

# 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



FOUNDING  
ASSOCIATES



RESEARCH  
CENTRES

AICOS

AWAM

...

2008 | Instituição de  
Investigação Sem Fins  
Lucrativos



# Fraunhofer Portugal

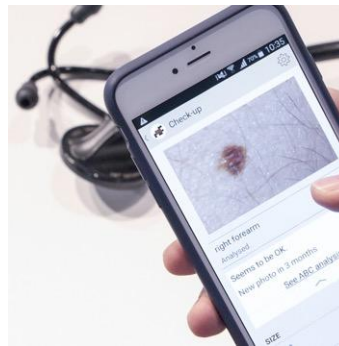
## Temas de Inovação e Áreas Científicas



**SOLUÇÕES COGNITIVAS  
CONECTADAS**



**AGRICULTURA  
DIGITAL**



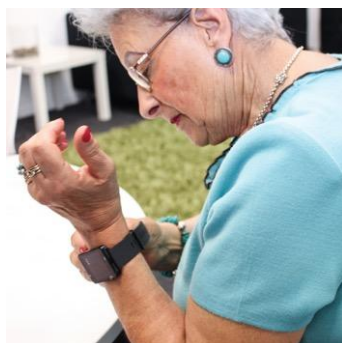
**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL  
RESPONSÁVEL**



**BIOENERGIA**



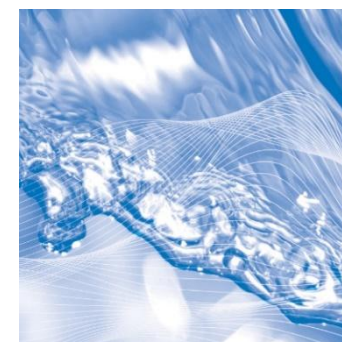
**TECNOLOGIA DE SAÚDE  
DESCENTRALIZADA**



**VIVER E ENVELHECER  
COM DADOS**



**PRODUÇÃO AGRÍCOLA  
SUSTENTÁVEL**



**TRATAMENTO  
DE ÁGUA**

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

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



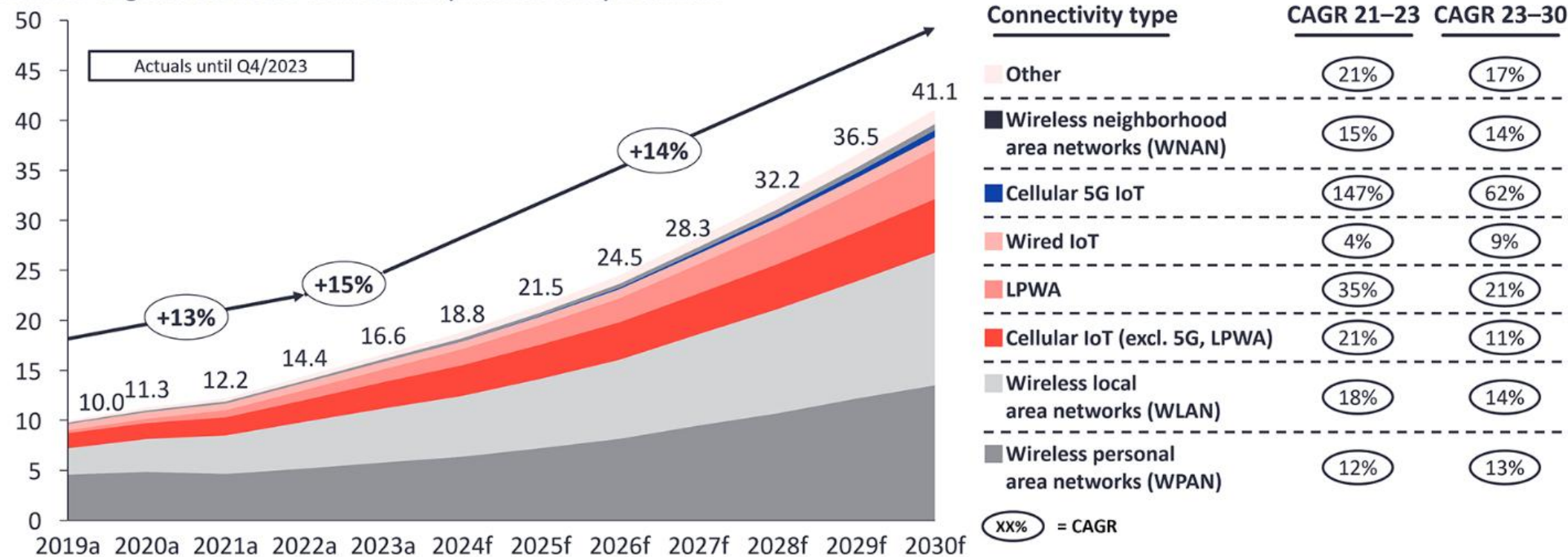




# Contexto

## Crescimento da Internet da Coisas (IoT)

Number of global active IoT connections (installed base) in billions

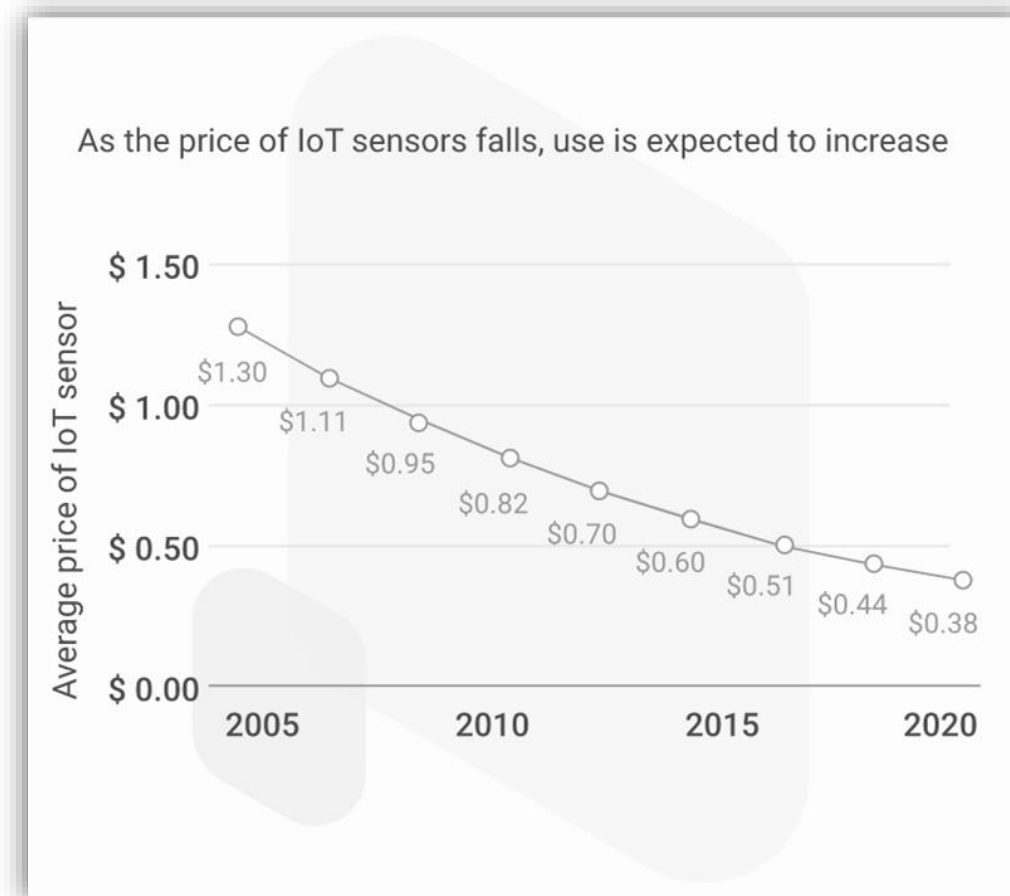


Fonte: IoT Analytics Research 2024-State of IoT Summer 2024 (<https://iot-analytics.com/number-connected-iot-devices/>)

# 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**

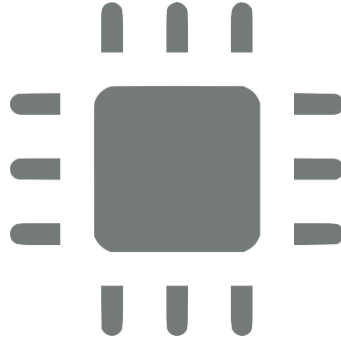


# IoT

## Componentes



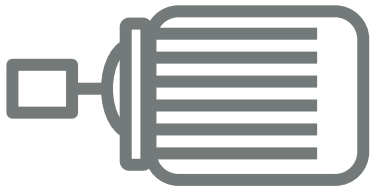
Sensores



Microcontrolador/  
Microprocessador



Energia



Atuadores



Interface  
de rede

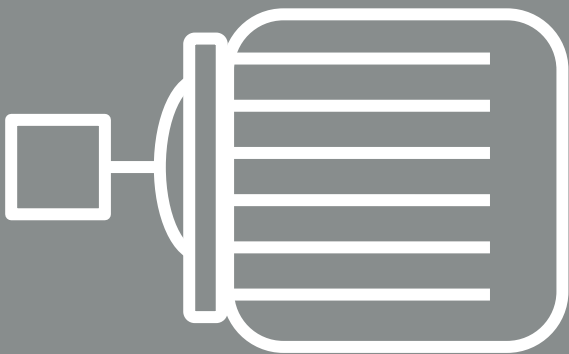


Firmware

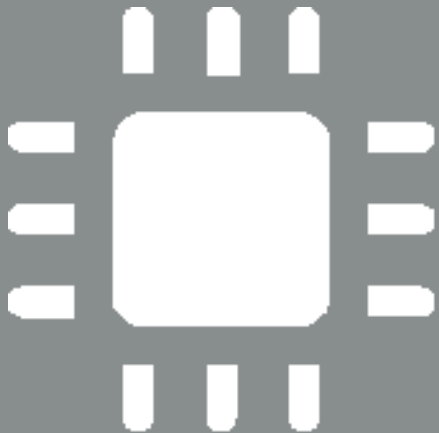


- Temperatura, Umidade, Pressão Atmosférica
- Luminosidade (luz)
- Vibração
- Qualidade do ar: CO2, Compostos Orgânicos Voláteis
- Ruído
- Pó
- GPS
- Unidade de Medida Inercial: Acelerômetro, Magnetômetro, Giroscópio
- Localização interna
- Câmeras/Dispositivo de carga acoplada ou CCD (charge-coupled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





- Acionamento por pente
- Eletro válvula
- Motor elétrico
- Atuador piezoelétrico
- 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



# IoT

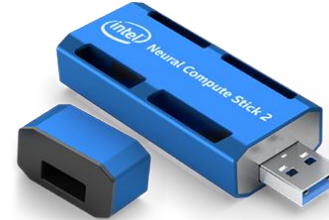
## MCU/MPU e placas de desenvolvimento



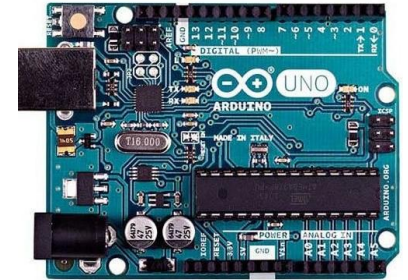
Jetson Nano



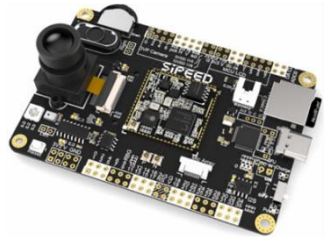
Jetson AGX Xavier



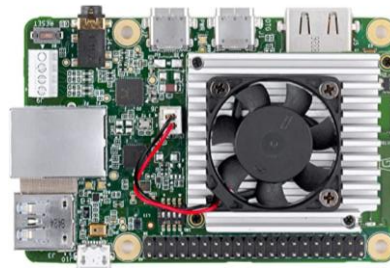
Intel Neural Compute Stick 2



Arduino



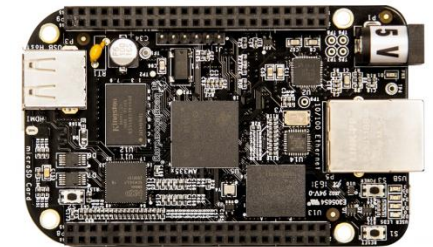
Sipeed MAIX GO



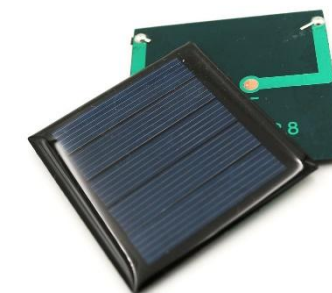
Google Edge TPU Coral



Raspberry Pi



Beaglebone



Bateria

Tomada/Plugue de  
alimentação (CA)

