

# Uso do linked data em smart cities para *cases* envolvendo sensores - um estudo sobre os processos que envolvem ciclo de vida dos dados

Larissa Pavarini da Luz

## Resumo

As cidades desempenham um papel cada vez mais importante na vida das pessoas. Verifica-se um substancial aumento do tamanho das áreas urbanas e com isso os dados sobre as cidades se tornam mais importantes. Processo sustentável e com possibilidades de informações na vida dos cidadãos geram cada vez mais a qualidade em se viver em ambientes que são classificados como cidades inteligentes, ou melhor *Smart Cities*. A Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) são meios fundamentais para esse objetivo e para o desenvolvimento de plataformas ou aplicativos para cidades inteligentes. Verificando esse aspecto o presente trabalho faz um levantamento de plataformas e aplicativos de sensores aplicados em cidades inteligentes, desenvolvidos nos últimos 7 anos (2010 a 2017) e a partir disso apresenta a importância que o ciclo de vida de dados possui na etapa de coleta desses dados, e como essas grandes quantidades de dados são produzidas por redes de sensores, utilizando as práticas de *Linked Data* para tal fim.

**Palavras-Chaves:** Cidades inteligentes; internet das coisas; sensors; linked data.

---

*Use of linked data in smart cities for cases involving sensors - a study on the processes that involve data life cycle*

## Abstract

*Cities play an increasingly important role in people's lives. There is a substantial increase in the size of urban areas and thus the data on cities become more important. Sustainable process and information possibilities in the lives of citizens increasingly generate quality in living in environments that are classified as smart cities, or better Smart Cities. Information and Communication Technology (ICT) are fundamental means for this goal and for the development of platforms or applications for smart cities. Checking this aspect, the present work is a survey of platforms and applications of sensors applied in intelligent cities, developed in the last 7 years (2010 to 2017) and from this it presents the importance that the data life cycle has in the collection stage of these data, and how these large amounts of data are produced by sensor networks, using Linked Data practices for this purpose.*

**Keywords:** Smart cities; IOT; sensors; linked data.

---

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo o *Research Group for Media, Innovation and Communication Technologies* (2017) as cidades desempenham um papel cada vez mais importante na vida das pessoas. Viu-se que a maioria das pessoas em todo o mundo estão vivendo em cidades, permitindo assim um aumento substancial no tamanho das áreas urbanas.

Paralelamente ao crescimento das cidades, surge na mesma proporção, as dificuldades e entraves oriundos do seu crescimento, como superar tais desafios e garantir um futuro sustentável. Para este fim o uso da tecnologia é visto como um meio para a prestação de serviços urbanos mais eficientes, sustentáveis melhorando a vida de seus cidadãos.

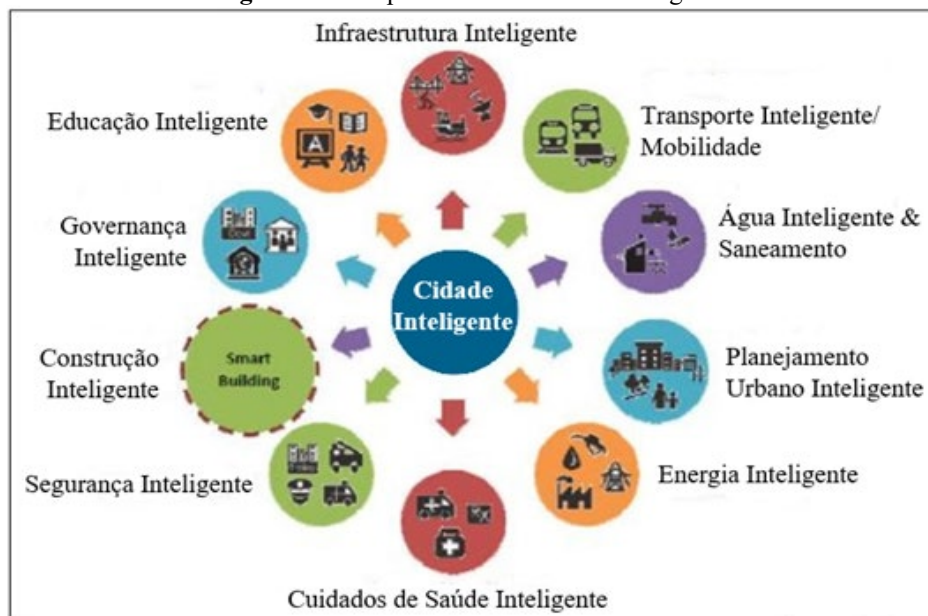
Com esse crescimento verifica-se o uso dos dados relacionados a esse contexto e assim as cidades se tornam mais importantes, permitindo seu comprometimento com a

competitividade e a sustentabilidade. Segunda Cunha (2016) o conceito de *Smart Cities*, ou denominado como cidades inteligentes, tem se popularizado e esse fenômeno insere-se num cenário caracterizado por duas grandes tendências que determinam a transformação da sociedade contemporânea, sendo uma delas o movimento de urbanização e outra a revolução digital devido a ascensão tecnológica dos dispositivos móveis.

Tendo a informação como pilar fundamental para a implementação de cidades inteligentes, é necessário mecanismos para que informações possam ser disponibilizadas, neste contexto, redes de sensores, usados para monitoramento de semáforos, rede de distribuição de água e energia, dados oriundos de *smartphones* além de dados extraídos de portais de transparência das administrações municipais.

Nesse cenário surge um incentivo para tornar-se mais ecológica gerando energia inteligente, ambientes inteligentes, mobilidade inteligente entre outros e mais planejada como: saúde inteligente, educação inteligente, vida/trabalho inteligente), como demonstrada na Figura 1.

Figura 1 - Componentes de Cidades Inteligentes



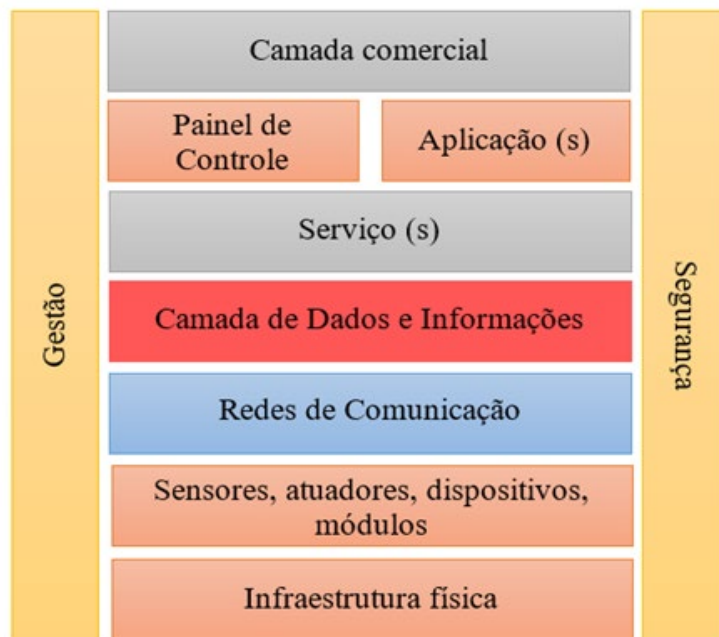
Fonte: Adaptado (Rao e Syamala, 2017)

Foi considerado os principais elementos da arquitetura de uma Cidade Inteligente como: saúde inteligente, ambiente inteligente, energia inteligente, segurança inteligente, escritórios inteligentes e edifícios residenciais, administração inteligente, transporte inteligente e indústrias inteligentes. Todos os nós utilizam de sensores implantados em cada domínio da Cidade Inteligente que fornecem a fonte de dados primária para a geração de informações diversificadas.

