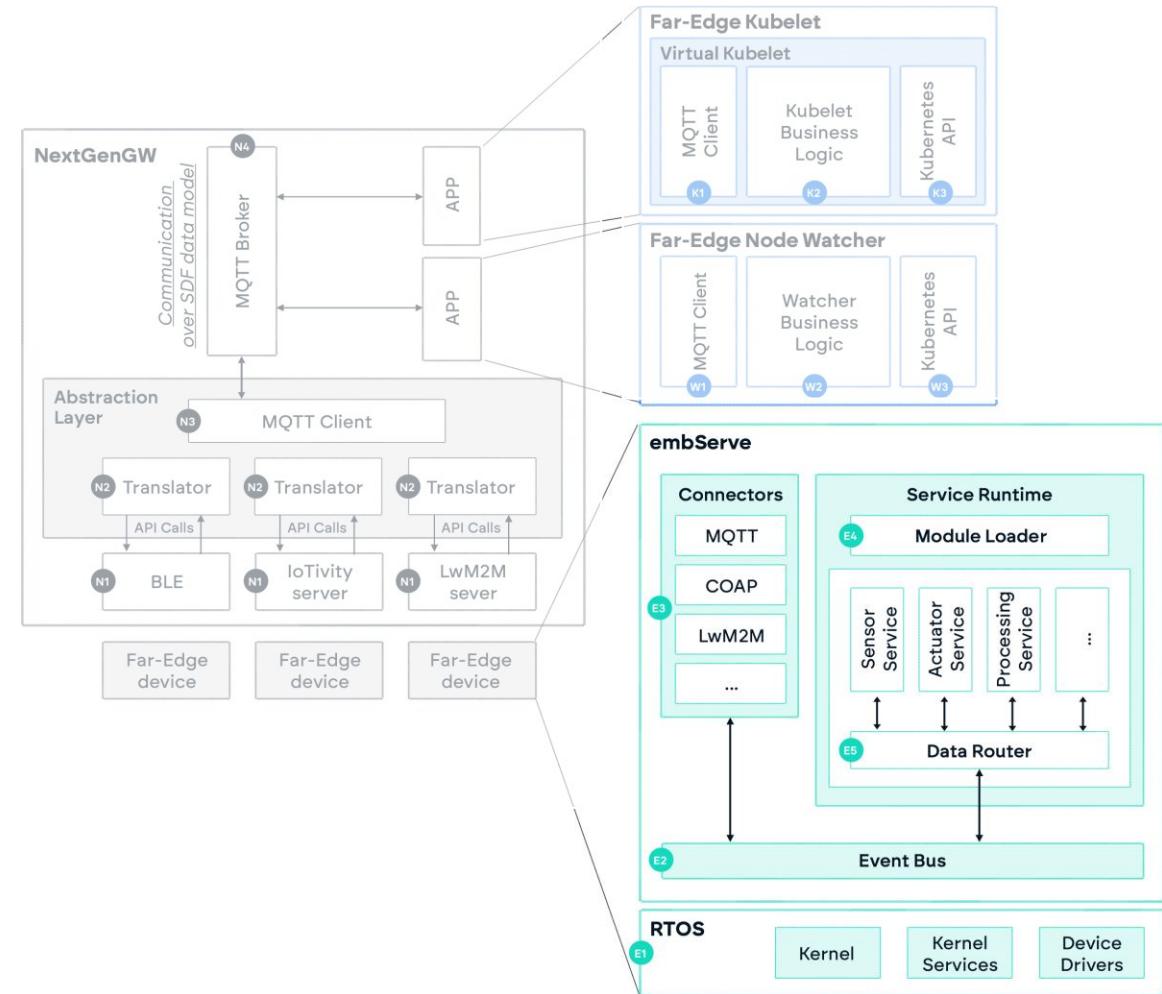
Publicação: C. Resende, J. Oliveira, F. Sousa, W. Moreira and L. A. Sousa, "Improving Far-Edge Device Management in IoT Applications Using Kubernetes," in IEEE Open Journal of the Industrial Electronics Society, vol. 6, pp. 1027-1049, 2025, doi: [10.1109/OJIES.2025.3581076](https://doi.org/10.1109/OJIES.2025.3581076).