Captação

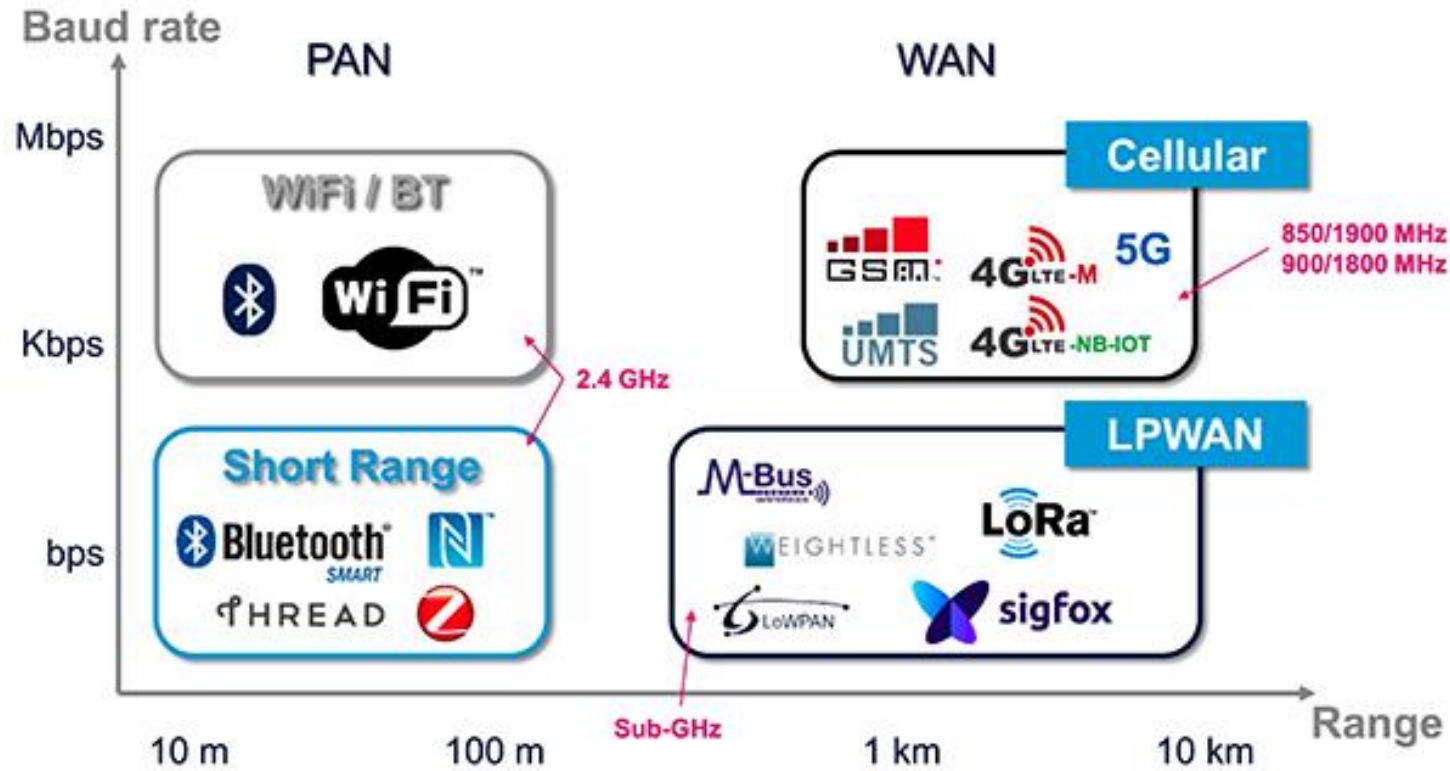




- Cinético
- Fotovoltaico
- Termoelétrico
- Cristal piezoelétrico
- Micro turbina eólica
- Ondas de rádio
- Vibração
- Fluxo de fluido

# IoT

## Interface de rede

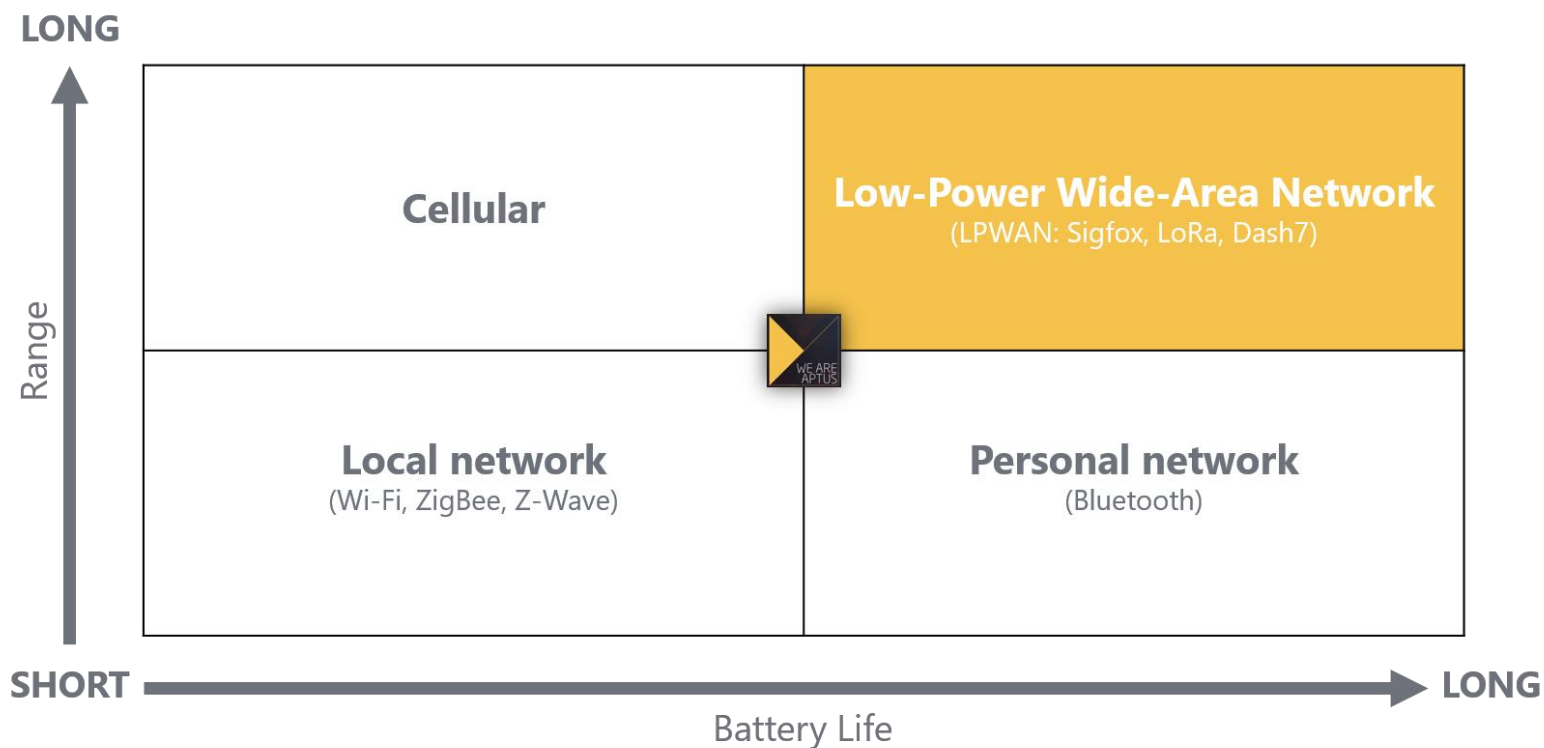


Fonte: STMicroelectronics



# IoT

## Interface de rede



**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



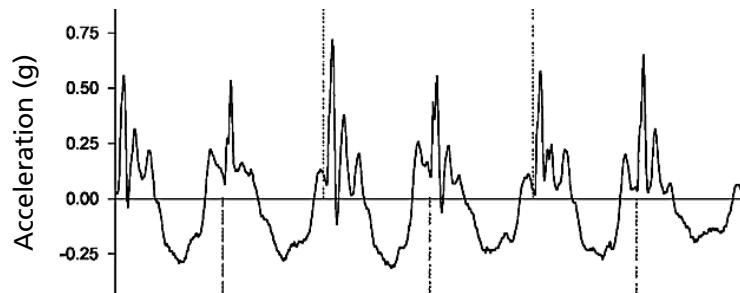
Espectro licenciado



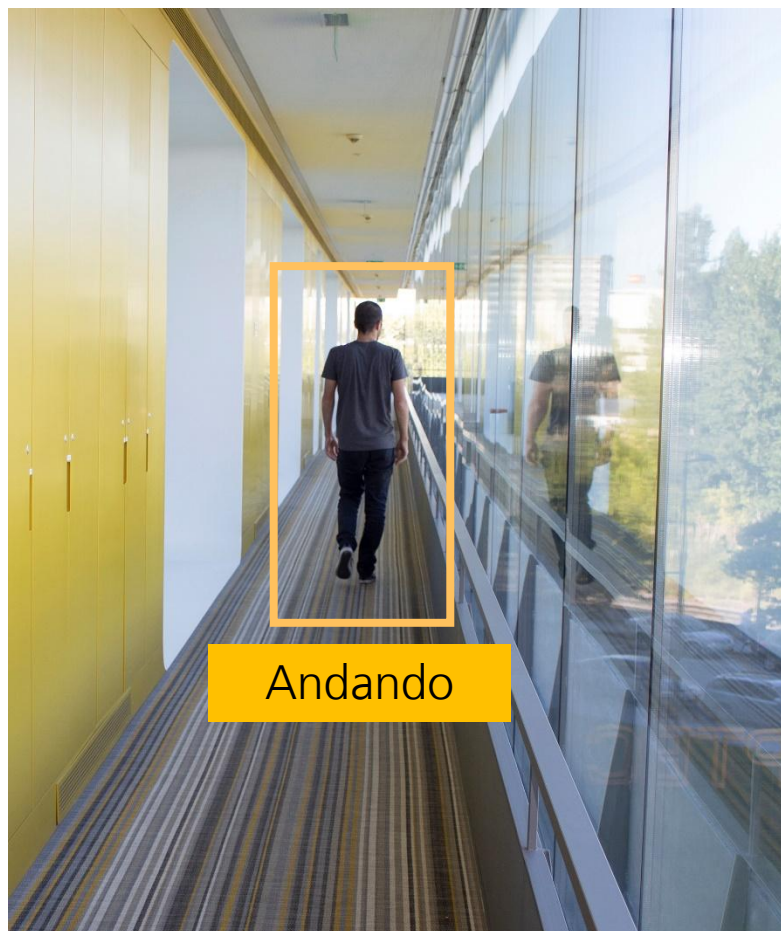
- Firmware é uma classe específica de software de computador que fornece o controle de baixo nível para o hardware específico de um dispositivo
- Contêm funções básicas de um dispositivo e podem fornecer serviços de abstração de hardware para software de nível superior, como sistemas operacionais
- A 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

