

Arquiteturas IoT:

Fog Computing e Edge Computing

Disciplina: **Introdução à Internet das Coisas - IMD0902**

Prof. Heitor Florencio

heitorm@imd.ufrn.br

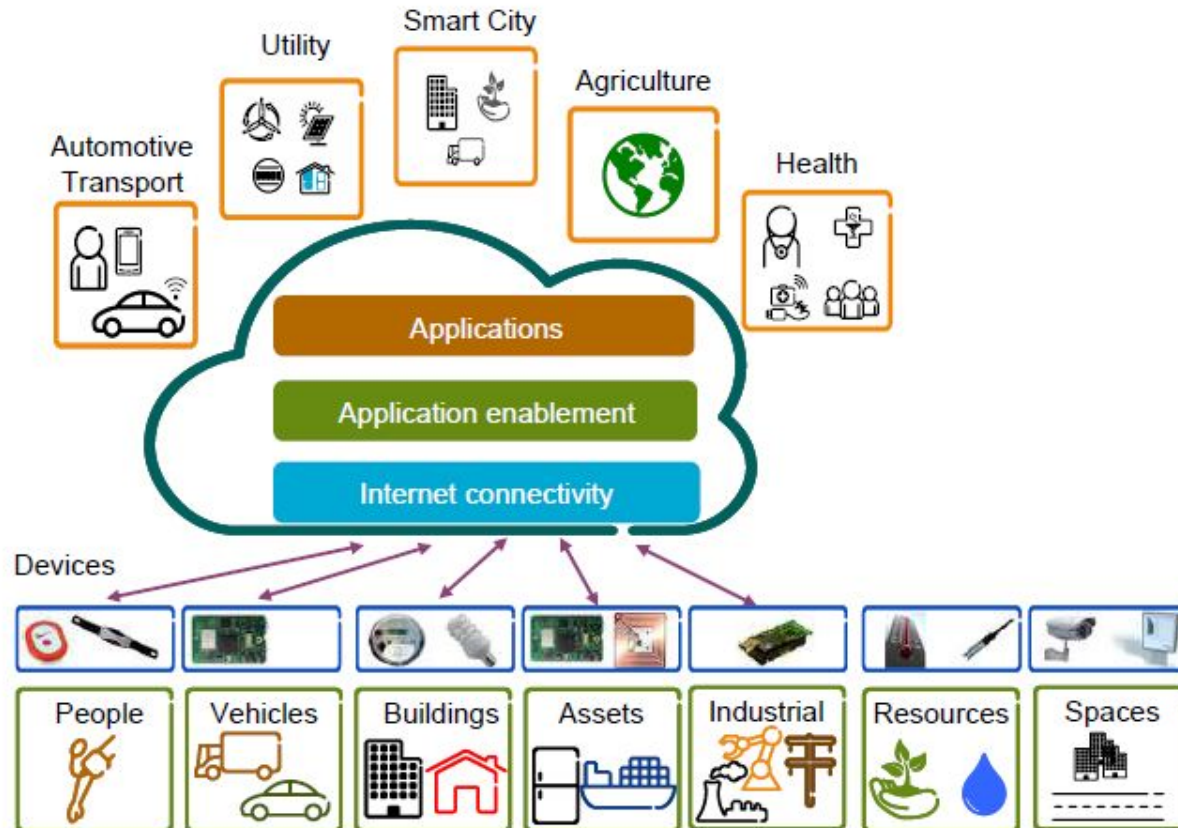
Aula 06:

Arquiteturas IoT: Fog Computing e Edge Computing

Tópicos

- Arquiteturas IoT
- Conceitos de Fog Computing
- Arquiteturas **IoT-Fog-Cloud**
- Arquitetura de Referência (AR): OpenFog
- Aplicações

Arquiteturas IoT



Arquiteturas IoT

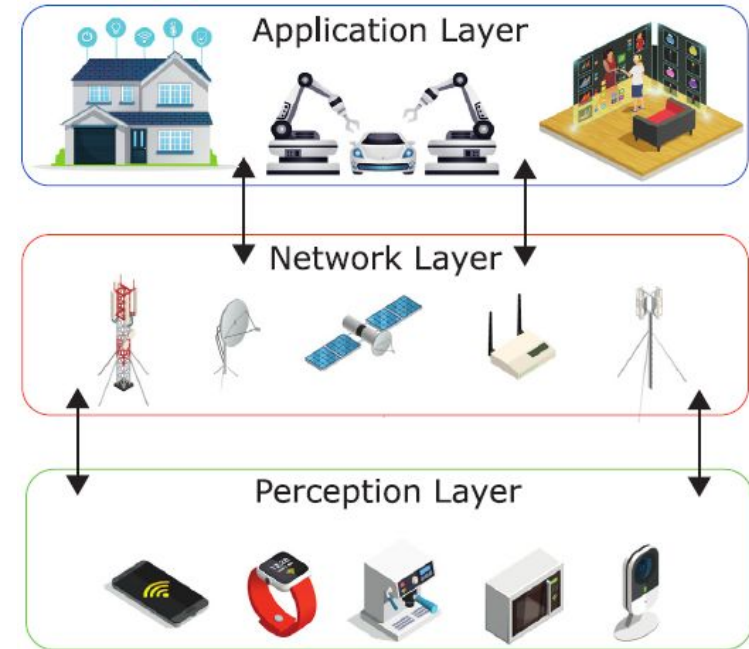
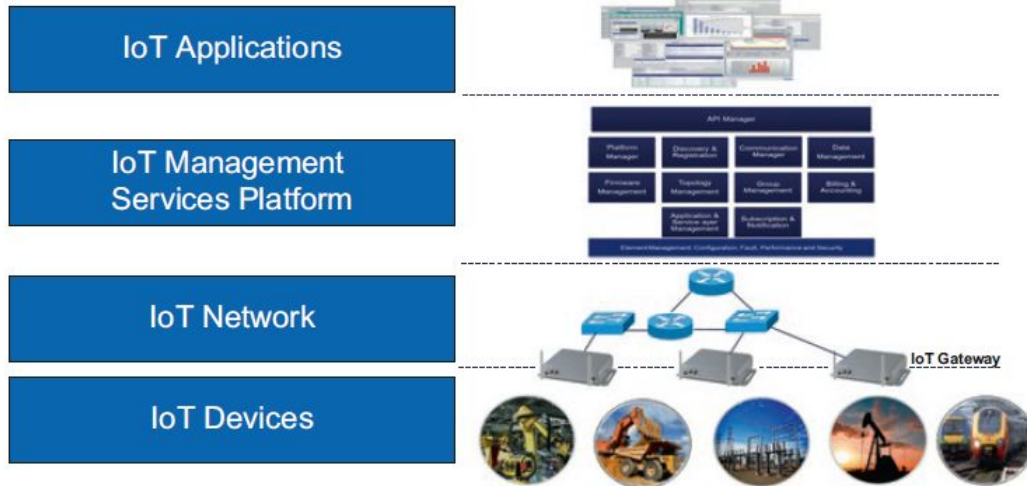


Fig. 1.5 IoT levels

Fonte: RAYES, Ammar; SALAM, Samer. Internet of things from hype to reality. Springer, 2017.

