

# Cidades Inteligentes: Conceitos, plataformas e desafios

## JAI'2016 - CSBC

Prof. Fabio Kon  
Eduardo Felipe Zambom Santana  
Departamento de Ciência da Computação  
IME-USP

# Fabio Kon

- Professor Titular, IME-USP
- Coordenador Adjunto de Pesquisa para Inovação, FAPESP
- Adora Sistemas Distribuídos, Engenharia de Software, Internet, Web, Métodos Ágeis e Tecnologia

Gostaria de ter mais tempo para:

- Programar, tocar vibrafone e bateria, ajudar startups, viajar, ficar com a família (não necessariamente nessa ordem).

# Eduardo Felipe Zambom Santana

- Bacharel e Mestre em Ciência da Computação (UFSCar)
- Aluno de doutorado no IME-USP
- Professor na Universidade Anhembi Morumbi
- Mais de 10 anos de experiência como Programador e Arquiteto de Sistemas

# Conteúdo - Parte 1

- Introdução
- Definição de Cidade Inteligente
  - Dimensões de Cidades Inteligentes
- Expressões Relacionadas
- Iniciativas e Pesquisas sobre Cidades Inteligentes
- Tecnologias relacionadas
  - Internet das Coisas
  - Big Data
  - Computação em Nuvem
- Iniciativas de Cidades Inteligentes

# Conteúdo - Parte 2

- Plataformas de Cidades Inteligentes
- Requisitos Funcionais e não Funcionais

# Conteúdo - Parte 3

- Arquitetura de Referência
- Desafios Tecnológicos e Científicos
- Implicações
- Conclusões

# Parte 1: Cidades Inteligentes: Definições, Tecnologias e Iniciativas



Todas fotos de  
Nelson Kon

# Introdução





# Introdução

- Maioria da população mundial vive em cidades
- Atual infraestrutura e quantidade de recursos pode não atender à demanda
- O padrão é um enorme desperdício de recursos em todas as áreas. Por exemplo, em transportes:
  - Táxis, Carros
  - Ônibus
  - Semáforos

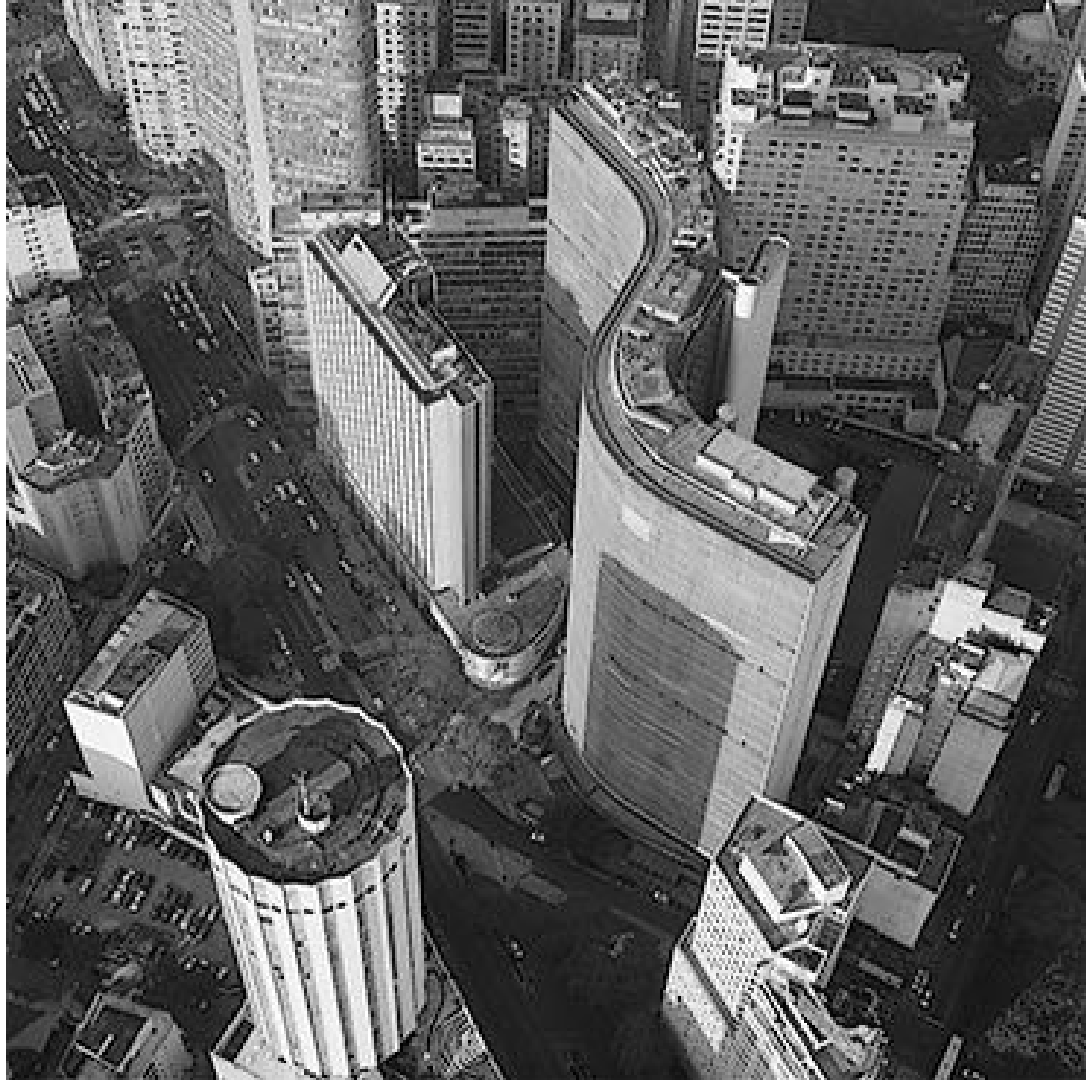
# Introdução

- Como tornar a cidade mais inteligente?
  - Otimizar o uso de recursos e da infraestrutura
  - Emprego de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC)
- Para que?
  - Melhorar a qualidade de vida da população
  - Sustentabilidade

# Como será esse futuro?

- Grande quantidade de dados coletados
- Criação de aplicações e serviços para a população da cidade
- Muitos domínios de aplicação
  - Transporte público e privado, Trânsito, Saúde e Qualidade de Vida, Educação, Entretenimento, Energia Elétrica, Distribuição de Água, Coleta de Lixo, etc.
- Plataforma de software para a integração dos domínios

# Definições de Cidades Inteligentes



# Definições de Cidades Inteligentes

- Quatro temas principais nas definições:
  - Melhora da qualidade de vida da população com melhores serviços e uso mais inteligente de recursos
  - Integração entre os serviços da cidade
  - Participação popular na tomada de decisões da cidade
  - Uso de Tecnologia da Informação
- Algumas definições citam ainda as vantagens econômicas de uma Cidade Inteligente
  - Incentivo à indústria de tecnologia
  - Melhor ambiente de negócios

# Definições de Cidades Inteligentes

“A Smart City is a city well performing built on the ‘smart’ combination of endowments and activities of self-decisive, independent and aware citizens” (Giffinger et al. 2007)

“...when investments in human and social capital and traditional (transport) and modern (ICT) communication infrastructure fuel sustainable economic growth and a high quality of life, with a wise management of natural resources, through participatory governance” (Caragliu et al. 2011)

# Definições de Cidades Inteligentes

“A city connecting the physical infrastructure, the IT infrastructure, the social infrastructure, and the business infrastructure to leverage the collective intelligence of the city” (Harrison et al. 2010)

“A city that monitors and integrates conditions of all of its critical infrastructures, including roads, bridges, tunnels, rails, subways, airports, seaports, communications, water, power, even major buildings, can better optimize its resources, plan its preventive maintenance activities, and monitor security aspects while maximizing services to its citizens” (Hall et al. 2000)





# Dimensões das Cidades Inteligentes

- Indicadores para medir a inteligência de uma cidade
  - Economia Inteligente
  - População Inteligente
  - Governança Inteligente
  - Mobilidade Inteligente
  - Meio Ambiente Inteligente

# Economia Inteligente

- Mede a capacidade econômica da cidade e as empresas instaladas na cidade
- Parâmetros:
  - Qualidade das empresas instaladas
  - Ambiente para o empreendedorismo
- Ações relacionadas:
  - Incentivos a empresas para o desenvolvimento de soluções tecnológicas
  - Investimentos em infraestrutura
  - Melhoria do ambiente de negócios com legislação adequada
  - Incentivo ao empreendedorismo e startups

# População Inteligente

- Mede o desenvolvimento econômico e social da população da cidade
- Parâmetros
  - **Educação**
  - Emprego
  - Renda
- Ações relacionadas:
  - Projetos de inclusão digital
  - Programas de educação científica e tecnológica

# Governança Inteligente

- Mede a qualidade e transparência dos serviços públicos
- Parâmetros:
  - Facilidade no uso dos serviços públicos
  - Investimento em tecnologia
  - Transparência dos dados
- Ações relacionadas:
  - Portais de transparência e de dados abertos
  - Portais de participação popular
  - Integração de serviços públicos

# Mobilidade Inteligente

- Mede a facilidade da mobilidade na cidade nos diversos modais de transporte
  - Ônibus, bicicleta, carro, metrô, trem, barcos
- Parâmetros
  - Quilômetros de congestionamento
  - Tamanho da malha metroviária
  - Porcentagem da população que usa transporte público
  - Número de usuários por carro, ônibus, trem, etc.
- Ações Relacionadas
  - Monitoramento em tempo real do fluxo de veículos
  - Sensores para indicar vagas livres de estacionamento
  - Campanhas e aplicações para incentivar o uso de bicicletas e transporte público

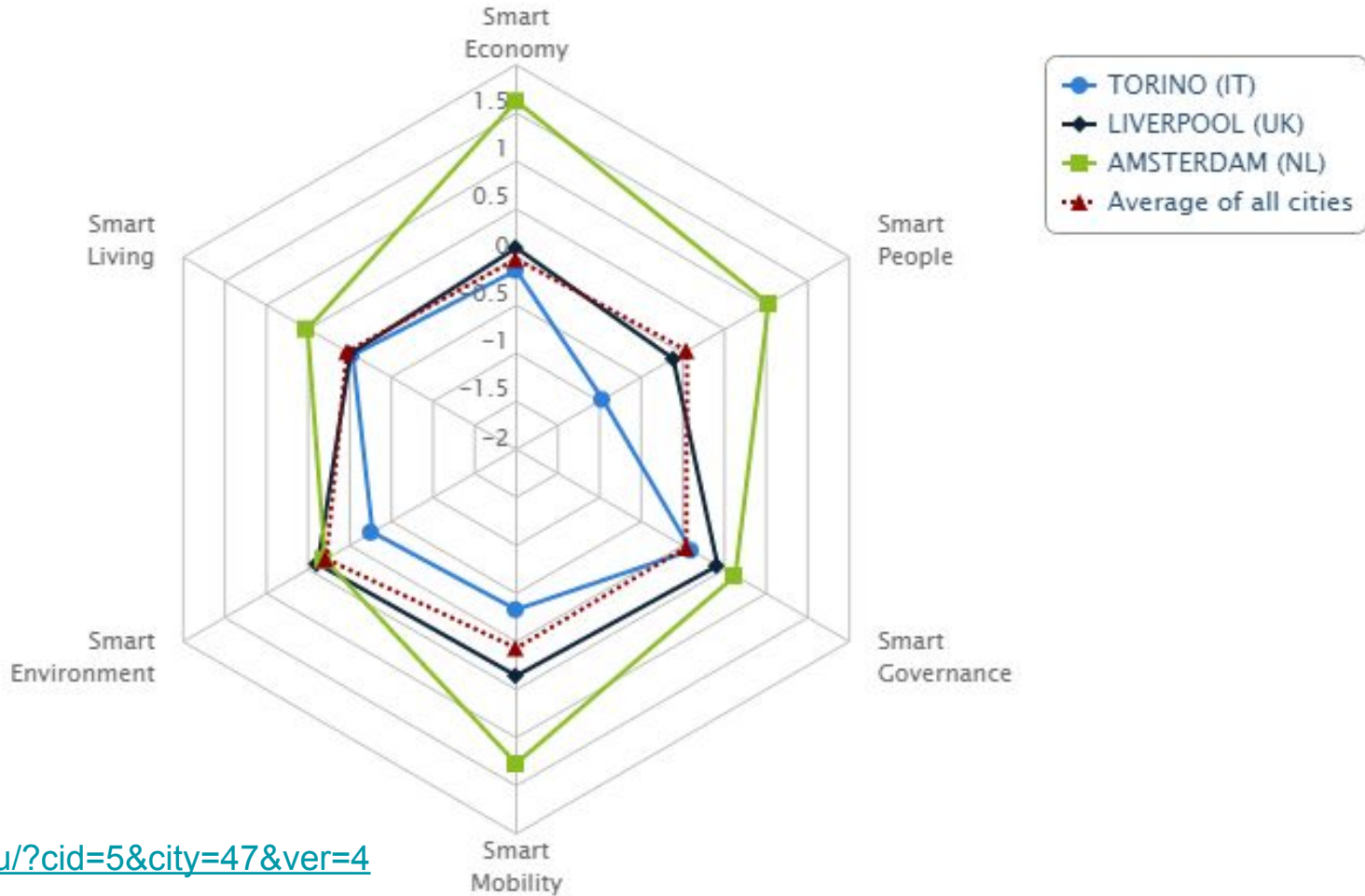
# Meio Ambiente Inteligente

- Mede a sustentabilidade da cidade e seu relacionamento com o meio ambiente
- Parâmetros:
  - Poluição ambiental
  - Eficiência no uso de recursos como água e energia elétrica
  - Percentual de lixo reciclado
- Ações Relacionadas:
  - Medição da qualidade do ar e água da cidade
  - Uso de fontes renováveis de energia
  - Medição em tempo real dos recursos utilizados em residências