Gerenciamento da IoT com base em conceitos nativos da nuvem

FITA – Integração de dispositivos IoT com recursos limitados no Kubernetes

■ embServe

- Facilita a criação e gestão de aplicações IoT em grande escala
- Permite que dispositivos com poucos recursos (como sensores e microcontroladores) também usem uma arquitetura por serviços,
- Fácil instalação e conexão de diferentes funcionalidades de forma modular e padronizada



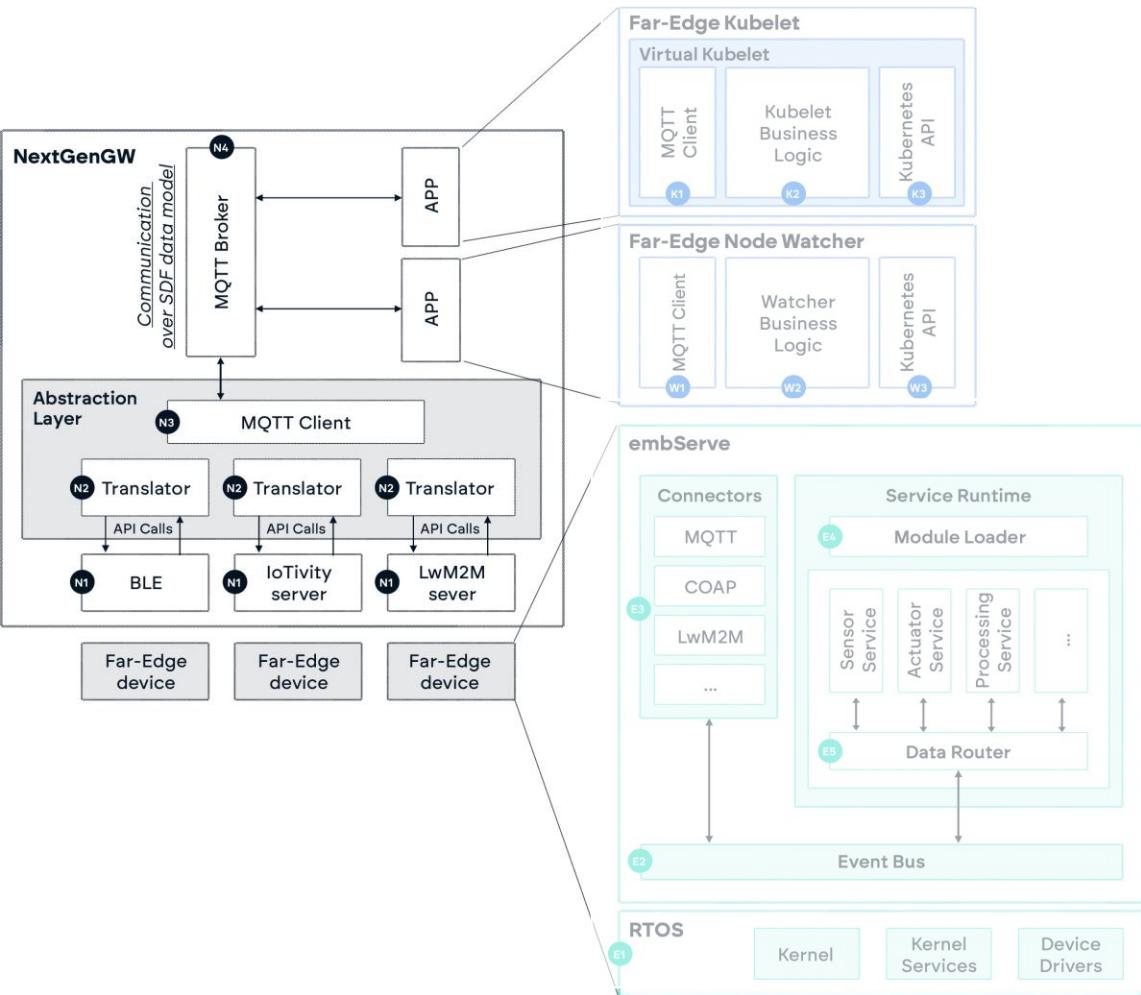
Publicação: C. Resende, J. Oliveira, F. Sousa, W. Moreira and L. A. Sousa, "Improving Far-Edge Device Management in IoT Applications Using Kubernetes," in IEEE Open Journal of the Industrial Electronics Society, vol. 6, pp. 1027-1049, 2025, doi: [10.1109/OJIES.2025.3581076](https://doi.org/10.1109/OJIES.2025.3581076).