Case IoT: Estações Meteorológicas





information

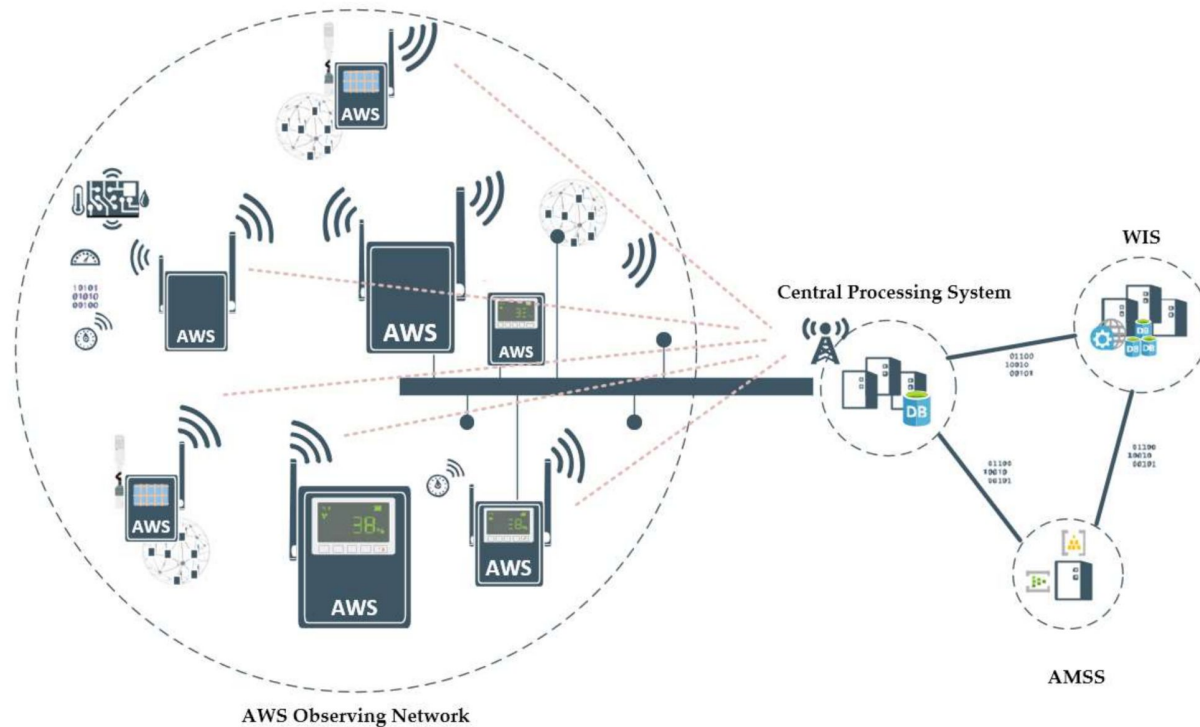


Review

Low-Cost Automatic Weather Stations in the Internet of Things

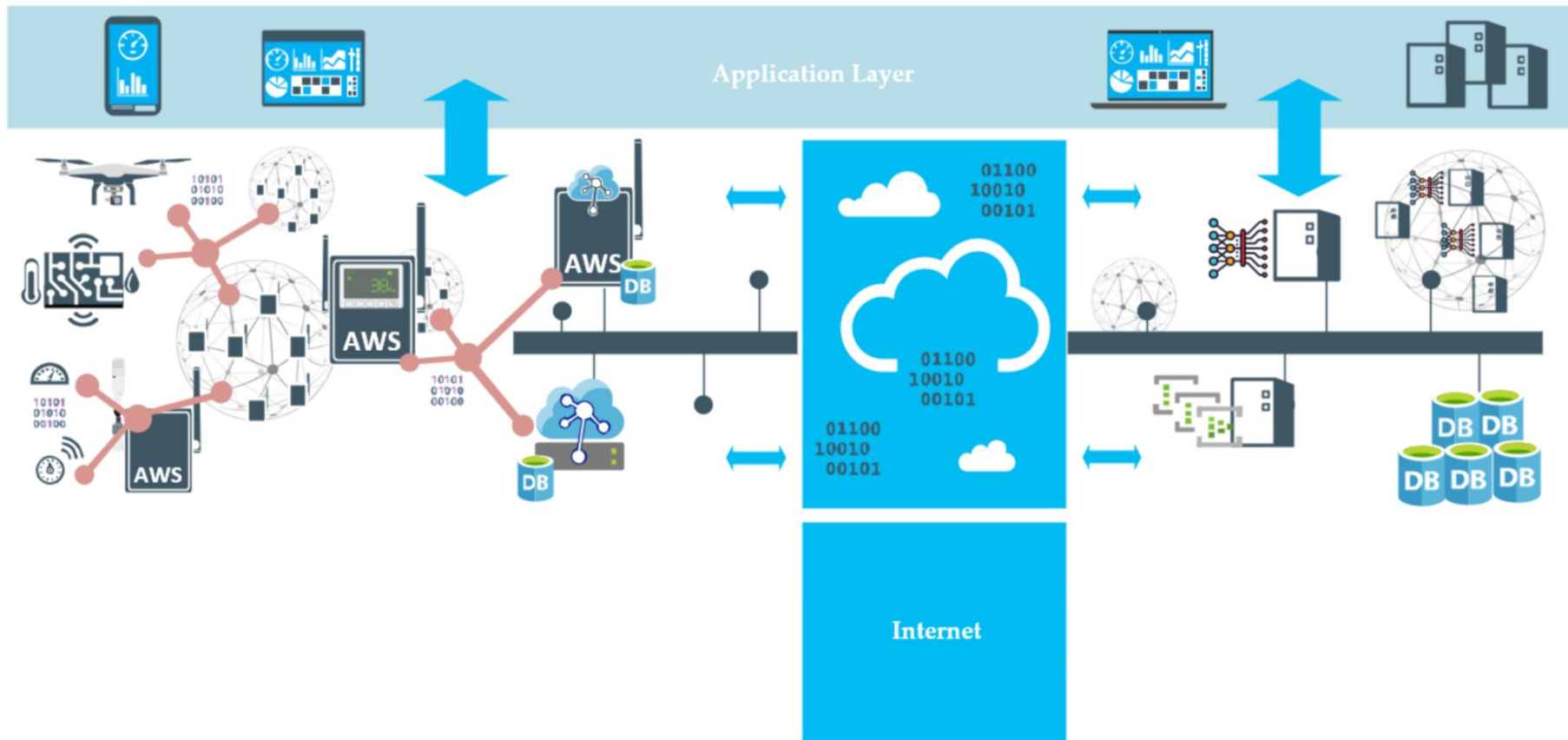
Konstantinos Ioannou ^{1,*} , Dimitris Karampatzakis ² , Petros Amanatidis ², Vasileios Aggelopoulos ²
and Ilias Karmiris ¹

Case: Estações Meteorológicas com IoT



- **AWS (Automatic Weather Stations):** Dispositivo IoT desenvolvido para medir diversas variáveis meteorológicas do ambiente baseado no ESP32.
- Comunicação entre dispositivos baseada no protocolo **LoRaWAN**.
- Plataforma de processamento: **ThinkSpeak**.