# Vida Inteligente

- Mede a qualidade de vida da população
- Parâmetros:
  - Entretenimento
  - Segurança
  - Cultura
  - Quantidade de áreas verdes
  - Número de bibliotecas e centros culturais
- Ações Relacionadas:
  - Aplicações para o acompanhamento da saúde de idosos
  - Processamento automático de imagens de câmeras de segurança
  - Aplicativos sobre eventos culturais e esportivos programados na cidade

# Dimensões de Cidades Inteligentes

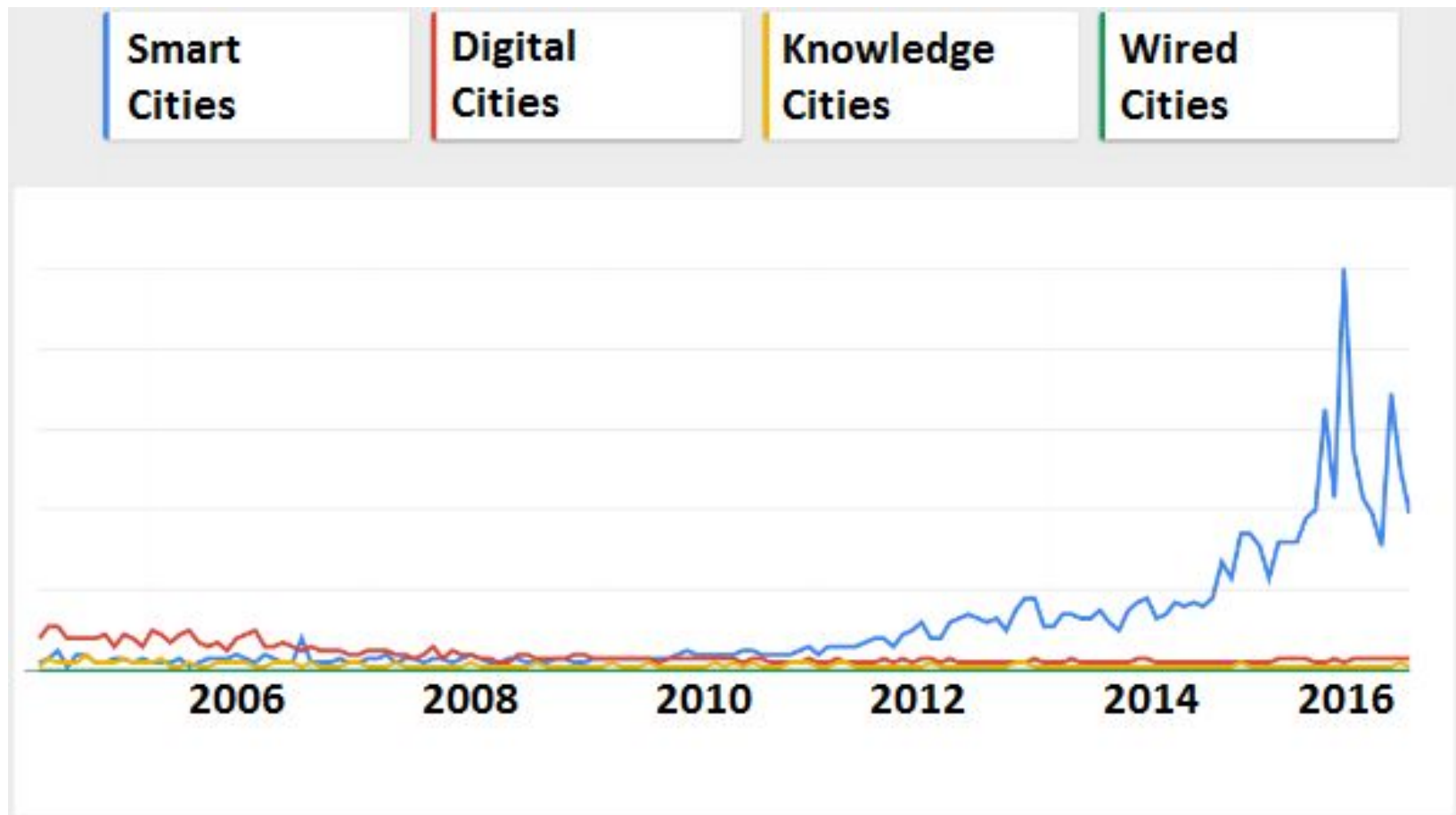




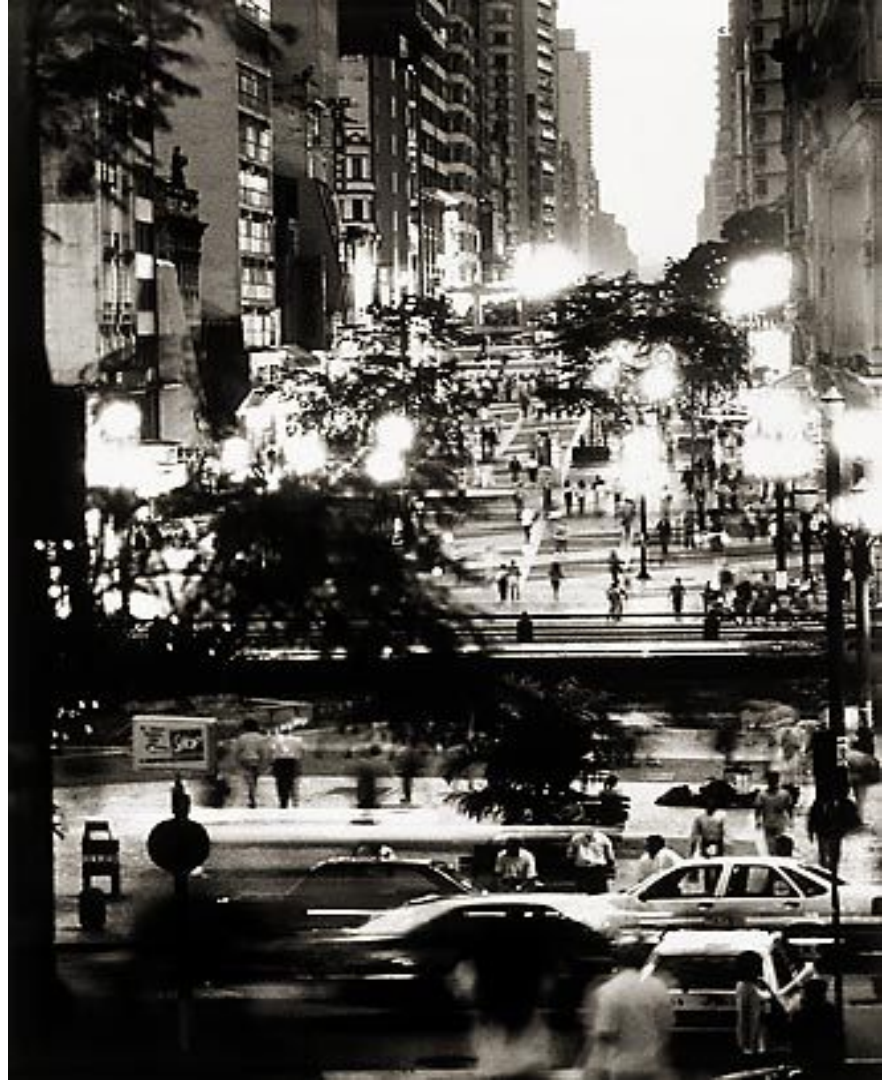
# Expressões Relacionadas

- Outras expressões relacionadas à melhoria das cidades também foram utilizadas:
  - *Digital City*
  - *Knowledge City*
  - *Wired City*
- Hoje existem poucas referências a esses termos
- Cidades Inteligentes virou a expressão padrão para a ideia de cidades que utilizam uma infraestrutura de TI para a melhora dos serviços e a otimização do uso de seus recursos

# Expressões Relacionadas



# Tecnologias



# Tecnologias

- Diversas tecnologias são utilizadas para a implementação de aplicações e plataformas de Cidades Inteligentes
- Três tecnologias mais citadas:
  - Internet das Coisas
  - Computação em Nuvem
  - *Big Data*

# Internet das Coisas (IoT)

- Conjunto de objetos conectados à Internet
- Em Cidades, alguns exemplos de objetos são:
  - Lâmpadas de iluminação pública
  - Sensores de temperatura, ruído, chuva e qualidade do ar
  - Semáforos
  - Câmeras de segurança
  - Veículos de transporte público
  - Celulares dos cidadãos
- Dados sobre esses objetos são coletados e enviados para plataformas ou aplicações da cidade para que sejam armazenados e processados

# Internet das Coisas

- Alguns exemplos da utilização de IoT em Cidades Inteligentes são:
  - Monitoramento da estrutura de prédios históricos
  - Monitoramento do nível de ruído na proximidade de escolas e hospitais
  - Otimização da coleta de lixo com sensoreamento de cestos de lixo
  - Monitoramento do equipamento urbano como semáforos e lâmpadas
  - E por que não wase, 99taxi, kekanto, Coletivo...

# Big Data

- Conjunto de técnicas e ferramentas para a manipulação e armazenamento de grandes volumes de dados
- Quatro características principais:
  - Volume: grande quantidade de dados gerados e que devem ser coletados, armazenados e processados
  - Variedade: dados de diferentes fontes e com diferentes estruturas
  - Velocidade: muitos serviços dependem de processamento rápido, ou até mesmo em tempo real dos dados
  - Veracidade: garantia de que os dados coletados são confiáveis e consistentes

# Big Data

## Volume

Terabytes  
Petabytes  
Exabytes

## Velocidade

Processamento de dados  
Históricos  
Processamento em Tempo  
Real

## Variedade

Dados Estruturados  
Dados não estruturados  
Dados semi-estruturados

## Veracidade

Consistência  
Confiança



# Big Data

- Novas ferramentas de BigData estão sendo utilizados em Cidades Inteligentes:
  - Processamento de dados: Hadoop, Spark e Storm
  - Bancos de dados NoSQL: Cassandra, CouchDB e MongoDB
  - Processamento de grafos: GraphX (Spark) e Giraph (Hadoop)

# Big Data

- Utilização de Big Data em Cidades Inteligentes:
  - Reconhecimento de padrões no trânsito utilizando dados históricos
  - Previsão da quantidade de energia elétrica em diferentes dias e horários utilizando fluxo de dados em tempo real
  - Previsão da demanda do uso de transporte público
  - Detecção de problemas de segurança pública monitorando redes sociais e câmeras

