



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas  
Departamento de Ciência da Computação

# **Uma abordagem colaborativa para o gerenciamento de dados em um ambiente Internet das Coisas**

Jônatas Ribeiro Senna Pires

Monografia apresentada como requisito parcial  
para conclusão do Curso de Engenharia da Computação

Orientadora  
Prof.a Dr.a Maristela Terto de Holanda

Brasília  
2017



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas  
Departamento de Ciência da Computação

## **Uma abordagem colaborativa para o gerenciamento de dados em um ambiente Internet das Coisas**

Jônatas Ribeiro Senna Pires

Monografia apresentada como requisito parcial  
para conclusão do Curso de Engenharia da Computação

Prof.a Dr.a Maristela Terto de Holanda (Orientadora)  
CIC/UnB

Prof. Dr. Donald Knuth    Dr. Leslie Lamport  
Stanford University      Microsoft Research

Prof. Dr. Ricardo Pezuol Jacobi  
Coordenador do Curso de Engenharia da Computação

Brasília, 15 de novembro de 2017

# Dedicatória

*Eu dedico este trabalho aos meus pais, Marta e Sérgio. À minha irmã Tata e seu Marido Pedro. Aos meus avós, José e Virgínia.*

# Agradecimentos

*Agradeço aos meus pais, Marta e Sérgio, sem o apoio deles eu não conseguiria chegar ao fim da graduação. À minha irmã Tata e seu marido Pedro que sempre me escutaram, aconselharam e me aguentaram. À minha namorada Amanda que me suportou durante os períodos mais estressantes. À minha orientadora Prof.a Dr.a Maristela de Holanda, uma excelente mentora e amiga. Aos meus amigos, em especial para a Bianca Denser que leu este texto uma boa quantidade de vezes. E finalmente à minha cachorrinha Hera, sua inestimável companhia durante as incontáveis horas de trabalho ajudaram tornar este período tolerável.*

# Resumo

**Palavras-chave:** metadados, IoT, Internet das Coisas, sistemas colaborativos

# Abstract

**Keywords:** metadata, IoT, Internet of Things, collaborative systems

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Contextualização . . . . .	1
1.2	Objetivos . . . . .	2
1.2.1	Objetivo Geral . . . . .	2
1.2.2	Objetivos Específicos . . . . .	2
1.3	Estrutura do trabalho . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Referencial Teórico</b>	<b>4</b>
2.1	Sistemas Colaborativos . . . . .	4
2.1.1	Colaboração versus Interação . . . . .	4
2.1.2	Sistemas Computacionais Colaborativos . . . . .	5
2.2	Internet das Coisas . . . . .	5
2.2.1	Definição . . . . .	7
2.2.2	Tecnologias essenciais . . . . .	8
2.2.3	Desafios Conhecidos . . . . .	9
2.3	Dados . . . . .	10
2.3.1	Metadados . . . . .	11
2.3.2	Metadados de sensores . . . . .	12
2.4	Plataforma . . . . .	12
2.4.1	Histórico . . . . .	12
2.4.2	Características de Hardware . . . . .	13
2.4.3	Características de Software . . . . .	14
<b>3</b>	<b>Metodologia</b>	<b>15</b>
3.1	Revisão Sistemática . . . . .	15
3.1.1	Planejamento . . . . .	15
3.1.2	Execução . . . . .	17
3.2	Construção do Ambiente IoT . . . . .	19
3.2.1	Dispositivos Sensitivos . . . . .	20

3.2.2	Localização . . . . .	20
3.2.3	Comportamento Esperado . . . . .	21
<b>4</b>	<b>Cronograma</b>	<b>22</b>
4.1	Cronograma Estudos Em (2/2018) . . . . .	22
4.2	Cronograma Projeto Final em Engenharia de Computação 2 (1/2019) . . . .	22
	<b>Referências</b>	<b>23</b>



# Lista de Figuras

2.1 Nova dimensão introduzida em comunicações[1]. . . . .	6
2.2 O paradigma Internet das Coisas como um resultado de diferentes visões[1].	7
2.3 Visão geral técnica de IoT [2]. . . . .	8
2.4 Placa de desenvolvimento Raspberry Pi modelo B+ [3]. . . . .	13
2.5 Placa de desenvolvimento Raspberry Pi 0 W [4]. . . . .	14
3.1 Esquema de montagem para os dispositivos sensíveis. . . . .	20
3.2 Planta baixa do ambiente escolhido para teste em escala reduzida. Os pontos em que os sensores foram instalados estão indicados em vermelho. . . . .	21

# Lista de Abreviaturas e Siglas

**IoT** Internet das Coisas.

**ITU** International Telecommunication Union.

**RFID** Identificação por Radio Frequência.

**RSSF** Redes de Sensores Sem Fio.

**SensorML** Linguagem de Modelagem de Sensores.

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Contextualização

O avanço de inúmeras tecnologias incluindo sensores, atuadores, computação em nuvem e o despontamento de incontáveis equipamentos com capacidade de conexão com a Internet tem colaborado com a necessidade humana pela interoperabilidade entre diversas classes de dispositivos.