Case: Estações Meteorológicas com IoT



Case: Estações Meteorológicas com IoT



(a)



(b)

Case: Estações Meteorológicas com IoT

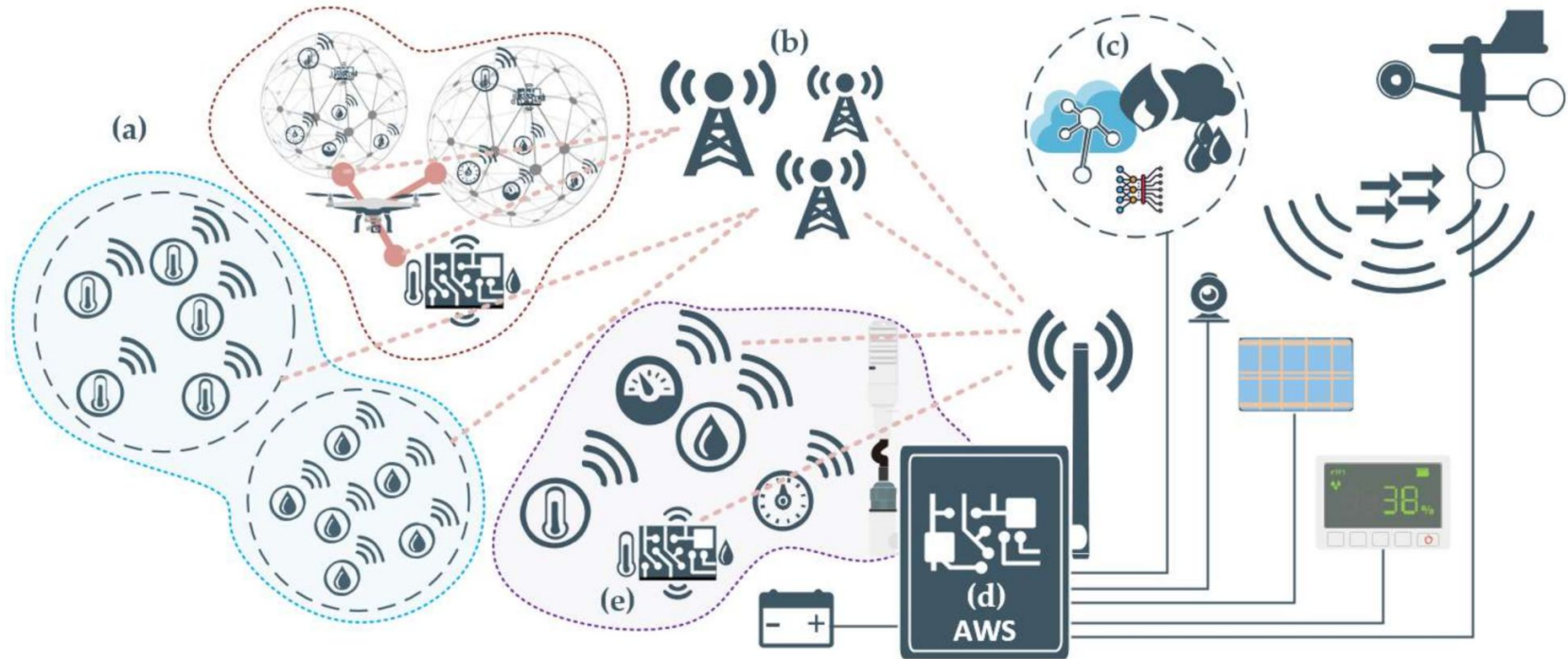


Figure 9. Low-Cost Automatic Weather Stations in the Internet of Things: (a) Mesh collections of sensors, (b) Wireless networks (Low-Power Wide-Area Network (LPWAN), 4G, 5G, etc.), (c) Advanced computing capabilities and algorithms, (d) **Advanced hardware features**, and (e) **Intelligent sensors and measurement devices**.

Case: Estações Meteorológicas com IoT

Qual o **poder computacional** do AWS?

Se existir **congestionament o na rede** para envio do dado?

Figure 9. Low-Cost Automatic Weather Stations in the Internet of Things: (a) Mes... networks (Low-Power Wide-Area Network (LPWAN), 4G, 5G, etc.), (c) Advanced comp... algorithms, (d) **Advanced hardware features**, and (e) **Intelligent sensors and measurement devices**.

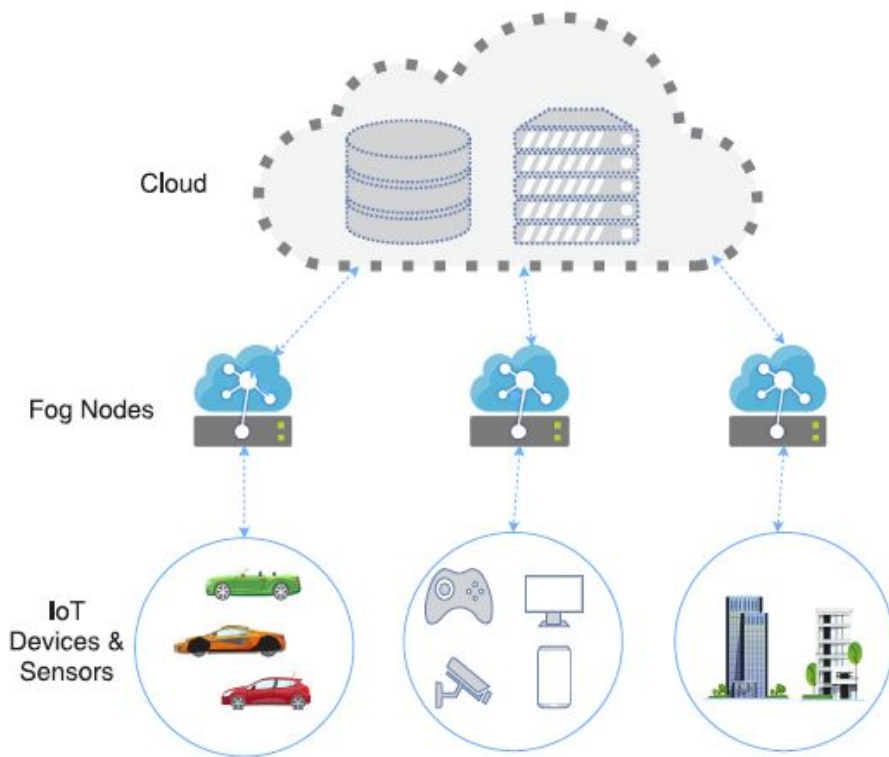
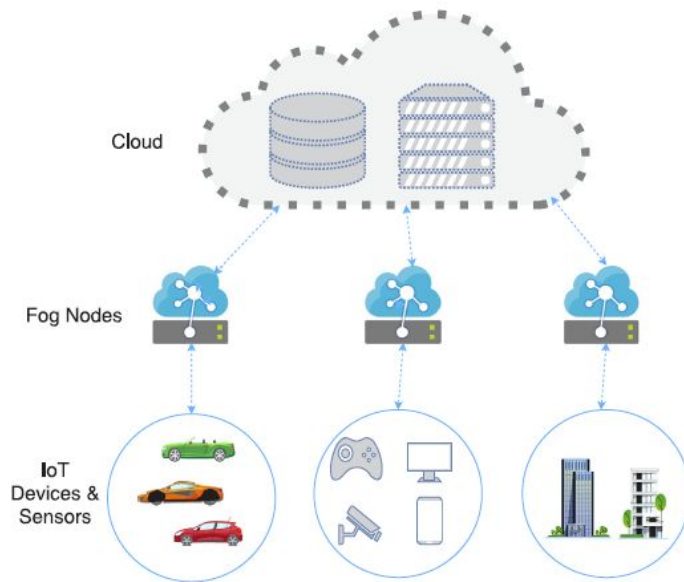


Fig. 6. Generic edge computing architecture.