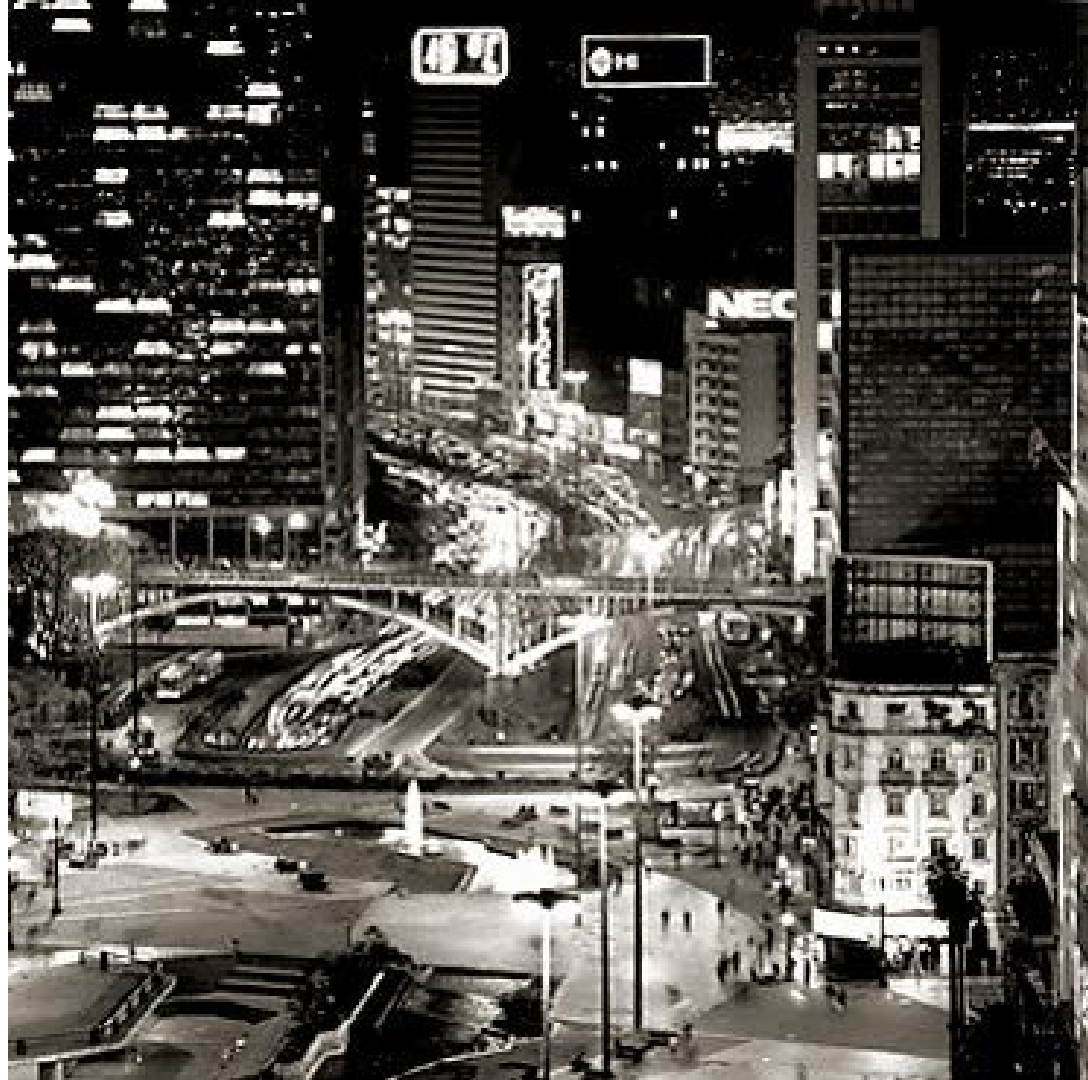
# Computação em Nuvem

- Infraestrutura elástica, robusta, escalável e confiável para o armazenamento e processamento dos dados
- Requisitos não funcionais essenciais para Cidades Inteligentes
- *Cloud of Things*
  - Armazenamento e processamento dos dados de sensores em um ambiente de computação em nuvem
- *Sensing as a Service*
  - Fornecer os dados dos sensores para aplicações como serviços na nuvem

# Relacionamento entre os conceitos

- **Computação em nuvem** é o ambiente ideal para armazenar os dados coletados em uma infraestrutura de **Internet das Coisas**, esses dados podem ser analisados por ferramentas de **Big Data**

# Iniciativas de Cidades Inteligentes



# Iniciativas de Cidades Inteligentes

- Maior parte das iniciativas de Cidades Inteligentes em países ricos como Estados Unidos, Espanha e Inglaterra
- Muitas iniciativas na China
- Algumas iniciativas isoladas no Brasil, México, Índia e Emirados Árabes

# Iniciativas de Cidades Inteligentes



# SmartSantander - Santander, Espanha

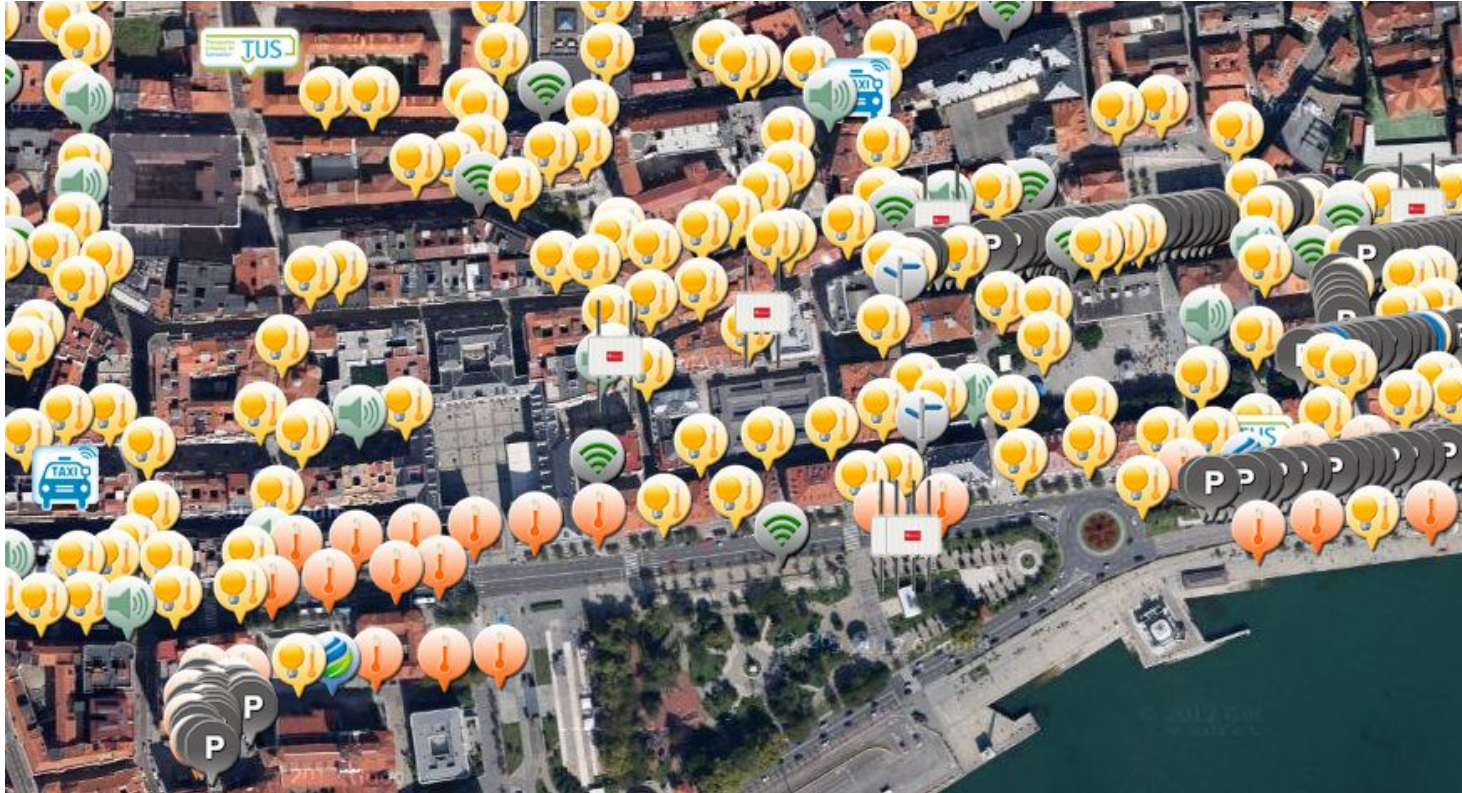
- Implantação de uma infraestrutura e uma plataforma de software para Cidades Inteligentes
- Instalação de mais de 20 mil sensores na cidade que coletam diversos tipos de dados:
  - Temperatura
  - Vagas de estacionamento
  - Pontos de acesso à Internet
  - Ruídos
  - Lixeiras



# SmartSantander - Santander, Espanha

- Além dos sensores, também coleta dados de:
  - Ônibus
  - Táxi
  - Pontos de Interesse
  - Caminhões de Lixo
  - Pontos de Wi-Fi

# SmartSantander - Santander, Espanha



<http://maps.smartsantander.eu/>

# SmartSantander - Aplicações

Vagas de Estacionamento

Realidade Aumentada

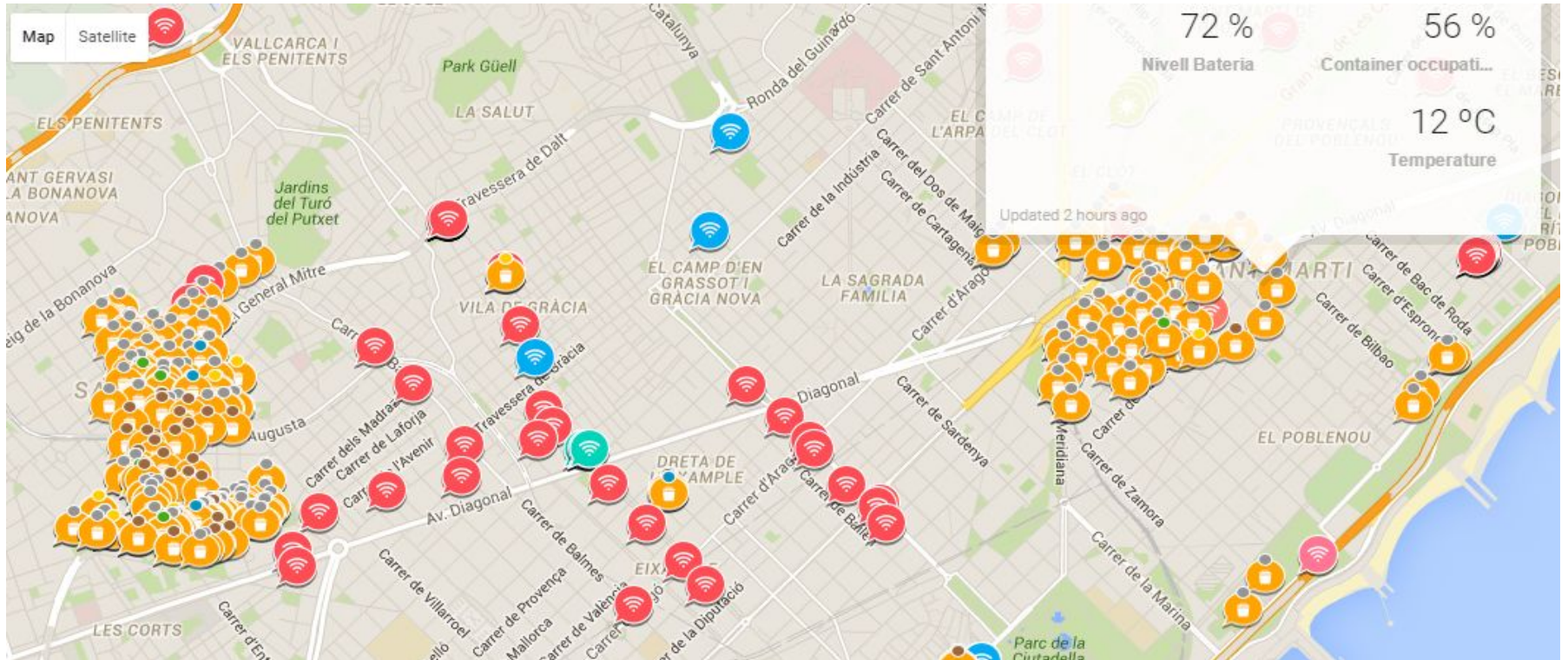


# Barcelona, Espanha

- Diversos projetos governamentais com apoio da iniciativa privada
  - Monitoramento das cestas de lixo
  - *Dashboards* para monitoramento das condições da cidade
  - Portal de dados abertos
  - Incentivos a carros elétricos
  - Incentivo ao uso de bicicleta
- Plataforma Sentillo
  - Responsável pela administração, monitoramento e coleta de dados de diversos sensores espalhados pela cidade
  - Sensores de temperatura, luminosidade, utilização de cestas de lixo e pontos de acesso Wi-Fi



# Barcelona, Espanha



<http://www.sentilo.io/wordpress/>

# Amsterdã, Holanda

- Diversos projetos e experimentos para tornar a cidade mais inteligente e aumentar a qualidade de vida da população
  - *Smart Grids*, trânsito, redução da emissão de poluentes e sensoriamento da cidade
  - Colaboração do governo, universidades, empresas e da população da cidade

# Amsterdã, Holanda

- Exemplos de Projetos:

- *Smart Electricity Grid*: Uma área de 10 mil habitantes que gera a própria energia com painéis solares
- Incentivo ao uso de carros elétricos com estações de recarga espalhadas pela cidade
- Aplicativos para a reserva de vagas de estacionamento, evitando que motoristas percam tempo buscando vagas
- Diversos projetos para aumentar a transparência nos gastos públicos (Monitoramento do Orçamento e AmsterdamOpent)
- CitySDK Tourism API: Uma API que permite que desenvolvedores utilizem dados da cidade para a implementação de aplicações