Gerenciamento da IoT com base em conceitos nativos da nuvem

FITA – Integração de dispositivos IoT com recursos limitados no Kubernetes

■ NextGenGW

- Torna possível a comunicação entre diferentes dispositivos IoT, mesmo que usem tecnologias diferentes
- Adota padrões abertos e reconhecidos
- Permite que esses dispositivos “falem a mesma língua”, mesmo em sistemas com poucos recursos e que precisam lidar com muitos dados ao mesmo tempo



European
Commission

HORIZON
EUROPE



Publicação: C. Resende, J. Oliveira, F. Sousa, W. Moreira and L. A. Sousa, "Improving Far-Edge Device Management in IoT Applications Using Kubernetes," in IEEE Open Journal of the Industrial Electronics Society, vol. 6, pp. 1027-1049, 2025, doi: [10.1109/OJIES.2025.3581076](https://doi.org/10.1109/OJIES.2025.3581076).

Gerenciamento da IoT com base em conceitos nativos da nuvem

FITA – Integração de dispositivos IoT com recursos limitados no Kubernetes

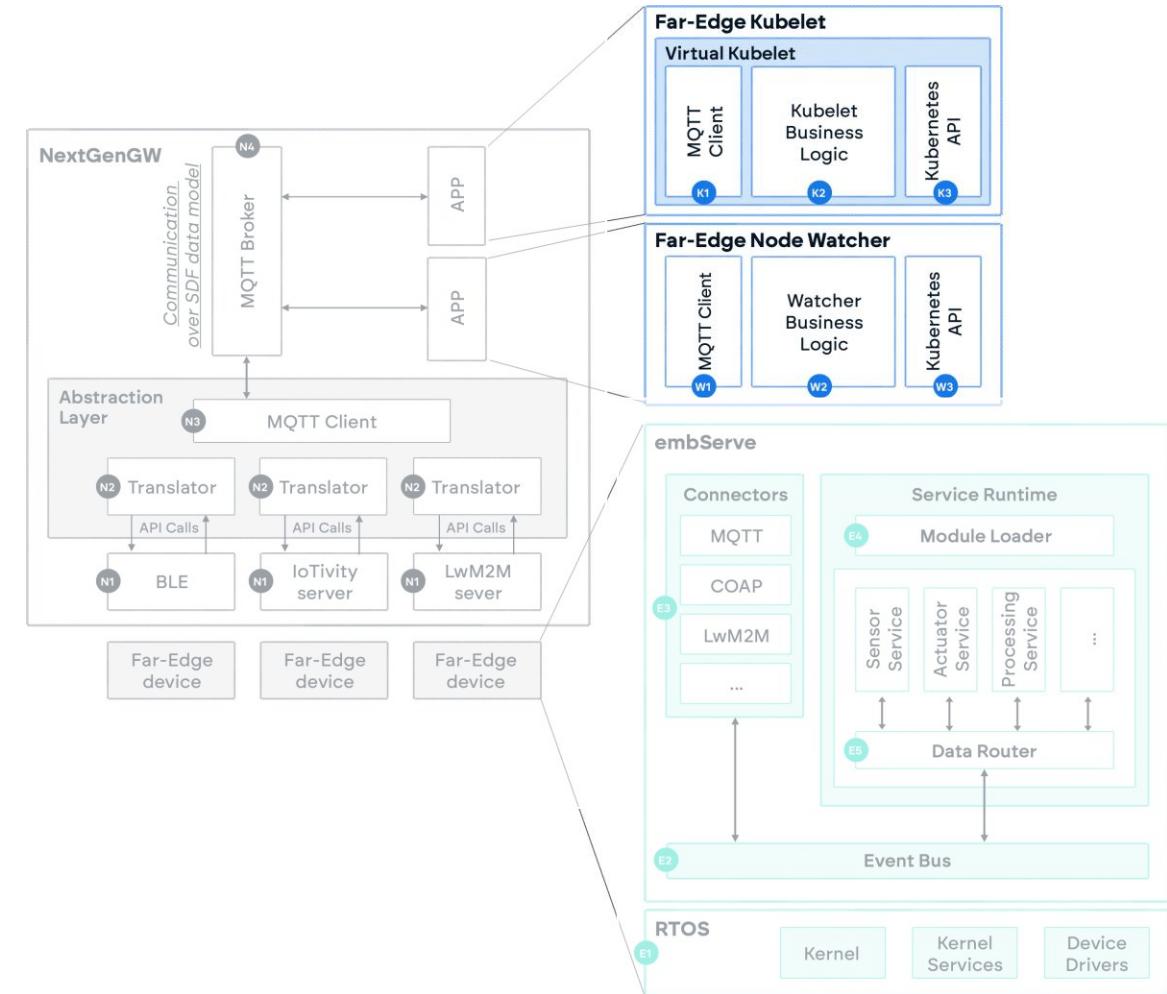
■ Far-Edge Kubelet

- Adapta o funcionamento do Kubernetes para dispositivos IoT

■ Far-Edge Node Watcher

- Cadastra/remove automaticamente os dispositivos no sistema, tornando possível gerenciar a rede de forma unificada

■ Permitem integrar sensores e atuadores simples (com poucos recursos) ao Kubernetes



