

# Computação Móvel e Ubíqua

Instituto de Informática - UFG

Prof. Fábio M. Costa — 2023/1



to be best in all  
point of view.  
**Ubiquitous** [ju-  
everywhere at the  
existing or being  
the same time; or  
it is thoug

# Introdução

Definições básicas

Objetivos de projeto e classificação de sistemas de computação móvel e ubíqua



# Sistemas Pervasivos

## Uma categoria mais geral (engloba CMU)

- Resultado da introdução de dispositivos **móveis** e dispositivos **embarcados**
- Misturam-se **naturalmente** com o ambiente
- São **sistemas distribuídos** em sua essência
  - Componentes distribuídos em múltiplos computadores — **funcionalidade** e **tolerância a falhas**
- **Várias interfaces** — variadas e mais sutis que teclado/tela/mouse
  - Sensores, atuadores, reconhecimento de voz e facial, gestos...
- Dispositivos geralmente pequenos, alimentados por bateria, wireless, apoiados por computação em nuvem
- Uso **transparente** e **não-obstrutivo**

# Três tipos de sistemas pervasivos

**Segundo van Steen & Tanenbaum, 2017**

- Sistemas de computação ubíqua
- Sistemas móveis
- Redes de sensores

# Sistemas de Computação Ubíqua

Todas as características de sistemas pervasivos e também...

- **Presença contínua** — usuário interage continuamente com o sistema, muitas vezes sem perceber e utilizando múltiplos dispositivos em paralelo ou em momentos diferentes
- **Requisitos básicos**
  - **Distribuição** — dispositivos conectados em rede e transparentemente acessíveis
  - **Interação natural e não-intrusiva**
  - **Ciência de contexto** — adaptação dinâmica para otimizar a interação
  - **Autonomia** — dispositivos auto-gerenciáveis, sem intervenção humana
  - **Inteligência** — para lidar com a diversidade de ações e interações dos usuários
  - **Foco na aplicação** — independência de dispositivo (no tempo e no espaço)

# Sistemas de Computação Ubíqua

## Distribuição

- Dispositivos e demais computadores são conectados em rede e trabalham juntos para produzir a “ilusão” de um sistema único e coerente
- Uma grande variedade de dispositivos
  - **Próximos ao usuário:** sensores e atuadores, wearables, smartphones
  - **Conectados a computadores locais ou remotos,** possivelmente na nuvem, fog, edge
- **Transparências de distribuição:** acesso, localização, migração, relocação, falhas, replicação, concorrência

# Sistemas de Computação Ubíqua

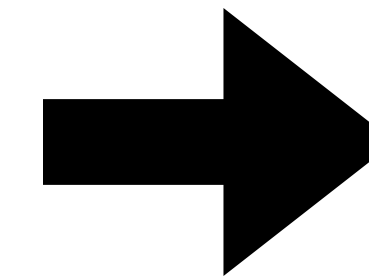
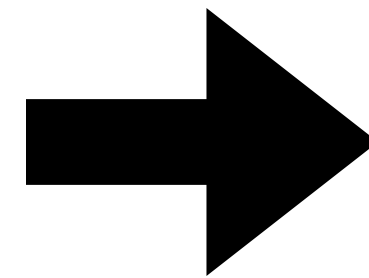
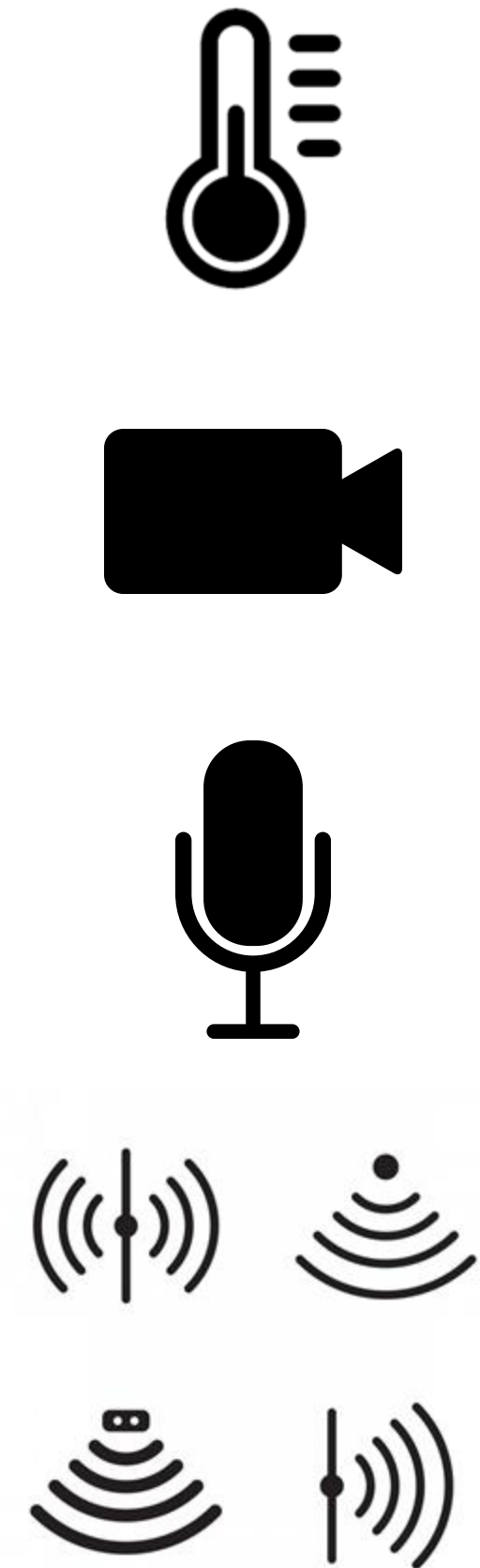
## Interação