# Amsterdã, Holanda





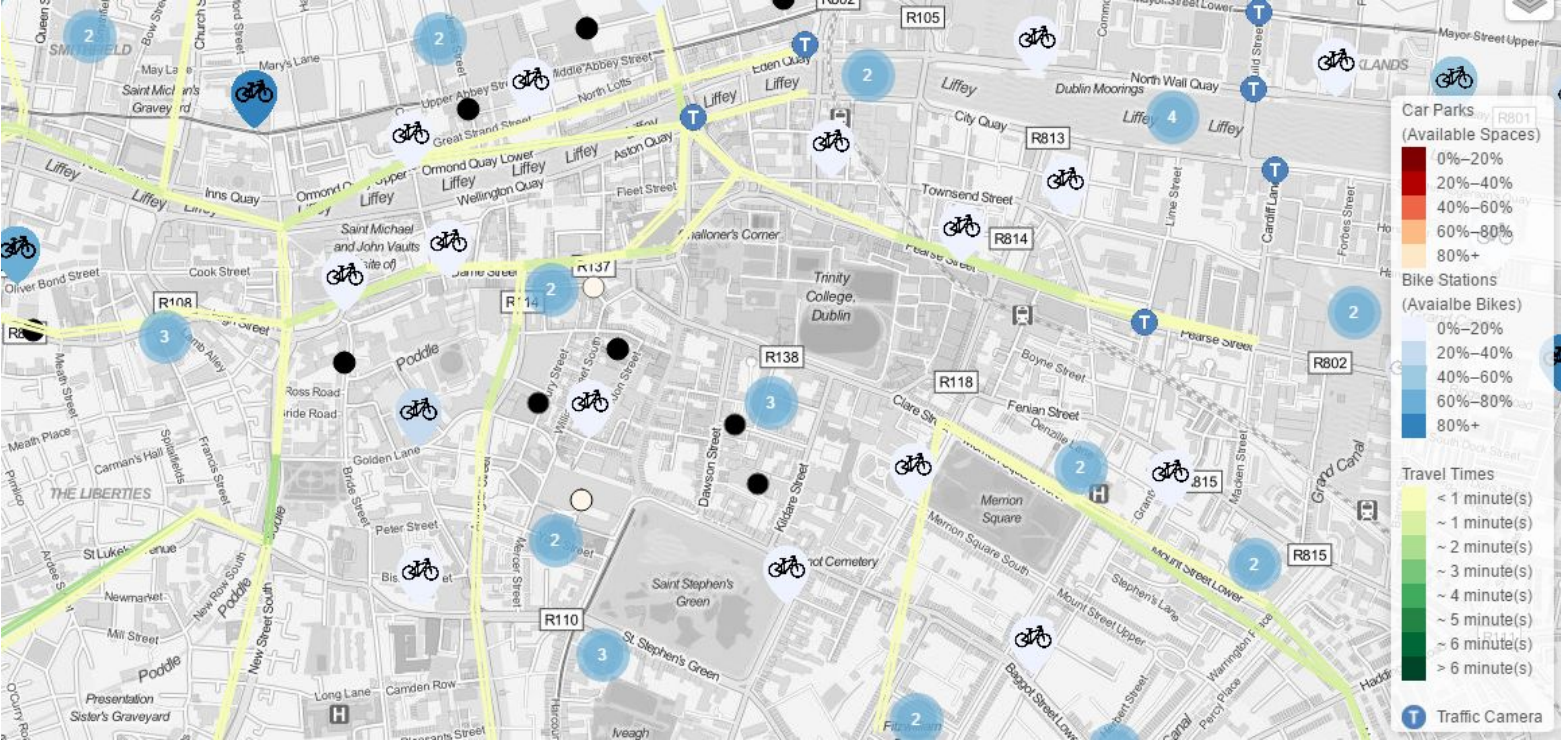
# Chicago, Estados Unidos

- Plataforma WindyGrid
  - Coleta, armazena e processa os dados da cidade
  - Visualização unificada da operação da cidade
  - Dados de sensores, ligações do 911, trânsito e dados de edifícios públicos
- Portal de dados abertos (<https://data.cityofchicago.org/>)
  - Milhares de conjuntos de dados
  - Nome, salário e cargo de todos os funcionários da administração municipal
  - Registro de ocorrências policiais
  - Mapa veículos abandonados
  - Dados censitários da população

# Dublin, Irlanda

- Plataforma de dados abertos Dublinked
  - Mais de 200 conjuntos de dados
  - Alguns dados em tempo real como posições dos ônibus, monitoramento da cidade e de estações de aluguel de bicicleta.
  - <http://dublinked.ie/>
- Conjunto de *dashboard* com diversas informações sobre a cidade
  - Poluição
  - Trânsito
  - Nível dos rios
  - Barulho em áreas da cidade

# Dublin, Irlanda



<http://www.dublindashboard.ie/>

# Outras Cidades

- Manchester, Inglaterra

- Engajar a população na tomada de decisões da cidade
- Aumentar a quantidade de empregos através da educação
- Criar serviços digitais inovadores para a população através de uma moderna infraestrutura tecnológica
- Prédios Inteligentes

- Thessalonica, Grécia

- Redes sem fio
- Espaços urbanos inteligentes
- Serviços digitais para facilitar a vida dos cidadãos

# Outras Cidades

- Seattle, Estados Unidos
  - Portal de dados abertos - <https://data.seattle.gov>
  - Incentivos ao uso de carros elétricos
  - Utilização de um CRM (Customer Relationship Management) para atendimento ao cidadão
- Masdar, Emirados Árabes Unidos
  - Bairro da cidade de Abu Dhabi
  - Construído pela empresa Mubdala para testes de Cidades Inteligentes
  - Energéticas renováveis
  - Uso consciente de água
  - Redução da quantidade de lixo gerado

# Outras Cidades - Brasil

- Búzios

- Rede de energia inteligente (SmartGrid)
- Prédios Inteligentes
- Melhoria e testes no sistema de comunicação (Redes Mesh e PLC)

- São Paulo

- Monitoração dos Ônibus e disponibilização aberta dos dados
- Portal de Dados Abertos (<http://dados.prefeitura.sp.gov.br>)
- Dados georreferenciados (<http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br>)
- Incentivo ao uso de transporte público e de bicicletas

# Atividade 1

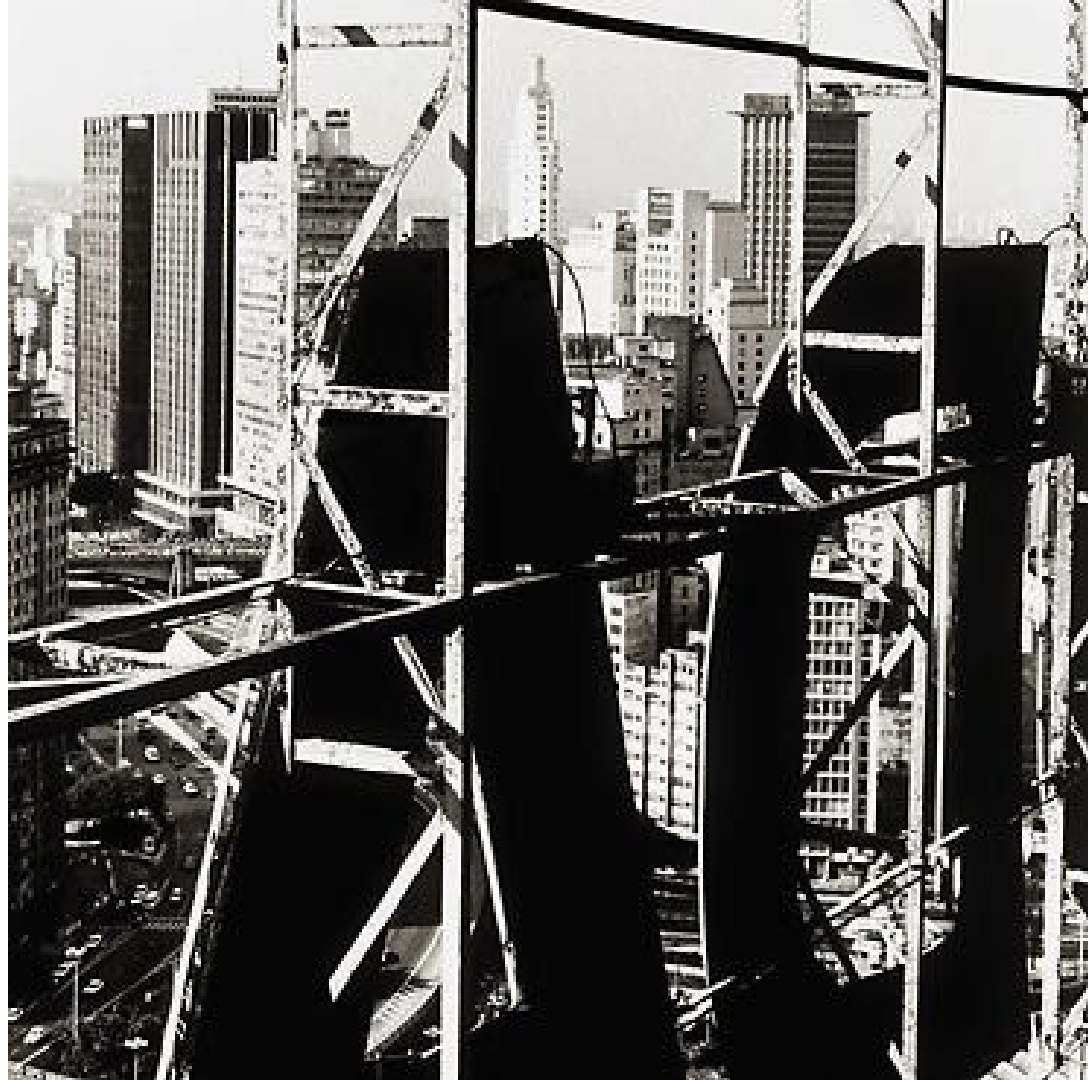
- Analise as aplicações a seguir e indique quais tecnologias são necessárias para sua implementação
  - Monitoramento dos equipamentos públicos da cidade (semáforos, placas, pontos de ônibus, iluminação pública)
  - Acompanhamento em tempo real da posição dos ônibus na cidade
  - Processamento dos dados do transporte público para descobrir linhas com maiores atrasos, maior demanda e sub-utilizadas
  - Processamento de dados de redes sociais para descobrir possíveis problemas de segurança na cidade

# Parte 2: Plataformas de Software: Exemplos e Requisitos





# Plataformas de Cidades Inteligentes



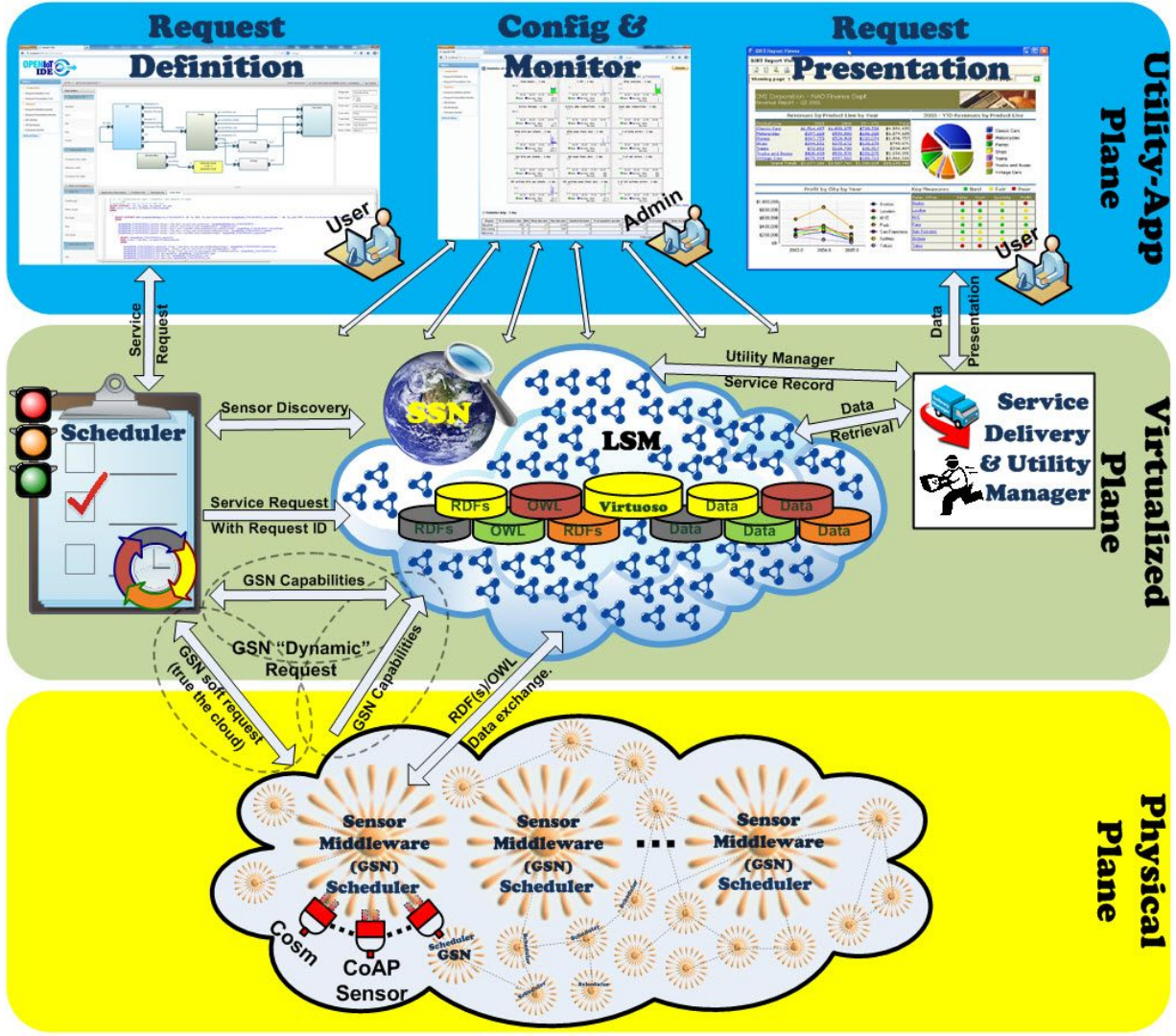
# Plataformas de Cidades Inteligentes

- A maneira mais racional para o desenvolvimento de Cidades Inteligente é a utilização de plataformas de software
- Facilitam o desenvolvimento, implantação e integração das aplicações
- Diversos projetos científicos e comerciais