European
Commission

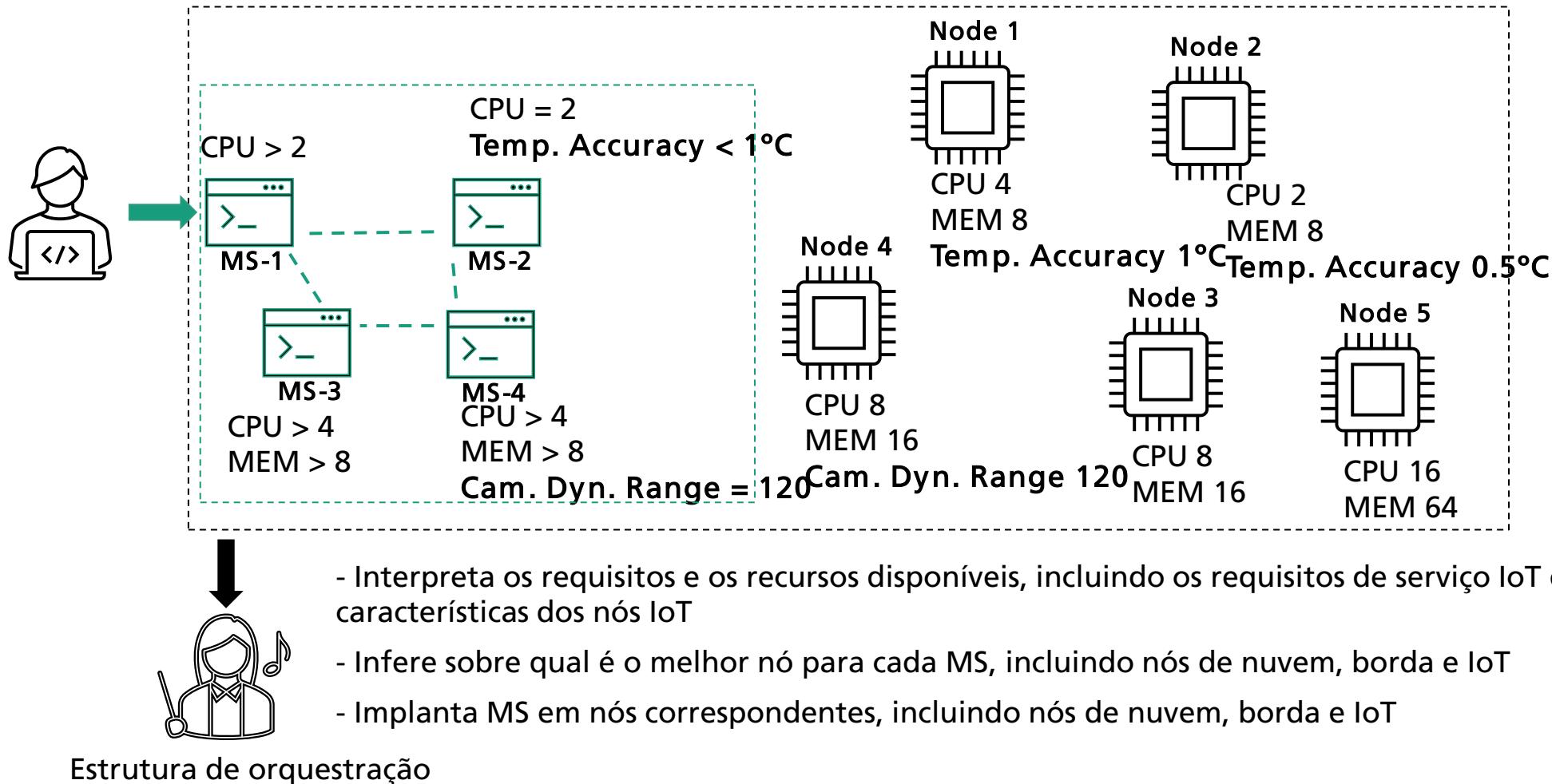
HORIZON
EUROPE



Publicação: C. Resende, J. Oliveira, F. Sousa, W. Moreira and L. A. Sousa, "Improving Far-Edge Device Management in IoT Applications Using Kubernetes," in IEEE Open Journal of the Industrial Electronics Society, vol. 6, pp. 1027-1049, 2025, doi: [10.1109/OJIES.2025.3581076](https://doi.org/10.1109/OJIES.2025.3581076).

Gerenciamento da IoT com base em conceitos nativos da nuvem

Configuração unificada: gerenciamento da nuvem, edge e IoT com as mesmas ferramentas