A Internet das Coisas (IoT), também chamada de Internet de Tudo ou até mesmo Internet Industrial, tem como objetivo primário permitir que humanos e máquinas compreendam melhor o ambiente que os envolve, usando as informações geradas por diversos dispositivos sensíveis. IoT é um novo paradigma tecnológico planejado para ser uma rede global de máquinas e dispositivos capazes de interagir entre si e com o ambiente ao seu redor. A IoT é reconhecida como uma das áreas mais importantes da tecnologia do futuro pelo fato de poder ser implementada em diversos casos de uso e enfatizar a interoperabilidade entre objetos e pessoas.

A estimativa do Conselho Nacional de Inteligência norte americano é de que, até 2025, objetos do cotidiano como embalagens de alimentos, mobília e documentos poderão estar conectados à Internet [5]. Considerando-se que haverá uma grande variedade de tipos de equipamentos com a necessidade de interoperabilidade mencionada anteriormente, é possível afirmar que uma enorme quantidade destes estarão interconectados. Neste contexto, é esperado que a quantidade de dados seja superior ao número de dispositivos, em uma ordem de grandeza ainda maior. Estes dados, se utilizados de forma correta, considerando os contextos específicos e o nível de qualidade dessas informações, poderão contribuir muito para avanços em pesquisas e na melhoria da qualidade de serviços.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho é desenvolver de um sistema colaborativo que gerencie e avalie a confiabilidade de dados gerados em um ambiente de Internet das Coisas.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Para a realização do objetivo geral, os seguintes objetivos específicos devem ser atingidos:

- Desenvolver uma plataforma para criação de tarefas relacionadas a cada tipo de sensor ou de dado;
- Desenvolver um módulo de distribuição de tarefas para os colaboradores;
- Desenvolver um módulo que realize a avaliação de confiabilidade de sensores e dados, a partir dos dados fornecidos pelos colaboradores;
- Desenvolver um ambiente IoT em escala reduzida para teste de conceito.

## 1.3 Estrutura do trabalho

O presente trabalho é composto pelos seguintes capítulos:

- **Capítulo 2 - Fundamentação Teórica:** apresentação dos conceitos necessários para a compreensão do trabalho. Neste capítulo serão abordados os seguintes temas:
  - Sistemas colaborativos;
  - Internet das Coisas;
  - Dados;
  - Plataforma.
- **Capítulo 3 - Metodologia:**
  - Detalhamento dos métodos utilizados para a realização do trabalho;
  - Apresentação de um sistema similar que serviu como inspiração para o presente trabalho;
  - Explicação do processo de levantamento de requisitos;
  - Definição do sistema proposto e de sua arquitetura, bem como a descrição do processo de desenvolvimento.

- **Capítulo 4 - Prova de Conceito:** exposição dos testes planejados e realizados no sistema e seus resultados, bem como a indicação de possíveis problemas e melhorias a serem implementadas.
- **Capítulo 5 - Conclusão:** apresentação das conclusões advindas dos resultados obtidos, limitações e sugestões para trabalhos futuros.

# Capítulo 2

## Referencial Teórico

O trabalho visa a obtenção e gerenciamento de metadados em informações provenientes de dispositivos categorizados em Internet das Coisas (IoT).

### 2.1 Sistemas Colaborativos

A colaboração é um ponto central para qualquer comportamento inteligente. Atividades que envolvem colaboração permeiam praticamente todas as áreas da sociedade. Estas atividades variam desde operações coordenadas, bem planejadas, como em times de esportes e grupos musicais até colaborações espontâneas entre pessoas que percebem a necessidade de resolver problemas em conjunto. Tomando como exemplo a colaboração para a produção do conhecimento científico, esta ocorre em vários níveis: entre pessoas ou até mesmo entre diversas áreas da ciência. [6]

#### 2.1.1 Colaboração versus Interação

Segundo o dicionário, temos as seguintes definições:

- **Colaboração:**

1. *Trabalho feito em comum com um ou mais indivíduos;*
2. *Trabalho, ideia, doação etc. que contribui para a realização de algo ou para ajudar alguém.*

- **Interação:**

1. *Ação mútua entre dois ou mais corpos ou indivíduos;*
2. *Comunicação entre indivíduos.*

A partir dessas definições, é possível notar que a colaboração consiste na união dos esforços para a obtenção de um objetivo comum desejado por todos os indivíduos envolvidos, enquanto na interação não há, necessariamente, a presença de um objetivo comum entre os atores, tão pouco a união de esforços.