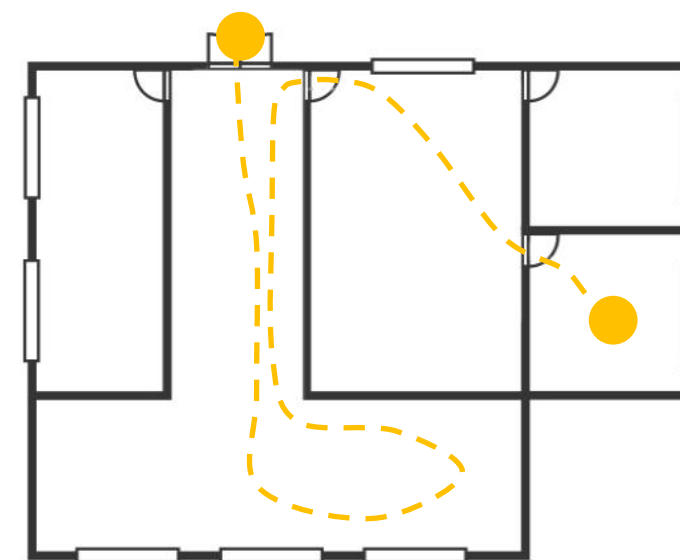


Medição inercial



Andando

Reconhecimento de atividade/detecção de eventos

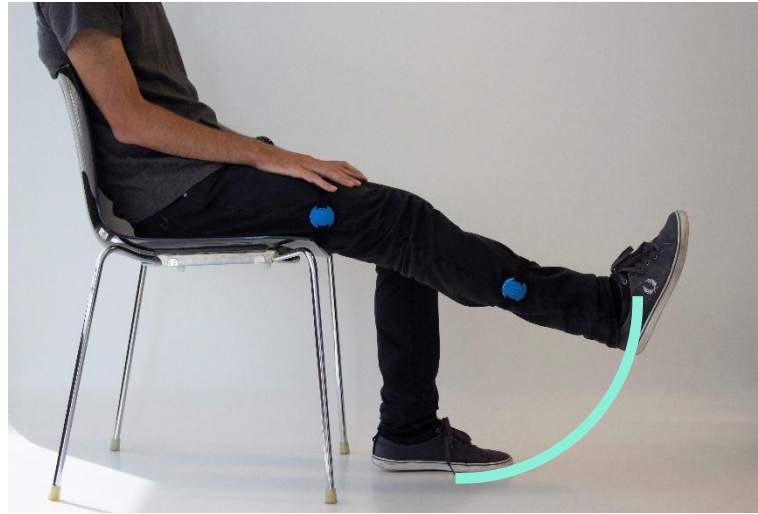


Rastreamento interno



# Caso de uso de IoT

## Dispositivo vestível



Taxa

Direção

Correspondência

Eixo

Plano

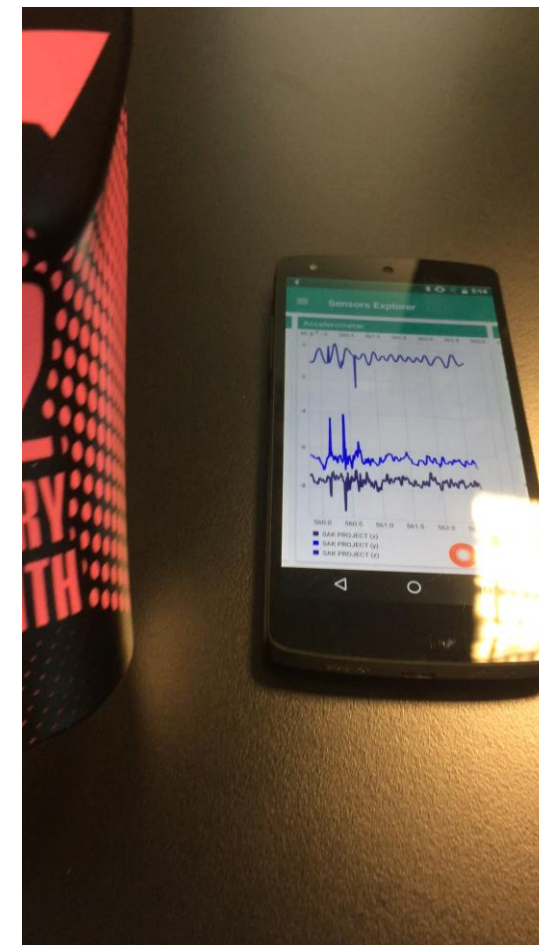
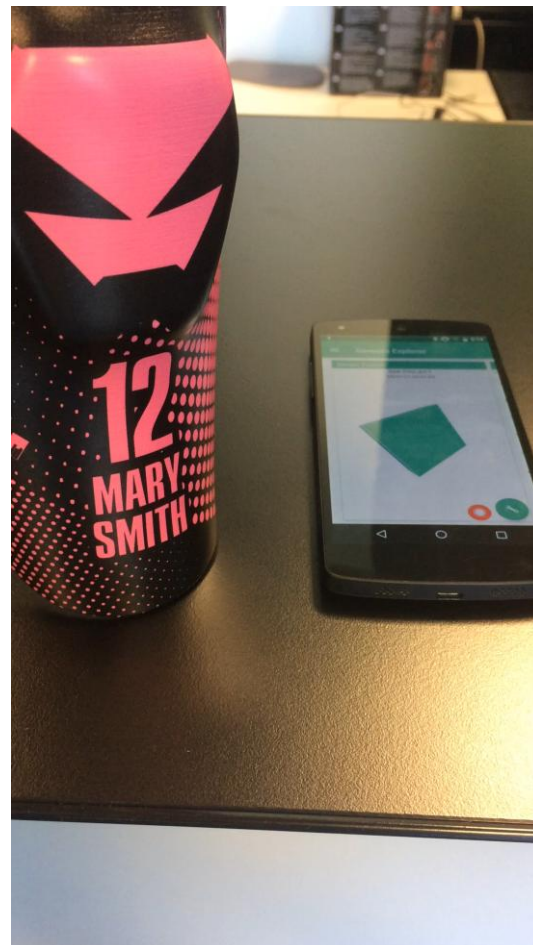
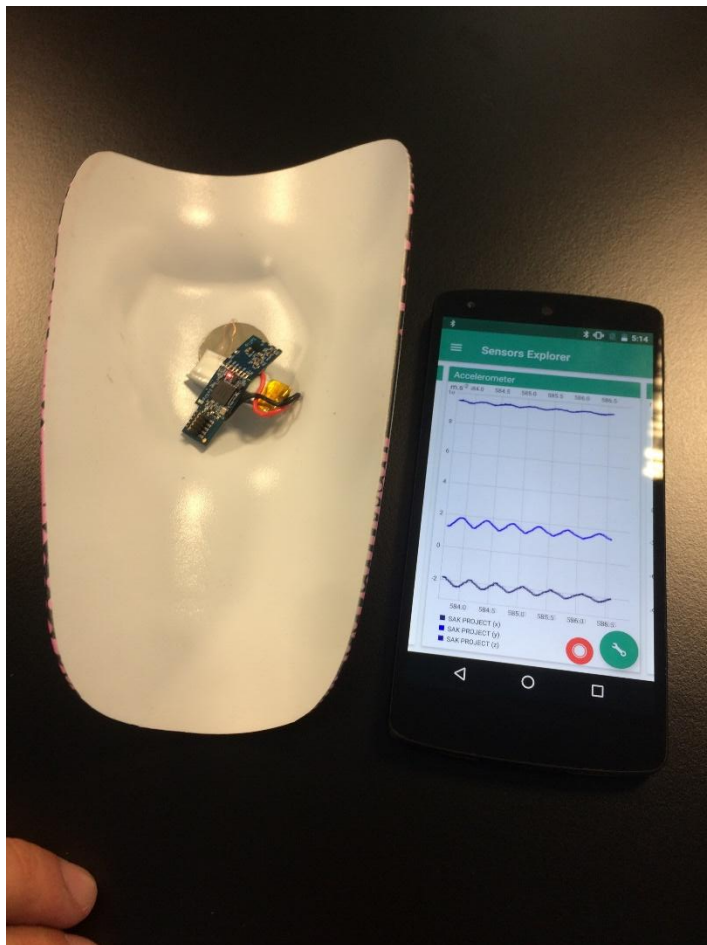
Perfil

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

Taxa de produtividade  
Semelhança de movimento

Risco ergonômico  
(EAWS, RULA)