Camada de **Fog Computing** nas Arquiteturas IoT

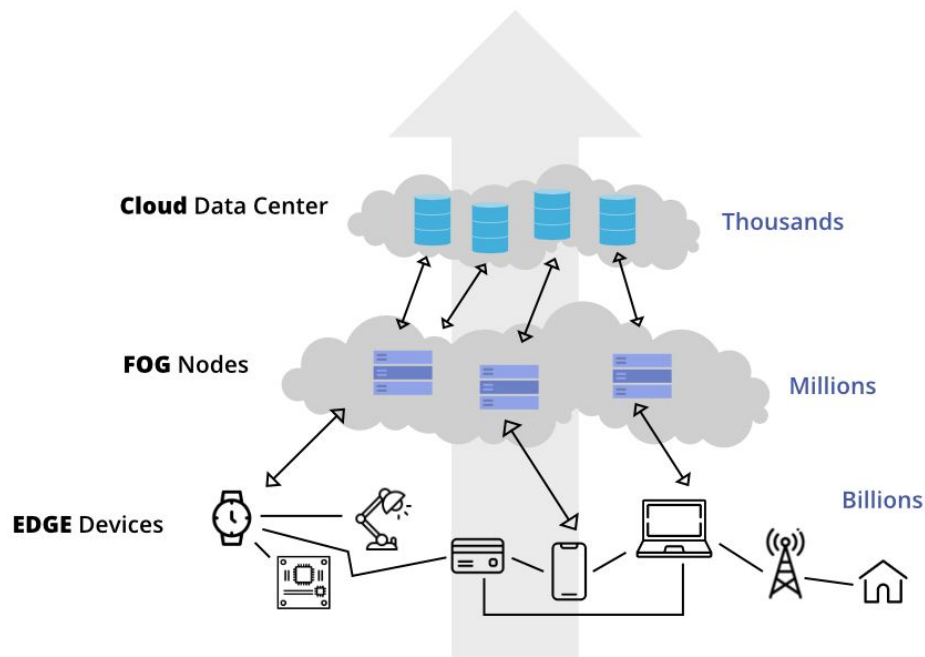
Conceito de Fog Computing

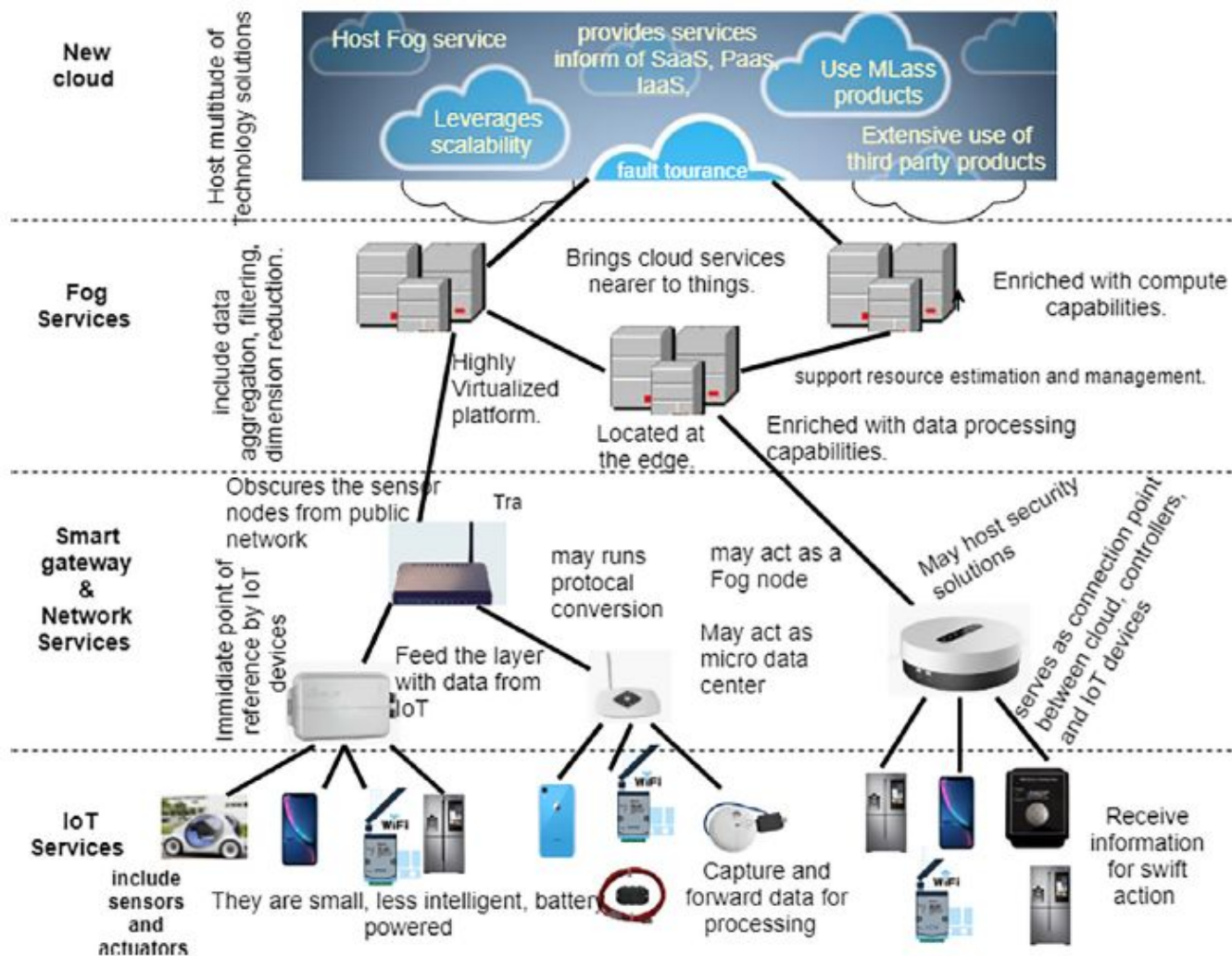
- Surgiu da necessidade de **migrar a computação (processamento ou armazenamento)** da camada de nuvem (**cloud computing**) para as camadas **mais próximas aos dispositivos**.
- **Fog Computing**: camada do sistema que distribui computação, armazenamento e rede para mais próximo dos usuários/coisas em qualquer lugar ao longo do caminho **coisa-cloud**.



Fog x Edge Computing

- Ainda não existe um consenso e arquitetura definida para **fog computing**.
- Em alguns contextos, o termo **Edge Computing** também é utilizado.