# OpenIoT

- Projeto Europeu com participação de diversas universidades
- O OpenIoT é uma plataforma de código aberto para o controle de ambientes de Internet das Coisas
- Utilizado em projetos de Cidades Inteligentes em Londres, Turim e Madrid
- Possibilita a criação de aplicações na própria plataforma

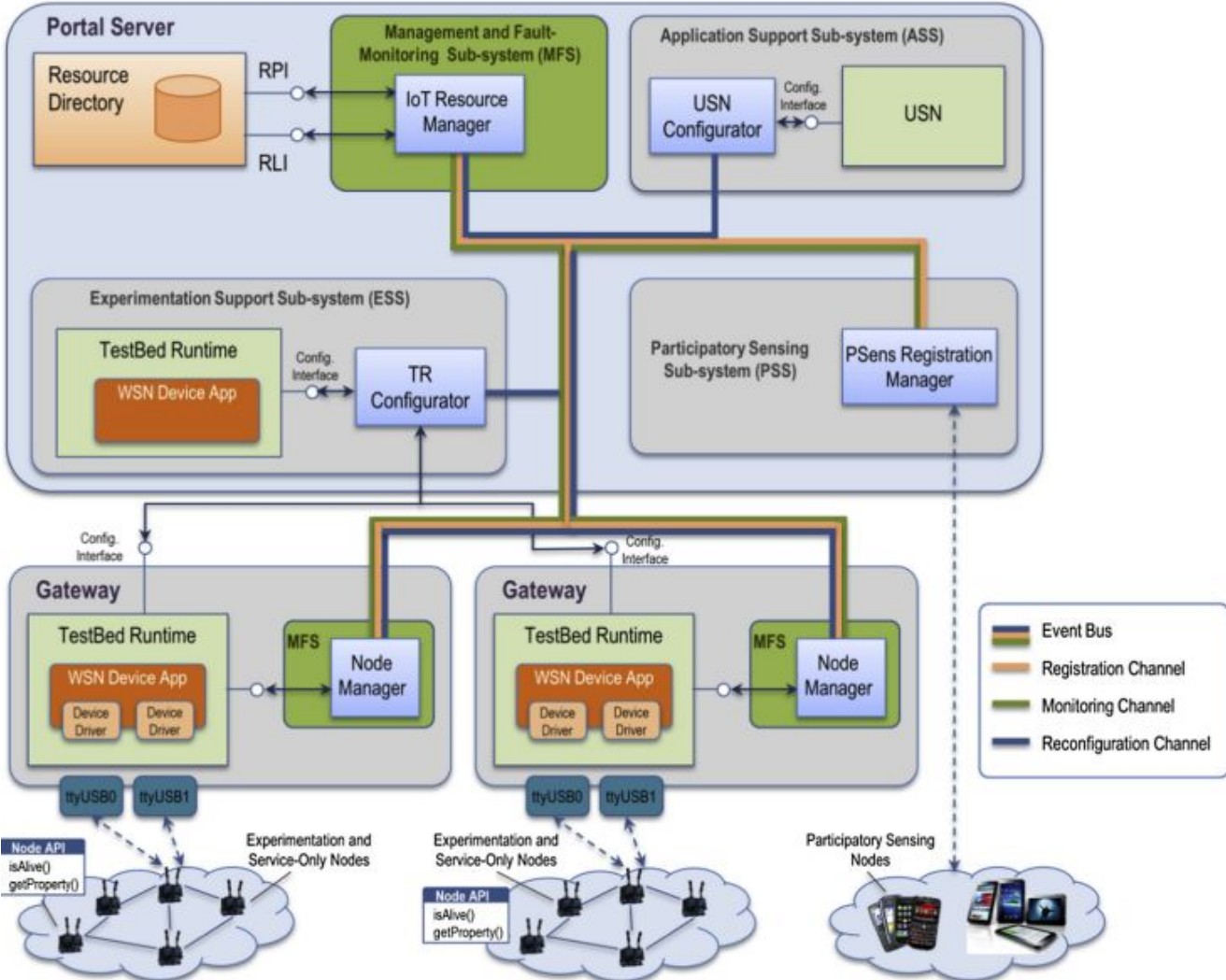
# OpenIoT



# SmartSantander

- Projeto de várias empresas e universidades Europeias
  - Universidad de Cantabria, University of Surrey, Telefonica, Alcatel
- Utilizado em Santander na Espanha
- Testbed para o teste de aplicações e serviços de Cidades Inteligentes
- Gerencia e coleta dados de uma rede de mais de 20 mil sensores

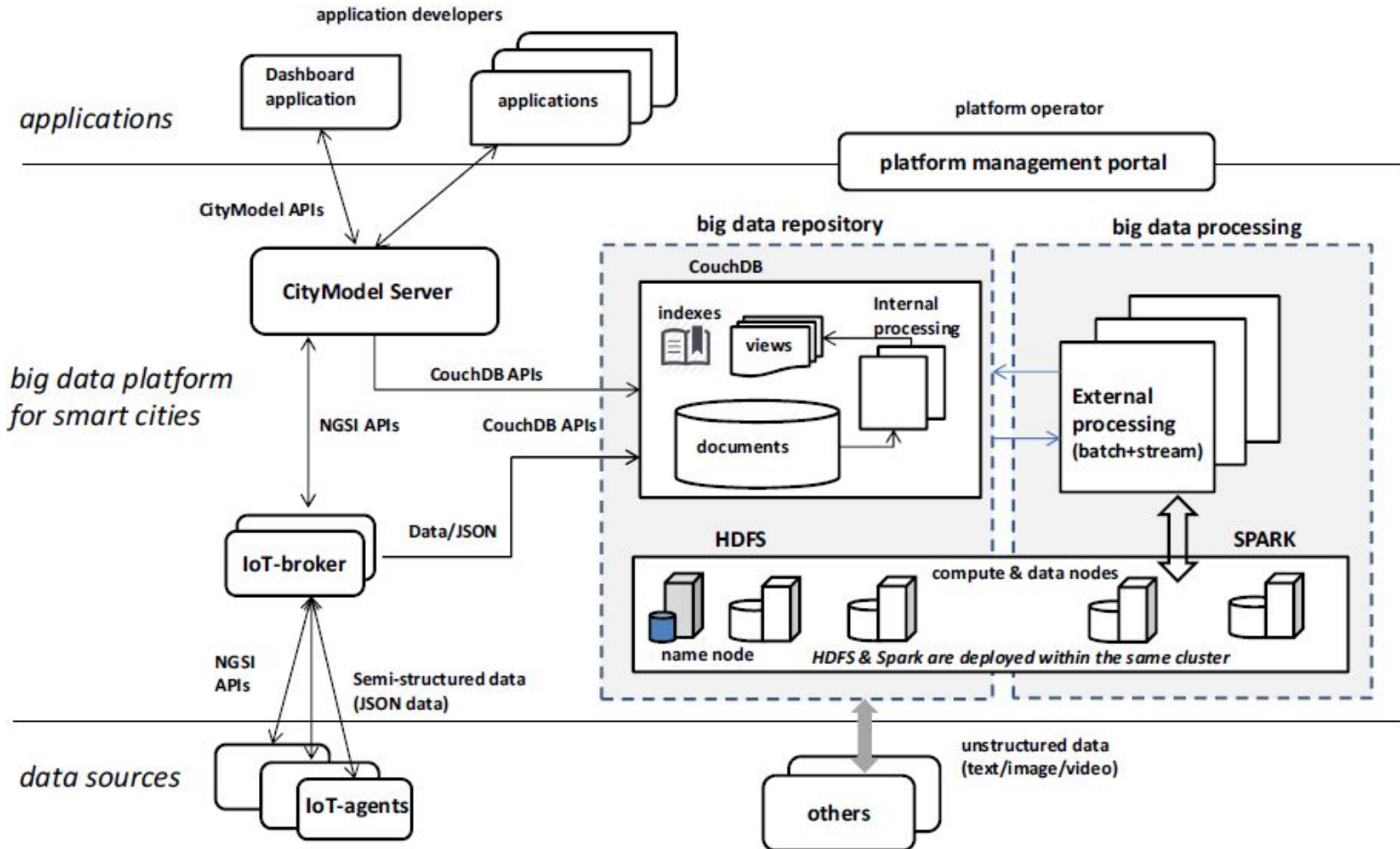
# Smart Santander



# CiDAP

- Plataforma implantada sobre o SmartSantander
- Objetivo de processar todos os dados coletados pelo SmartSantander
- Utiliza várias ferramentas de BigData
- Plataforma escalável e elástica
- Processamento de dados históricos e em tempo real

# CiDAP

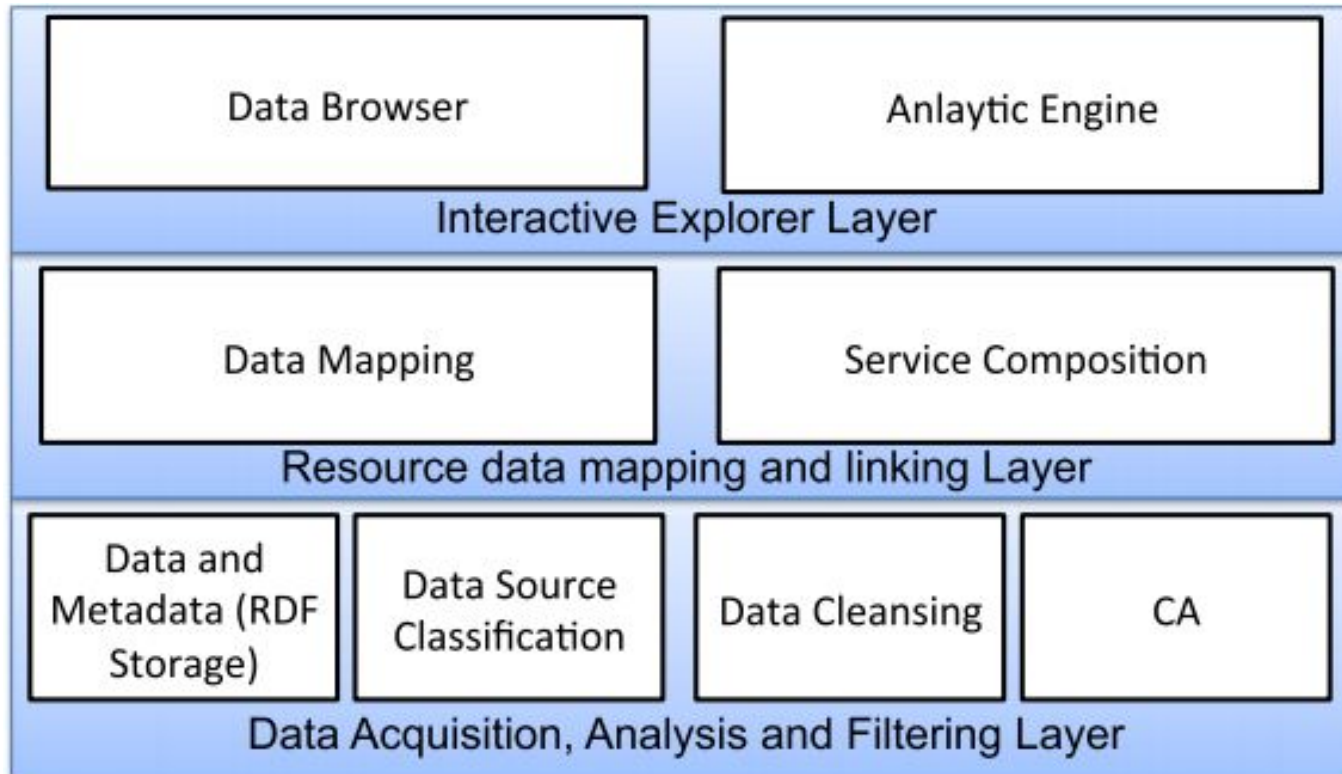




# Arquitetura Baseada em Computação em Nuvem e Big Data para Cidades Inteligentes

- Projeto Inglês - University of West England
- Objetivo de analisar os dados coletados de uma cidade
- Implementação experimental da plataforma utilizando apenas ferramentas de código aberto
  - Spark para processamento
  - Cassandra para armazenamento
  - RapidMiner para visualização