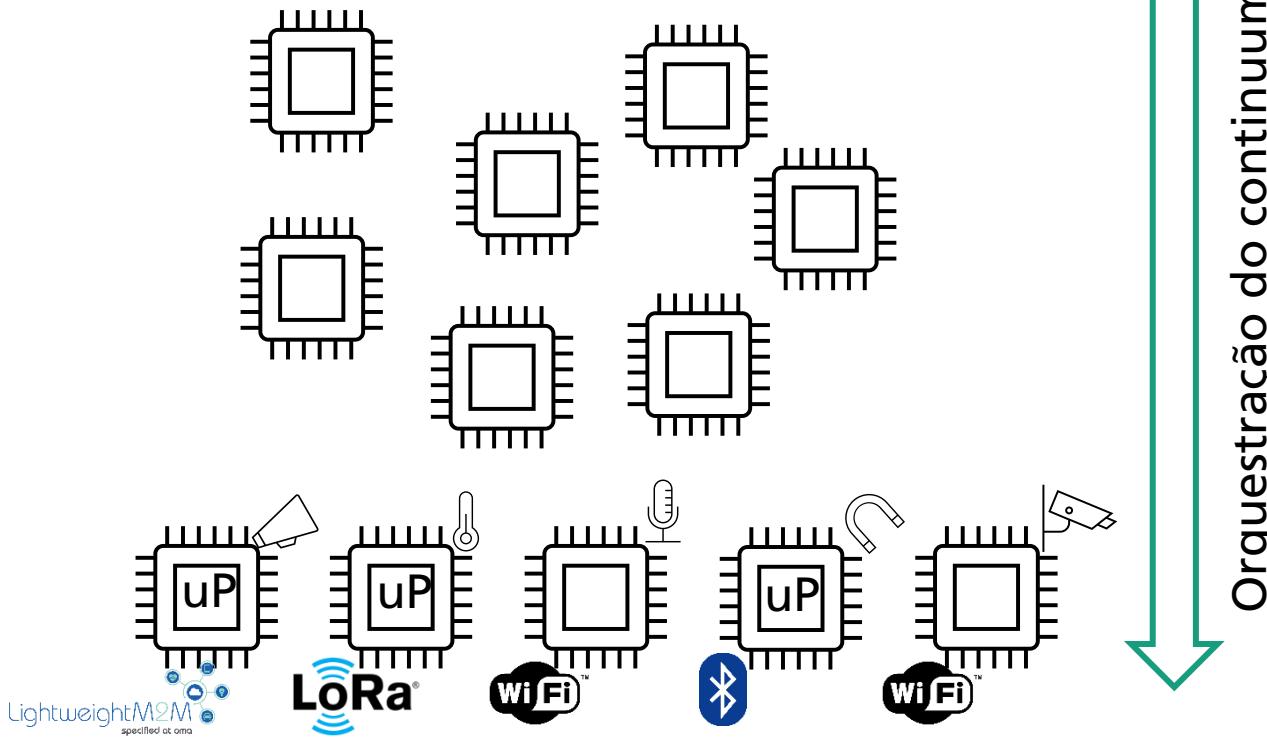
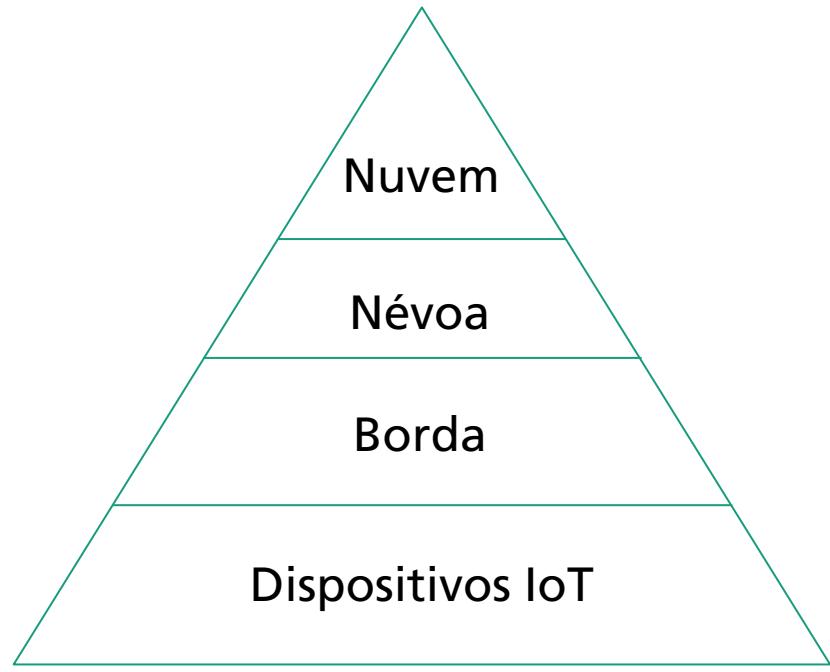