- **Distribuição geográfica:** diferente da computação em nuvem, os **recursos e serviços** devem ser distribuídos em posições estratégicas dependendo da aplicação e do posicionamento dos dispositivos IoT da borda.
- **Redução de latência:** algumas aplicações requerem que os dados gerados pelos dispositivos IoT sejam processados/armazenados em um intervalo de tempo ultra baixo.
 - ◆ Exemplo: troca de dados (imagens e modelos de predição) entre veículos conectados com o intuito de evitar colisões;
- **Interoperabilidade:** os componentes de hardware/software e serviços de uma plataforma fog computing precisam implementar os protocolos desenvolvidos por órgãos de padronização como, por exemplo IEEE e ISO.
- **Suporte a mobilidade:** os nós fogs não necessariamente precisam ser fixos, exemplo: nós fog acoplados a veículos.

- **Escalabilidade:** permitir a incorporação de novos nós computacionais para aumento de recursos/serviços.
- **Disponibilidade:** as plataformas/nós fog precisam assegurar a oferta de seus serviços mesmo sob condições adversas de operação, evitando assim a degradação dos serviços ao longo do tempo.
 - ◆ Uso de técnicas de redundância de nós fog.
- **Redução do consumo de energia;**
- **Segurança e privacidade;**

Arquiteturas de Referência (AR) para Fog Computing

Ainda **não existe** uma **arquitetura padronizada**
universalmente reconhecida.

Arquitetura de Referência **OpenFog**

- Criada pelo consórcio **OpenFog** de várias empresas.
 - Objetivo: impulsionar o desenvolvimento de soluções para **fog computing** interoperáveis.
 - Em agosto de 2018 o IEEE adotou a OpenFog como AR para fog computing sob o padrão **IEEE 1934-2018**.
- ✓ **OpenFog** é estruturada em **oito pilares** e cada pilar representa um **princípio ou atributo** necessário para a **distribuição de computação, armazenamento, controle e funções de rede próximo a origem dos dados**.



Arquitetura de Referência **OpenFog**

01

- Estrutura unificada para ajudar desenvolvedores na criação de plataformas fog computing.

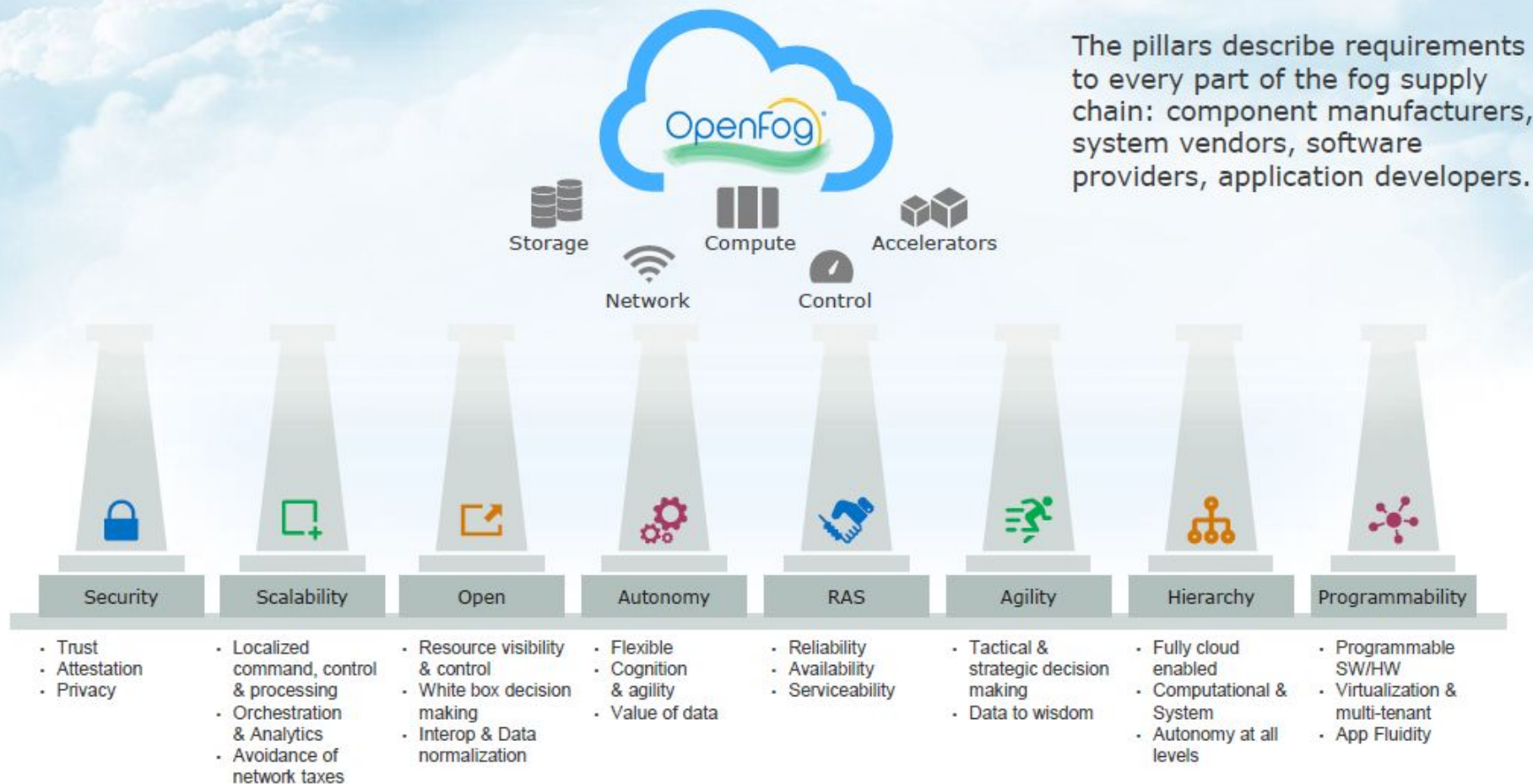
02

- Iniciativa que irá auxiliar na criação de padrões para permitir a interoperabilidade em IoT, 5G e IA em rede.