# Arquitetura Baseada em Computação em Nuvem e Big Data para Cidades Inteligentes



# Concinnity

- Projeto Inglês - Imperial College London
- Objetivo de facilitar a construção de aplicações utilizando dados de sensores, contribuição coletiva e compartilhamento de dados e serviços
- Interfaces e serviços de acesso aos dados dos sensores
- Ferramenta para a construção de *WorkFlows*
- Estudo de caso com os dados de 140 sensores na cidade de Londres

# Concinnity

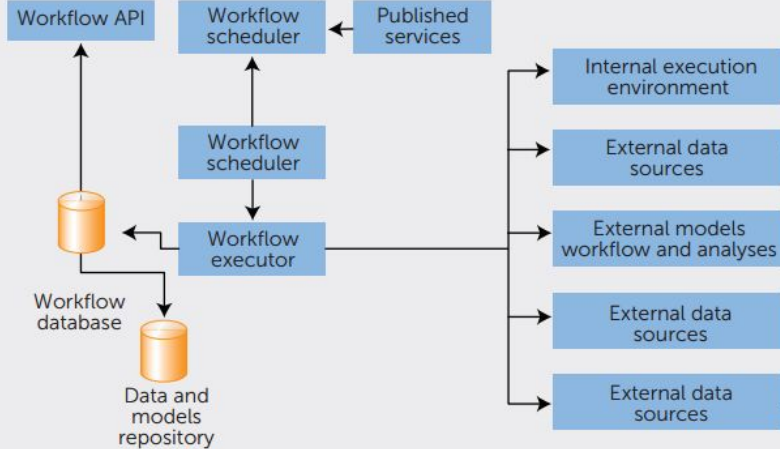
Concinnity

WikiModeling

Application editor

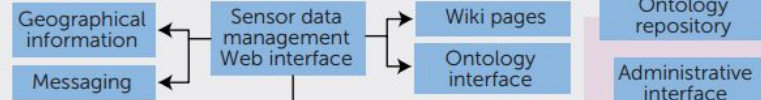


HierSynth

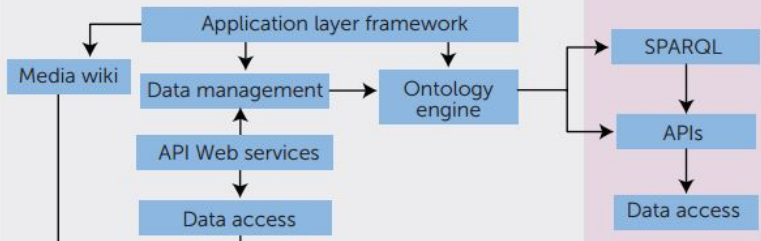


WikiSensing

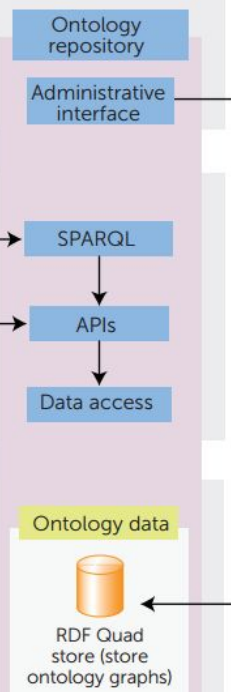
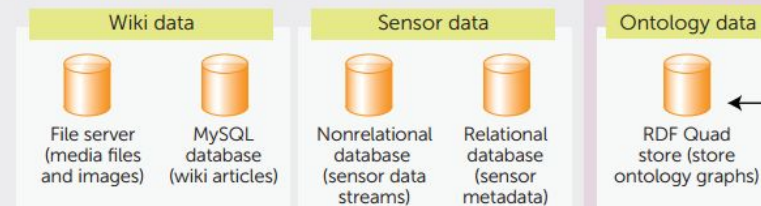
Client layer



Application layer



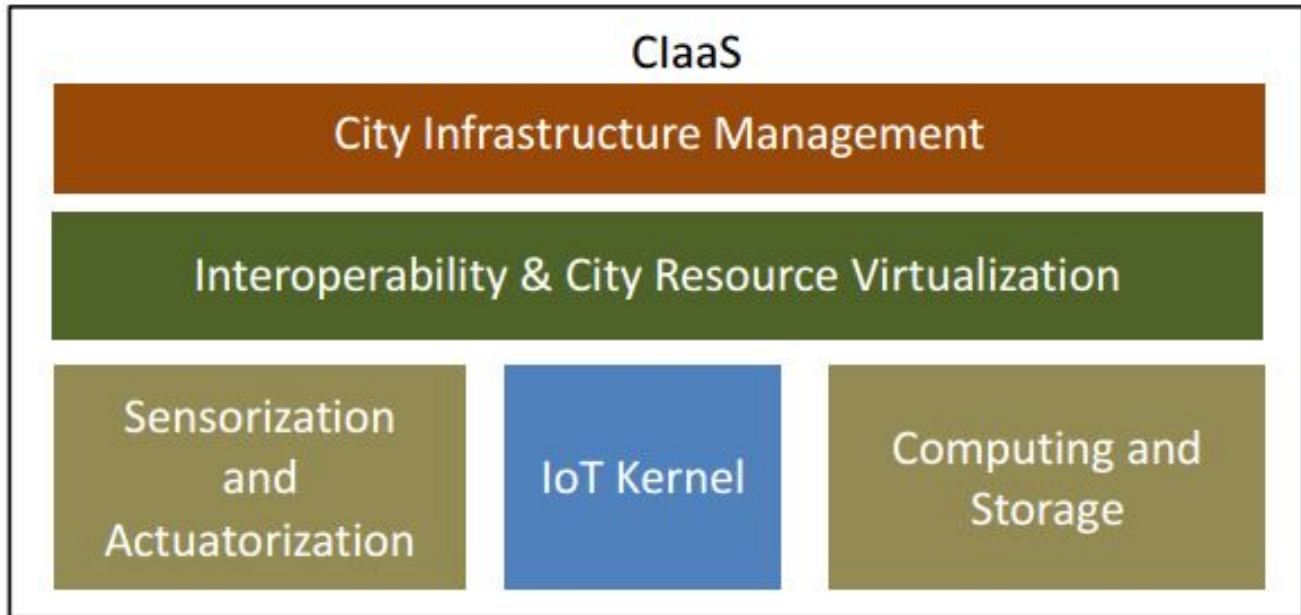
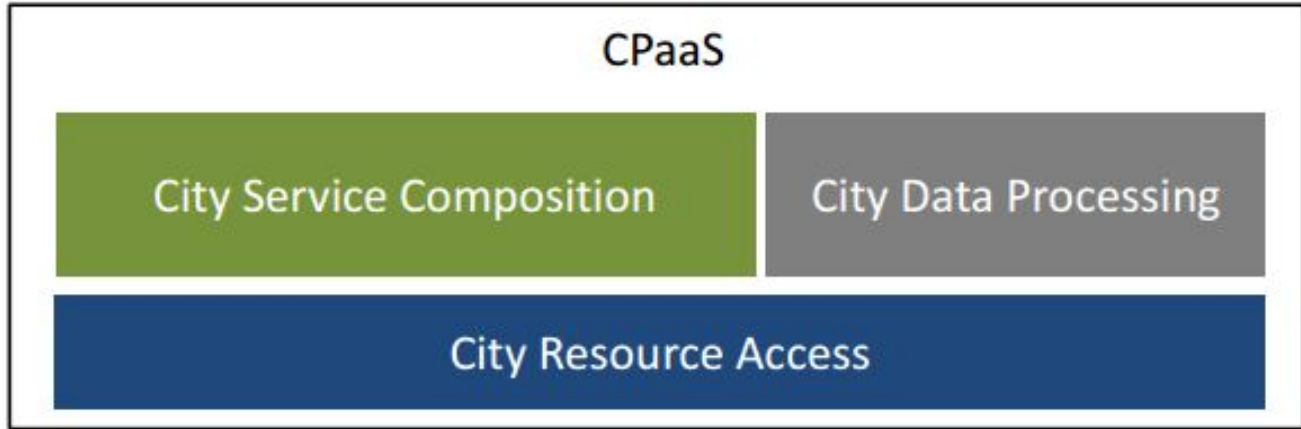
Database layer



# ClouT

- CEA-Leti Research Institute (França) e National Institute of Information and Communication (Japão)
- Integrar a Computação em Nuvem e a Internet das Coisas para possibilitar a criação de cidades inteligentes explorando múltiplas fontes de dados
- Foco na coleta, integração, armazenamento e processamento dos dados da cidade
- Serviços em um ambiente de Computação em Nuvem

# ClouT



Security & Dependability

# ClouT

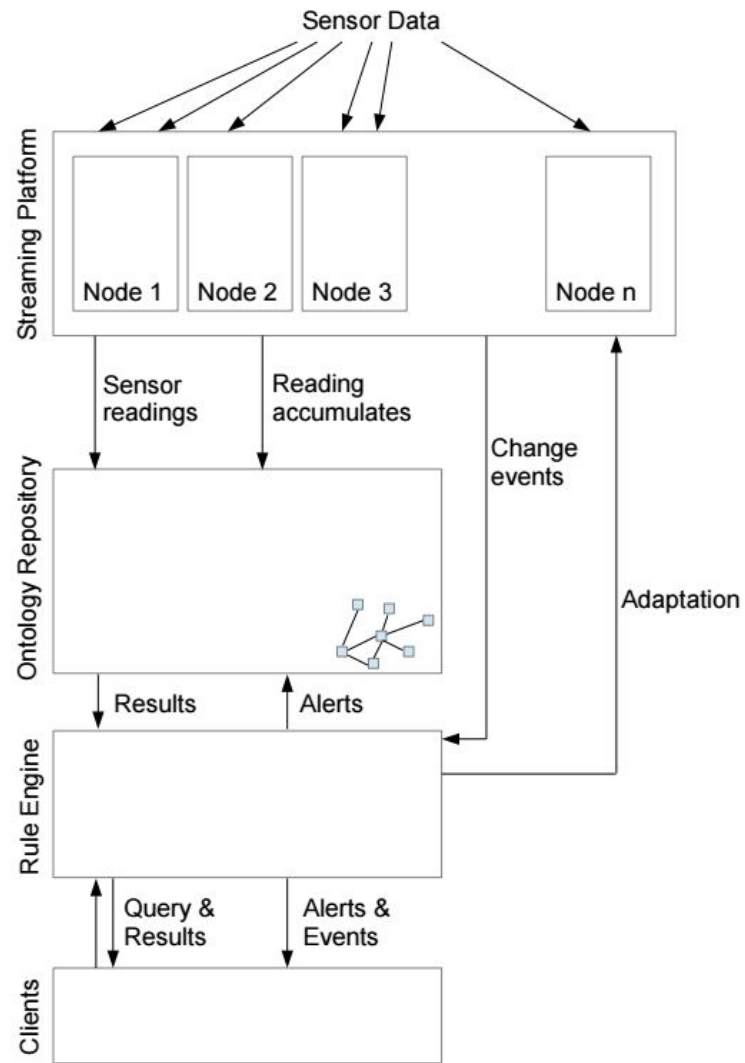
- Exemplos de aplicações estão sendo desenvolvidas com a plataforma ClouT :
  - Em Fujiwasa, sistema para alertas de tsunamis analisando dados ambientais capturados por sensores e postados por cidadãos em redes sociais.
  - Em Gênova, na Itália, já existe uma aplicação que gerencia e coleta dados de uma rede de sensores implantada na cidade, também com o objetivo de alertar a população sobre riscos ambientais (<http://www.iononrischioclout.comune.genova.it>)

# Arquitetura para Coleta de Fluxos de Dados em Tempo Real

- Johannes Kepler University Linz - Austria
- Processar fluxos de dados em tempo real na Nuvem
- Modelo semântico baseado em ontologias
- Ferramentas de Big Data para o processamento paralelo e distribuído de grandes fluxos de dados
- Apache Storm utilizado em uma implementação experimental



# Arquitetura para Coleta de Fluxos de Dados em Tempo Real



# Outros Projetos

- Padova Smart City

- Plataforma baseada na Internet das Coisas
- Mais de 300 sensores instalados na cidade
- Coleta dados ambientais e monitora a infraestrutura da cidade
- Destaca o uso de protocolos comuns para garantir a interoperabilidade na plataforma

- Gambas

- Middleware para o desenvolvimento de aplicações para Cidades Inteligentes
- Aquisição, distribuição e integração dos dados da cidade
- Sensibilidade a contexto e segurança
- Aplicação para estimar número de usuários dos ônibus