- A interação com o usuário é um aspecto chave
- A maioria das interações são implícitas: não são o foco — muitas vezes, o usuário não está ciente de que está fornecendo *input* para um sistema computacional
- **Exemplo:** em um carro, ajuste automático do assento, espelhos e volante ao reconhecer o motorista
  - Sensores → processamento da entrada de dados → atuadores
- **Exemplo:** uso de uma aplicação independentemente de dispositivo — usuário troca de dispositivo “sem perceber” → foco na aplicação, não no dispositivo

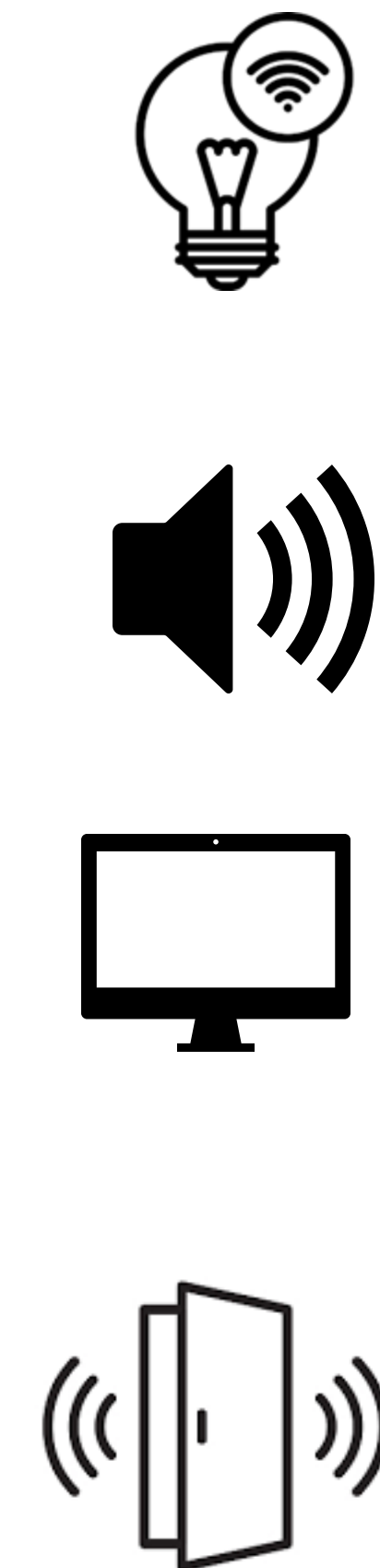
# Sistemas de Computação Ubíqua

Ciência de Contexto – motivação – cenário tradicional

Sensores



Atuadores





# Sistemas de Computação Ubíqua

## Ciência de Contexto

**A interação com o usuário é mais efetiva/significativa quando o contexto em que ela ocorre é levado em consideração**

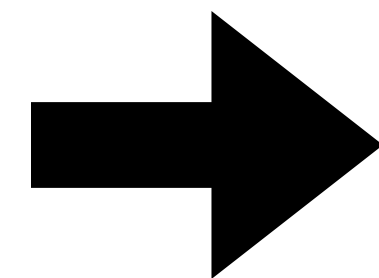
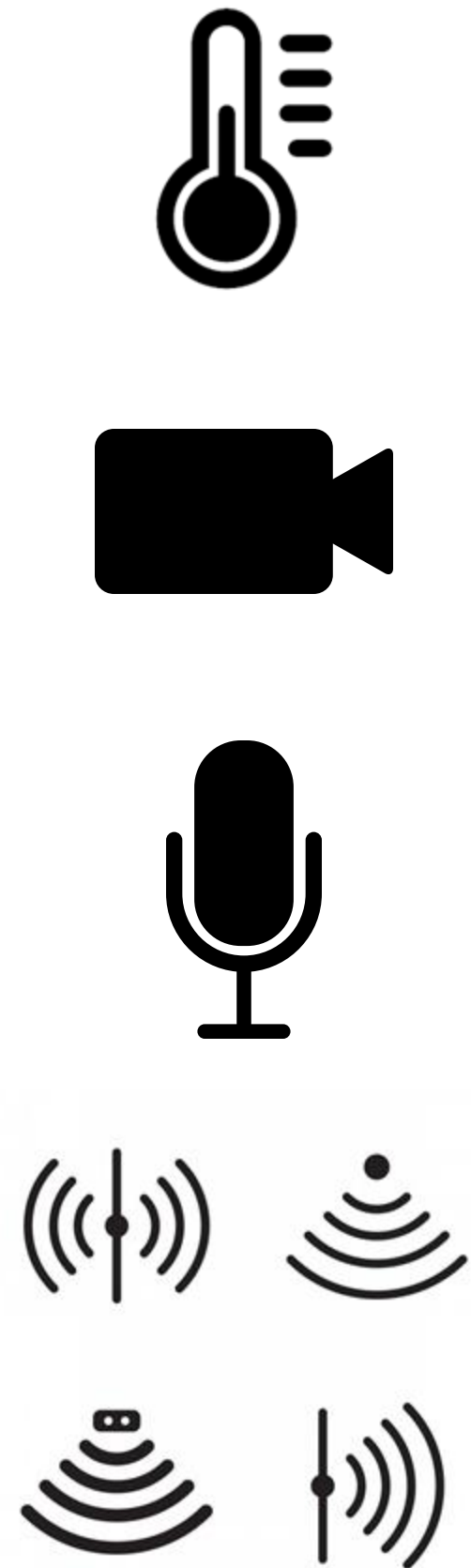
### Contexto:

- “Qualquer informação que pode ser usada para caracterizar a situação das entidades (pessoas, objetos, lugares) e que é considerada relevante para interação entre um usuário e uma aplicação, incluindo o próprio usuário e a aplicação em si” (Dey and Abowd, 2000)
- Exemplos: Localização, identidade (de usuários ou coisas), tempo, atividade
- Informação de contexto geralmente é **capturada por meio de sensores** e processada para **inferir fatos relevantes** para a interação com o usuário ou para o funcionamento do sistema
- **Aquisição e obtenção:** serviços de provisão de contexto, espaços de dados compartilhados

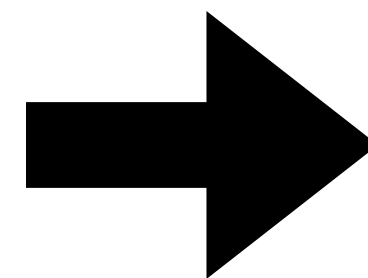
# Sistemas de Computação Ubíqua

## Ciência de Contexto

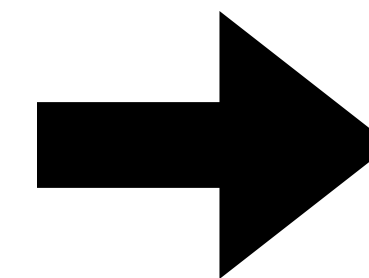
Sensores



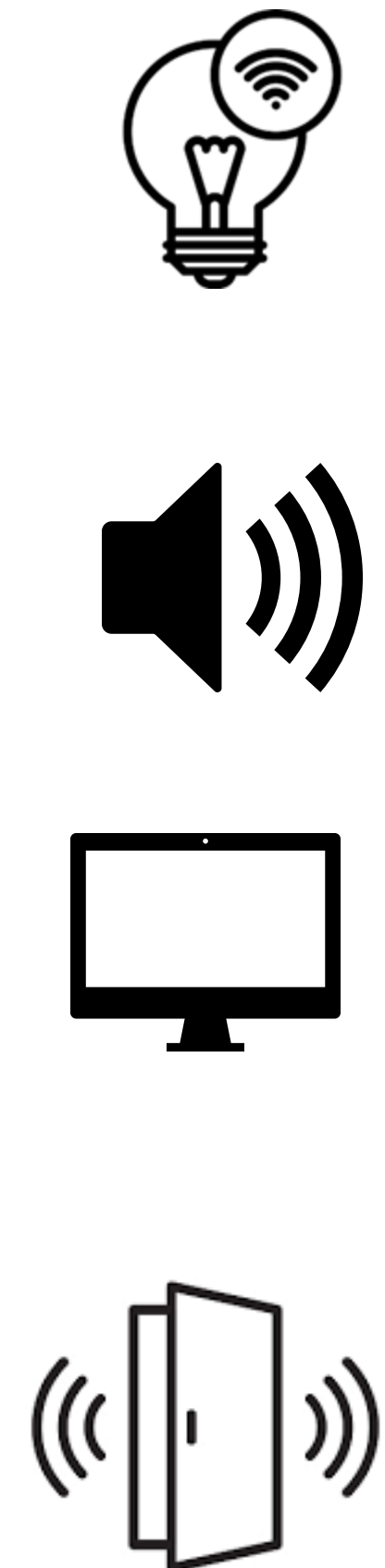
Análise da  
entrada



Processamento  
de Contexto



Atuadores



# Sistemas de Computação Ubíqua

## Autonomia

- Minimizar a necessidade de gerenciamento explícito do sistema
  - Sem a figura de um administrador para manter o sistema funcionando
  - O sistema deve reagir de forma autônoma, adaptando-se automaticamente a mudanças
- Exemplos:
  - adicionar/remover/descobrir/configurar dispositivos com UPnP
  - atualização automática de software
  - veículos autônomos

# Sistemas de Computação Ubíqua

## Inteligência

- Algoritmos e modelos avançados para
  - Lidar com entrada incompleta/imprecisa
  - Reagir rapidamente a mudanças no ambiente
  - Lidar com eventos inesperados
- Desafio: coordenação de mecanismos de IA distribuídos
  - Atualmente: soluções centralizadas
  - Early models for distributed AI