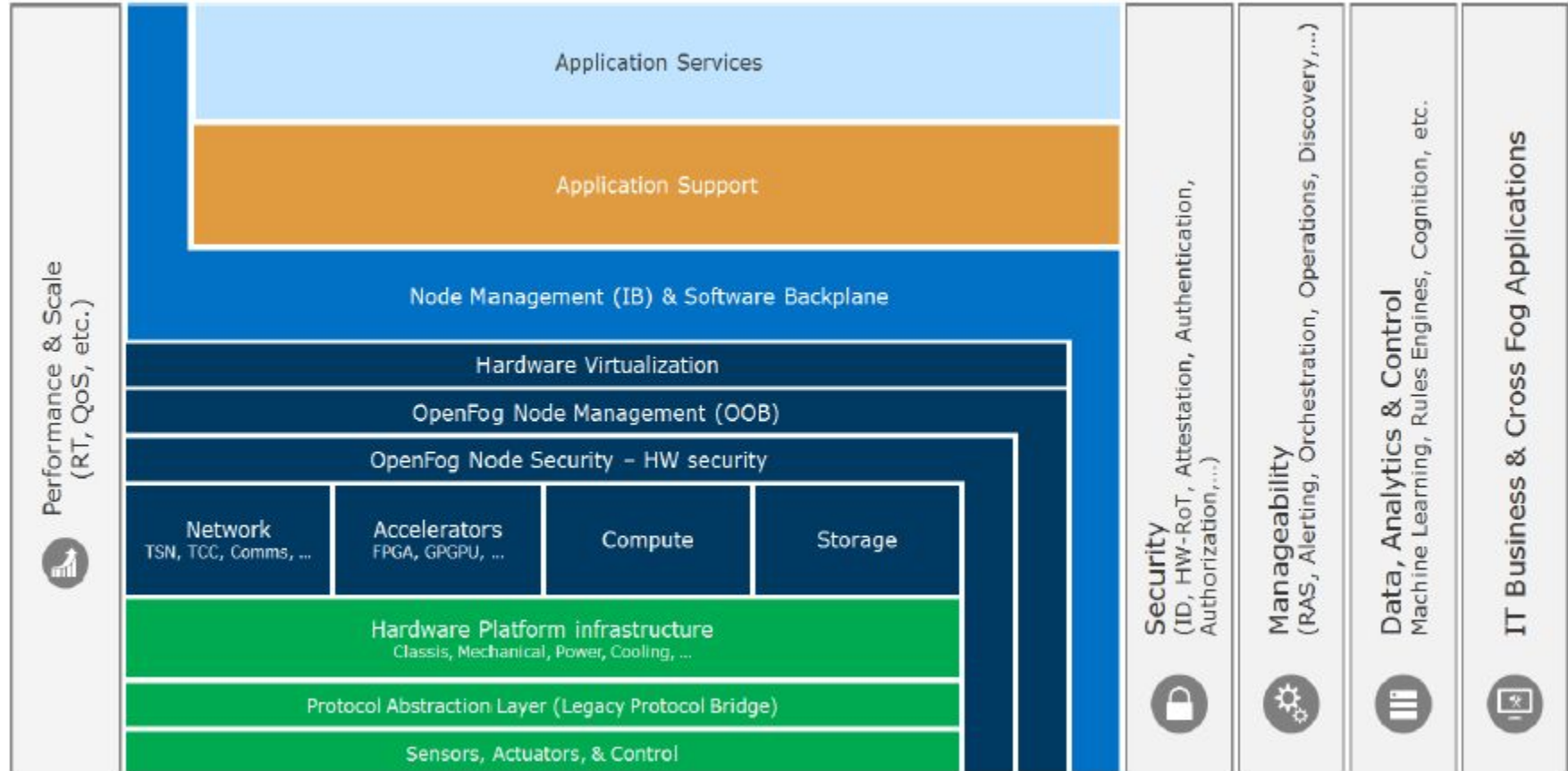
03

- Criação de linguagem comum para fog computing e auxílio na unificação das camadas/conceitos edge/fog.

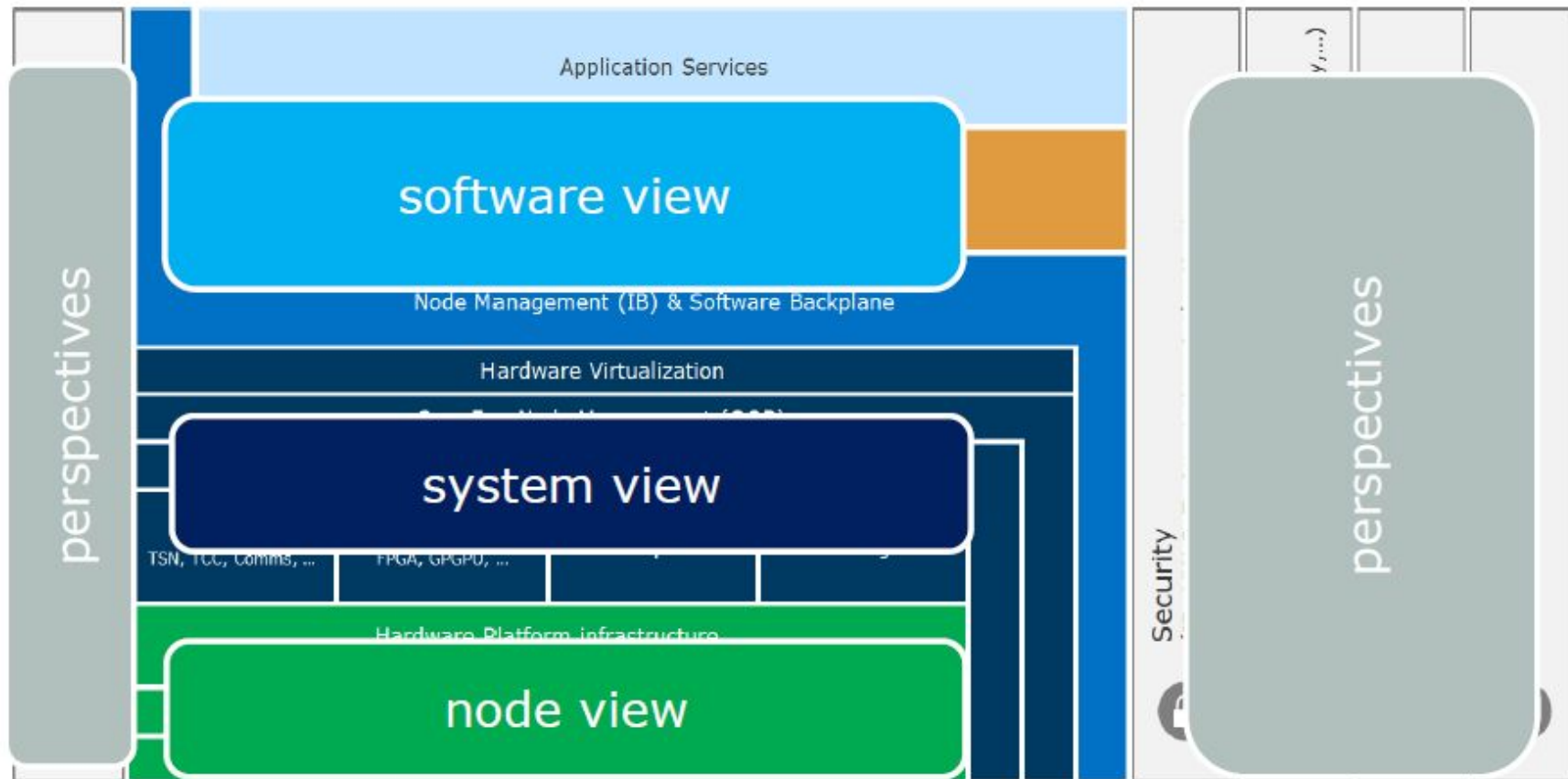
Key pillars of the OpenFog architecture framework



Arquitetura de Referência OpenFog



Arquitetura de Referência OpenFog



Arquitetura de Referência OpenFog:

Visões dos Stakeholders

Visão de Nó (fog node)