Segundo (ZHENG, *et al*, 2014), apoiando as cidades inteligentes a computação urbana se enquadra como um processo de aquisição, integração, e análise de grandes dados heterogêneos, gerados por diversas fontes e espalhadas pelos espaços urbanos, como sensores, dispositivos móveis, veículos, edifícios e pessoas, auxiliando no combate dos principais problemas que as cidades enfrentam, como, por exemplo, poluição do ar, aumento do consumo de energia e congestionamentos nas vias urbanas.

Os subsídios gerados por meio dos nos sensores são coletadas usando os serviços de comunicação existentes, como apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Níveis da Arquitetura de Cidades Inteligentes



Fonte: Adaptado (Rao e Syamala, 2017)

Esses dados funcionam como um mecanismo de crescimento, ajudando a reduzir a divisão digital e aumentar a qualidade de vida dos moradores da cidade.

Os moradores da cidade bem como empresas, os governos e os sensores geram muitos dados e estas grandes quantidades de dados fluem para a Web e são armazenadas em grandes repositórios de dados. Ao mesmo tempo, a comunicação mediada está se tornando cada vez mais participativa e personalizada por meio da computação social, como já dito anteriormente, e a crescente atenção nos dados é visível no discurso, sem contar a importância dos conceitos como *Open, Linked e Big Data*.

Dados abertos de alta qualidade são dados publicados e distribuídos na Internet, compartilhados em formato aberto para que possam ser lidos por qualquer pessoa e por máquinas, permitindo o cruzamento com outros dados de diferentes fontes, para serem livremente utilizados pela sociedade. Dados abertos governamentais são dados produzidos pelos governos, que devem ser colocados à disposição de qualquer cidadão e para qualquer fim (ISOTANI E BITTENCOURT, 2015).

Conforme Bizer, Heath e Berners-Lee (2009), *Linked Data* refere-se aos dados disponibilizados na Web de tal forma que são facilmente processados por máquinas. Se significado é definido explicitamente, e esses dados são ligados bidirecionalmente a outros conjuntos de dados externos. O autor complementa que as aplicações tenderão a operar sobre esse vasto conjunto de dados distintos, por meio de mecanismos de acesso padronizados. O *Linked Data*, ou dados abertos conectados podem ser classificados como um método de publicação de dados estruturados de forma que possa ser lido automaticamente pelos computadores, permitindo que que dados se conectem sem que não estavam ligados anteriormente, através de uma Web semântica.

Ao combinar pesquisas fundamentais, estratégicas e aplicadas, adquire-se novas perspectivas nos campos descritos acima.

Além disso é importante verificar que o objetivo desse trabalho enfoca em um levantamento de dados em relação a esses dados de sensores e como eles estão relacionados ao *Linked Data* em apoio ao crescimento das cidades inteligentes. Isso foi possível devido o levantamento de um grupo de artigos selecionados, demonstrado através de dados

apresentados e descrevendo o processo de identificação das informações necessárias para os processos de coleta que determina um dos processos do ciclo de vida dos dados.

## **2 MÉTODO**

Este trabalho possui natureza exploratória de caráter descritivo, pois os fatos são observados, registrados analisados sem serem manipulados (GIL, 2002; CERVO e BERVIAN, 2007).

### **2.1 Definição Dos Termos De Busca**

Para o presente trabalho, procurou-se relacionar as palavras Cidades Inteligentes com Dados abertos conectados e estudos de caso na utilização de sensores, uma vez que o presente artigo tem como principal objetivo o levantamento e a análise dos dados e como eles se comportam em cada fase do ciclo de vida dos dados envolvendo os processos de coleta, armazenamento, descarte e recuperação. Isso será feito através de tabulação dos dados apresentados nos artigos buscados e será apresentado as informações sobre os processos descritos.

Revelando sua evolução, a obtenção, estudo e análise de características de uma determinada área de atuação científica evidencia suas tendências, posicionando claramente o pesquisador em relação o tema de interesse.

### **2.2 Procedimentos Metodológicos**

Na busca pelo êxito do objetivo deste trabalho buscou-se organizá-lo em etapas distintas como: coleta dos artigos a serem usados; e apresentar como foi feita a coleta de dados nas aplicações e plataformas estudados nos artigos, além de verificar como as práticas do *Linked Data* estão sendo utilizadas e implementadas quando se fala em cidades inteligentes.

#### *2.2.1 Definição dos Termos de Busca*

Para o presente trabalho, procurou-se relacionar as Cidades Inteligentes com a cases de sensores e dados abertos conectados. Desta forma, as palavras consultadas nas bases de dados foram cidades inteligentes, dados abertos, dados abertos conectados e sensores.

As buscas foram feitas de forma mais ampla, pois ao se utilizar os termos “cidades inteligentes” aliado a “dados abertos” mais “sensores” os resultados das buscas não foram satisfatórios, o retorno teve muito mais relação com o termo Internet das coisas e ainda algumas pesquisas relacionadas a economia.

Por esse motivo optou-se em modificar a ordem das palavras chaves possibilitando uma busca mais ampla e através dos resultados encontrados buscar indícios de trabalhos associados à temática de Cidades Inteligentes e Linked data. A busca não se limitou somente em base nacional, mas também utilizou-se bases internacionais e como forma de realizar buscas relacionando as duas áreas, de forma otimizada, optou-se pela seguinte string de busca com termos na língua inglesa: (“*Smart city*” or “*Smart Cities*”) and (“*sensors*” or “*sensor\**”) and (“*Linked data*” or “*Linked open data\**”) and (2010 or 2017).

Utilizou-se os operadores lógicos (AND, OR) e o caractere especial “\*” que permitiram uma inclusão do maior número de estudos relevantes. Além disso, o “\*” indica que em sua posição podem ser aceitos quaisquer outros caracteres, ou conjuntos de

caracteres associados a palavra buscada. Foi delimitado também como relevância ao estudo o período em que estes trabalhos foram publicados, no intervalo de 2010 a 2017, e também os autores mais citados nesse período, o que permitiu uma delimitação maior ao que se estava buscando.

### *2.2.2 Consulta às bases de dados*

Para realizar o estudo foi utilizado como base de dados a *Web of Science* (WoS), que é uma base multidisciplinar de grande relevância, indexando aproximadamente 12.000 periódicos, cobrindo boa parte dos principais periódicos indexados pelas outras bases disponíveis (2017).

Optou-se como princípio básico para a busca, a consulta no campo “TOPIC” que inclui na pesquisa título, abstract e palavras-chaves. Foram selecionadas todas as sub bases disponíveis e foi utilizado o período de busca disponível na base até o último ano 2010 - 2017. Outra base de dados utilizada foi a Scopus que é a maior base de dados de citações e resumos de literatura revisada por pares: periódicos, livros e conferências (Elsevier, 2017).

Fez-se também buscas no *GoogleScholar* redirecionando para a base ACM (*ACM Digital Library Resource Center, 2018*), pois muitas das pesquisas têm relação com computação.

## **2.3 Trabalhos Escolhidos**

Com o método de busca descrito nas seções anteriores, os trabalhos escolhidos para verificar o processo em relação à coleta de um ciclo de vida de dados serão apresentados nas próximas seções com o seu resumo.

O critério de escolha dos artigos como já dito anteriormente está ligado com cidades inteligentes e principalmente como o uso do *Linked Data* está associado, uma vez da importância da ligações de dados abertos para levantamento de dados para construção de ferramentas para benefício público e privado.

### *2.3.1 Internet of Things (IoT) based Smart City Architecture and its Applications (Rao e Syamala, 2017)*

O trabalho descreve como a Internet das coisas (IoT) está contribuindo com enorme quantidade de dados e seu uso recente nas infraestruturas de Cidades Inteligentes permitindo que uma grande quantidade de dados que sejam gerados diariamente em diversos domínios com aplicações, incluindo aplicações de defesa, monitoramento de cuidados com a saúde e monitoramento de transporte. Para atender à crescente quantidade desses dados, há necessidade de novas práticas e técnicas para gerenciamento e análise eficaz de dados para gerar informações que podem auxiliar na utilização dos recursos de forma inteligente e eficiente.