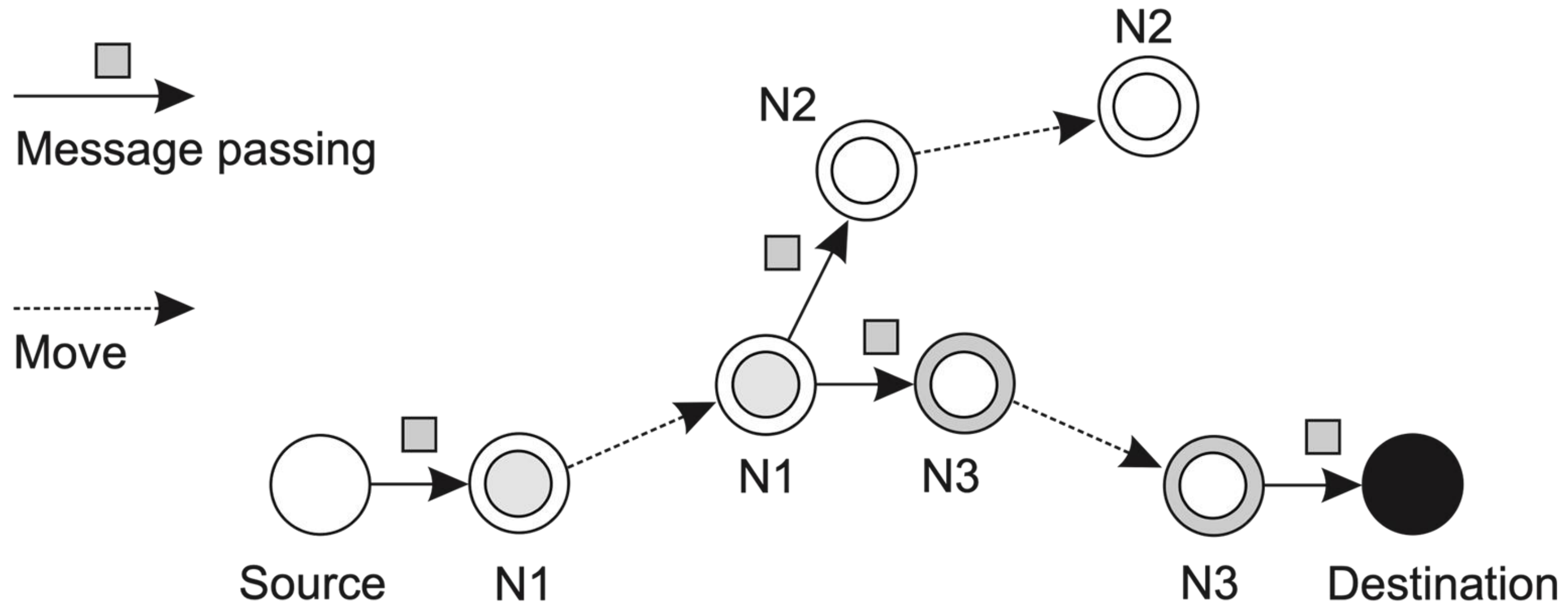


# Sistemas de Computação Móvel

- Um dos ingredientes fundamentais da computação pervasiva
  - Mas é **mais do que isso**, ou seja, tem seus próprios problemas e casos de uso
- Heterogeneidade de dispositivos e redes (geralmente *wireless*)
  - Não restrito a smartphones e tablets
- **Independência de localização**: configuração automática de rede, descoberta de serviços, determinação da localização atual do dispositivo
- **Efeitos da mobilidade (de dispositivos) na conectividade** — em redes *ad hoc*
  - *Disruption-tolerant networks* — nós armazenam as mensagens até que elas possam ser transmitidas

# Sistemas de Computação Móvel

## Disruption-tolerant networks



# Sistemas de Computação Móvel

## Características

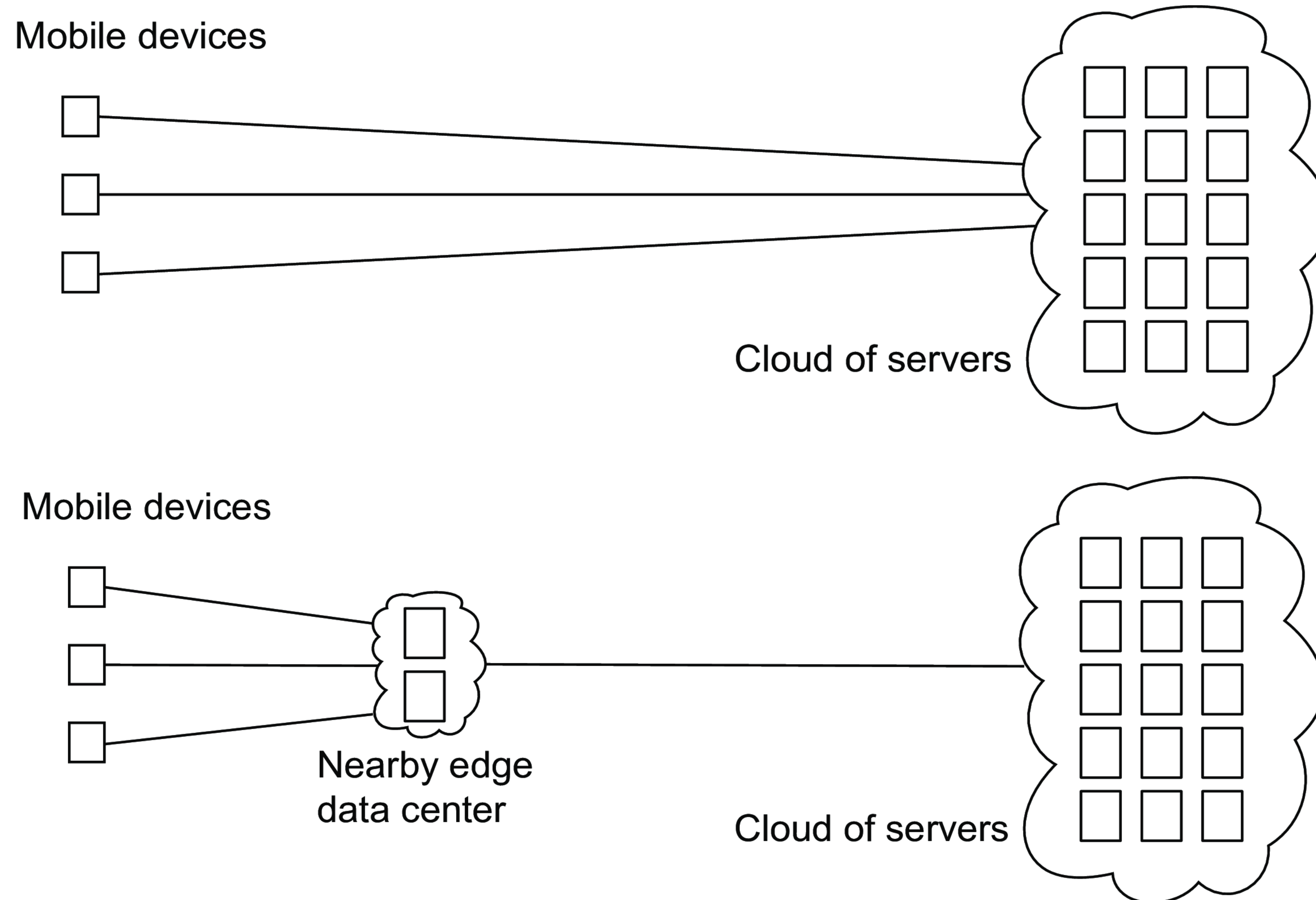
- Localização dos dispositivos muda com o tempo
- Descoberta dinâmica de serviços
- Uso da localização do dispositivo como parte da funcionalidade (coordenadas geográficas) — ex.: rastreamento