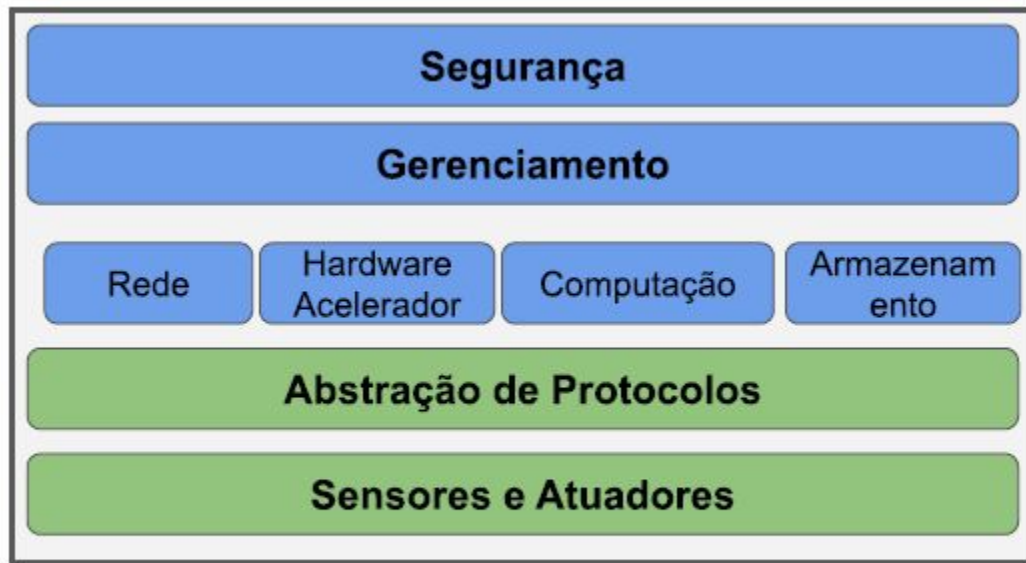


Figura 1.4. Visão de Nó (adaptado de IEEE 1934-2018)

Visão de Sistema

Junção de uma ou mais Visões de Nó.

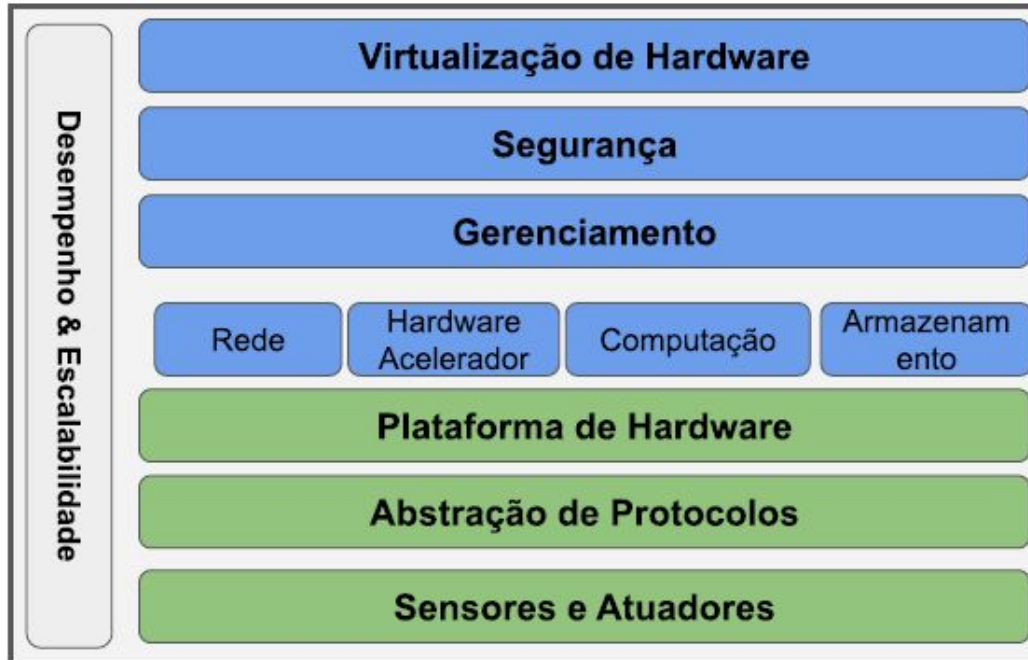


Figura 1.5. Visão de Sistema (adaptado de IEEE 1934-2018)

Visão de Software

Demonstra a execução de um software em uma plataforma formada por vários nós fog.



Figura 1.6. Visão de *Software* (adaptado de IEEE 1934-2018)

Arquitetura de Referência OpenFog: Perspectivas

→ **Perspectiva de Desempenho & Escalabilidade:**

- ◆ Possibilitar a execução de processos de IA e análise de dados;
- ◆ Possibilitar às aplicações uma rápida adequação às mudanças de tráfego de dados.

→ **Perspectiva de Segurança:**

- ◆ Garantir segurança fim-a-fim;
- ◆ Existência de políticas de segurança em todas as camadas do sistema.

→ **Perspectiva de Gerenciamento:**

- ◆ Permitir a instalação de nós fog remotos, fixos e não-fixos;
- ◆ Controle de ciclo de vida dos componentes e nós da camada (Ativação; Provisão; Operação; Recuperação; Desativação).

→ **Perspectiva de Dados, Análise & Controle (analytics):**

- ◆ Processamento de dados;
- ◆ Análises descritivas e preditivas.

→ **Perspectiva Distribuição da Aplicação:**

- ◆ Os dados que são coletados ou gerados por um nó fog devem ser compartilhados com outros nós na hierarquia;
- ◆ Uma aplicação pode ser executada em diferentes nós fog.

Plataformas de Fog Computing & Comparação com Cloud Computing

Algumas plataformas

Table 7. Comparison Among the FC Software Platforms for the IoT

Platform	Open-source	Extension of a Cloud platform	Only runs on specific hardware	Maturity
Nebbiolo			✓	Product
FogHorn Lightning				Product
Cisco IOx			✓	Product
Dell Edge Device Manager			✓	Product
IBM Watson IoT		✓		Product
AWS Greengrass		✓		Product
Microsoft Azure IoT Edge	✓ ¹⁷	✓		Pre-product
FogFlow	✓ ¹⁸			Pre-product
ParaDrop	✓ ¹⁹			Pre-product
OpenStack++	✓ ²⁰	✓		Pre-product
Stack4Things	✓ ²¹	✓		Pre-product
OpenVolcano	✓ ²²	✓		Pre-product

Table 2
Characteristics of fog/edge compared to cloud.

Characteristics	Cloud	Edge/Fog
Location	Centralized.	Distributed in different geographical locations.
Capacity	Very large size data centers.	A lot of small size fog nodes that form a large system.
Energy consumption	High.	Low.
Latency	High, because of the large distance between the end users and the cloud.	Low, because of the short distance between the edge and the end users.
Proximity of resources and services	Far from end users, in the data centers.	Close to end users, in the edge of network.
Applications	Supports applications that does not require short delay. Mainstream cloud applications.	Support most types of applications. VR. Smart homes. Smart vehicles. Smart cities.
Service Cost	High, due to the monopoly of data centers by big companies.	Lower cost, due to the processing of data at the network edge.