Este trabalho apresenta uma arquitetura baseada em IoT para Smart City e é proposta com base em tecnologias de Web semânticas e teoria de Dempster-Shafer, propondo assim uma arquitetura multi-camadas para uma cidade inteligente.

### *2.3.2 Producing Linked Data for Smart Cities: The Case of Catania (Consoli et.al, 2014)*

Neste trabalho as tecnologias da Web Semântica e, em particular, os *Linked Open Data* fornecem um meio para compartilhar conhecimento sobre as cidades e seus aspectos físicos, sociais e técnicos, permitindo assim o desenvolvimento de aplicativos de cidades

inteligentes. Este artigo apresenta um protótipo baseado no caso de Catania com o objetivo de compartilhar dados, que podem ser reutilizadas como práticas de referência em outros casos com requisitos semelhantes. A importância de alcançar a interoperabilidade sintática e semântica - como resultado da transformação de fontes heterogêneas em dados vinculados é discutida: a interoperabilidade semântica é resolvida no nível de dados para facilitar o desenvolvimento e aplicação de cidades inteligentes. O trabalho ainda apresenta um modelo de dados abrangente para cidades inteligentes que integra várias outras fontes de dados, incluindo dados georreferenciados, transporte público, relatórios de falhas urbanas, manutenção rodoviária e coleta de resíduos municipais. Mostrando alguns novos padrões de *design* de ontologia para modelagem de transporte público, relatórios de falhas urbanas e manutenção de estradas. Levantamento de informações de uso, foi feito através de questionário e um experimento computacional também foi conduzido para avaliar o desempenho do modelo de dados proposto em termos de escalabilidade prática em relação ao aumento de dados e eficiência em consultas complexas. Todos os dados produzidos, modelos, protótipos e resultados do questionário são acessíveis ao público on-line.

### *2.3.3 Sense2Web: A Linked Data Platform for Semantic Sensor Networks (Barnaghi et. al 2011)*

É abordado neste trabalho como tem ocorrido os recentes avanços nas redes de dados e a capacidade de fabricar hardware de baixo custo e energia eficiente para sensores, levando a um interesse potencial na integração de dados do mundo físico na Web. As redes de sensores variam de pequenos artefatos sem fio, dispositivos móveis (com muitos sensores) até sistemas de grande escala (em cidades inteligentes e redes de monitoramento ambiental).

Aplicativos e usuários geralmente estão interessados em consultar vários eventos e solicitar dados de medição e observação do mundo físico. A integração de dados de objetos físicos, usando processadores embutidos e sensores na Web está dando origem ao surgimento de uma nova geração de sistemas.

A incorporação de dados de objetos físicos com os dados da Web, usando métodos de processamento de informações e engenharia de conhecimento, permite a construção de "coisas inteligentes e interligadas" e "ambientes inteligentes".

Esse artigo concentra-se principalmente nos aspectos de comunicação e redes entre esses dispositivos. No entanto, há um esforço relativamente menor concentrado na criação de infraestruturas dinâmicas para apoiar a integração dos dados na Web e fornecer acesso unificado a esses dados nos níveis de serviço e aplicativos. A utilização de tecnologias da Web Semântica nas redes de sensores resulta em um novo conceito, às vezes conhecido como Redes de Sensores Semânticos.

Este artigo descreve uma plataforma para publicar dados da Rede de Sensores Semânticos e para vincular os dados aos recursos existentes na Web. A plataforma de dados da Web de Sensores Semânticos ligados, denominada "Sense2Web", suporta a publicação de descrições de recursos extensíveis e interoperáveis (por exemplo, rede de sensores e recursos) e dados de observação e medição sob a forma de dados vinculados. O "Sense2Web" também suporta a associação de diferentes dados do sensor aos recursos descritos na Web de Dados.

Verifica-se ainda no estudo que concentra-se na publicação de dados vinculados para apresentar as descrições dos recursos do sensor e da rede de sensores e vinculá-los a outros recursos existentes na Web.



#### *2.2.4 Participatory Sensing in Public Spaces: Activating Urban Surfaces with Sensor Probes (Kuznetsov e Paulos (2010))*

As recentes convergências entre as tecnologias de baixo custo, aliada a políticas públicas criam um novo cenário colaborativo que permite com que a população contribua, o trabalho se deu com comunidades de ciclistas, estudantes e desabrigados. Cada membro da comunidade recebeu sondas capazes de medir gases, poluição atmosférica, agentes patogênicos, produtos químicos, ruídos ou poeiras, sendo solicitado a esse grupo de participantes que mantivessem os sensores operacionais por uma semana. Esta experiência revelou informações acerca da percepção ambiental, compartilhamento de dados entre diferentes comunidades, revelando a necessidade de diferentes cenários para futuros sistemas de detecção, além de ser um instrumento de política social.

#### *2.2.5 Smart Cities: Concepts, Architectures, Research Opportunities (KHATOUN e EADALLY (2016)).*

O Presente artigo aborda o conceito de cidades inteligentes, seus benefícios a população bem como os desafios de ser implantada. Uma cidade inteligente é uma área urbana ultramoderna que atende às necessidades das empresas, instituições e, especialmente, dos cidadãos. Khatoun e Eadally (2016) abordam como diferenciar entre uma cidade inteligente e um urbanismo inteligente. O objetivo desses conceitos é o mesmo - a vida dos cidadãos. Nos últimos anos, um aumento significativo no consumo global de energia e o número de dispositivos conectados e outros objetos levou as instituições governamentais e industriais a implantar o conceito da cidade inteligente.

#### *2.2.6 Uma proposta de modelo conceitual para uso de Big Data e Open data para Smart Cities (Klein, 2015)*

O presente trabalho identifica as principais fontes de dados e suas características, e como interligá-las às necessidades das *smart cities*. Foi proposto um modelo conceitual para *smart cities* que utiliza os conceitos de *Big Data* e *Open Data* como fonte de dados. Os resultados da pesquisa estão ligados a um questionário de competências e outras práticas do método OntoKEM para desenvolvimento de ontologias Com o Modelo proposto, organizado em camadas, foi realizada sua verificação em um cenário de uso, onde foram apresentadas discussões, resultados e sugestões futuras.

#### *2.2.7 Monitoramento colaborativo para cidades inteligentes (Gallo, 2016)*

Monitoramento participativo representa um novo paradigma de coleta de dados de sensores, focado na extração e utilização de dados gerados pelas pessoas. O trabalho tem como proposta uma taxonomia para iniciativas de monitoramento colaborativo, ilustrando cada uma de suas dimensões a partir de um extenso levantamento bibliográfico da área. Essa proposta suporta a identificação e estimula o desenvolvimento de projetos, utilizando mecanismos de coleta de dados ainda não explorados, onde o foco está no monitoramento colaborativo ativo realizado a partir de aplicativos móveis.

Uma plataforma foi implementada para interpretar as especificações descritas por meio de uma linguagem formal criada e instanciar tanto os aplicativos de coleta de dados quanto os servidores de aplicação para receber, validar e visualizar tais dados, facilitando a criação de novos aplicativos até mesmo por indivíduos sem qualquer conhecimento em desenvolvimento de software.

Finalmente, apresenta-se um direcionamento de trabalhos futuros para o desenvolvimento de sistemas de suporte à decisão, com base nos dados de monitoramento colaborativo, e para o uso de tecnologias de Big Data na captura, agregação, análise e extração de conhecimento dos dados de diferentes tipos de monitoramento colaborativo apresentados na taxonomia, incluindo dados de redes sociais, sensores físicos e derivados do processamento de imagens (Kintschner, (2017) e Azevedo (2015).