Para a autora Barbara Grosz [6], a colaboração, além de ser uma união de esforços para um objetivo comum, precisa, também, ser projetada desde o início da resolução, não podendo ser apenas inserida durante o processo, visto que é necessária a participação de todos os indivíduos para a modelagem do problema e, por consequência, a modelagem e execução da resolução.

### **2.1.2 Sistemas Computacionais Colaborativos**

Sistemas computacionais colaborativos são projetados para transformar um computador em algo mais complexo e útil do que apenas uma ferramenta. Para o atingimento do objetivo desejado pela comunidade de usuários desses sistemas, seus integrantes devem auxiliar no povoamento de dados, tornando o sistema mais inteligente, e por sua vez, conseguindo produzir informações mais consistentes e relevantes para os usuários.

## **2.2 Internet das Coisas**

A Internet das Coisas é uma nova abordagem tecnológica idealizada como uma conexão global de máquinas e dispositivos capazes de interagir e até colaborar entre si. Em um ambiente IoT vários objetos do cotidiano trocam informações ou colaboram, através da internet, para serem mais eficientes e realizarem diversas tarefas. Os objetos passam a agir de forma sensorial, de modo a favorecer diversos setores como: indústria, hospitais, agropecuária, transporte público entre muitos outros. A partir desta elevada disponibilidade de recursos, a IoT é reconhecida com uma das áreas tecnológicas mais importantes do futuro e está recebendo, cada vez mais, atenção de desenvolvedores, usuários, governos e indústrias.

Um dos principais objetivos da Internet das Coisas é permitir que humanos e máquinas aumentem sua capacidade de perceber, discriminar e avaliar dados e informações dos ambientes ao seu redor. Esse melhor entendimento do seu ambiente torna-se viável através da utilização de diversos tipos de dispositivos sensíveis (sensores) para a aquisição de dados e, após a percepção e a interpretação de seu ambiente, é possível a realização de intervenções por meio de dispositivos atuadores.

A IoT inseriu uma nova dimensão na comunicação, que não ocorre apenas a qualquer momento e em qualquer lugar, mas também, pode ser realizada por qualquer objeto com capacidade comunicativa, conforme mostra a imagem 2.1.

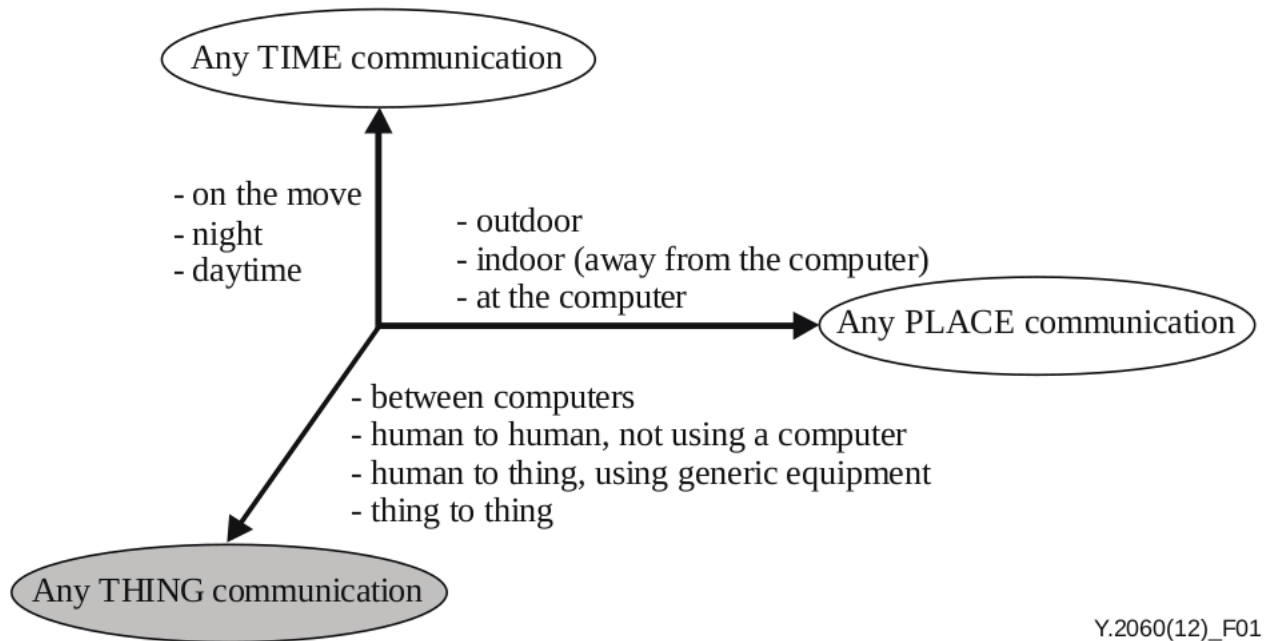


Figura 2.1: Nova dimensão introduzida em comunicações[1].