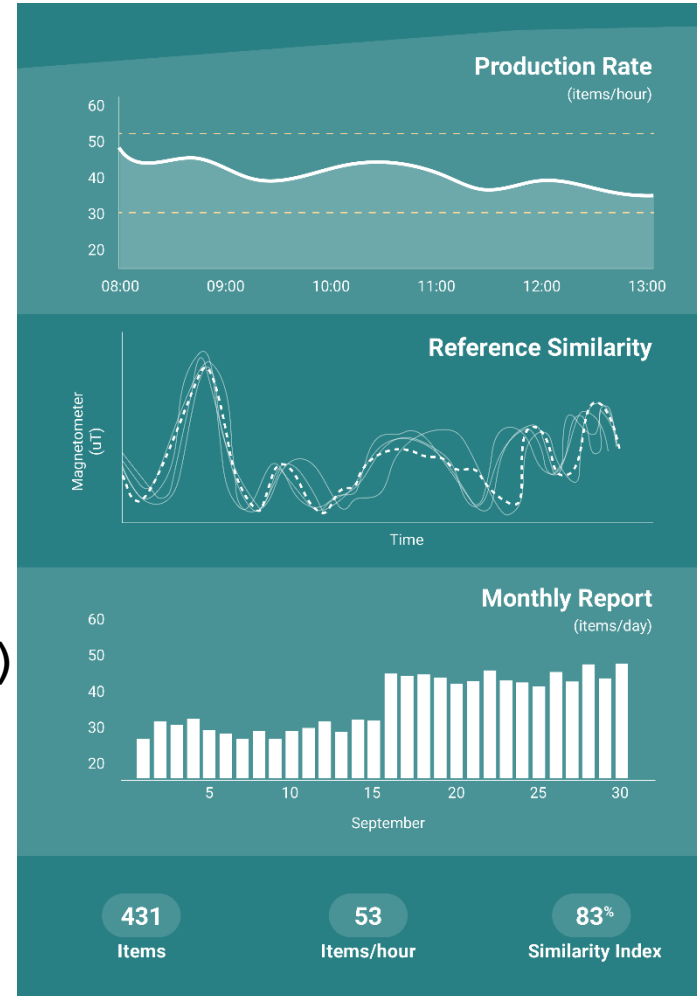
Ergonomia/Produtividade



# 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

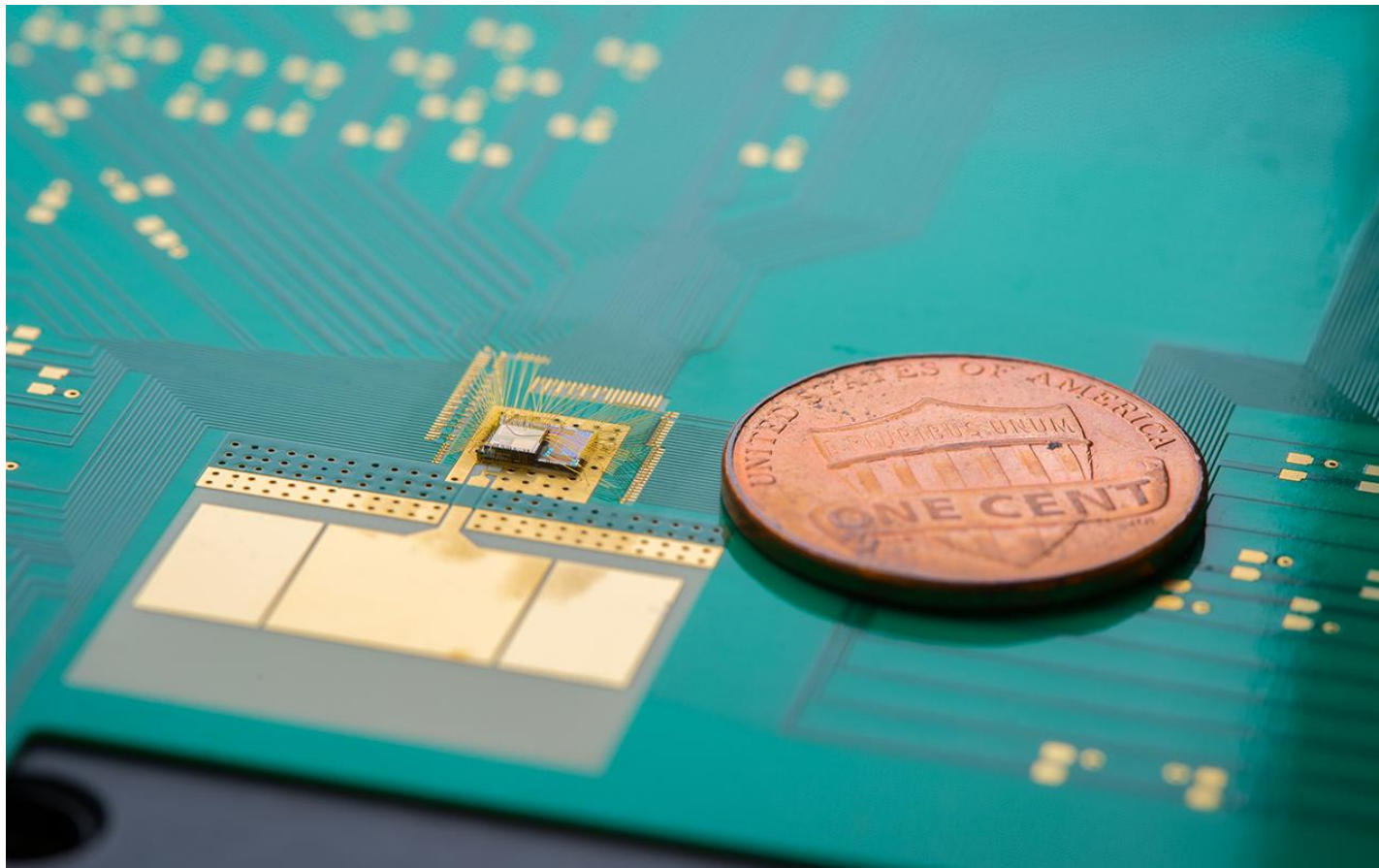






# Desafios da IoT

## 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







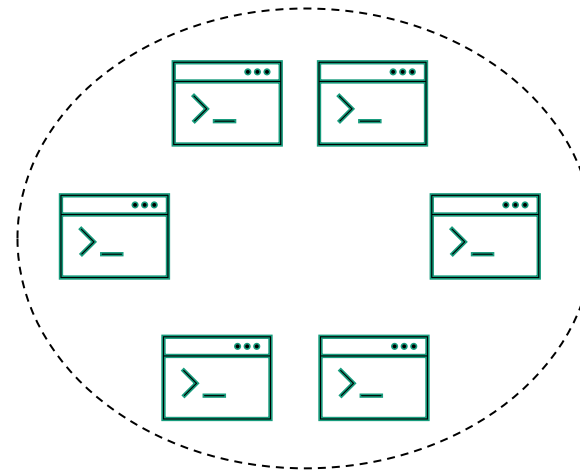
# CONCEITOS NATIVOS DA NUVEM



# Conceitos nativos da nuvem

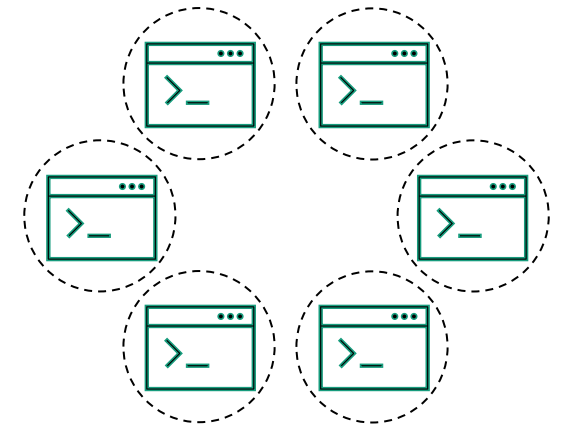
## Microserviços e seus paradigmas

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



Monolítico

VS.

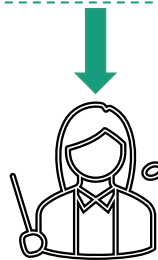
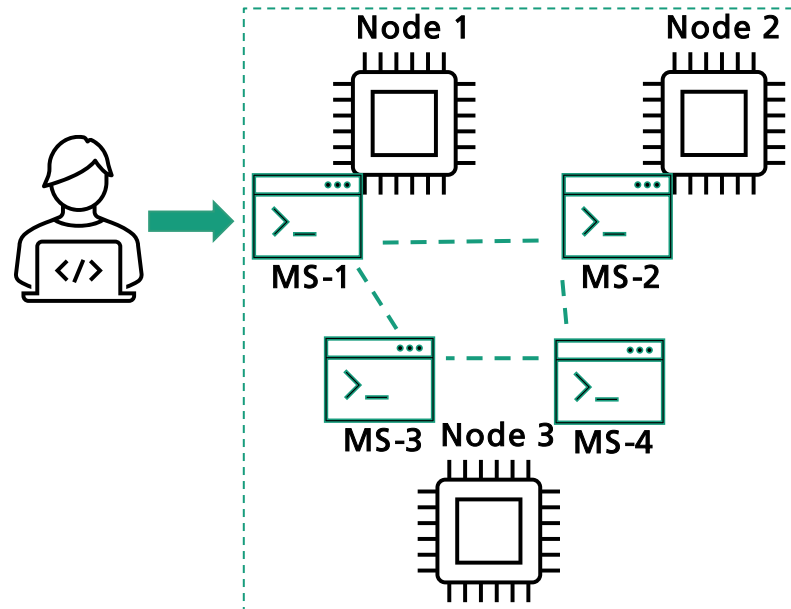


Microserviços

# Conceitos nativos da nuvem

## Automação de implantação de software - linguagem de especificação

### Imperativa

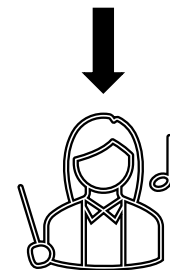
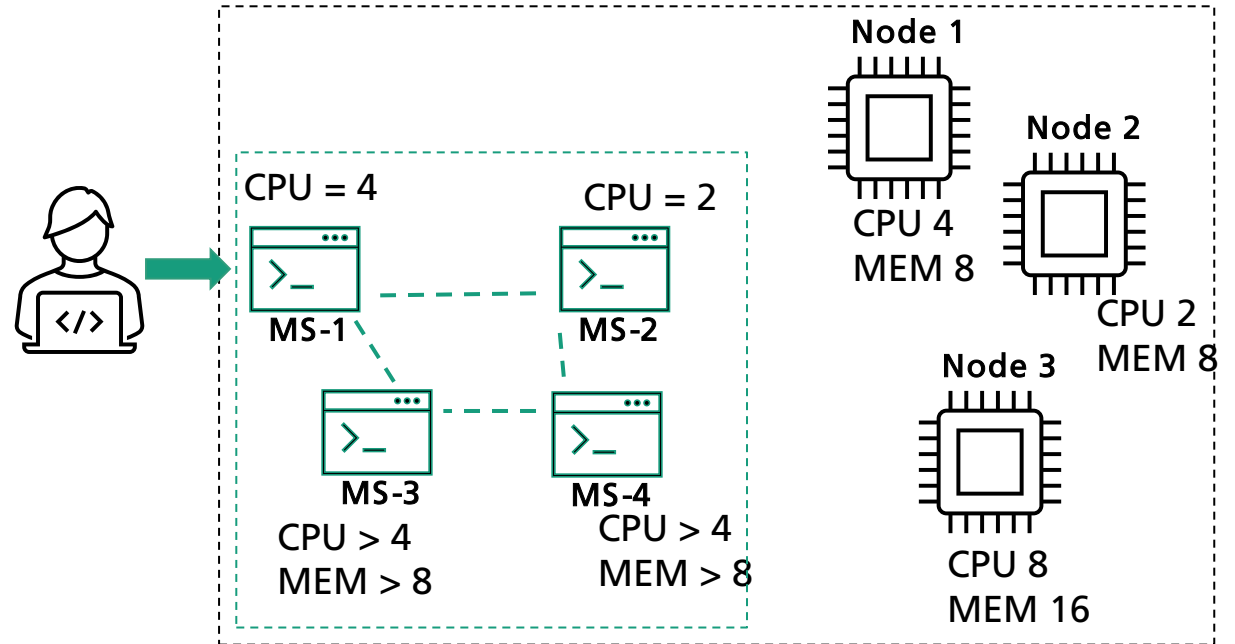


Estrutura de orquestração

- Interpreta instruções
- Implanta MS nos nós correspondentes

VS.