#### *2.2.8 Parada de ônibus inteligente: uma aplicação para cidades inteligentes baseado no conceito de web das coisas (Kintschner, 2017)*

Parada de Ônibus para Cidades Inteligentes é a proposta do trabalho de Kintschner (2017) que implementada, sob a abordagem de Web das Coisas classificada como a solução de conectividade e desenvolvimento de aplicações por reaproveitamento das tecnologias Web, o fornecimento de diversas informações em tempo real a respeito os ônibus que passam pelo local.

#### *2.2.9 Uma proposta para visualização de linked data sobre enchentes na bacia do rio doce (Azevedo, 2015)*

Azevedo (2015) traz em seu trabalho quais são os conceitos e tecnologias que permitem integrar e disponibilizar os dados relacionados às enchentes na Bacia do Rio Doce. Para isso criou-se um dataset e um protótipo de aplicação capaz de obter dados heterogêneos, relacionados a inundações na Bacia do Rio Doce, de diversas organizações públicas e integrá-los e disponibilizá-los para visualização em um Sistema de Informação Geográfica.

Outros dados pertinentes foram incluídos com o objetivo de agregar conhecimento ao usuário final, sendo assim os dados foram convertidos para o formato RDF, interligados e visualizados com auxílio de consultas SPARQL.

Como resultado, obteve-se a implementação das técnicas e princípios da Web Semântica em um sistema de informação geográfica (SIG) e a disponibilização, para reuso, de um dataset contendo os dados da Bacia do Rio Doce, do ano de 2012, nos padrões RDF.

#### *2.2.10 Driving public sector innovation using big and open linked data (BOLD) (Janssen et.al, 2017)*

O primeiro artigo dirigindo a inovação através do grande link aberto Dados (BOLD): Explorando Antecedentes usando Interpretive Modelagem Estrutural por Dwivedi et al. (2017) fornece um Visão geral abrangente de fatores que influenciam grandes e abertos dados. Usando a modelagem estrutural interpretativa, os autores analisam as inter-relações entre antecedentes de inovação através de BOLD. O trabalho revelou que a infra-estrutura técnica, qualidade dos dados e pressão externa são os alicerces para inovação baseada em dados dos governos

#### *2.2.11 Semantic Modelling of Smart City Data (Bischof et. al, 2014)*

Bischof et. al (2014) apresentou um estudo em torno da necessidade de descrições semânticas comuns para dados inteligentes da cidade para facilitar futuros serviços em "cidades inteligentes". Eles apresentam exemplos de dados que podem ser coletados de cidades, apontando questões relacionadas a esses dados e algumas reflexões preliminares



para a criação de um modelo de descrição semântica para descrever e ajudar a descobrir, indexar e consultar dados de cidades inteligentes.

#### 2.2.12 *Sensor-based Linked Open Rules (S-LOR): An Automated Rule Discovery Approach for IoT Applications and its use in Smart Cities (Gyrard et. al, 2017)*

Este artigo apresenta uma abordagem automatizada de descoberta de regras para dados do dispositivo IoT (*Internet of Things*) (S-LOR (Sensor-based Linked Open Rules) e seu uso em cidades inteligentes. O S-LOR foi construído seguindo os padrões de *Linked Open Data* (LOD) e fornece suporte para mecanismos baseados em semântica para compartilhar, reutilizar e executar regras lógicas para interpretação de dados produzidos por sistemas IoT. O S-LOR segue os princípios de LOD para reutilização de dados, raciocínio baseado em semântica e interoperabilidade. Gyrard *et. al*(2017) afirma que a capacidade principal da S-LOR é demonstrada no contexto da habilitação de mecanismos e ferramentas de raciocínio baseados em semântica de acordo com a demanda de aplicativos e os requisitos dos usuários. O S-LOR suporta uma interpretação automatizada de dados IoT executando regras, e permite uma interface de descoberta de regras automatizada. O mecanismo S-LOR implementado pode processar e interpretar automaticamente dados de dispositivos IoT usando o paradigma de descoberta baseado em regras. A extensão chamada *Linked Open Reasoning* (LOR) permite e encoraja a reutilização de mecanismos de raciocínio e ferramentas para diferentes aplicativos de cidades inteligentes.

#### 2.2.13 *From Sensor Data Streams to Linked Streaming Data: a survey of main approaches (Llanes, Casanova e Lemus, 2016)*

Grandes quantidades de dados são produzidas por redes de sensores. Eles estão produzindo fluxos de dados continuamente sobre fenômenos do mundo real. No entanto, esses fluxos de dados são gerados em formatos crus e diferentes, sem a semântica para descrever seus significados, o que impõe barreiras para acessá-los e usá-los. Llanes, Casanova e Lemus (2016) afirmam que para enfrentar esse problema, várias soluções foram propostas e elas utilizam princípios de *Linked Data*. Assim a proposta desse artigo foi pesquisar as principais soluções desenvolvidas pelas comunidades de pesquisa para publicar fluxos de dados na *Web of Data*.

As principais contribuições do artigo são a identificação dos pontos fortes e limitações dessas soluções e, nessa base, as principais etapas que alguém deve seguir para publicar fluxos de dados de maneira que qualquer um possa usá-los, com uma compreensão mínima dos detalhes.

#### 2.2.14 *Overcoming the Heterogeneity in the Internet of Things for Smart Cities (Kazmi, Zeeshan, Achille e Martin, 2017)*

Kazmi e Martin (2017) falam da viabilidade da Internet das coisas (IoT) trazendo possibilidades para novos serviços para população nas cidades inteligentes. Tendo recebido uma atenção significativa pela comunidade de pesquisa e a indústria, a adaptação de Internet das coisas ganhou impulso e aplicações estão sendo desenvolvidas rapidamente em um número de domínios diferentes, desde gerenciamento de energia, gerenciamento de resíduos, controle de tráfego, mobilidade, saúde e ambiente assistido, entre outros. Por outro lado, este desenvolvimento e adaptação, resultou no surgimento de arquiteturas heterogêneas, novos padrões, *middlewares* e aplicações. Essa heterogeneidade é um impedimento na realização de um ecossistema global para IoT. Assim, a heterogeneidade (do nível de hardware para nível de aplicação) é uma questão crítica e Kazmi e Martin

(2017), apresenta e discute a modelagem de fluxos de dados IoT heterogêneos para superar o desafio da heterogeneidade. O modelo de dados é usado dentro de um projeto chamado VITAL, que é um conjunto de sistemas *open source IoT*. O objetivo principal da plataforma VITAL é permitir o rápido desenvolvimento de aplicativos baseados em IoT de várias plataformas indicados para cidades inteligentes .

#### 2.2.15 *CityBench: A Configurable Benchmark to Evaluate RSP Engines Using Smart City Datasets* (Ali, Gao, Mileo, 2015)

Com a crescente popularidade do Internet of Things (IoT) e as aplicações de cidades inteligentes habilitadas para IoT, o processamento de fluxo RDF (RSP - *RDF Stream Processing*) está aumentando a atenção na comunidade da Web Semântica. Como resultado, vários motores RSP surgiram, e são capazes de processar fluxos de dados semanticamente anotados. O desempenho, a correção e a solidez técnica de alguns motores RSP existentes e foram avaliados em configurações controladas usando *benchmarks* existentes como LS Bench e SR Bench.

No entanto, esses *benchmarks* focam-se apenas em recursos das linguagens e mecanismos de consulta RSP e não consideram requisitos de aplicativos dinâmicos e propriedades dependentes de dados, como mudanças na taxa de transmissão durante a execução da consulta ou mudanças nos requisitos do aplicativo ao longo de um período de tempo. Isso dificulta a ampla adoção de motores RSP para aplicações em tempo real, onde as propriedades dos dados e os requisitos da aplicação desempenham um papel fundamental e precisam ser caracterizados em sua configuração dinâmica, como no domínio da cidade inteligente.

Ali, Gao e Mileo (2015) apresentam a partir das informações descritas o CityBench, uma solução abrangente de avaliação comparativa para avaliar os motores RSP nas aplicações de cidade inteligente e com dados inteligentes da cidade.