Conceitos nativos da nuvem

Continuum



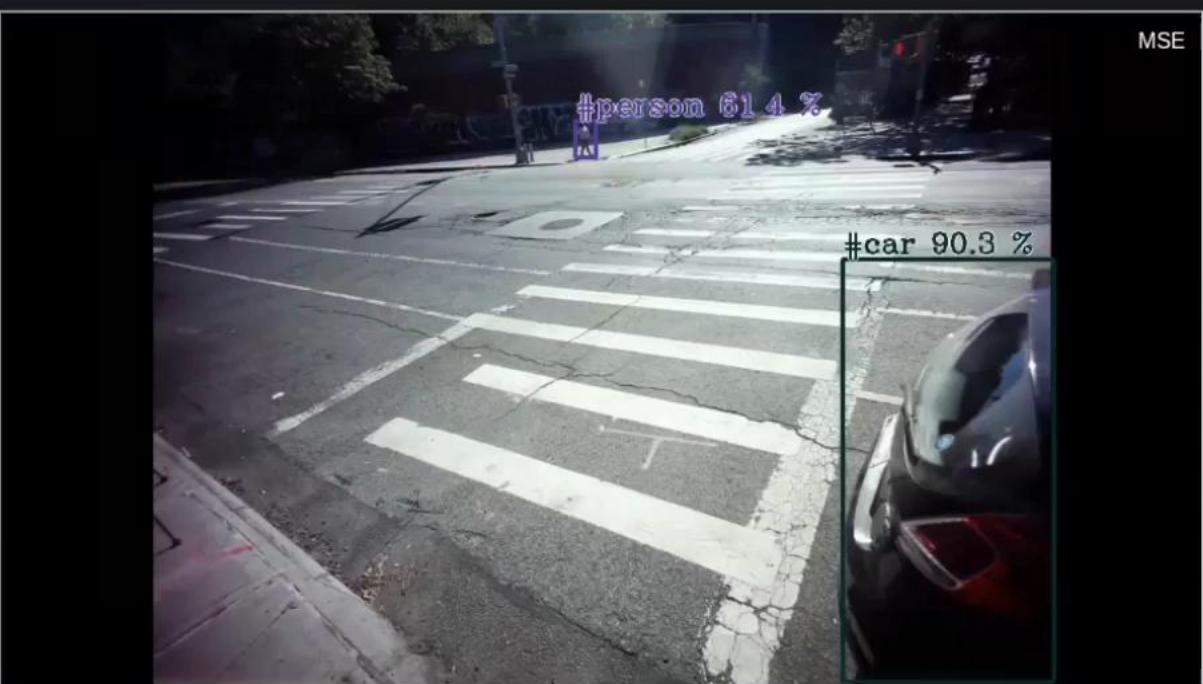
Estrutura de orquestração



DEMO - RECONHECIMENTO DE OBJETOS

Nodes

- labnuc01
- labnuc01-b1-node1



MSE

Noise

Name

Node 1

dBFS

0

-10

-20

-30

-40

-50

-60

-70

-80

-90

-100

03:10 03:15 03:20

No data

```
aicos@labnuc01:~/fita-demos/demos/mlsysops_use_case$
```

DEMO – INFERÊNCIA DISTRIBUÍDA

Edge Node - FITA	Far-edge Node 1 - 512kB	Far-edge Node 3 - 128kB	Far-edge Node 5 - 128kB
fita-fita-78768fc86b-wxklij	No data	No data	No data
far-edge-kubelet-labnuc01-b1-node6			
far-edge-kubelet-labnuc01-b1-node2			
far-edge-kubelet-labnuc01-b1-node4			
far-edge-kubelet-labnuc01-b1-node5			
far-edge-kubelet-labnuc01-b1-node1			
far-edge-kubelet-labnuc01-b1-node3			
Edge Node - TinyKubeML	Far-edge Node 2 - 256kB	Far-edge Node 4 - 128kB	Far-edge Node 6 - 128kB
femlm-fitam-femlm-operator-7586d44f5	No data	No data	No data
	aicos@labnuc01:~/fita-demos/demos/distributed_inference\$		

EXEMPLO DE CASO DE USO DE CIDADE INTELIGENTE

A blurred night cityscape with colorful bokeh lights reflecting on a wet street. The scene is filled with out-of-focus light spots in various colors like red, blue, yellow, and green, creating a sense of motion and urban energy. The foreground shows a dark, wet asphalt surface with some blurred reflections of the city lights.