A Internet das Coisas surgiu a partir de um conjunto de diferentes visões como é possível observar na figura Figura 2.2, cada qual com seus objetivos específicos.



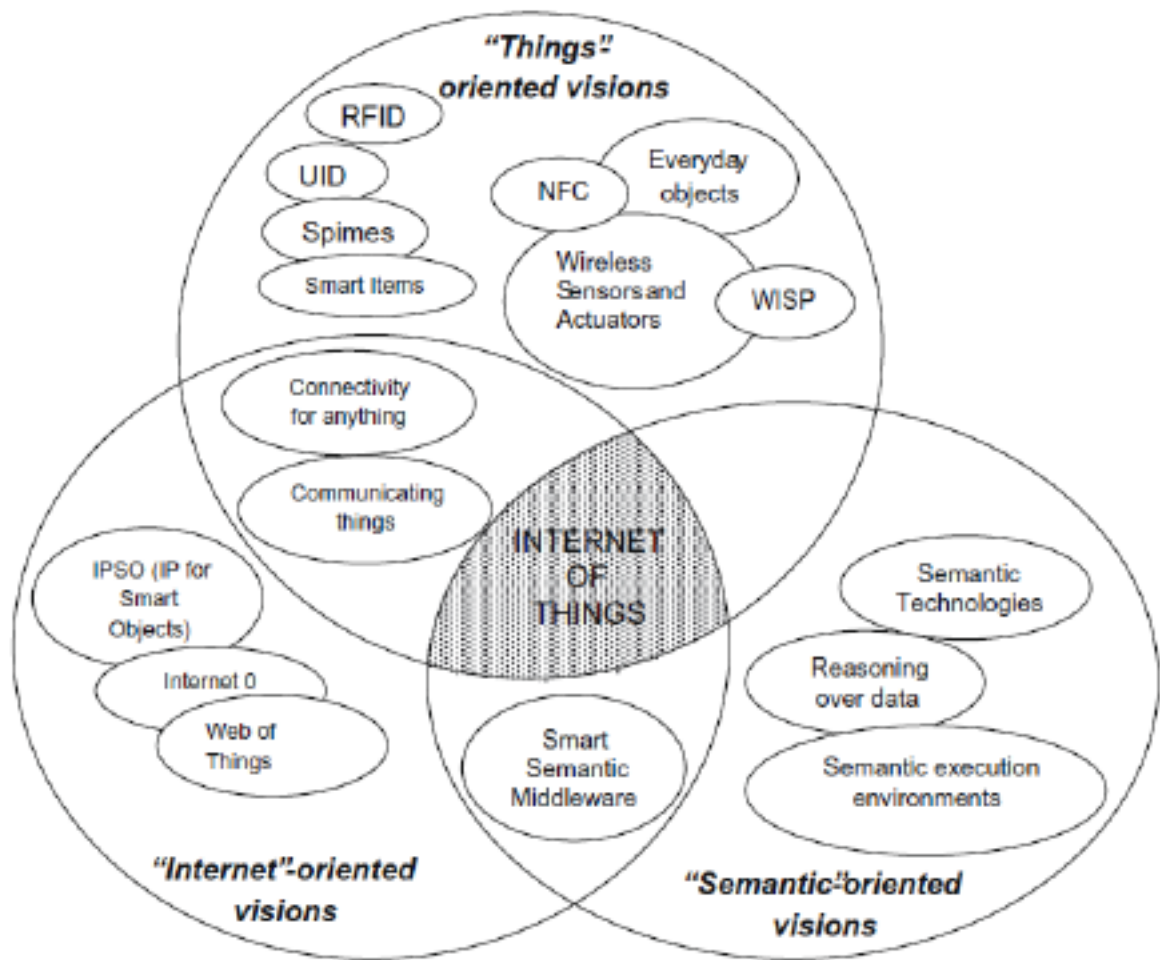


Figura 2.2: O paradigma Internet das Coisas como um resultado de diferentes visões[1].

### 2.2.1 Definição

Em 2012, a International Telecommunication Union (ITU) realizou estudos sobre infraestrutura de informação global, aspectos de protocolos de internet e redes da próxima geração. A partir desse estudo foi construída a recomendação ITU-T Y.2060 [2] que trata sobre a Internet das Coisas e possui o intuito de definir seu conceito e escopo, identificar suas características fundamentais e seus requerimentos de alto-nível.