O *CityBench* inclui fluxos de dados IoT em tempo real gerados a partir de vários sensores implantados na cidade de Aarhus, na Dinamarca. O estudo fornece uma infraestrutura de teste configurável e um conjunto de consultas contínuas que cobrem uma variedade de características dependentes de dados e aplicativos e métricas de desempenho, a serem executadas através de mecanismos RSP usando conjuntos de dados do *CityBench*.

Foi também avaliado dois motores RSP de última geração usando o teste proposto e foi discutido os resultados experimentais. Como um dos resultados esse artigo pode ser usado como uma linha de base para identificar capacidades e limitações de motores RSP existentes para aplicações de cidades inteligentes.

### 3 REPRESENTAÇÃO E ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DE DADOS

Segundo Sant`Ana (2016) a Ciência da Informação pode e deve contribuir para que este cenário de acesso e uso intenso de dados se desenvolva da melhor maneira possível, buscando identificar e estudar fatores e características que propiciem ampliação do equilíbrio entre os atores envolvidos no processo e a máxima otimização do uso dos dados.

Para que tal propósito possa ser atingido, diversas ações devem ser adotadas, dentre elas está a estruturação da análise, que ainda segundo afirma Sant`Ana(2016), nesta tarefa se faz necessário estruturar esta análise, e para tanto, propõe-se a utilização de uma delimitação de fases (momentos em que distintas necessidades e competências são necessárias) envolvidas no acesso e uso dos dados, mantendo-se como ponto central os próprios dados e para tanto se propõe o uso do Ciclo de Vida dos Dados - CVD como forma de evidenciar os diferentes momentos e fatores envolvidos neste processo.

Inicialmente através da análise de um conjunto de dados é obtido o entendimento acerca de uma necessidade específica bem como da demanda prevista sobre um contexto determinado. É nesta fase que esforços em estabelecer planos de ação, analisar as viabilidades e coleta de dados devem ser desprendidos.

O ciclo de vida dos dados, segundo Sant'Anna (2013, p.15), “possui quatro fases: coleta, armazenamento, recuperação e descarte. Onde todas elas estão relacionadas com privacidade, qualidade, direitos autorais, integração, disseminação e à preservação dos dados”.

### **3.1 Sensores Baseados Em Linked Data Quando Aplicados Em Smart Cities: Aspectos Gerais e Coleta de Dados**

Explicando o ciclo de vida dos dados, Santana (2013, p. 17) aponta que “[...] a fase de coleta permite que seja iniciada a fase de armazenamento que por sua vez propicia a execução da fase de recuperação e ainda pode gerar novos dados retomando ações da fase de coleta.” Ainda afirma que as atividades na fase de coleta estão associadas ao significado inicial dos dados que vão ser utilizados. Neste contexto, o autor supracitado afirma que os dados devem ser apresentados e descritos em metadados, avaliados e selecionados, pois assim formatos e meios de utilização já são definidos no planejamento de obtenção.

Em relação a processo de coleta de dados dos artigos escolhidos, verificou-se que nos últimos sete anos (2010 a 2017), as redes de sensores de dados foram implantadas em vários domínios (ciências médicas para cuidados com o paciente usando sensores biométricos, detecção de incêndio, meteorologia para previsão do tempo, satélite imagens para observação terrestre e espacial, terras agrícolas, entre outros.). Os sensores estão distribuídos no globo, capturando e produzindo continuamente uma enorme quantidade de fluxos de dados sobre um número dos fenômenos do mundo real.

No entanto, normalmente, os fluxos de dados produzidos pelas redes de sensores estão em formatos brutos e diferentes, falta a semântica para descrever seu significado. Essa falha intensifica o problema tradicional, determinando por Sheth et al. (2008) “*too much data and not enough Knowledge*”, que traduzindo fica "Dados demais e conhecimento insuficiente" colocando assim barreiras ao acesso e uso dos dados de sensores em aplicativos e vinculando-os com outras fontes de dados relacionadas.

Para enfrentar este problema, o levantamento dos artigos apresentados neste estudo utiliza os princípios de *Linked Data* (Berners-lee 2006). Eles permitem integrar tecnologias de sensores com tecnologias da Web Semântica para que publique fluxos de dados de sensores de forma enriquecida e padronizada, para que possam ser acessados e consumidos por aplicativos externos. O processo de publicação consiste em transformar os fluxos de dados em dados de transmissão vinculados seguindo os princípios de *Linked Data*.

Existem diversos cenários diferentes, como apresentados, em que pesquisadores foram integrando dados físicos produzidos por sensores e dados virtuais e publicar na nuvem de *Linked Open Data* (LOD) em tempo real. No caso desse estudo, os levantamentos estão relacionados com IoT (*Internet of Things*) em especial no campo que se diz respeito a cidades inteligentes, *Smart Cities*, que segundo Cheng et. al (2015) representam um campo específico onde a integração das tecnologias de Sensor Web e as tecnologias da Web semântica podem encontrar uma aplicação concreta. Onde processar e compreender as informações relevantes para a vida de uma cidade e usá-la para tornar a cidade melhor, mais rápida, mais barata e sustentável é o objetivo principal.

Bischof et. al (2014) indica que para chegar a este objetivo algumas coletas de dados são necessárias necessárias e lógico dependente da aplicação que está envolvida.

As coletas estão ligadas a como chegar nesses dados para que subsequente possa dar continuidade a qualquer projeto. A Tabela 1, adaptada por Bichof *et.al* (2014) apresenta esses dados.

**Tabela 1-** Dados que podem ser coletados sobre Cidades Inteligentes

Categoria de dados	Proprietário (Dados do Editor)	Descrição de dados	Amostragem
Transporte	Autoridade de tráfego	Mapas de cidades (Estradas, nomes de ruas, estações de metrô e ônibus, etc.)	Estático
	Município	Horários dos transportes públicos	Semi-dinâmico
	Autoridade de tráfego	Atualizações da Autoridade de Transporte (Rodoviária, status do tráfego, etc.)	Dinâmico
Qualidade do ar	Env. Agência	Concentração de partículas	Dinâmico
Tráfego	Autoridade de tráfego	Número de veículos que passam entre dois pontos, velocidade	Dinâmico
Eventos da cidade	Grupos culturais	Entretenimento (peças de cinema / teatro)	Semi-dinâmico
Serviços Municipais	Municípios	Dados da biblioteca	Dinâmico
		Dados de coleta de resíduos	Dinâmico
	Empresa privada	Parquímetros	Dinâmico
Dados dos Cidadãos	Individual privado	Informações de mídia social: Tweets, atualizações de status e postagens em blog, lugares populares (" <i>check-ins</i> ")	Semi-dinâmico
		Consumo de Energia Doméstica	Semi-dinâmico
Dados de saúde	Privado e público	Informações relevantes sobre fontes potenciais ou confirmadas de ameaças para a saúde	Dinâmico

Fonte: adaptado por Bischof *et. al* (2014).

A Tabela 1, (Bischof *et. al* 2014) mostra um exemplo do tipo de dados que podem ser coletados das cidades inteligentes e como deve ser visto em cada segmento. É importante também verificar como cada país tem trabalhado neste aspecto de Cidades Inteligente e sua coleta de dados de sensores, uma vez que se possui projeto relacionados e também entra no questionamento de privacidade e integridade dos dados, privacidade entre outros, que são pontos importantes a serem discutidos quando se faz coleta.

Esses dados, apresentados na Tabela 1, segundo Bichof *et. al* (2014) são coletados das cidades e das empresas que participam do Projeto EU FP7 *City Pulse* (City Pulse, 2018). Verifica-se que a coluna de amostragem está diretamente ligada à periodicidade dos dados recebidos e os valores determinados como: Estático indica que os dados nunca são atualizados e o conjunto de dados é usado como referência (todas as atualizações são manuais). Semi-dinâmico significa que os dados são atualizados periodicamente, enquanto o Dinâmico é atualizado continuamente.