### Declarativa

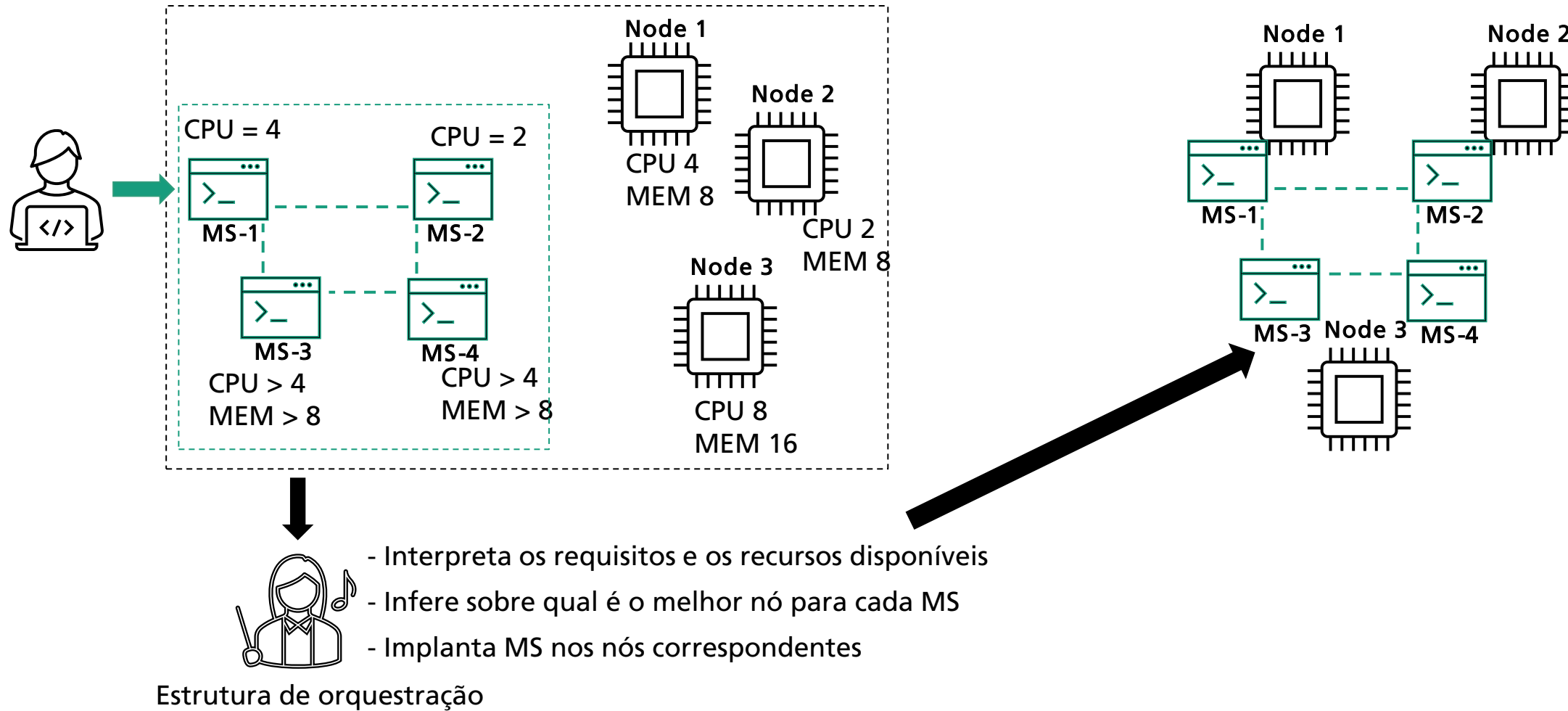


Estrutura de orquestração

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

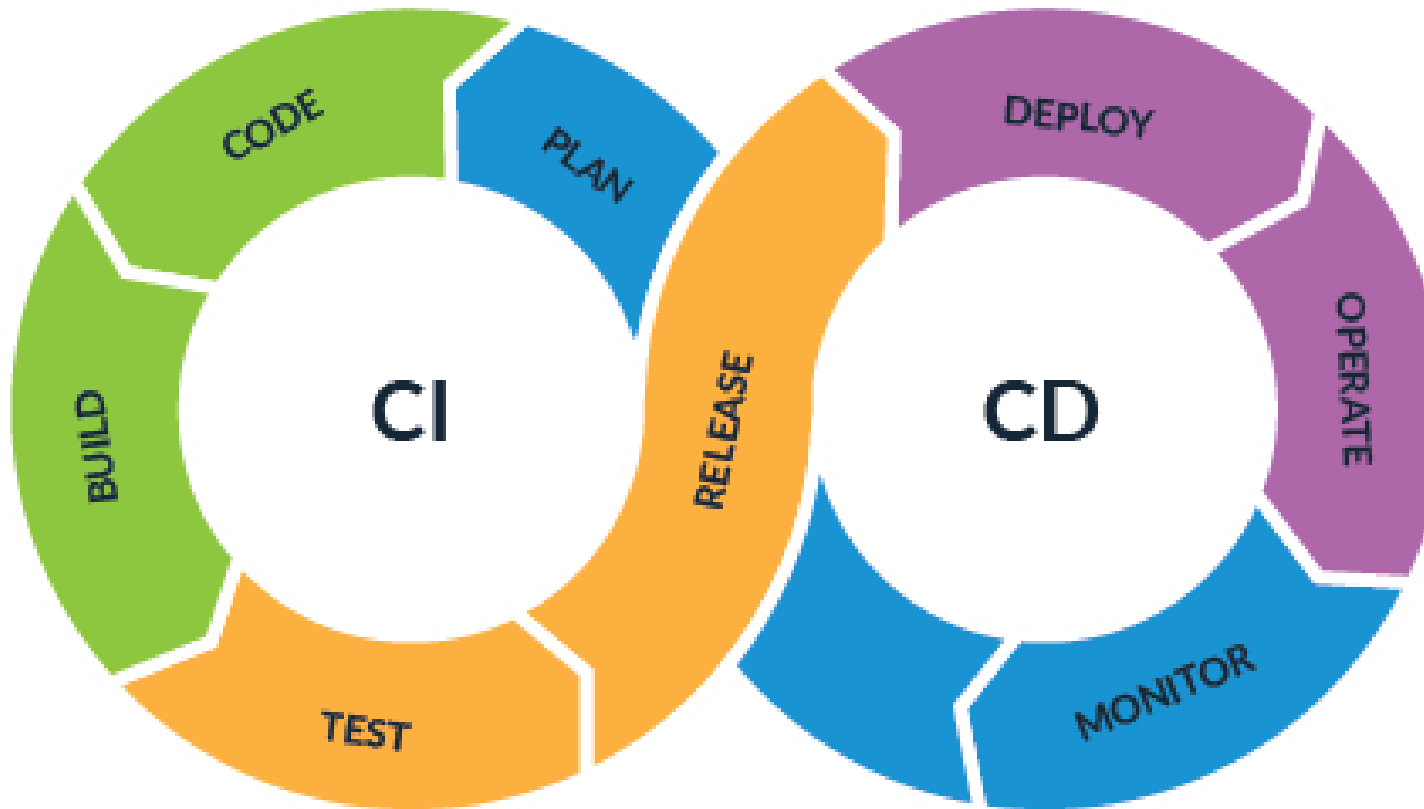
# Cloud native concepts

## Linguagem de especificação declarativa



# Conceitos nativos da nuvem

## Automação com DevOps e Integração/Entrega Contínuas

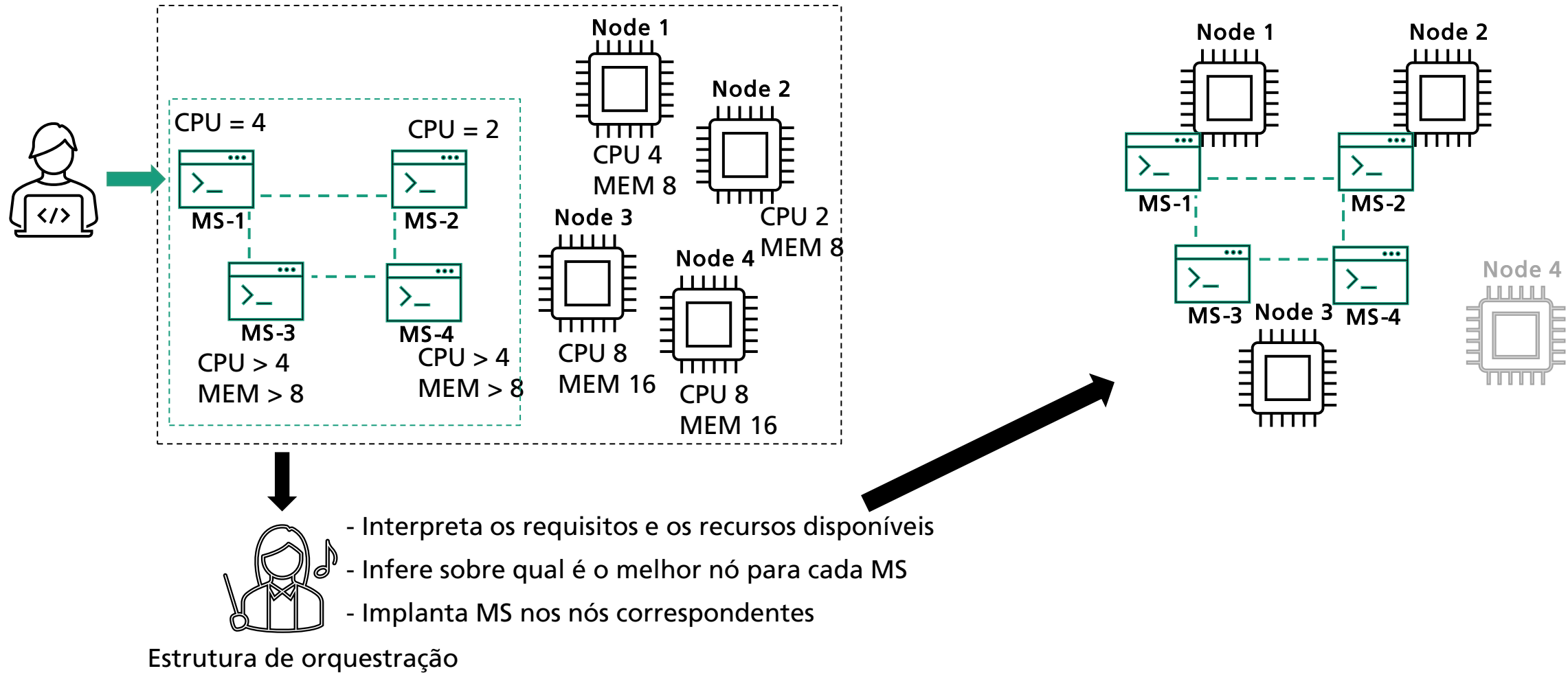


**Fonte imagem:** <https://github.com/NewthingAde/Building-CI-CD-Pipelines-Monitoring-Logging?tab=readme-ov-file>



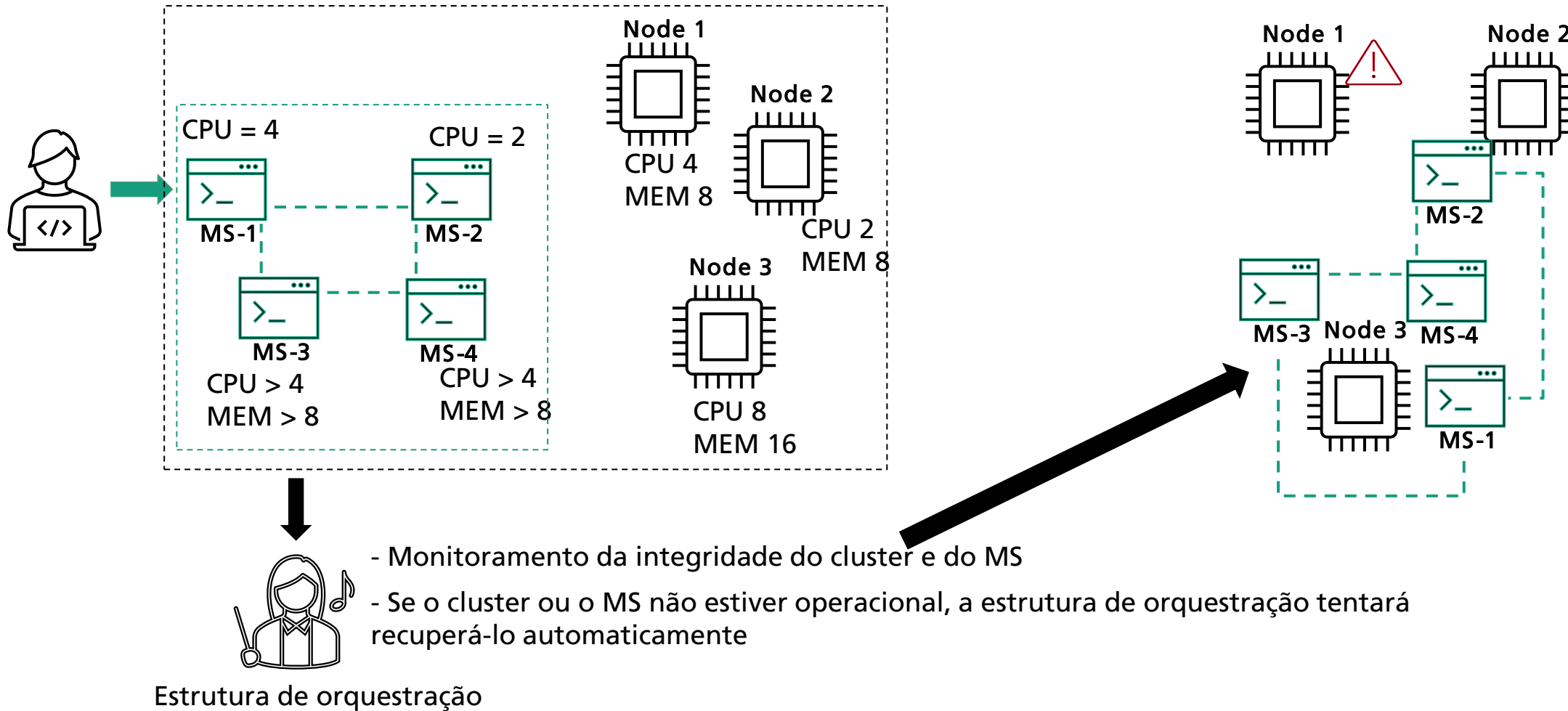
# Conceitos nativos da nuvem

## Melhor utilização da infraestrutura



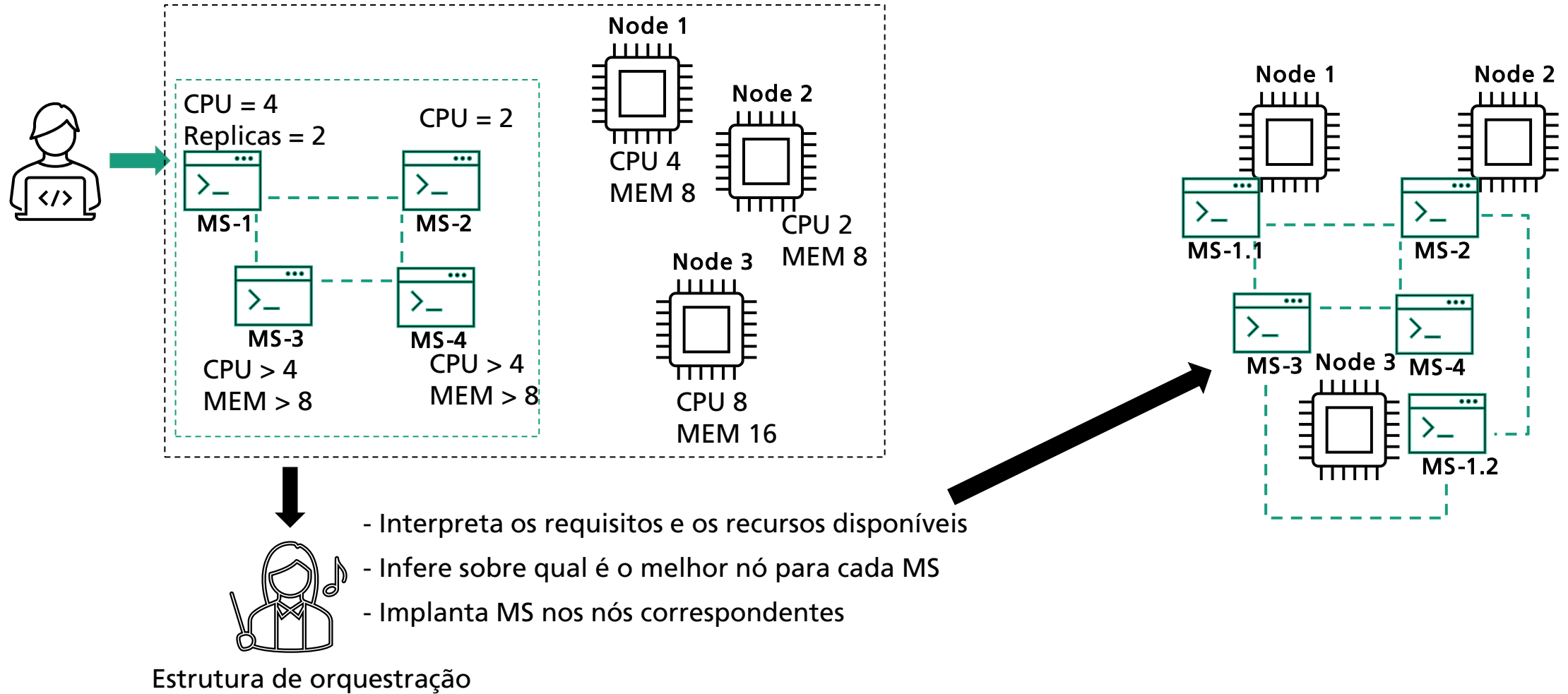
# Conceitos nativos da nuvem

## Tolerância a falhas e observabilidade



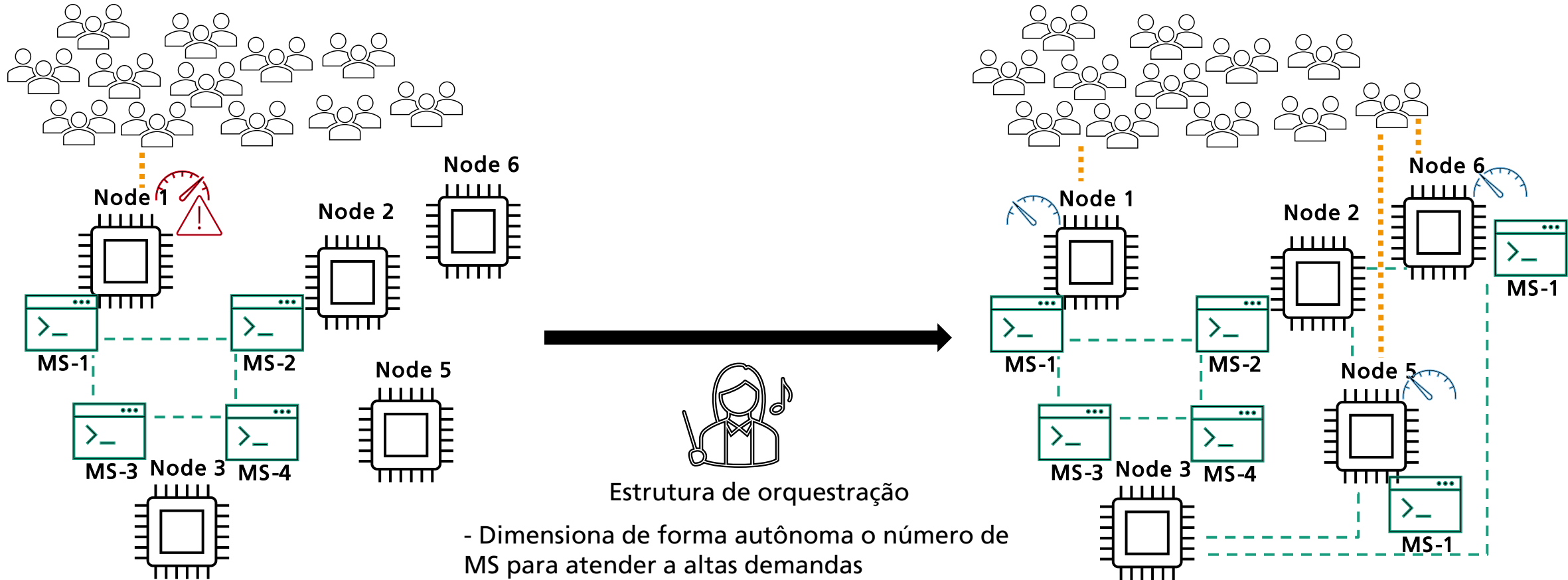
# Conceitos nativos da nuvem

## Replicação



# Conceitos nativos da nuvem

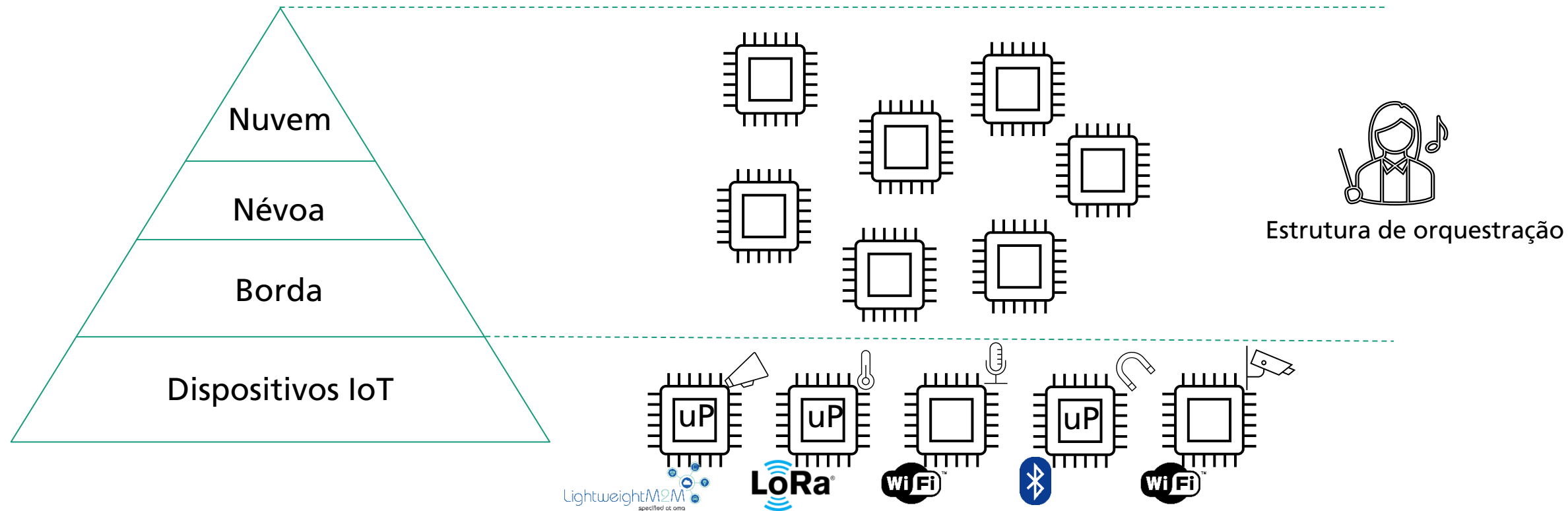