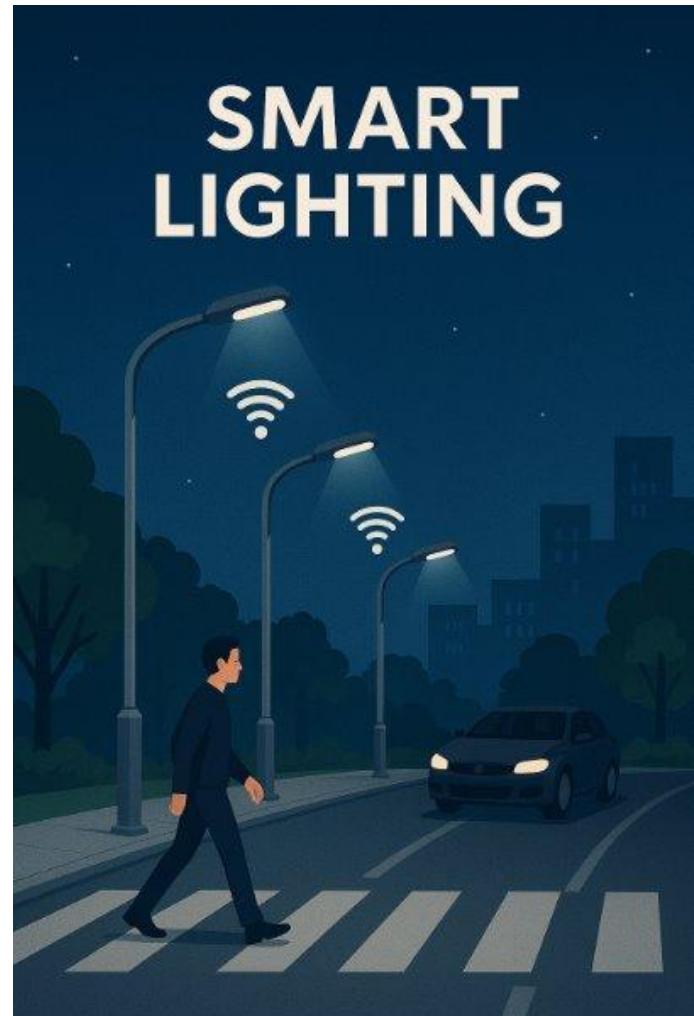
Exemplo de caso de uso de cidade inteligente

Iluminação inteligente

- Aprimora a funcionalidade da iluminação urbana com uma infraestrutura de conectividade e IoT
- Tem como objetivo reduzir o consumo de energia, com poupanças esperadas entre 50% e 70%¹
- Concebido como o futuro da iluminação em cidades inteligentes:
 - Crescimento anual do mercado de 22,7% ao ano²
 - Expectativa de atingir 63,8 milhões de postes de luz conectados em 2027 e valor de mercado estimado em US\$ 50 bilhões até 2028 ²

1. TÜV SÜD. 2024. Smart cities and intelligent lighting. <https://www.tuvsud.com/en/press-and-media/2024/january/smart-cities-and-intelligent-lighting>

2. Graham Colclough, Leen Peeters, Christina Protopapadaki, and Judith Borsboom. 2021. Smart Lighting in Cities: Factsheet. Technical Report. Smart Cities Marketplace. https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu/sites/default/files/2021-06/Smart%20Lighting%20Factsheet_0.pdf



Exemplo de caso de uso de cidade inteligente

Iluminação inteligente

- Potencializada por conceitos nativos da nuvem
 - Controle da distribuição da aplicação de regulagem de intensidade luminosa através do continuum e da infraestrutura de iluminação pública inteligente
- Tolerância a falhas
 - Automatização da identificação de falhas na infraestrutura (postes e seus sensores e atuadores) e migração dos componentes da aplicação para os postes de iluminação em funcionamento

Futuro

- Suporte a dispositivos intermitentes
- Distribuição de IA em todo o continuum
- Fortalecimento da segurança por meio de componentes de IoT

Introdução à Orquestração para Internet da Coisas com Tecnologias Nativas da Nuvem

José Costa, Carlos Resende, João Oliveira, Fernando Rego, Filipe Sousa e **Waldir Moreira**

waldir.junior@aicos.fraunhofer.pt

Fraunhofer Portugal AICOS

OBRIGADO

REMARKABLE TECHNOLOGY, EASY TO USE