Janssen *et.al* (2017) apresenta que a coleta de dados quando se integra IoT para cidades inteligentes requerem a capacidade de coletar dados a baixo custo, ou seja, isso significa que quanto mais dispositivos gerarem dados, mais os dados podem ser coletados e uma maior compreensão pode ser criada. Muitas vezes, os dispositivos IoT são proprietários o que complica a coleta de dados, como por exemplo, sensores em telefones inteligentes, medidores de energia inteligente ou dispositivos de rastreamento pois são de propriedade dos cidadãos.

Um outro aspecto a ser visto é a abertura e compartilhamento de dados. A capacidade de acessar dados é extremamente importante para permitir a inovação, portanto os dados são coletados por várias organizações, incluindo governamentais, empresas e cidadãos, e a capacidade de acesso esses dados é uma condição para a inovação. Janssen *et.al* (2017) explica que o nível de abertura para acessar esses dados pode variar; mais e mais empresas compartilham dados com seus parceiros, mas não com todo, ou seja, existe o aspecto da privacidade, integridade, direitos autorais entre outros gerados no ciclo de vida.

A Combinação dos dados é a capacidade de vincular, relacionar, fundir e combinar dados de diferentes fontes criando assim, o valor real. Uma vez que os dados podem ser acessados, os vários conjuntos de dados podem ser combinados. Isso pode resultar em novas aplicações e a utilização de práticas de *Linked Data*.

E a análise de dados, a capacidade de analisar dados para novas ideias de aplicativos que resultam em inovação e na tomada de decisões orientadas para a ação da coleta.

Quatro exemplos de experimentos de cidades inteligentes que é possível verificar a forma de coleta de dados e quais pontos são importantes a serem verificados ao processo de coleta, claro que para cada aplicação a ser desenvolvida existe uma forma.

As aplicações foram desenvolvidas em quatro cidades, onde três estão localizadas na Europa (Santander (Espanha), Barcelona (Espanha) e Amsterdã (Holanda)) e uma na América do Norte (Chicago (Estados Unidos)).

Verificou-se que para a coleta de dados referentes a ligações de emergência e dados de trânsito foi usada uma plataforma chamada WindyGrid (Thornton ,2013) no restante cada cidade apresenta uma plataforma.

Na cidade de Santander foi proposta uma plataforma de cidade inteligente, chamado SmartSantander (Sanchez *et al.* 2014) financiado pela European Commission, como projeto experimental. Foi necessário a implantação de cerca de mais de 20 mil sensores na cidade que permitiam assim a coleta de grande quantidade de dados como: temperatura, espaços livres de estacionamento, identificadores de pontos de interesse e luminosidade, em diversas regiões da cidade. Além dos sensores, a plataforma também permitia a coleta de dados de transporte como: ônibus, caminhões de lixo e táxis, pois foram instalados dispositivos móveis nesses veículos.

Com os resultados de dados de coletas, foi possível desenvolver projetos que estão ligados a cada captação de dados citada. Exemplo de projetos em relação a Transporte foi poder indicar os lugares livres na cidade para estacionamento, além de permitir que o usuário consiga se localizar em tempo real a posição de onibus e de táxis quando visitar pontos de interesse como museus, livrarias entre outros.

A cidade de Barcelona teve como ponto de partida o uso do projeto BCN Smart City (2018), que envolve diversos projetos de cidades inteligentes. Como exemplo um dos projetos foi a implantação de uma rede de sensores para notificar quando as lixeiras da cidade estão cheias. Também foi criada, em relação ao projeto de transporte sustentável, a indicação de pontos de locação e bicicletas e carros elétricos com mais de 300 pontos instalados nas cidades. Também em relação ao acompanhamento e fiscalização de liberação a população de diversos dados de poder público.

Para todas essas aplicações citadas na cidade Barcelona verifica-se na implantação de sensores através da plataforma Sentilo (Bain, 2014) que são: sensores que indicam a utilização de lixeiras na cidade, mapeamento dos pontos de acesso à internet, sensores de luminosidade e de temperatura.

Na cidade de Amsterdã (Pereira *et al.* 2015) universidades, governo e empresas estão trabalhando para que a cidade aumente a qualidade de vida da população tornando a cidade inteligente. Aplicações como sensoriamento da cidade, trânsito e redução de emissão de poluentes e Redes inteligentes (*Smart Grids*)<sup>1</sup> são um dos exemplos de aplicações implantadas. Todos os dados coletados das aplicações são em tempo real permitindo verificar desde vagas para estacionar para a não emissão de gás carbônico, dados coletados na cidade em tempo real como chegadas e partidas de aviões e o clima, dados de trânsito permitindo que os cidadãos façam sugestões para os governantes, aumentando a transparência dos gastos e ações dos administradores da cidade. Uma delas está relacionada a Turismo que ajudam os turistas que visitam a cidade, onde a coleta de dados coleta é feita no portal de dados abertos da cidade permitindo assim, mostrar os pontos de interesse da cidade como: museus, parques e construções históricas, eventos que estão acontecendo na cidade e itinerários turísticos.

Na cidade de Chicago a coleta é feita pela plataforma *WindyGrid* (Thornton 2013) que tem o objetivo de coletar, armazenar, e processar os dados da cidade. Permite a visualização das operações da cidade de forma unificada utilizando dados em tempo real e dados históricos. Verifica-se primeiro que a cidade possui um portal de dados Abertos (*Chicago Data Portal*, 2018) que já auxiliam na coleta de dados como: nome, salário, cargo de todos os funcionários municipais, registro de ocorrências policiais, mapas de veículos abandonados e dados referente aos cidadãos contribuintes do censo.

Já plataforma possui três funções principais para as autoridades que administram a cidade: monitoramento de incidentes utilizando dados das ligações de emergência e de redes sociais; visualização de dados históricos, no qual o usuário pode ver todos os dados relacionados a um mesmo evento; e a análise de dados avançados em tempo real, que mostram, em um mapa da cidade, eventos que estão ocorrendo na cidade utilizando diversas fontes de dados. Para isso as coletas dos dados da cidade são estáticas, ou seja, não possuem mudanças, eventos sobre o trânsito da cidade, ligações de telefones de emergência (911), dados sobre edifícios públicos e publicações sobre a cidade em redes sociais como por exemplo o Twitter.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Um dos aspectos mais importantes quando se trata de cidades inteligentes é como isso estará disponível a população. Um dos principais fatores dessa disponibilização é a

---

<sup>1</sup> Smart Grids são os sistemas de distribuição e de transmissão de energia elétrica que foram dotados de recursos de Tecnologia da Informação (TI) e de elevado grau de automação, de forma a ampliar substancialmente a sua eficiência operacional.(Smartgrid.gov, 2018)



criação de aplicativos, porém só os usa quando o desenvolvimento das plataformas para cidades inteligente é bem-feita e bem organizada. Assim, do estudo proposto a maioria das plataformas apresentam funcionalidades para a coleta, armazenamento e compartilhamento dos dados urbanos e para o desenvolvimento e execução de serviços e aplicações para a cidade.

É possível observar que as principais atividades das plataformas são controlar o ciclo de vida dos dados da cidade, e como o presente artigo está relacionado a coleta de dados dois aspectos importantes são apresentados: o gerenciamento de dados que está relacionado quando uma cidade Inteligente manipula uma quantidade enorme de dados, por isso, é necessário que as plataformas consigam apresentar diversas atividades relacionadas ao ciclo de vida dos dados da cidade, como a coleta (apresentados no trabalho), o armazenamento, a análise e a visualização dos dados (Hernández-Muñoz *et al.* 2011; Cheng *et al.* 2015); e o Processamento de dados coletados que é de extrema importância para a criação dessas aplicações para cidades inteligentes pois apontam desde a ocorrência de algum fenômeno que ocorre na cidade, ou verificar qual é a melhor opção de transporte, pontos turísticos e ainda para o usuário identificar áreas de risco. Para isso máquinas de Inferência, que parte do princípio do uso de *Linked Data* até criação de ontologias, até mesmo ferramentas de *Big Data* para o processamento de grandes quantidades de dados são importantes, pois o processo de analisar, verificar, agregar e filtrar os dados coletados da cidade são de suma importância (Girtelschmid *et al.* 2013; Cheng *et al.* 2015).