## Caso de uso típico (mais comum hoje):

- Dispositivo móvel conectado a servidores estacionários (possivelmente na nuvem)
  - Mobilidade requer handover de conexão
- Mobile Cloud Computing (MCC)
- Mobile Edge Computing (MEC)

# Sistemas de Computação Móvel

## MCC e MEC

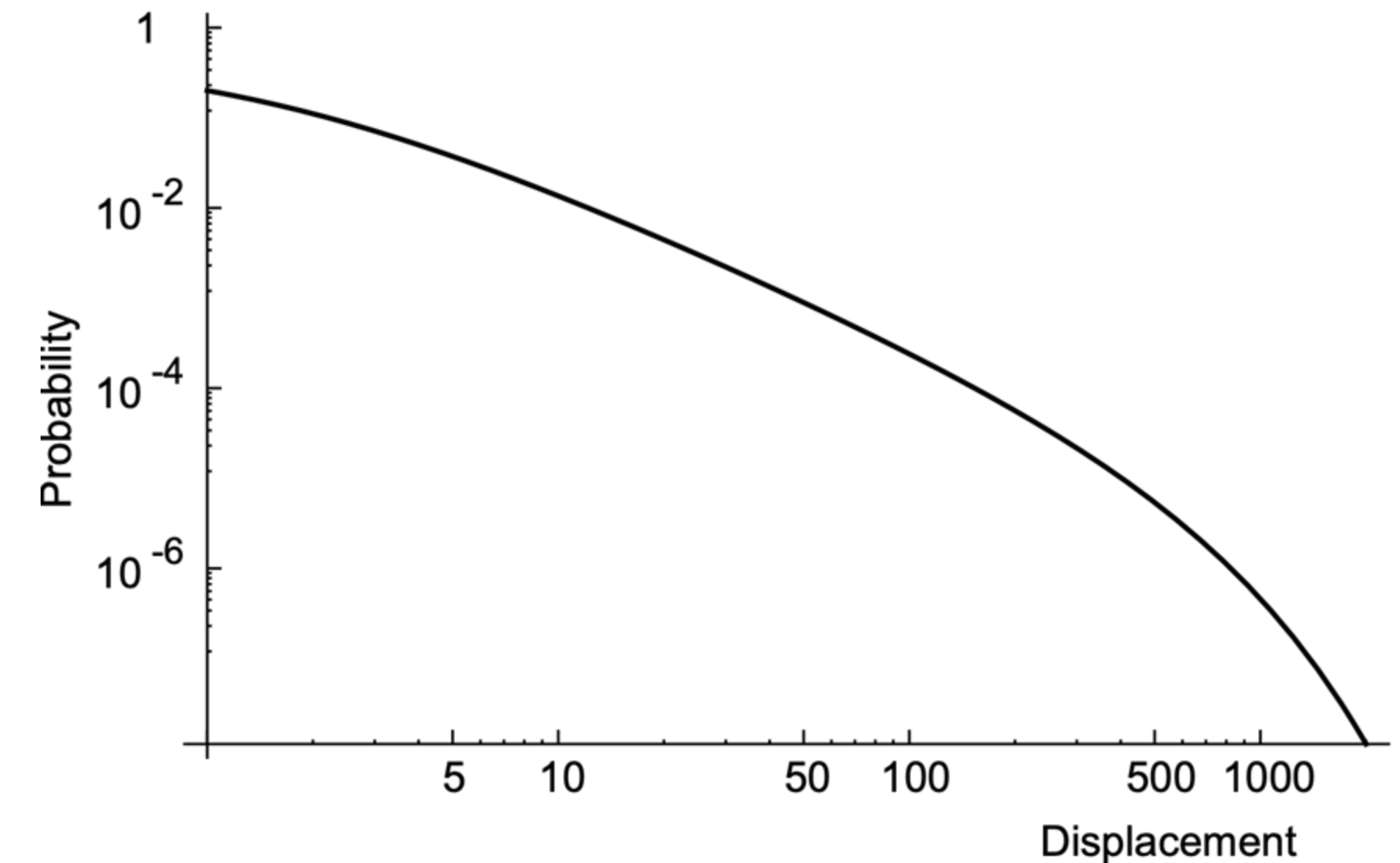




# Sistemas de Computação Móvel

Mais do que apenas dispositivos móveis

- **Mobilidade dos usuários**
  - Usando os mesmos ou diferentes dispositivos ao longo do caminho
- **Mobilidade das aplicações**
  - A mesma aplicação em dispositivos diferentes em momentos diferentes
  - Migração de código e estado
  - Adaptação da interface