Aplicações

Open Access Article

Leveraging Edge Intelligence for Video Analytics in Smart City Applications

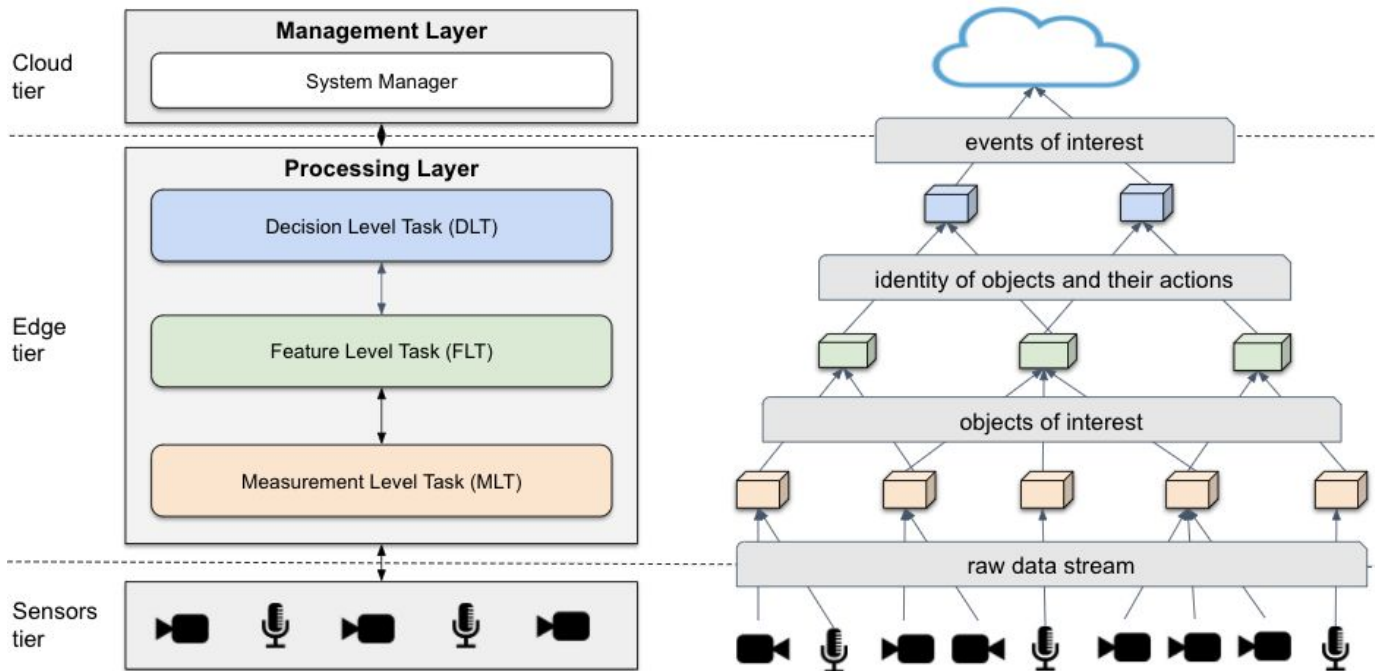
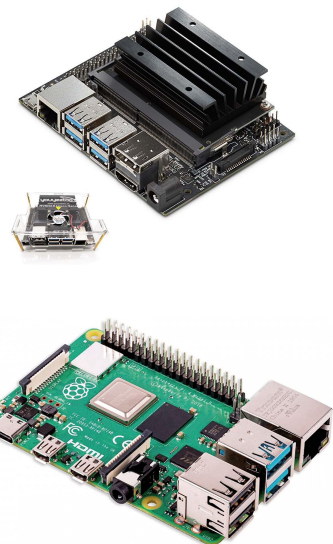
by  **Aluizio Rocha Neto** ^{1,2,*}  ,  **Thiago P. Silva** ¹  ,  **Thais Batista** ¹  ,  **Flávia C. Delicato** ³  ,
 **Paulo F. Pires** ³  and  **Frederico Lopes** ² 

Leveraging Edge Intelligence for Video Analytics in Smart City Applications

by  **Aluizio Rocha Neto**^{1,2,*} ,  **Thiago P. Silva**¹  ,  **Thais Batista**¹  ,  **Flávia C. Delicato**³  ,
 **Paulo F. Pires**³  and  **Frederico Lopes**² 

Multilevel Information Distributed Processing Architecture (MELINDA)

NVIDIA Jetson Nano Developer Kit



NVIDIA Jetson Nano Developer Kit

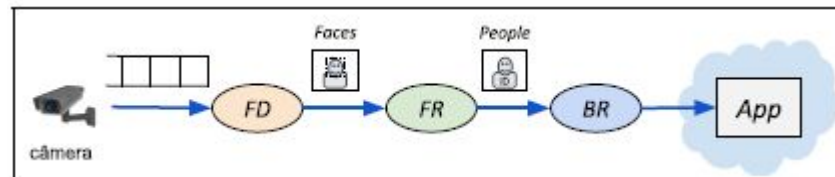
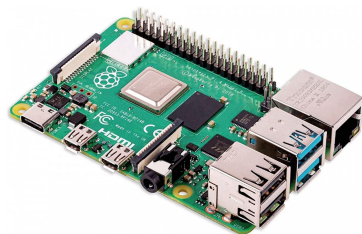
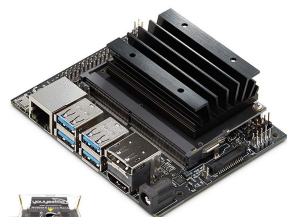


Imagem de Interesse



Face Detector (FD)



Face Recognition (FR)



Usuário: Thiago P. Silva
CPF: 123.456.789-00

Energy efficient fog-assisted IoT system for monitoring diabetic patients with cardiovascular disease

Tuan Nguyen Gia ^a  , Imed Ben Dhaou ^b, Mai Ali ^c, Amir M. Rahmani ^{d, e}, Tomi Westerlund ^a, Pasi Liljeberg ^a, Hannu Tenhunen ^a

Quais **outras**
aplicações de
Fog em **IoT**?

O que discutimos
hoje?

Tópicos

- Arquiteturas IoT
- Conceitos de Fog Computing
- Arquiteturas **IoT-Fog-Cloud**
- Arquitetura de Referência (AR): OpenFog
- Aplicações

Dúvidas?

Prof Heitor Florencio
IMD/UFRN
Sala 103 - nPITI/IMD
heitorm@imd.ufrn.br

Capítulo de LIVRO:

- SILVA, Thiago Pereira et al. **Plataformas de Fog Computing: da Teoria à Prática**. Sociedade Brasileira de Computação, 2020.
 - Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/livros/index.php/sbc/catalog/download/50/228/465-1?inline=1>

ARTIGOS:

- ALLI, Adam A.; ALAM, Muhammad Mahbub. **The fog cloud of things: A survey on concepts, architecture, standards, tools, and applications**. Internet of Things, v. 9, p. 100177, 2020.
- LAROUI, Mohammed et al. **Edge and fog computing for IoT: A survey on current research activities & future directions**. Computer Communications, v. 180, p. 210-231, 2021.
- KASSAB, Wafa'a; DARABKH, Khalid A. **A–Z survey of Internet of Things: Architectures, protocols, applications, recent advances, future directions and recommendations**. Journal of Network and Computer Applications, v. 163, p. 102663, 2020.
- ROCHA NETO, Aluizio et al. **Leveraging edge intelligence for video analytics in smart city applications**. Information, v. 12, n. 1, p. 14, 2020.

OUTROS:

- OpenFog. “What’s Fog Computing”.
<https://www.w3.org/2017/05/wot-f2f/slides/OpenFog-Overview-W3C-Open-Day-in-May-2017.pdf>