No documento produzido pela ITU, foram consolidadas as seguintes definições:

- Internet das Coisas é "uma infraestrutura global para a Sociedade de Informações, permitindo serviços avançados ao interconectar (fisicamente e virtualmente) coisas devido à existência e evolução da interoperabilidade de tecnologias de comunicação e informação"[2];

- Dispositivo, no contexto de IoT, é um equipamento que, obrigatoriamente, possui a capacidade de comunicação e, opcionalmente, possui capacidade de sensibilidade, atuação, captura de dados, armazenamento de dados e/ou processamento de dados [2];
- Coisas, no contexto de IoT, são "objetos no mundo físico (objetos físicos) ou no mundo das informações (objetos virtuais), os quais são capazes de serem identificados e integrados a uma rede de comunicações". Objetos físicos podem sentir, atuar e conectar. Objetos virtuais podem ser armazenados, processados e acessados.[2]

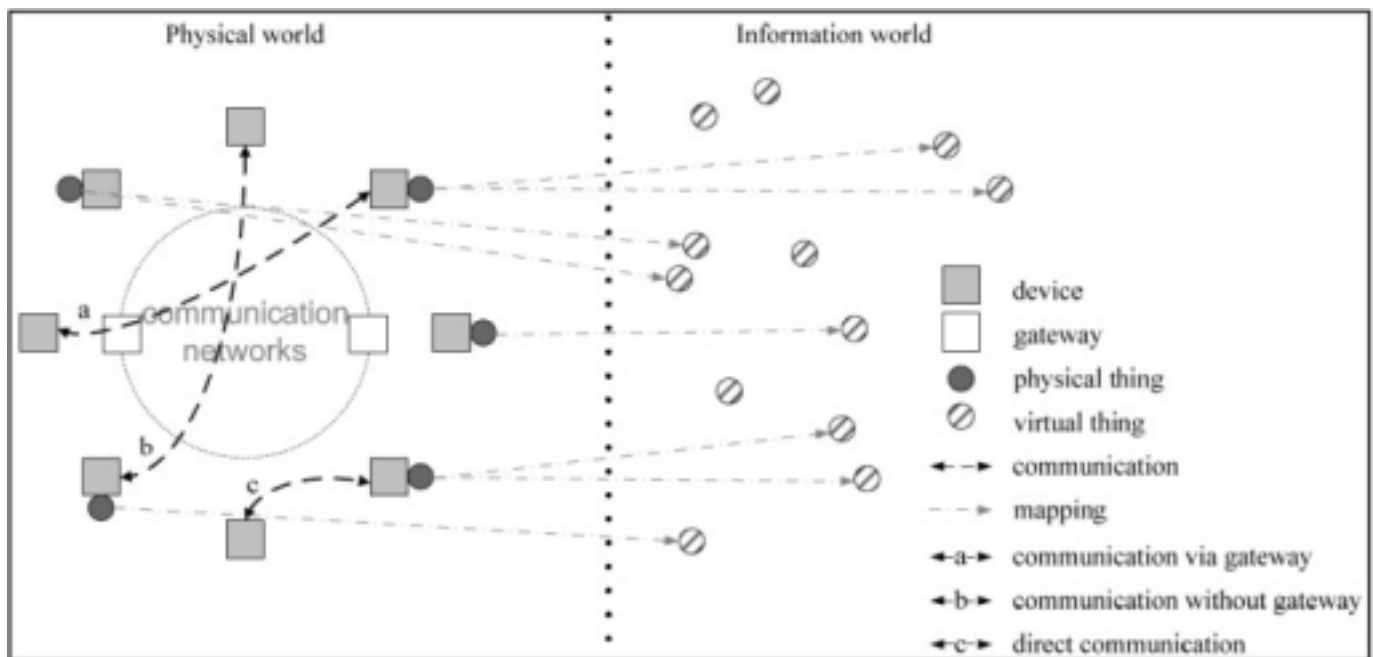


Figura 2.3: Visão geral técnica de IoT [2].

## 2.2.2 Tecnologias essenciais

### Identificação por Radio Frequência (RFID)

- Esta tecnologia permite identificação automática e captura de informação por meio de rádio frequência. Os dispositivos RFID são divididos em duas grandes categorias: ativos e passivos. Os ativos dependem de uma fonte de energia constante para manter a informação ativa e para transmiti-la. Dispositivos passivos não necessitam de alimentação constante de energia. Funcionam a partir de sua energização por meio de um campo eletromagnético. [7]

## **Redes de Sensores Sem Fio (RSSF)**

- Esta tecnologia consiste na distribuição de dispositivos sensíveis autônomos para monitorar parâmetros físicos ou ambientais e podem cooperar com sistemas RFID para adquirir dados de forma mais eficaz tais como localização, temperatura e movimentação. [1]

## **Middleware**

- O middleware é a camada de abstração entre aplicações de software utilizada para auxiliar o trabalho dos desenvolvedores no que toca à comunicação entre softwares e operações de recebimento e envio de dados. O objetivo do middleware, no contexto de IoT, é simplificar a integração entre dispositivos heterogêneos e a camada de aplicação.