## Escalabilidade





# Conceitos nativos da nuvem

## Continuum

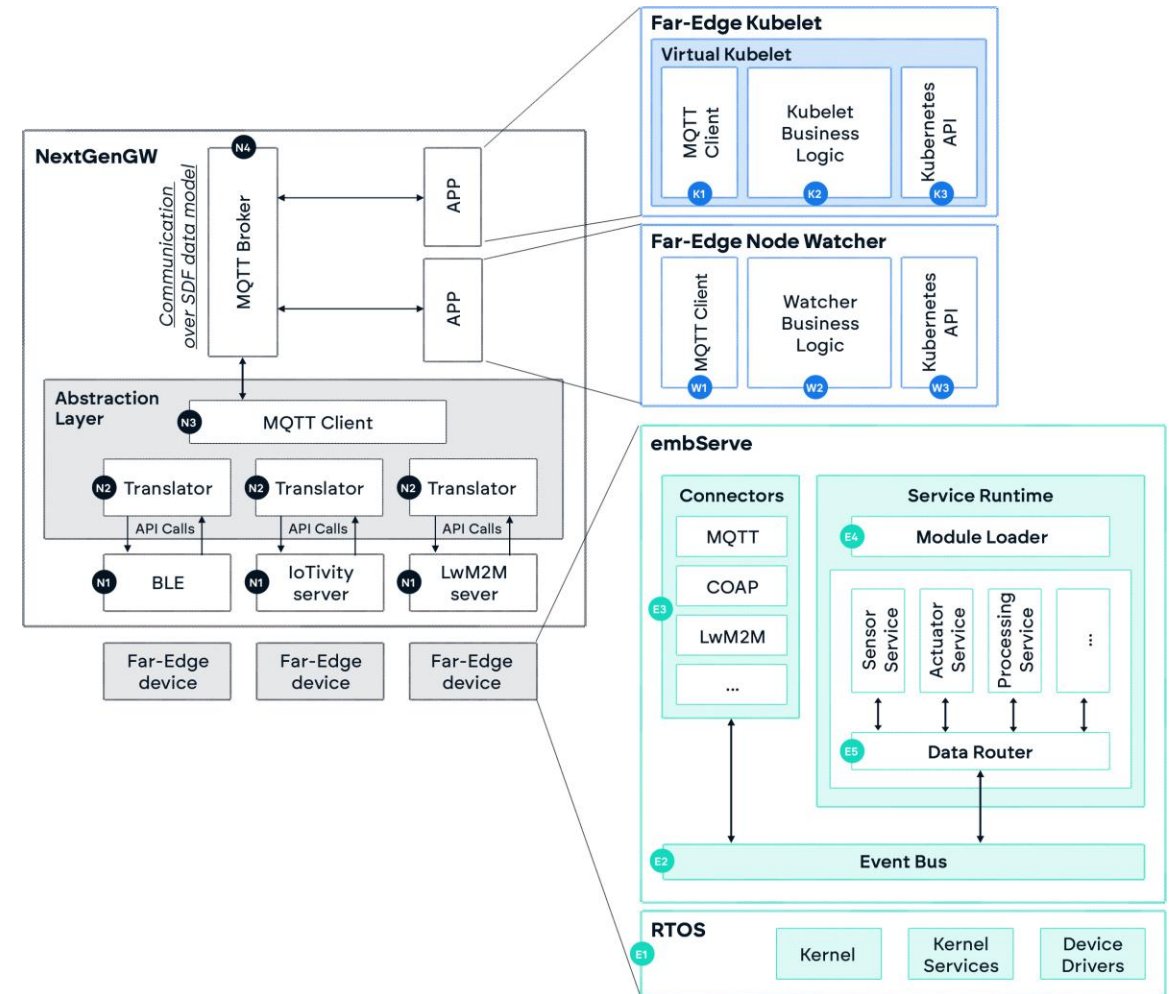


# CONCEITOS NATIVOS DA NUVEM E IOT

The image features a dark blue background with a glowing white network of lines and nodes. Various icons are connected to this network, representing different aspects of cloud computing and IoT. These icons include a satellite, a shopping cart, a cloud, a brain, a globe, a smartphone, a speech bubble, a location pin, a mail envelope, a truck, a heart rate monitor, a Wi-Fi symbol, a laptop, a factory, a bar chart, a person, a solar panel, and a robotic arm. At the bottom of the image, there is a silhouette of a city skyline at night, with numerous skyscrapers illuminated by lights. The overall aesthetic is futuristic and technological.