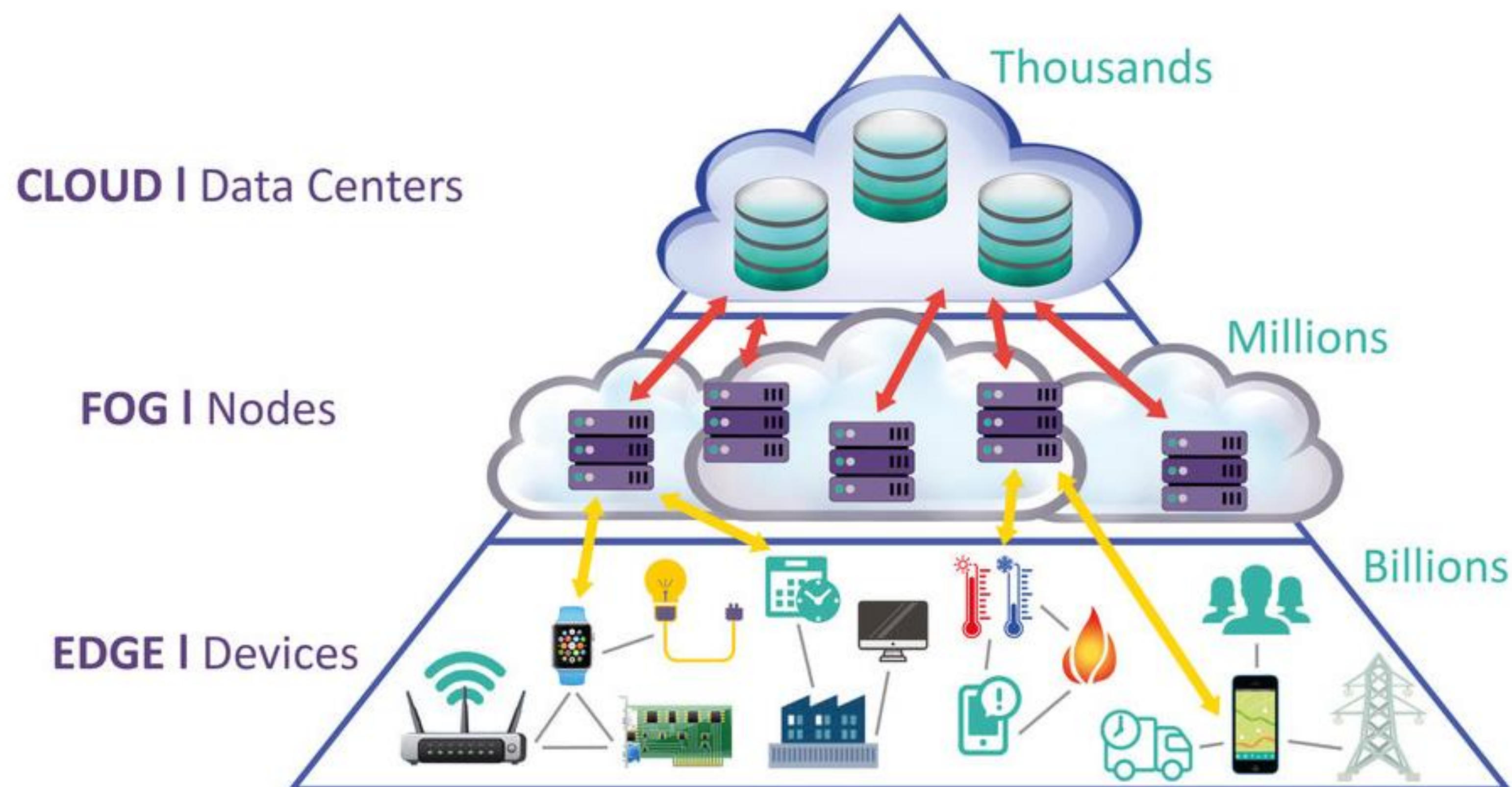


# Redes de Sensores

- Geralmente, formam a base para sistemas pervasivos
- Mais do que simplesmente uma coleção de sensores (resultado maior que a soma das partes)
- Os nós da rede colaboram para o processamento eficiente dos dados obtidos dos sensores, utilizando algoritmos específicos de aplicação — *in-network processing*
  - Fusão de dados, detecção de eventos, roteamento de mensagens
  - Tipicamente com ênfase na economia de energia
- Endereçamento por grupo de sensores, região ou objeto de interesse
- Tratamento da rede de sensores como um banco de dados distribuído
- Processamento de *streams* em tempo real, *big data*, inferência de contexto

# Panorama: Computação no contínuo

Nuvem / névoa / borda



Fonte: <https://leanbi.ch/en/blog/iot-and-predictive-analytics-fog-and-edge-computing-for-industries-versus-cloud-19-1-2018/>