Dentro desse contexto é possível verificar que alguns pontos não-funcionais da coleta de dados do ciclo de vida não foram abordados como: escalabilidade, adaptabilidade e interoperabilidade, e os relacionados a manipulação de dados críticos dos cidadãos e da cidade como privacidade e segurança. Isso se deve ao fato de estar diante de enormes e heterogêneos sistemas distribuídos, como apresentado por (ZHENG *et al.* 2014 e Kazmi e Martin, 2017), e eles são de extrema importância para todo os processos do ciclo de vida, inclusive o de coleta de dados.

É necessário compreender que existem grandes desafios desde técnicos até científicos ainda não solucionados e em fase de estudos para a criação de uma cidade inteligente. Além disso é importante verificar e mostrar os pontos positivos e negativos que essas tecnologias impactarão para o cidadão, administradores, meio ambiente e os serviços da cidade.

Outro esforço grande visto através dos artigos estudados é que para integrar tecnologias de sensores com tecnologias da Web Semântica utilizando as práticas de *Linked Data* e publicá-las como transmissão de dados vinculados em tempo real, alguns esforços são necessários. Um deles por exemplo, é a seleção de uma ontologia, pois existem várias ontologias projetadas para descrever semanticamente dados de sensores que ajudam durante o processo de coleta. No entanto, às vezes as ontologias do sensor não são capazes de fornecer todas as semânticas, e as ontologias adicionais são muitas vezes necessárias.

Verifica-se ainda que para publicar e consumir dados de fluxos de dados de sensores em tempo real, é necessária uma linguagem de mapeamento leve, capaz de garantir mapeamento sob demanda e conversão eficiente de fluxos de dados de sensores para fluxos que utilizam as práticas de *Linked data*, que no caso utilizam RDF (*Resource Description Framework*).

O projeto CityPulse (CityPulse, 2017 e Llanes, Casanova e Lemus, 2016) está trabalhando com descrições de *Linked Data* para dados em cidades inteligentes. O projeto também fornece um conjunto de cenários inteligentes de acesso e processamento de dados da cidade. Isso pode ajudar a identificar um conjunto de propriedades comuns entre dados inteligentes da cidade apresentados na Tabela 1 que podem ser usados para modelagem semântica e descrição de dados em aplicativos e serviços de cidades inteligentes.

Além dos detalhes do modelo de projeto, as propriedades comuns identificadas podem ajudar a contextualizar os dados de cidades inteligentes simplificando assim a conexão entre as descrições no modelo e as operações de fluxo de dados, como descoberta, indexação e consulta de aplicativos, serviços ou sistemas que usam estes dados segundo (Bischof *et. al* 2014).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O forte interesse de municípios e governos em todo o mundo em transformar cidades inteligentes para melhorar a qualidade de vida de seus cidadãos é eminente. Os benefícios são a otimização da infraestrutura e serviços da cidade, o uso mais sustentável dos recursos e, conseqüentemente, a melhoria da qualidade de vida da população.

Foi feita uma pesquisa apresentando projetos desenvolvidos, desde plataformas até aplicativos em todo o mundo que contribuem e mostram a importância da coleta de dados para que o desenvolvimento dessas plataformas e aplicativos venham contribuir para chegar no patamar de cidade inteligente.

Verificou-se a importância que desenvolvedores, arquitetos e designers devem ter e se concentrarem em aspectos da gestão da IoT, gerenciamento de dados, principalmente quando se diz respeito a coleta dos dados quando abordado o ciclo de vida desses dados.

Ao longo dos últimos anos, verificou-se a importância de se aplicar práticas de Linked Data e principalmente atrelando isso em tempo real e aberto a comunidade, através do uso do LOD (*Linked Open Data*). Lentamente tornou-se uma forma aceita de expor dados à internet. Pode-se também dizer que juntamente com a Internet das Coisas (IoT) é um dos principais requisitos para as cidades inteligentes.

Se os governos abrirem seus conjuntos de dados e, em particular, suas redes de sensores, através da Internet usando LOD, então isso poderia permitir cidades inteligentes.

Os sensores, expõem seus dados de forma estruturada e (potencialmente) vinculados a outros conjuntos de dados. Isso, por sua vez, levam a plataformas e aplicativos que ainda não estão previstos, já que os dados ainda não estão disponíveis dessa maneira para coleta.

Embora os benefícios potenciais possam ser enormes, ainda há alguns obstáculos a serem superados. O primeiro é que mais conjuntos de dados precisam ser abertos com base em pelo menos uma abordagem de três estrelas da prática de *Linked Data* (Bizer, Heath e Lee (2009), Isotani e Bittencourt, (2015) e Azevedo (2014)).

O que também pode ser uma ameaça potencial é que algumas estruturas usadas para permitir essas estrelas, como o RDF e o GeoSPARQL, ainda são bastante remotos para os construtores de aplicativos de hoje que dependem de interfaces simples e semanticamente pobres. Fazer a mudança para o LOD completo de cinco estrelas pode ser um benéfico para os dados em geral, mas prejudicial para o uso real desses dados por um público amplo.

A publicação de LOD por organizações ainda não é uma parte comum dos processos de gerenciamento de dados, pois não há publicação total de dados como abertos.

Os dados abertos vinculados (LOD) podem ser um facilitador chave para a cidade inteligente e tem potencial para gerar aplicativos ainda desconhecidos. No entanto, os obstáculos técnicos e organizacionais que precisam ser superados não devem ser subestimados, pois segurança e privacidade continuam a ser os principais desafios a serem considerados em soluções proativas.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Patrícia Carolina Neves. **Uma proposta para visualização de linked data sobre enchentes na bacia do Rio Doce**. 2015. Disponível em:

<http://www.fumec.br/revistas/sigc/article/view/2180>. Acesso em: nov. 2017.

BAIN, M. **Sentilo** - sensor and actuator platform for smart cities. 2014. Disponível em:

<https://joinup.ec.europa.eu/document/sentilo-sensor-and-actuator-platform-smart-cities>.

Acesso em: nov 2017.

BARNAGHI, Payam et al. **Sense2Web**: a linked data platform for semantic sensor networks. 2011. Disponível em: [http://www.semantic-web-](http://www.semantic-web-journal.net/sites/default/files/swj189.pdf)

[journal.net/sites/default/files/swj189.pdf](http://www.semantic-web-journal.net/sites/default/files/swj189.pdf). Acesso em: nov.2017.

BERNERS-LEE, T. et al. **Tabulator**: exploring and analyzing linked data on the semantic web. Cambridge: MIT. 16 p. Disponível em:

<http://dig.csail.mit.edu/2006/Papers/SWUI06/tab.pdf>. Acesso em: nov 2017.

BCN Smart City. 2018. Disponível em: <http://smartcity.bcn.cat/en>. Acesso em: jan. 2018.

BISCHOF, Stefan et al. **Semantic modelling of smart city data**. 2014. Disponível em:

<https://corescholar.libraries.wright.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1948&context=knoesis>. Acesso em: nov. 2017.

BIZER, Christian; HEATH, Tom; BERNERS-LEE, Tim. Linked data - the story so far. **J. Semantic Web Inf. Syst.**,[S.l.], v. 5, n. 3, p. 1–22, 2009. Disponível em:

<http://tomheath.com/papers/bizer-heath-berners-lee-ijswis-linked-data.pdf>. Acesso em:

Jan. 2018.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2007.

CONSOLI, Sergio et al. Producing linked data for smart cities: the case of Catania. **Big Data Research**, [S.l.], v. 7, p. 1-15, 2017. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214579616301289>. Acesso em: jan. 2018.