# Gerenciamento da IoT com base em conceitos nativos da nuvem

## FITA – Integração de dispositivos IoT com recursos limitados no Kubernetes



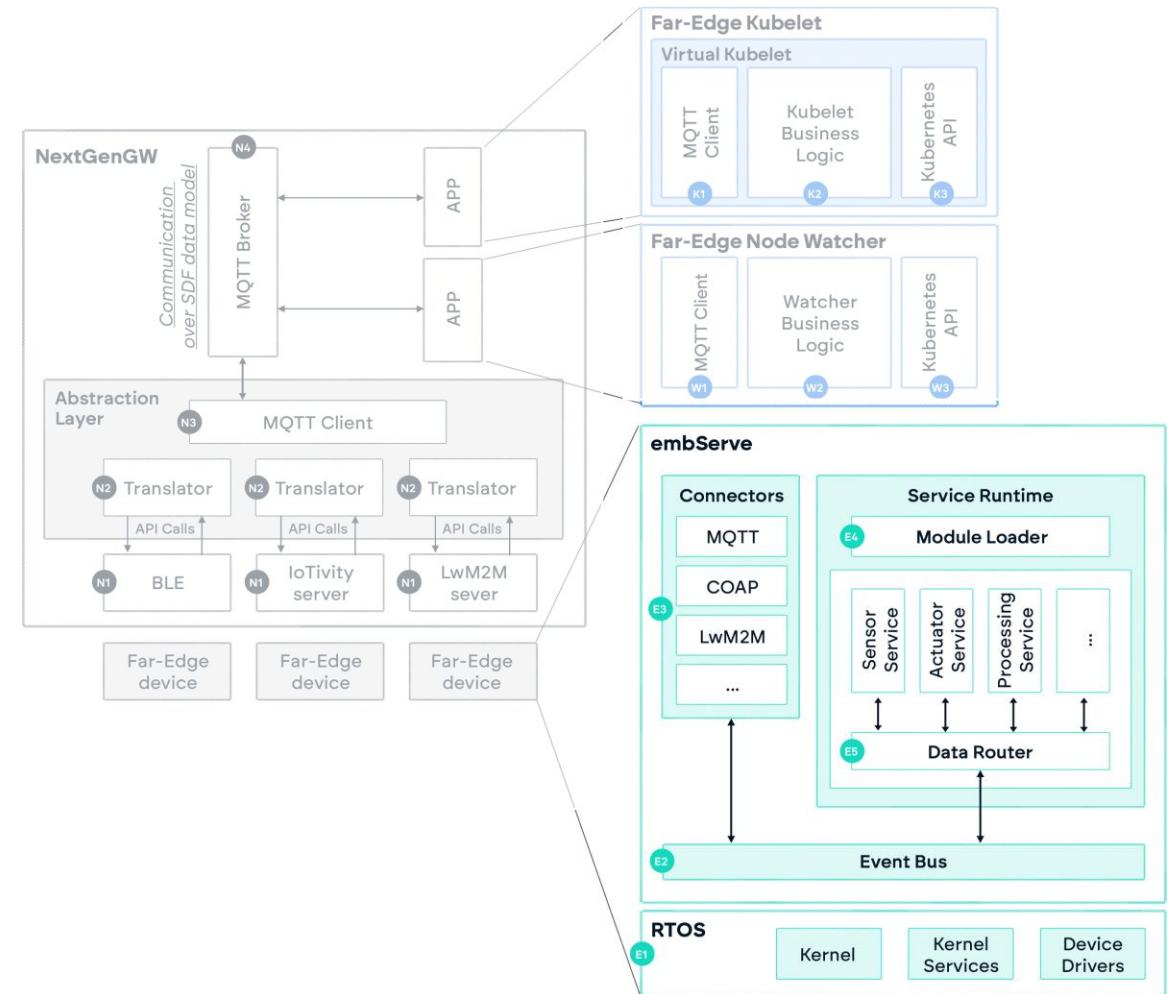


# Gerenciamento da IoT com base em conceitos nativos da nuvem

## 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



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).

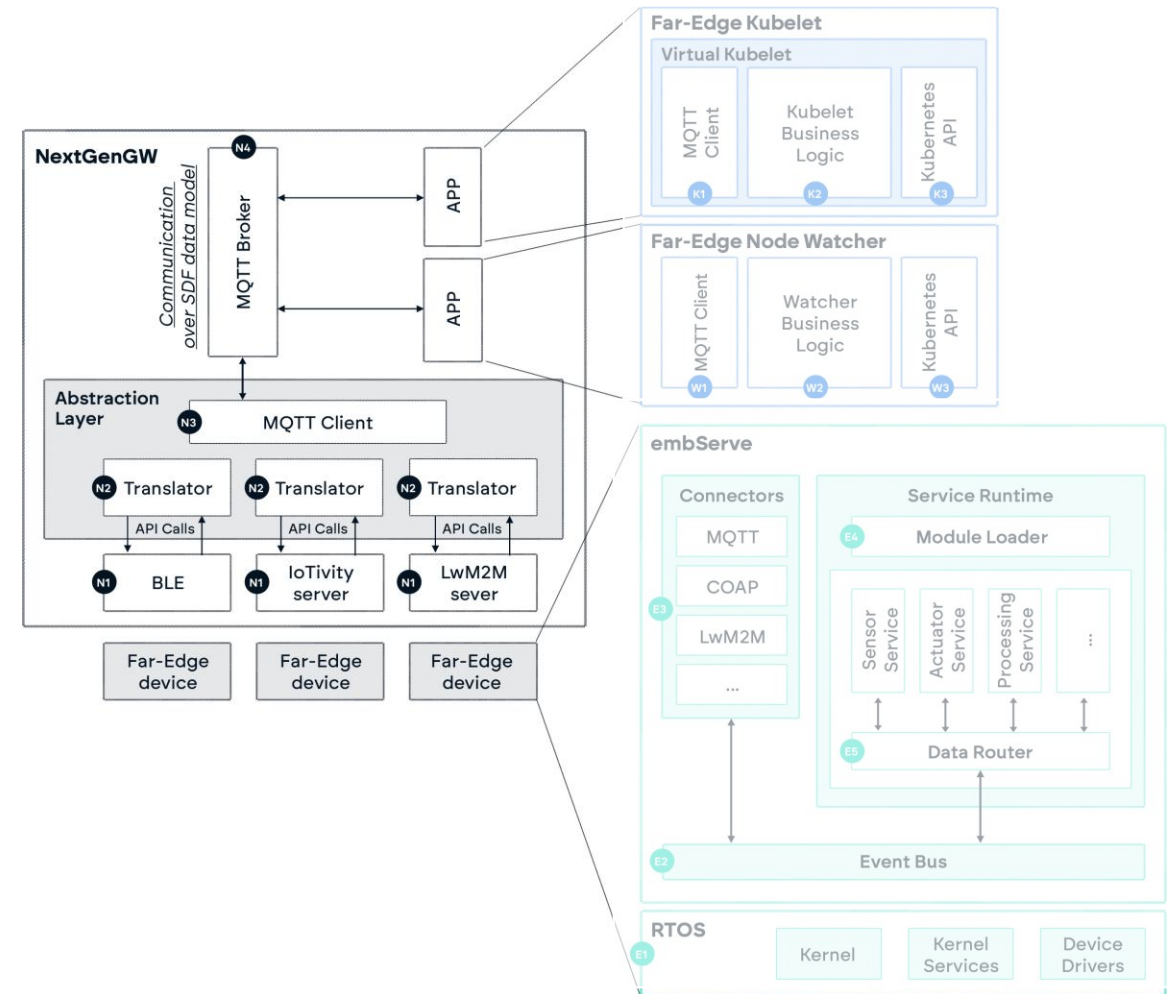


# Gerenciamento da IoT com base em conceitos nativos da nuvem

## FITA – Integração de dispositivos IoT com recursos limitados no Kubernetes

### ■ 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

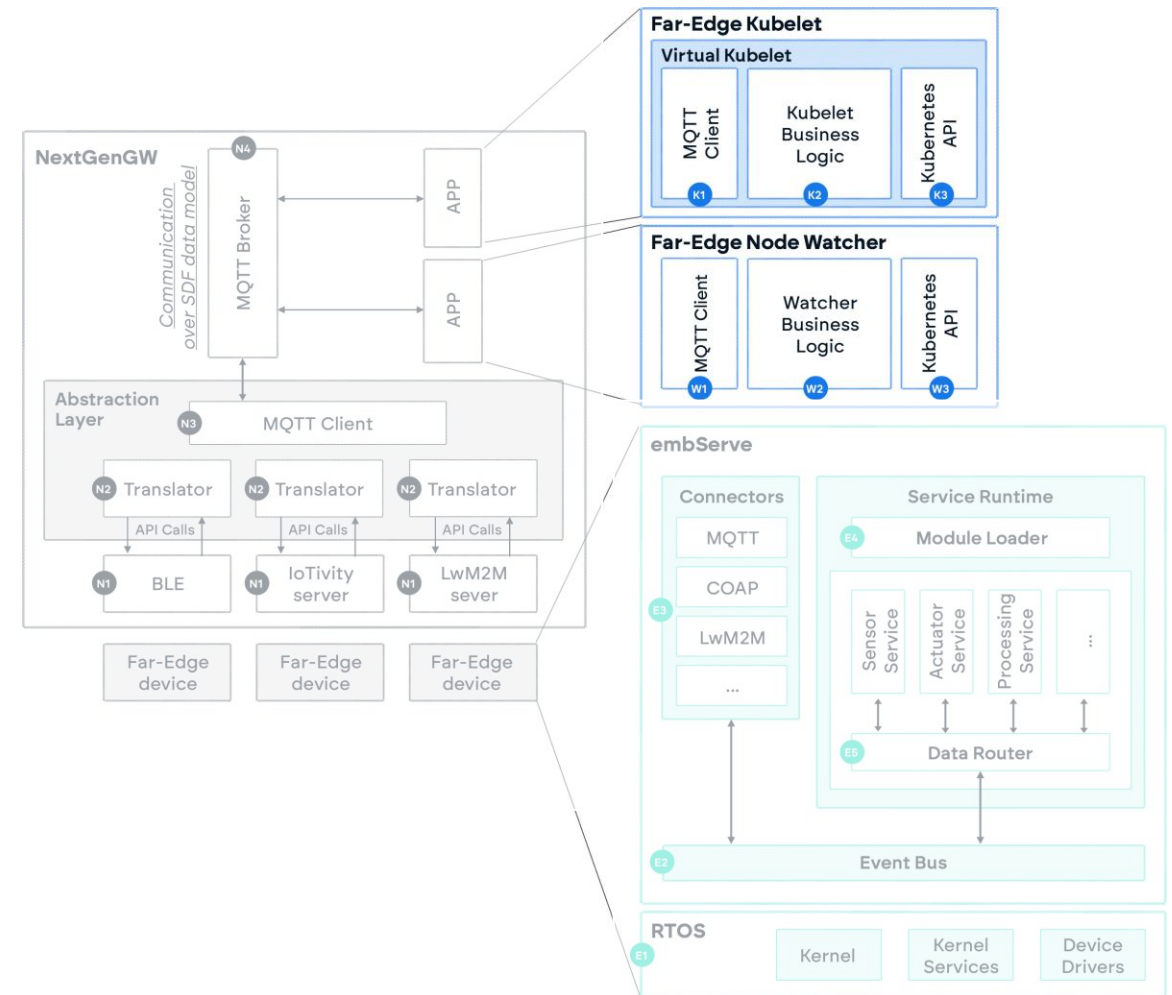
### ■ Far-Edge Kubelet

- 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

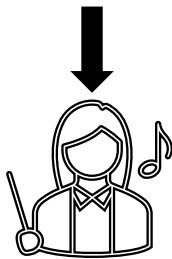
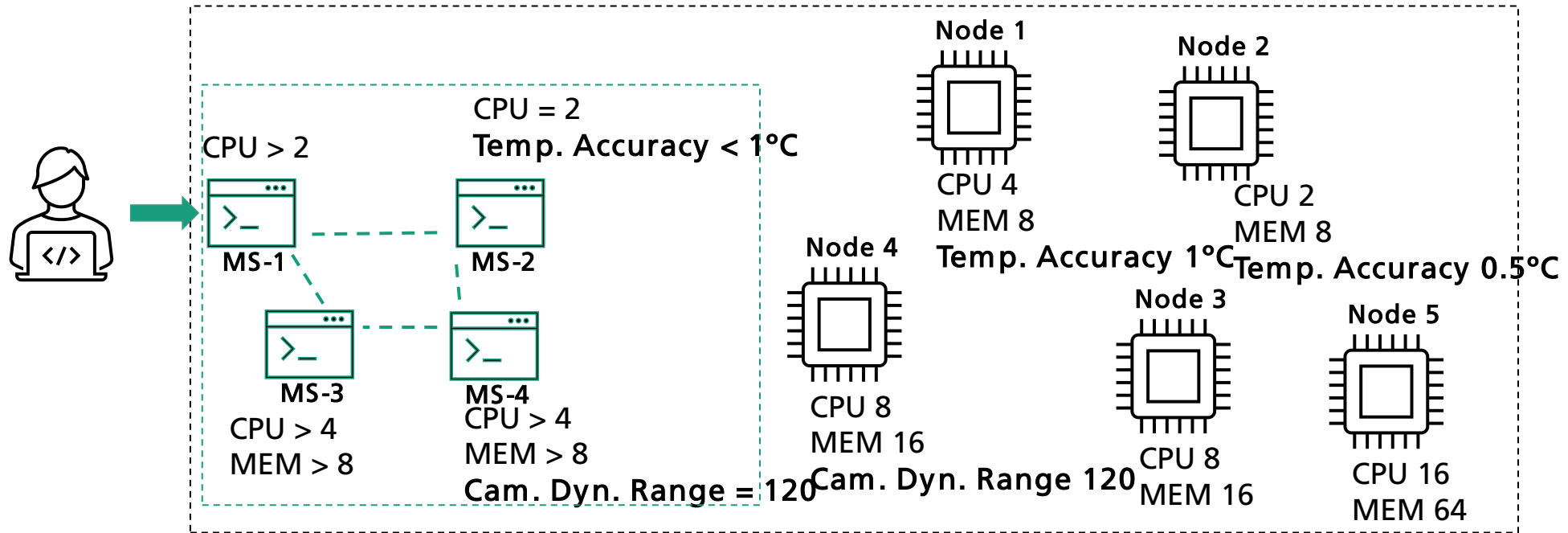
- Permitem integrar sensores e atuadores simples (com poucos recursos) ao Kubernetes