# Panorama: IoT

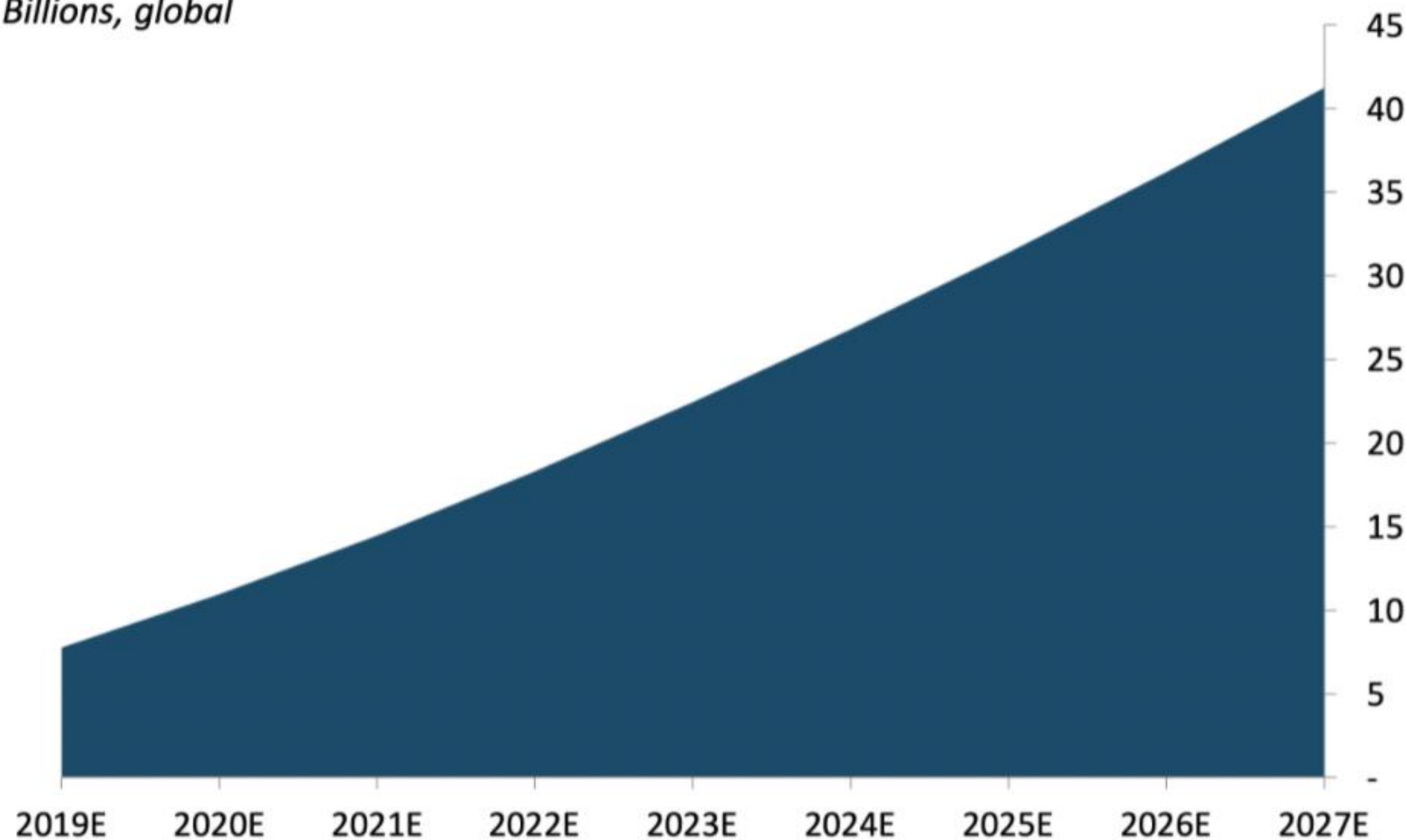




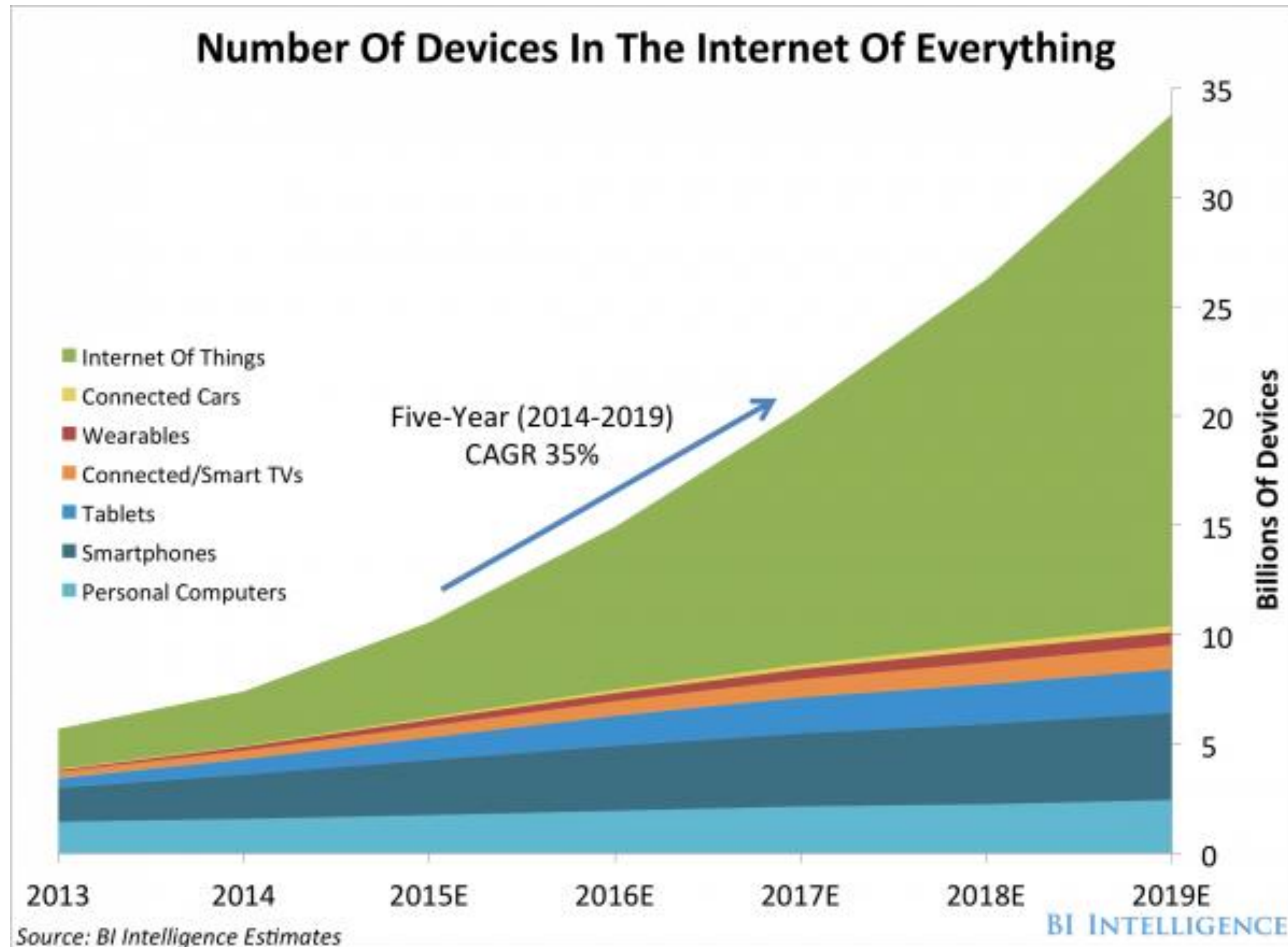
# Panorama: IoT

## FORECAST: Total IoT Device Installation Base

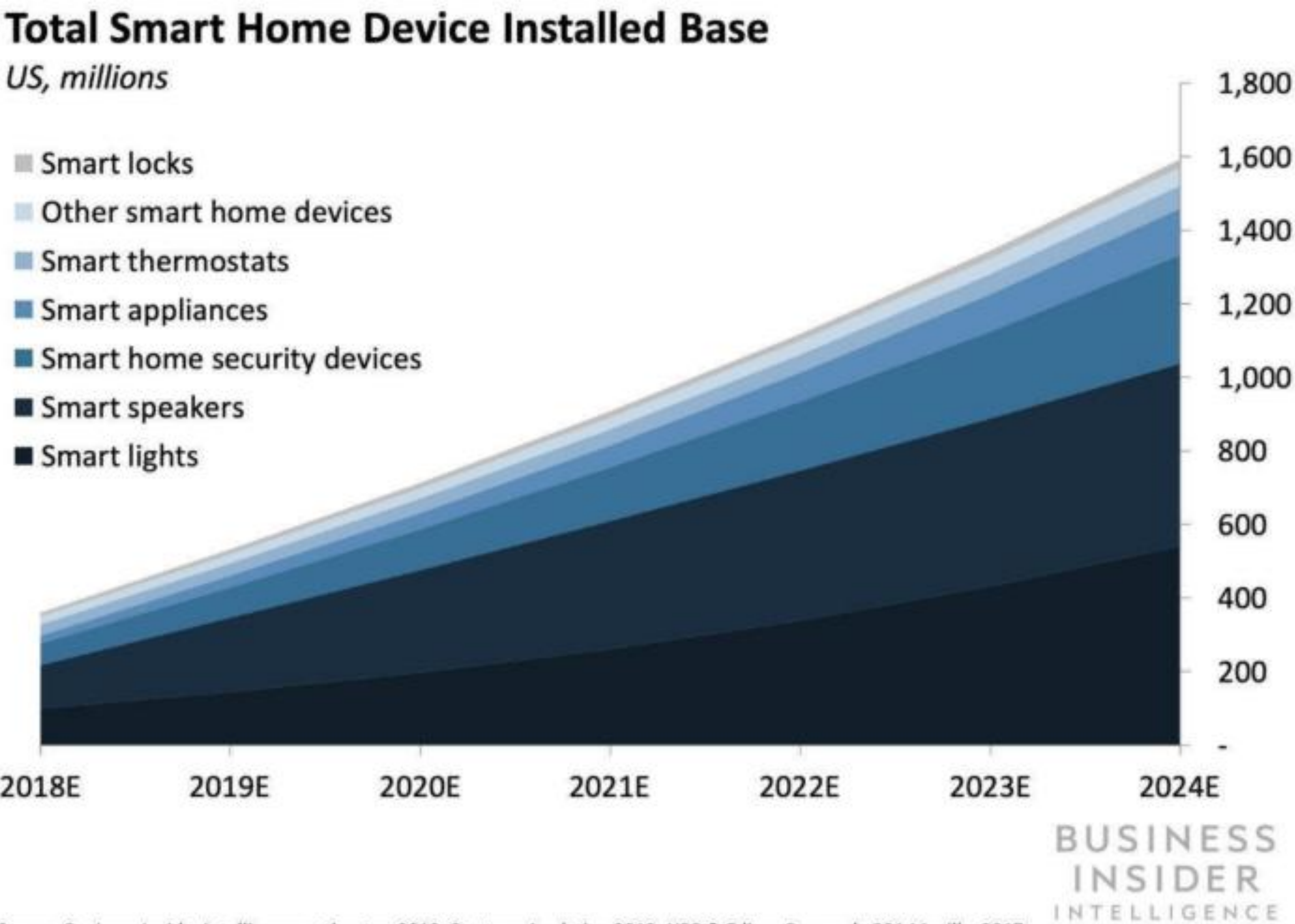
*Billions, global*



# Panorama: IoT



# Panorama: IoT



Source: Business Insider Intelligence estimates, 2019; Strategy Analytics, 2018; NPR & Edison Research, 2017; Mozilla, 2017

# Em nosso grupo de pesquisa

## Alguns trabalhos na área

- Aplicações Ubíquas: C3S ([Roriz et al. 2013](#))
- Smart Spaces: 2SVM ([Freitas et al. 2014](#))
- Crowdsensing ([Melo et al. 2016](#))
- Multi-device ecosystems: Sprinkler ([Luxey et al. 2018](#))
- Smart Cities ([Del Esposte et al. 2019](#))
- Service placement in fog computing ([Borelli et al. 2022](#))



# Tarefa para casa

## **The Computer for the 21st Century — Mark Weiser**

- Publicado entre 1999 e 2002 (várias versões)
- Ler e contrastar com o cenário atual
  - O conceito
  - A tecnologia
- Fichamento das ideias em uma página
- Entregar via Moodle e trazer para discussão na próxima aula