# Outros Projetos

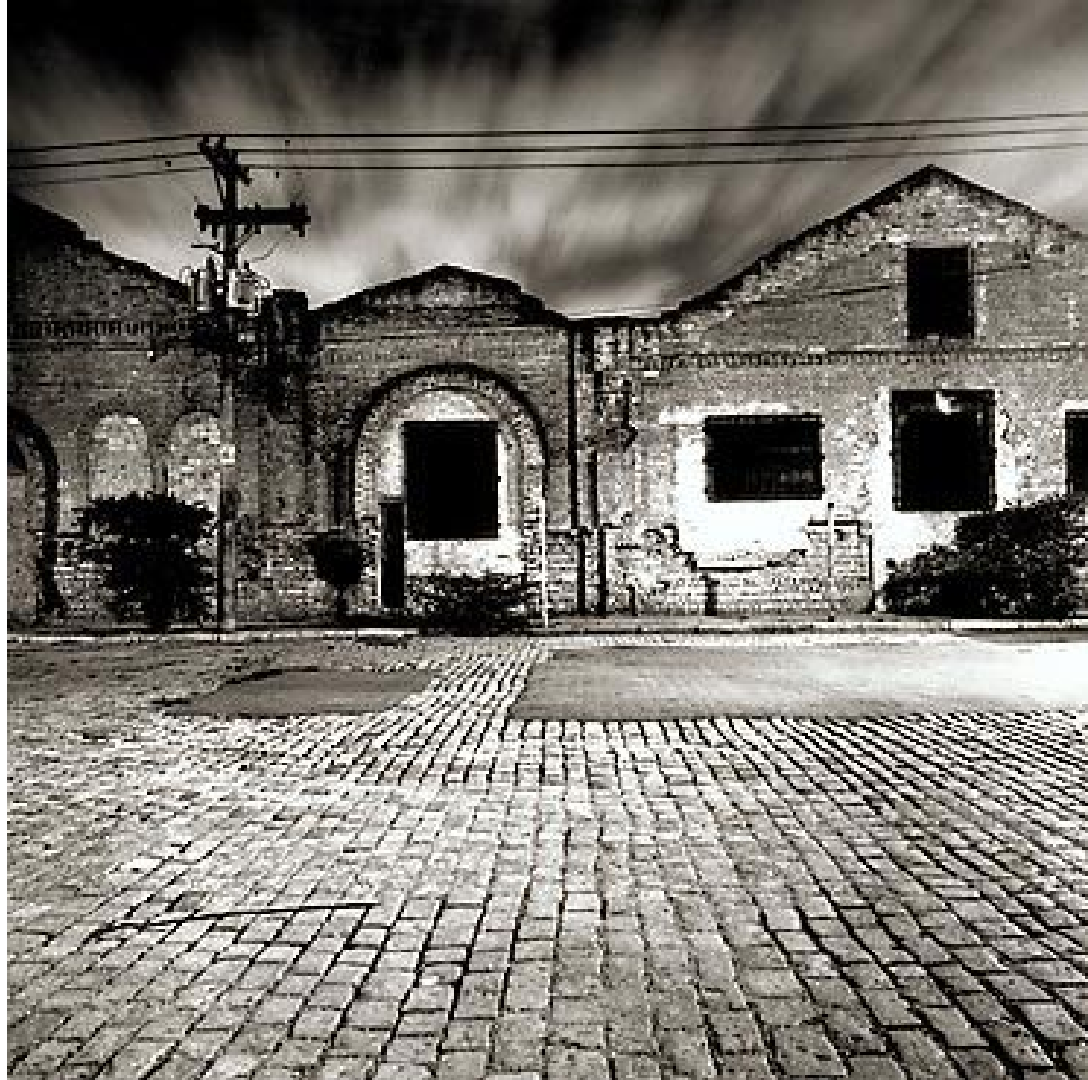
- Scallop4SC

- Ferramentas de Big Data (Hadoop) para processar um grande volume de dados coletados de Prédios Inteligentes
- Dados como consumo de água e energia elétrica, temperatura, umidade do ar e a quantidade de lixo gerado
- Periodicamente, os prédios enviam os dados para a plataforma

- European Platform for Intelligent Cities - EPIC

- Middleware IoT para facilitar o uso e gerenciamento de uma rede de sensores em uma Cidade Inteligente
- Interoperabilidade, heterogeneidade, escalabilidade, extensibilidade e configurabilidade

# Requisitos Funcionais e Não Funcionais



# Requisitos Funcionais e Não Funcionais

- A partir das Plataformas apresentadas é possível identificar os principais requisitos que devem ser considerados
- Requisitos funcionais
- Requisitos não-funcionais

# Requisitos Funcionais

- Objetivo de facilitar o desenvolvimento das aplicações e controlar os dispositivos da cidade
  - Gestão dos dados
  - Ambiente para execução de aplicações
  - Gerência da rede de sensores da cidade
  - Processamento dos dados
  - Acesso aos dados
  - Gerenciamento de serviços
  - Ferramentas de Engenharia de Software
  - Definição de modelos da cidade

# Gestão dos Dados

- Uma plataforma manipula uma quantidade enorme de dados
- Ciclo de vida dos dados:
  - Coleta
  - Armazenamento
  - Análise
  - Visualização
- Ferramentas
  - Bancos de dados relacionais e NoSQL
  - Ferramentas de Big Data para processamento dos dados, como Hadoop, Spark e Storm
  - Geradores de relatórios para visualização de resultados

# Ambiente para Execução de Aplicações

- Suporte para a execução de aplicações da cidade
  - Facilitar a implantação integração entre as aplicações.
  - Ambiente para a implantação de serviços e aplicações
  - Serviço para a execução de aplicações desenvolvidas com ferramentas da própria plataforma



# Gerência da Rede de Sensores

- Necessidade de gerenciar os dispositivos instalados na cidade
- Rede pode ser complexa e grande, como em Santander (uma cidade média) com 20 mil sensores
- Em grandes cidades como São Paulo e Rio de Janeiro provavelmente existirão milhares ou até milhões de dispositivos

# Gerência da Rede de Sensores

- Algumas atividades que a plataforma deve controlar são:
  - Adição e Remoção de dispositivos
  - Monitoramento
  - Coleta dos dados
- Além de Santander, Amsterdã, Barcelona, Dublin, Padua e Chicago também possuem uma rede de dispositivos de tamanho razoável

# Processamento dos Dados

- Diversas análises dos dados podem ser realizados na plataforma
- Realizar processamento na plataforma
  - Aplicações podem ser executadas em dispositivos com pouco poder de processamento e podem não ter permissão de utilizar todos os dados da cidade
- Diversos tipos de ferramentas
  - Máquinas de inferências
  - Processadores de *Workflows*
  - Ferramentas de *BigData*
- Processamento de dados históricos ou em tempo real

# Acesso aos Dados

- Toda plataforma deve possuir uma interface para permitir o acesso externo aos dados da cidade
- Utilizado por serviços, aplicações ou outras plataformas
- Várias formas de implementar esse requisito:
  - Portais de transparência e de dados abertos
  - APIs que podem ser acessadas pela Internet
  - Serviços de publicação/assinatura

# Gerenciamento de Serviços

- Muitas plataformas utilizam a Arquitetura Orientada a Serviços para oferecer suas funcionalidades
- Exemplos de serviços:
  - Acesso aos dados coletados pelos sensores e dados processados
  - Componentes para o processamento de dados como máquinas de inferência e algoritmos de aprendizado de máquina
  - Componentes para a execução de *WorkFlows*
  - Serviços de gerencia de usuários da plataforma
- Implantação de novos serviços na plataforma
- Criação de novos serviços através de composição e orquestração

# Ferramentas para o Desenvolvimento de Software:

- Principal objetivo das plataformas é facilitar o desenvolvimento de aplicações para a cidade
- Algumas plataformas disponibilizam ferramentas próprias
- Ferramentas visuais para descrever aplicações utilizando fontes de dados e serviços disponibilizados na plataforma
- Ferramentas para a criação de *WorkFlows*
- Geradores de relatórios e ferramentas de análise de dados

# Definição de um Modelo da Cidade

- Modelos que descrevem a cidade
- Aspectos estáticos da cidade
  - Mapa da cidade
  - Localização das ruas e equipamentos públicos
- Aspectos dinâmicos da cidade
  - Fluxo de veículos
  - Zonas de congestionamento em diferentes horas do dia e dias
  - Variação na utilização dos serviços de saúde da cidade ao longo do progresso de epidemias de diferentes doenças infecciosas.

# Definição de um Modelo da Cidade

- Facilitam o entendimento do funcionamento da cidade
- Possibilitam a análise automática dos dados através de algoritmos de aprendizado de máquina
- Algumas plataformas utilizam modelos para permitir as consultas aos dados da cidade
- Outras para facilitar a definição das aplicações e serviços da cidade
  - *WorkFlows* e BPMN



# Requisitos Não Funcionais

- Maior parte dos requisitos não funcionais relacionados a sistemas distribuídos de larga escala
  - Interoperabilidade
  - Escalabilidade
  - Elasticidade
  - Adaptabilidade
  - Configurabilidade
- Outros relacionados a segurança e privacidade dos cidadãos
- Sensibilidade ao contexto

# Interoperabilidade

- Diferentes dispositivos, sistemas, aplicações e plataformas
- Todos esses componentes devem operar de uma maneira integrada
- Exemplos:
  - Sensores de múltiplos fabricantes
  - Sistemas implementados em diferentes linguagens de programação e em diferentes sistemas operacionais
  - Plataformas que compartilham dados e usuários
  - Sistemas legados que devem se comunicar com as novas aplicações da cidade

# Interoperabilidade

- Soluções:
  - Interfaces padronizadas
  - Aplicação de web semântica para integração dos componentes da plataforma
  - Serviços de nomes e de descoberta de recursos baseados em ontologias

# Escalabilidade

- Grande quantidade de usuários, dados, aplicações e serviços
- Tendência de crescimento
  - Integração de mais serviços
  - Aumento da população
- Várias requisitos funcionais devem ser escaláveis:
  - Gerenciamento da rede de sensores
  - Gerenciamento dos dados
  - Gerenciamento dos serviços
- Qualidade de serviço mantida mesmo com o crescimento do uso da plataforma

# Elasticidade

- Demanda pode variar durante o dia, época do ano, novos serviços ou com o crescimento da cidade
- Exemplos:
  - A demanda de serviços de trânsito é muito mais alta nos horários de picos
  - Um grande evento pode adicionar milhares de turistas a serviços da plataforma
  - Um novo serviço de transporte público que consiga atingir grande parte da população
- Infraestrutura deve ser redimensionada dinamicamente
- Evitar a falta e o desperdício de recursos

# Segurança

- Uso fraudulento dos serviços e dados disponibilizados pela plataforma
- Mecanismos específicos de segurança:
  - Controle de acesso
  - Criptografia
  - Autenticação
  - Proteção dos dados da plataforma, da infraestrutura e das aplicações da cidade

# Privacidade

- Manipulação de diversos dados críticos
  - Localização, atividades e hábitos diários de cidadãos
  - Registros médicos
  - Segredos comerciais
- Garantir a privacidade sem que aplicações e serviços sejam afetados é um desafio
- Técnicas utilizadas:
  - Criptografia
  - Anonimização dos dados
  - Utilização de dispositivos de segurança para acesso a plataforma

# Sensibilidade ao Contexto

- Situação da cidade e dos cidadãos muda constantemente
- Aplicações podem apresentar melhores resultados usando informações contextuais.
- Exemplos de informações:
  - Cidadãos: localização, a atividade sendo realizada e a linguagem do dispositivo de acesso
  - Cidade: condições de tráfego, clima e qualidade do ar
- Exemplos de aplicações
  - Mostrar a aplicação em uma língua diferente para turistas
  - Mudar a rota para evitar áreas congestionadas ou poluídas
  - Recomendar o modo de transporte dependendo da previsão do tempo



# Adaptabilidade

- Adaptar o comportamento de diferentes formas, em diferentes dimensões, baseado no contexto dos usuários ou da cidade
  
- Alguns dos objetivos desse requisito são:
  - Aumentar a tolerância a falhas
  - Utilizar um servidor mais próximo a um usuário para atender sua requisição
  - Decidir se um processamento será em tempo real ou em lote
  - Adaptar dados de diferentes fontes para uma representação comum

# Configurabilidade

- Grande quantidade de configurações e parâmetros
- Funcionamento a diferentes contextos em tempo de execução
- Exemplos:
  - Limiares de poluição e congestionamento
  - Prioridade de um serviço
- A plataforma deve permitir a (re)configuração de diversas variáveis da plataforma.
- Portal para centralizar as configurações da plataforma
- Auto-Configuração

## Atividade 2

- Analise a arquitetura das plataformas apresentadas anteriormente e relacione os requisitos funcionais e não funcionais aos componentes da plataforma