## **Computação em nuvem**

- Computação em nuvem é um modelo para acesso de recursos compartilhados conforme a necessidade de escalabilidade de um serviço. Um dos resultados mais característicos da IoT é a enorme quantidade de dados gerados por dispositivos conectados à Internet [8]. A computação em nuvem é importante para o contexto de Internet das Coisas ao permitir um ambiente com alta adaptabilidade ao processamento de elevada quantidade de dados.

## **Aplicações de software**

- Aplicações IoT permitem interações e colaborações dispositivo-dispositivo e humano-dispositivo de uma forma confiável e robusta. As aplicações nos dispositivos devem garantir que as informações sejam recebidas e processadas de maneira adequada, no momento oportuno.

### **2.2.3 Desafios Conhecidos**

A Internet das Coisas possui diversos desafios conhecidos devido à sua própria concepção. Essas dificuldades devem ser superadas para que a IoT possa ser devidamente implementada e amplamente utilizada. Alguns fatores críticos podem ser elencados:

#### **Infraestrutura de rede**

O custo se eleva a partir da complexidade da infraestrutura para interconectar os dispositivos. Para uma grande rede de sensores é necessário o desdobramento da respectiva

infraestrutura: cabeamento, equipamentos de gerenciamento de redes, redes sem fio e contratação dos canais de comunicação, entre outros.

## **Segurança**

Um dos principais desafios, em um ambiente de Internet das Coisas, é a manutenção de uma adequada segurança dos dados que são coletados pela grande quantidade de dispositivos sensíveis da rede. Uma invasão de um sistema crítico pode causar consequências graves em determinados ambientes automatizados.

## **Espaço de armazenamento**

Ao longo do tempo, um ambiente IoT pode gerar uma grande quantidade de dados. A exemplo disso, um sistema de uma cidade inteligente que possui 10000 sensores de diversas categorias, cada um deles gerando uma mensagem de 10 kB a cada 5 minutos produz, por dia, um total de aproximadamente 29 GB de dados. Após um ano esse sistema produziria 10,5 TB de dados apenas para esta cidade.

## **Consumo de energia**

É imperativo que o consumo de energia dos dispositivos sensíveis seja o menor possível. Em muitos cenários é improvável a presença de uma rede de energia elétrica e até mesmo sua constante manutenção. Então os equipamentos devem ter a capacidade de manter sua funcionalidade por meio do uso de baterias por uma quantidade de tempo considerável.

## **2.3 Dados**

Uma rede Internet das Coisas tem como objetivo a compreensão do ambiente em que está situado por meio das informações geradas por diversos sensores. Este entendimento é baseado em três tipos de dados [9]:

- Dados gerados pelos dispositivos;
- Dados que descrevem os dispositivos;
- Dados que descrevem o ambiente.

Normalmente, os dispositivos IoT tem sua semântica descrita em termos de suas capacidades sensíveis. A semântica do ambiente é determinada de acordo com o domínio da aplicação [10]. Consequentemente, modelos de suporte à decisão são construídos baseados nos metadados que descrevem os dispositivos e seu ambiente.

Os esforços de pesquisa em Internet das Coisas estão principalmente focados nos desafios de interoperabilidade, escalabilidade e integração entre dispositivos heterogêneos [10]. Entretanto existe um desafio inexplorado em lidar com o dinamismo dos metadados em IoT [11].

### 2.3.1 Metadados

Metadados são as principais ferramentas para descrever e gerenciar recursos de informações extremamente dinâmicos, como os dados contidos na Rede Mundial de Computadores.

#### Princípios

Os seguintes princípios são considerados básicos para o desenvolvimento de soluções práticas em desafios de semântica e interoperabilidade de dispositivos em qualquer domínio e em qualquer conjunto de metadados [12].