CUNHA, Maria Alexandra et al. **Smart cities**: transformação digital de cidades. São Paulo: Programa Gestão Pública e Cidadania - PGPC, 2016.

CITY Pulse: real-time iot stream processing and large-scale data analytics for smart city applications. Disponível em: <http://www.ict-citypulse.eu/page/>. Acesso em: jan. 2018.

CHENG, B. et al. Building a big data platform for smart cities: experience and lessons from Santander. IN: IEEE INTERNATIONAL CONGRESS ON BIG DATA, 2015, New York. **Anais...**New York: IEEE, 2015. p. 592–599. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/document/7207275/>. Acesso em: nov. 2017.

CHICAGO Data Portal. Disponível em: <<https://data.cityofchicago.org/>>. Acesso em: jan. 2018.

GALLO, Diego Sanchez. **Monitoramento colaborativo para cidades inteligentes**. 2016. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3141/tde-22092016-105327/en.php>. Acesso em: nov. 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOOGLE scholar. Disponível em: <https://scholar.google.com/>. Acesso em: jan. 2018.

GYRARD, Amelie et al. Sensor-based Linked Open Rules (S-LOR): an automated rule discovery approach for IoT applications and its use in smart cities. **International World Wide Web Conference Committee (IW3C2)**, Perth, Australia, 3-7 abr. 2017. Disponível em: <http://www.eurecom.fr/fr/publication/5144/download/comsys-publi-5144.pdf>. Acesso em: nov. 2017.

GIRTELSCHMID, Sylva et al. Big data in large scale intelligent smart city installations. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION INTEGRATION AND WEB-BASED APPLICATIONS AND SERVICES, 15., 2013. Vienna. **Anais...** New York: IIWas, 2013. p. 428 – 432. Disponível em: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2539224>. Acesso em: jan. 2018.

HERNÁNDEZ-MUÑOZ, José M. et al. Smart cities at the forefront of the future internet. In DOMINGUES, John et al (Ed.). **The future internet**. Berlin: Springer, 2011. v. 6656, p. 447–462. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-20898-0\\_32](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-20898-0_32). Acesso em: jan. 2018.

ISOTANI, S. Bittencourt. **Dados abertos conectados**. São Paulo: Novatec, 2015. Disponível em: <http://ceweb.br/livros/dados-abertos-conectados/>. Acesso em: jan. 2018.

JANSSEN, Marijn et al. Driving public sector innovation using big and open linked data (BOLD). **Information Systems Frontiers**, [S.l.], v.19, n.2, p.189-195, abr. 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10796-017-9746-2>. Acesso em: nov. 2017.

KAZMI, Aqeel et al. Overcoming the heterogeneity in the internet of things for Smart Cities. In: PODNAR Žarko I. et al (Ed.). **Interoperability and Open-Source solutions for the Internet of Things**. Berlin: Springer, 2016. V.102018, p. 20–35, 2017. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-56877-5\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-56877-5_2). Acesso em: nov. 2017.

KINTSCHNER, Marcos. **Parada de ônibus inteligente**: uma aplicação para cidades inteligentes baseado no conceito de web das coisas, 2017. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/169064>. Acesso em: nov. 2017.

KHATOUN, Rida; ZEADALLY, Sherali. Smart Cities: concepts, architectures, research opportunities. **Communication of the ACM**, New York, v.59, n. 8, p. 46-57, ago. 2016. Disponível em: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2858789>. Acesso em: nov. 2017.

KLEIN, Vinicius Barreto. **Uma proposta de modelo conceitual para uso de big data e open data para smart cities**. 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/169467/339506.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: nov. 2017.

KUZNETSOV, Stacey; PAULOS, Eric. **Participatory sensing in public spaces: activating urban surfaces with sensor Probes**. Aarhus: Denmark, 2010. Disponível em: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=1858175>. Acesso em: nov. 2017.

LLANES, Kathrin Rodriguez; CASANOVA, Marco Antonio; LEMUS, Noel Moreno. From sensor data streams to linked streaming data: a survey of main approaches, 2016. **Journal of Information and Data Management**, [S.l.], vol. 7, n. 2, p.130–140, ago. 2016. Disponível em: <http://www-di.inf.puc-rio.br/~casanova/Publications/Papers/2017-Papers/2017-JIDM-1618-10584-1-PB.pdf> . Acesso em: nov. 2017.

OPENDATA BCN - Servei de dades obertes de l'Ajuntament de Barcelona. Disponível em: <http://opendata.bcn.cat/opendata/ca>. Acesso em: jan. 2018

PEREIRA, R. L. et al. Citysdk tourism api-building value around open data. **Journal of Internet Services and Applications**, [S.l.], v. 6, n. 24, 2015. Disponível em: <https://jisajournal.springeropen.com/articles/10.1186/s13174-015-0039-z>. Acesso em: nov. 2017.

RESEARCH group for Media, Innovation and Communication Technologies. Smart Cities, Open, Linked and Big Data. Ghent University. Disponível em: <https://www.ugent.be/ps/communicatiewetenschappen/mict/en/approach/research-domains/smart-cities-open-linked-big-data>. Data de Acesso: nov. 2017.

RAO, J.S, SYAMALA, M. Internet of Things (IoT) based Smart City Architecture and its Applications. **International Journal of Computer & Mathematical Sciences**, [S.l.], v. 6, n.10, out. 2017. Disponível em: <http://academicscience.co.in/admin/resources/project/paper/f201710081507480287.pdf>. Acesso em: nov. 2017

SANT'ANA, Ricardo Cesar Gonçalves. Ciclo de vida dos dados e o papel da Ciência da Informação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO (ENANCIB), 14., 2013, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2013. Disponível em: <http://enancib2013.ufsc.br/index.php/enancib2013/XIVenancib/paper/view/284>. Acesso em: jan. 2018.

SANT'ANA, Ricardo César Gonçalves. Ciclo de vida dos dados: uma perspectiva a partir da ciência da informação. **Informação & Informação**, [S.l.], v.21, n.2, 2016. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/view/27940>. Acesso em: ago. 2017

SANCHEZ, L. et al. Smartsantander: Iot experimentation over a smart city testbed. **Computer Networks**, [S.l.], v.61, p. 217–238, mar. 2014. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128613004337>. Acesso em: nov. 2017.

SHETH, A., HENSON, C.; SAHOO, S. Semantic sensor web. **Internet Computing**, [S.l.], v. 12, n. 4, p. 78–83, 2008. Disponível em: <https://corescholar.libraries.wright.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2125&context=knoesis>. Acesso em: nov. 2017.

SCOPUS -Search for an author profile. Disponível em: <https://www.scopus.com/>. Acesso: jan. 2018

SMARTSANTANDER. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=es.unican.tlmat.smartsantanderra>. Acesso em: jan. 2018

SMARTGRID.GOV. Disponível em: [https://www.smartgrid.gov/the\\_smart\\_grid/smart\\_grid.html](https://www.smartgrid.gov/the_smart_grid/smart_grid.html). Acesso em: jan. 2018.

THORTON, Sean. **Chicago's WindyGrid**: taking situational awareness to a new level, 2013. Disponível em: <http://datasmart.ash.harvard.edu/news/article/chicagos-windygrid-taking-situational-awareness-to-a-new-level-259>. Acesso em: jan. 2018.

WOS - Web of Science. 2018. Disponível em: <http://login.webofknowledge.com>. Acesso em: jan. 2018

YU ZHENG et al. Urban Computing: concepts, methodologies, and applications. **ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology**, [S.l.], v. 5, n. 3, set. 2014. Disponível em: [https://www.cs.uic.edu/~wolfson/other\\_ps/acm\\_urbancomp\\_concept\\_14.pdf](https://www.cs.uic.edu/~wolfson/other_ps/acm_urbancomp_concept_14.pdf). Acesso em: Jan. 2018.