# Parte 3: Arquitetura de Referência, Desafios, Implicações e Conclusões



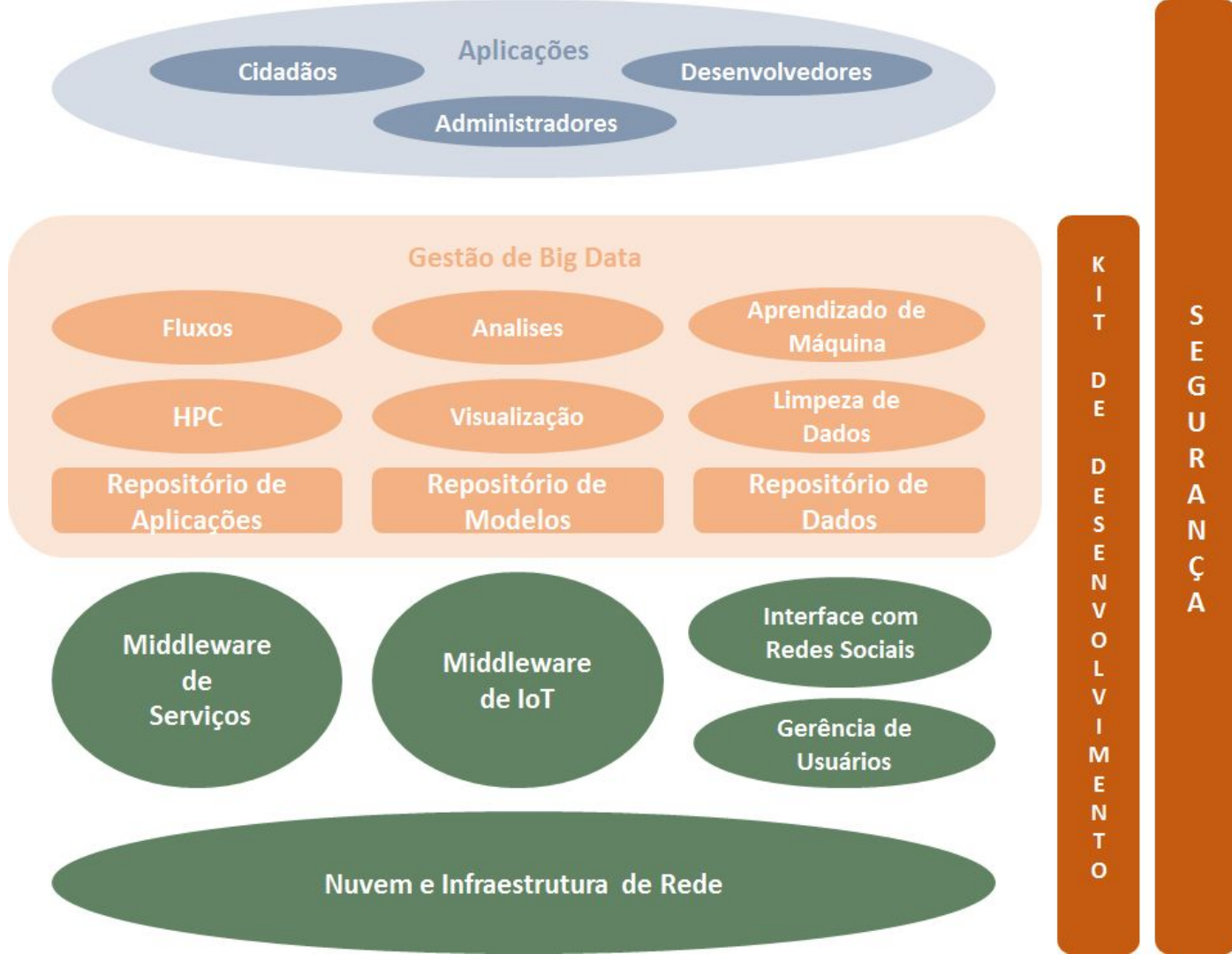
# Arquitetura de Referência



# Arquitetura de Referência

- A partir dos requisitos apresentados, derivamos uma arquitetura de referência
- Principal objetivo é facilitar a compreensão, implementação e a integração de serviços e aplicações para cidades inteligentes

# Arquitetura de Referência



# Nuvem e Infraestrutura de Rede

- Comunicação entre a plataforma e os dispositivos espalhados pela cidade
- Hospedagem dos serviços
- Possibilitar a integração física de todos os dispositivos que estão conectados à plataforma
  - Servidores, sensores, atuadores e dispositivos de usuários
- Computação em Nuvem com suporte a diversos requisitos não-funcionais
  - escalabilidade, elasticidade e extensibilidade.



# Middleware de IoT

- Responsável por gerenciar os dispositivos instalados na cidade
  - Deve permitir a adição e remoção lógica dos dispositivos
  - Coletar os dados
  - Garantir a confiabilidade e segurança dos dados
- Existem alguns sistemas já desenvolvidos como o Sentilo e o X-GSN, utilizado pelo OpenIoT

# Middleware de Serviços

- Gerencia os serviços que a plataforma irá disponibilizar para as aplicações
- Funcionalidades:
  - Implantação
  - Publicação
  - Descoberta
  - Monitoração
  - Composição e Orquestração

# Gateway de Rede Social

- Redes Sociais terão um papel importante em Cidades Inteligentes
  - Coletar dados sobre as condições da cidade a partir de atualizações de cidadãos
  - Canal eficiente de comunicação entre a plataforma, os administradores da cidade e a população

# Gestão de Big Data

- Gerencia todos os dados da plataforma
- Diversos componentes para:
  - Armazenar dados
  - Processar os dados
  - Visualizar os dados
  - Limpar os dados
- Diversas ferramentas podem ser utilizadas:
  - Bancos de dados relacionais
  - Bancos de dados NoSQL
  - Ferramentas de Big Data como Spark, Hadoop e Storm
  - Ferramentas de aprendizado de máquina como Weka e SciKit-Learn

# Gestão de Big Data



# Gestão de Usuários

- Deve armazenar alguns dados dos usuários da plataforma
- Objetivo de oferecer melhores serviços e aplicações de forma personalizada
- Sensibilidade ao Contexto
- Mecanismos de autenticação como o *Single Sign-On*
- Deve garantir a privacidade do usuário

# Kit de Desenvolvimento de Software

- Uma plataforma deve facilitar o desenvolvimento de aplicações para a cidade
- *Software Development Kit (SDK)*
  - Bibliotecas de componentes
  - Ambientes Integrados de Desenvolvimento (IDE)
  - Arcabouços OO
  - Simuladores

# Requisitos não funcionais

- Todos os componentes da plataforma devem considerar diversos requisitos não funcionais
  - Escalabilidade: grande quantidade de dados, dispositivos, usuários e serviços
  - Privacidade e Segurança: coleta, armazenamento e processamento de dados sensíveis dos cidadãos, empresas, ONGs e da administração da cidade
  - Interoperabilidade: operação integrada de diferentes tipos de serviços, dispositivos e aplicações
  - Elasticidade: redimensionamento da infraestrutura para evitar a falta ou desperdício de recursos



# Desafios Científicos e Tecnológicos



# Desafios Científicos e Tecnológicos

- Diversos desafios ainda devem ser solucionados para que as Cidades possam se tornar inteligentes
  - Problemas de segurança e privacidade
  - Problemas de escalabilidade (dados, serviços e dispositivos)
  - Custos na implantação e manutenção da infraestrutura da cidade
  - Incentivos à participação da sociedade
- Bastante relacionados aos requisitos não funcionais

# Privacidade

- O desafio mais citado por pesquisadores é garantir a privacidade dos usuários
- As aplicações e serviços serão usadas por cidadãos, empresas, governos e ONGs
- Também é importante garantir que as pessoas saibam para que seus dados serão utilizados

# Segurança

- Infraestrutura da cidade deve ser segura
  - Ataques aos sistemas
  - Vandalismo à infraestrutura física
- No futuro, o cidadão ficará dependente dos serviços
- Exemplos de ataques:
  - Ataque à infraestrutura de hardware, alterando os valores de sensores
  - Ataques de negação de serviço
  
- Ciberterrorismo e cibervandalismo

# Gestão dos Dados

- Cidades Inteligente manipulam um grande volume de dados
- Desafios:
  - Quantidade de dados armazenados
  - Processamento de grandes volumes de dados
  - Definição de modelos úteis e eficientes
  - Garantir a confiança na origem dos dados
- Necessário garantir diversos requisitos não funcionais, como Escalabilidade, Elasticidade e Privacidade

# Escalabilidade

- Todos os componentes de uma cidade inteligente devem ser escaláveis
- Atender o crescimento da demanda por serviços e dados da cidade
- Acontecimentos inesperados:
  - Grandes eventos
  - Acidentes
  - Desastres naturais
- Quantidade de dados deve aumentar constantemente
  - Implantação de mais dispositivos, criação de novos serviços e aumento populacional

# Heterogeneidade

- Interoperabilidade entre a infraestrutura, aplicações e plataformas
- Necessário lidar com a grande heterogeneidade dos componentes de hardware e software que compõem o ambiente de uma cidade inteligente.
- Exemplos:
  - Instalação de múltiplos sensores e atuadores de diferentes fabricantes
  - Diferentes protocolos
  - Diferentes tipos de semáforos que já estão instalados nas cidades
  - Aplicações legadas da cidade

# Implantação e Manutenção da Infraestrutura

- Investimentos para a implantação da infraestrutura necessária
  - Rede de sensores e atuadores
  - Melhoria das redes sem fio
  - Integração entre os diferentes sistemas da cidade
  - Coleta de dados da infraestrutura já existente como pontos de ônibus e semáforos
- Necessário também fazer a manutenção de todos esses componentes
- Isso será especialmente desafiador devido à grande quantidade de dispositivos instalados



# Custos

- Problema para a implantação de uma infraestrutura de cidades inteligentes
- Aquisição e instalação de todos os dispositivos
  - Sensores e atuadores
  - Servidores
  - Equipamentos de comunicação
- Desenvolvimento do software
- Contratação de equipes para manutenção e gerenciamento
- Adaptação às mudanças nos processos da cidade.

# Colaboração

- Incentivar a população a utilizar os serviços que serão disponibilizados na cidade
- Compartilhar dados e informações sobre esse uso
- Dependência do engajamento da população
- Relação de benefício mútuo
  - Quando usuários contribuem, compartilham e usam dados da cidade

# Colaboração

- Sistema MITOS na plataforma SmartSantander
  - Elementos e mecanismos de jogos (gamificação)
- Premiações para usuários que realizam uma ou um conjunto de tarefas
  - Que mais utilizou o transporte público em um mês
  - Que utilizou um determinado número de ônibus em um dia

# Implicações



# Implicações

para diversos agentes envolvidos nos processos da cidade:

- Cidadãos
- Prefeitos
- Vereadores
- Desenvolvedores
- Administradores de sistemas
- Empreendedores
- Cientistas

# Conclusões



# Conclusões

- Necessidade de tornar as cidades mais inteligentes
- Principais benefícios:
  - Otimização da infraestrutura e serviços da cidade
  - Uso mais sustentável dos recursos
  - Melhoria da qualidade de vida da população
- Diversas iniciativas de cidades inteligentes ao redor do mundo
  - Santander, Amsterdã, Barcelona
- Porém, em 2016, nenhuma cidade ainda possui uma infraestrutura completa de hardware e software

# Conclusões

- Grande quantidade de desafios técnicos e de pesquisa que precisam ser melhor explorados
  - Privacidade dos dados dos usuários
  - Segurança para tornar a infraestrutura e os sistemas da cidade a prova de usuários mal-intencionados
  - Escalabilidade na comunicação, armazenamento e processamento de dados
  - Altos custos ainda proibitivos em muitos casos
  - Arquitetura de Software para Cidades Inteligentes
  - Engenharia de Software para Cidades Inteligentes
  - Protocolos, algoritmos, ferramentas



# Conclusões

Esperamos que a comunidade científica, trabalhando conjuntamente com nossos empreendedores, governantes e a população, possam desenvolver soluções criativas e eficazes para os desafios elencados acima de forma a atingir o objetivo essencial das cidades inteligentes: contribuir para a melhoria da qualidade de vida de todos os habitantes das cidades

# Atividade 3

- Proponha uma aplicação inovadora para Cidades Inteligentes
  - Descreva como essa aplicação ajudaria a vida ou a gestão da cidade
  - Ela seria mantida por uma startup, ONG ou o poder público?
  - Quais as tecnologias necessárias para o desenvolvimento da aplicação?

# INCT

- Internet do Futuro Aplicada a Cidades Inteligentes
- 48 pesquisadores de 9 universidades
- Liderado pelo IME-USP
- Vagas para alunos de IC, ME, DO e Pós-Doutorado

# Obrigado!

ccsl.ime.usp.br

Fotos: Nelson Kon

Fabio Kon

[fabio.kon@ime.usp.br](mailto:fabio.kon@ime.usp.br)

Eduardo F. Z. Santana

[efzambom@ime.usp.br](mailto:efzambom@ime.usp.br)