- **Modularidade** de metadados é um princípio chave para a organização de ambientes caracterizados pela diversidade de fontes e estilos de conteúdo. A modularidade permite que projetistas criem novos esquemas de metadados baseados em projetos já existentes e se beneficiem de boas práticas já observadas. Em um ambiente com metadados modulares, elementos de informação de diferentes esquemas podem ser combinados de forma interoperável tanto sintaticamente quanto semanticamente.
- **Flexibilidade.** Sistemas de metadados precisam ser flexíveis para acomodar as particularidades de uma determinada aplicação. Arquiteturas de metadados devem se adequar facilmente à noção de um esquema base aliado a elementos adicionais necessários para uma aplicação local ou a um domínio específico sem comprometer a interoperabilidade proporcionada pelo esquema base.
- **Refinamento.** O nível de detalhamento necessário para cada domínio de aplicação pode variar consideravelmente. Para evitar custos desnecessários com armazenamento e processamento, o desenvolvimento dos padrões de metadados devem permitir que os projetistas escolham o nível de detalhamento apropriado para uma dada aplicação.
- **Multilinguismo.** O multilinguismo é essencial ao adotar arquiteturas de metadados que respeitem a diversidade linguística e cultural. Por ter a possibilidade de conectar sistemas de diversas partes do planeta, é importante que a comunicação dos metadados respeite requisitos gerais de linguagem e formatação.

### 2.3.2 Metadados de sensores

Denomina-se metadados de sensor o modelo que descreve o dispositivo sensível e suas capacidades, como por exemplo:

- Modelo;
- Localização;
- Unidade de medida utilizada;
- Grau de confiabilidade.

A Linguagem de Modelagem de Sensores (SensorML) [13] é uma coleção de padrões desenvolvida para representar informações de sensores em formato XML. Os propósitos da SensorML são:

- Prover descrições de sensores e sistemas de sensores para gerenciamento de inventário;
- Providenciar informação sobre o sensor e sobre processamento;
- Auxiliar o processamento e análise de dados coletados por sensores;
- Suportar informações de geolocalização de valores coletados;
- Fornecer informações de desempenho;
- Providenciar uma descrição explícita sobre o processo em que os dados foram obtidos;
- Prover uma cadeia de processos executáveis para derivar novos produtos de informação;
- Arquivar propriedades fundamentais e suposições sobre os sistemas de sensores.

## 2.4 Plataforma

A plataforma escolhida para a implementação do ambiente Internet das Coisas, deste trabalho, é a placa Raspberry Pi 0 W. Para a implementação do servidor do sistema será utilizada a placa Raspberry Pi modelo B+.

### 2.4.1 Histórico

"A Fundação Raspberry Pi é uma instituição de caridade sediada no Reino Unido que trabalha para o empoderamento digital de pessoas ao redor do mundo, de forma a torná-las capazes de entender e dar forma ao mundo digital. Desvendando as soluções para os

problemas que as afligem e estando, também, capazes para os empregos do futuro"[14].

Fundada em 2009 por David Braben, Jack Lang, Pete Lomas, Alan Mycroft, Robert Mullins e Eben Upton, com o apoio do Laboratório de computadores da Universidade de Cambridge e a empresa Broadcom, a Fundação Raspberry Pi tem como objetivo promover e estudar a ciência da computação e assuntos correlatos, especialmente em nível escolar.

Em 2011 a Fundação desenvolveu seu primeiro computador em placa única, nomeado Raspberry Pi. A meta seria vender estas placas de desenvolvimento em duas versões, custando 25 dólares a versão mais simples e 35 dólares a versão mais elaborada. A versão mais complexa começou a ser vendida em 29 de Fevereiro de 2012. O Raspberry Pi foi criado para estimular o estudo da ciência da computação em escolas.

## 2.4.2 Características de Hardware

As placas escolhidas para a realização do trabalho possuem semelhanças e diferenças em suas montagens, como descrito nos tópicos a seguir:

- Raspberry Pi modelo B+ 2.4:
  - Tamanho: 85mm x 56mm;
  - Processador ARM em clock de 700MHz;
  - 512MB de memória RAM;
  - 40 pinos GPIO;
  - 4 portas USB 2.0.

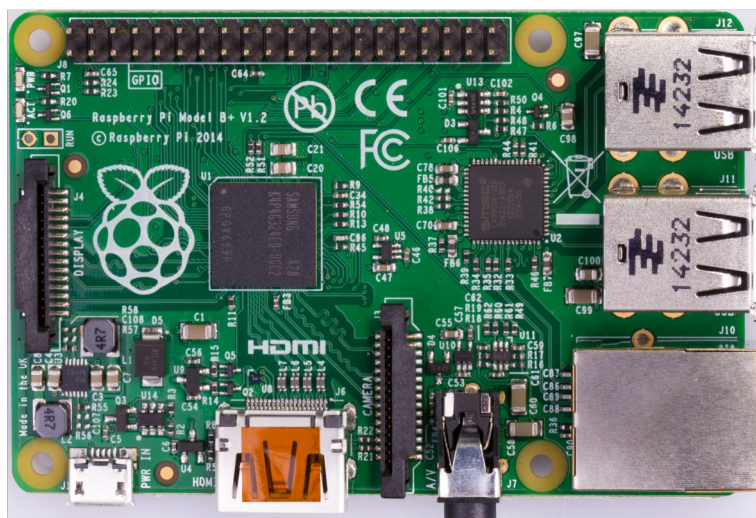


Figura 2.4: Placa de desenvolvimento Raspberry Pi modelo B+ [3].