**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

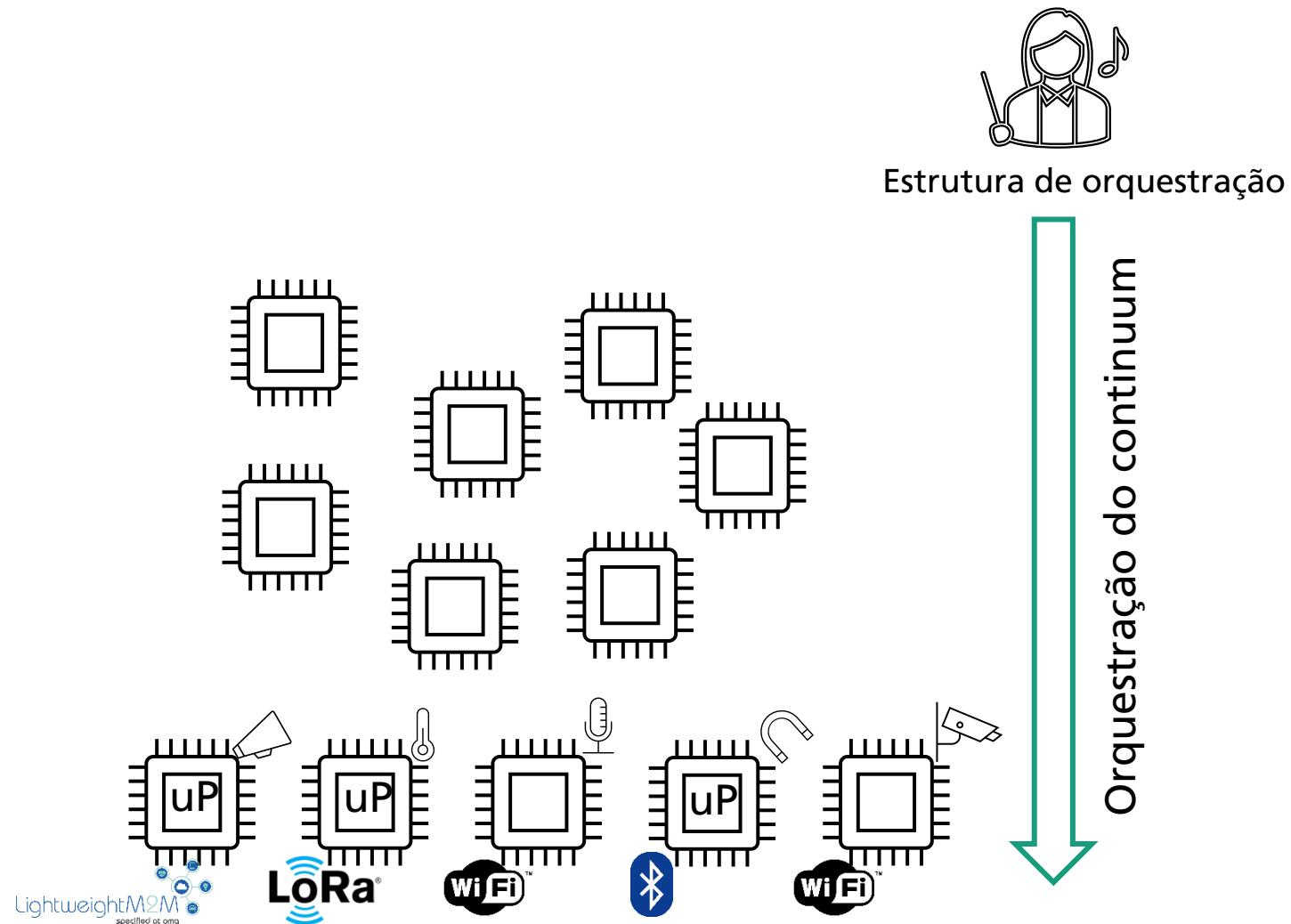
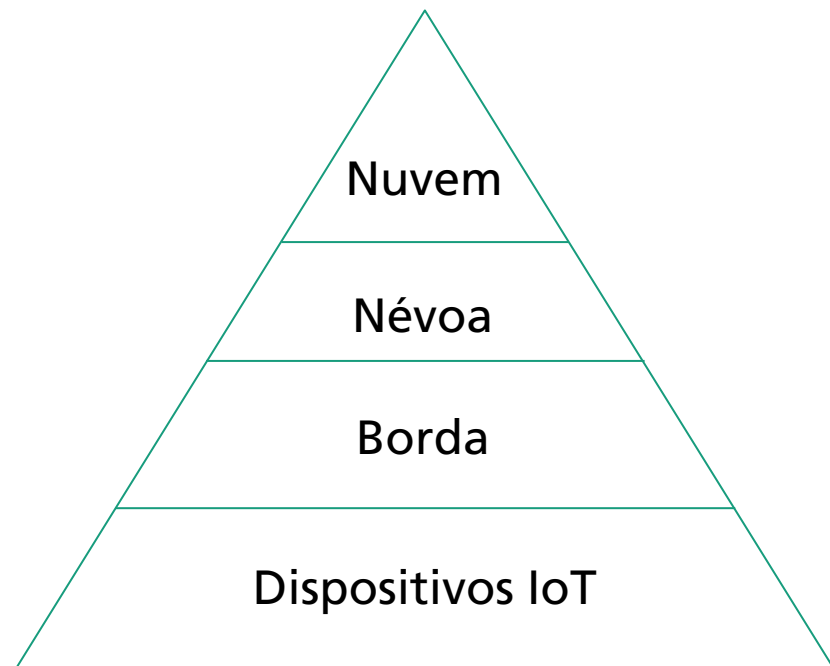


- Interpreta os requisitos e os recursos disponíveis, incluindo os requisitos de serviço IoT e as características dos nós IoT
- Infere sobre qual é o melhor nó para cada MS, incluindo nós de nuvem, borda e IoT
- Implanta MS em nós correspondentes, incluindo nós de nuvem, borda e IoT

Estrutura de orquestração

# Conceitos nativos da nuvem

## Continuum





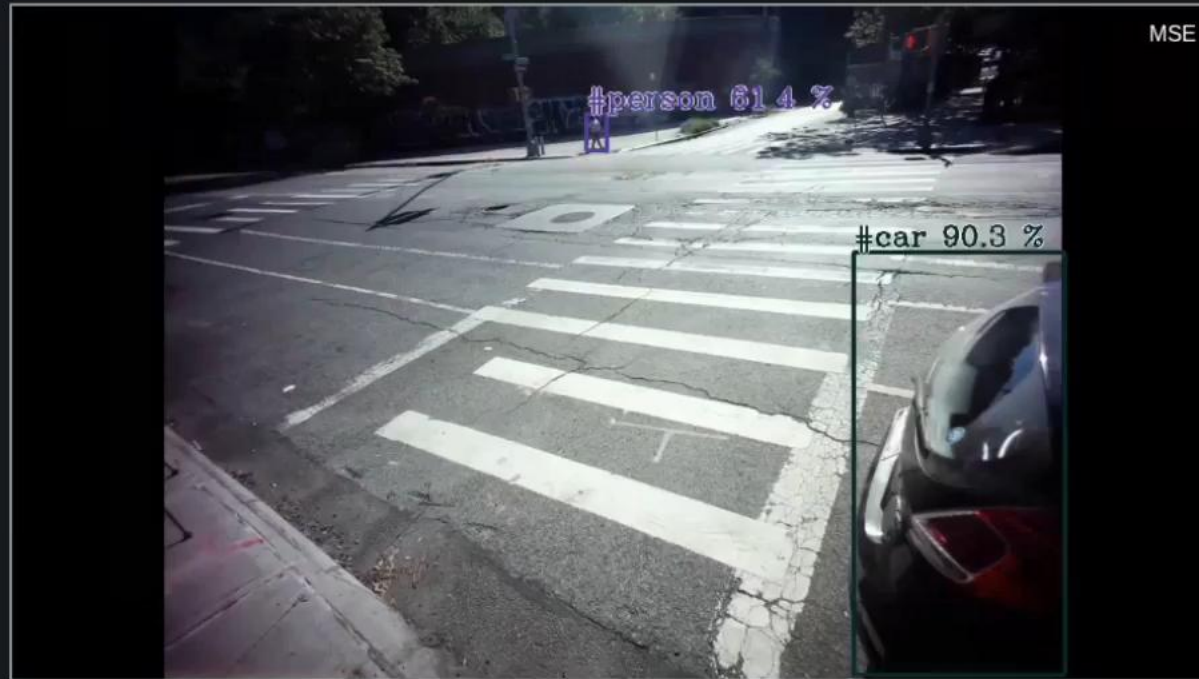
# DEMO - RECONHECIMENTO DE OBJETOS

## Nodes

labnuc01

labnuc01-b1-node1

No data



## Noise



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

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

# DEMO – INFERÊNCIA DISTRIBUÍDA

## Edge Node - FITA

fita-fita-78768fc86b-wxklj

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

## Far-edge Node 1 - 512kB

No data

## Far-edge Node 3 - 128kB

No data

## Far-edge Node 5 - 128kB

No data

## Far-edge Node 2 - 256kB

No data

## Far-edge Node 4 - 128kB

No data

## Far-edge Node 6 - 128kB

No data

## Edge Node - TinyKubeML

femlm-fita-femlm-operator-7586d44f5

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



# EXEMPLO DE CASO DE USO DE CIDADE INTELIGENTE





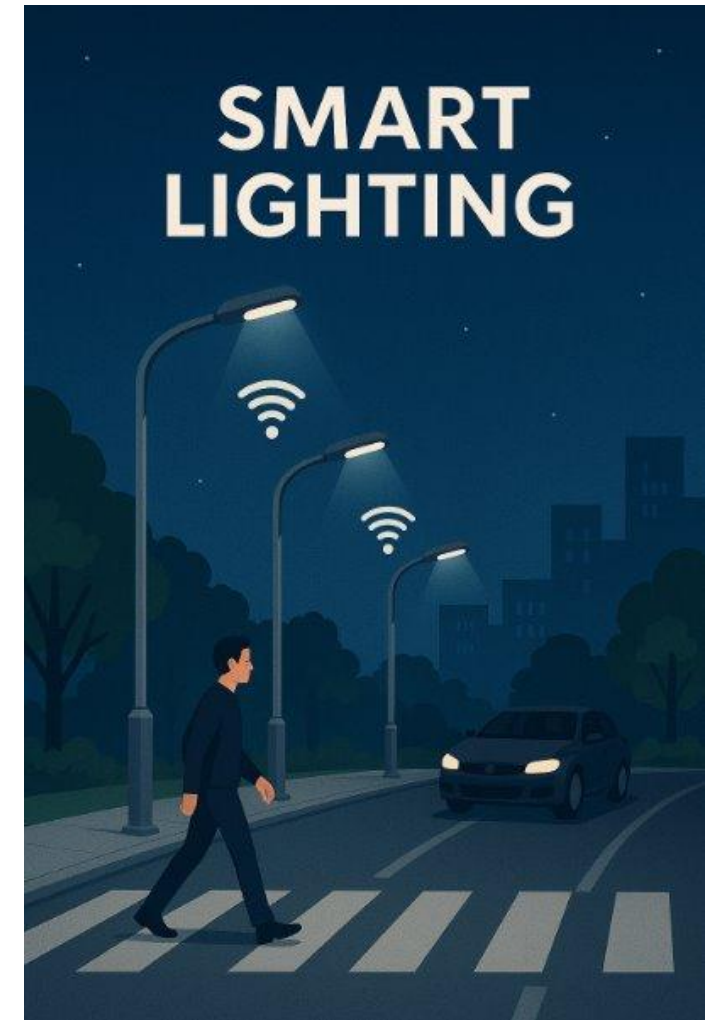
# Exemplo de caso de uso de cidade inteligente

## 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%<sup>1</sup>
- Concebido como o futuro da iluminação em cidades inteligentes:
  - Crescimento anual do mercado de 22,7% ao ano<sup>2</sup>
  - Expectativa de atingir 63,8 milhões de postes de luz conectados em 2027 e valor de mercado estimado em US\$ 50 bilhões até 2028<sup>2</sup>

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](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 regulação 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**

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