- Raspberry Pi 0 W 2.5:
  - Tamanho: 66mm x 30,5mm;
  - Processador ARM em clock de 1GHz;
  - 512MB de memória RAM;
  - 40 pinos GPIO;
  - 1 porta micro USB 2.0;
  - 2.4GHz 802.11n wireless LAN;
  - Bluetooth Classic 4.1 e Bluetooth LE.

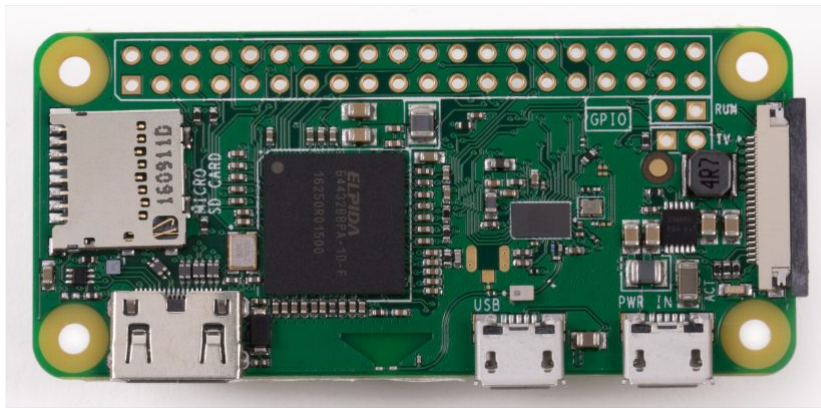


Figura 2.5: Placa de desenvolvimento Raspberry Pi 0 W [4].

### 2.4.3 Características de Software

Em todas as placas será utilizado o sistema Raspbian Stretch Lite na última versão disponível (lançada em 27 de Junho de 2018). Este sistema operacional, baseado na distribuição linux Debian, é a versão recomendada para todas as placas Raspberry Pi presentes no mercado.



# Capítulo 3

## Metodologia

Este capítulo descreve os métodos utilizados para a realização deste trabalho.

### 3.1 Revisão Sistemática

Foi definido um processo de revisão sistemática apenas para que fosse seguido um protocolo para a aquisição de referências. Esta revisão consiste em duas fases:

- Planejar;
- Executar;

A fase de planejamento constitui-se na especificação do protocolo. A fase de execução representa a coleta dos dados de forma a atender as especificações exigidas na fase de planejamento.

#### 3.1.1 Planejamento

O objetivo desta revisão sistemática é a identificação de trabalhos acadêmicos que expõem resultados, projeções, explicações ou elucidações sobre o tema de armazenamento ou gerenciamento de metadados para Internet das Coisas com o propósito de que haja uma metodologia durante a construção das referências do presente trabalho.

#### Questões de Estudo

Esta revisão tem como objetivo responder às seguintes questões:

- Há estudos sobre o armazenamento e gerenciamento de metadados para Internet das Coisas?

- Quais são os métodos mais utilizados para o armazenamento de metadados para IoT?
- Em quais aplicações os metadados estão sendo utilizados nos trabalhos?

## Estratégia de Busca

Foi determinada uma estratégia para a realização das buscas nas bases de dados escolhidas conforme a seguir:

## Definição da String de Busca

- **População:** Utilizou-se como tema principal metadados para IoT. Para procurar, foram utilizadas as palavras-chave 'Internet of things metadata', 'IoT metadata' e 'Collaborative IoT';
- **Intervenção:** O foco é verificar middlewares e esquemas. Os termos utilizados para pesquisa foram 'middleware', 'management', 'model' e 'schema';
- **Comparação:** O foco deste trabalho não se limitou a estudos comparativos;
- **Resultado:** Tem-se como objetivo a procura de avaliações, definições, validações e implementações de middlewares e/ou esquemas utilizados em pesquisas científicas. Desta forma, foram obtidas as seguintes palavras-chave 'validation', 'evaluation' e 'implementation'.

A string de busca gerada é a seguinte: (('Internet of things metadata') **OR** ('IoT metadata') **OR** ('Collaborative IoT')) **AND** (('middleware') **OR** ('schema') **OR** ('management') **OR** ('model')) **AND** (('validation') **OR** ('evaluation') **OR** ('implementation'))

## Fontes de Busca

Foram escolhidas as seguintes bases digitais para que as buscas sejam realizadas:

- Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br/>)
- JSTOR (<https://www.jstor.org/>)
- Periódicos CAPES (<https://www.periodicos.capes.gov.br/>)

Bases escolhidas devido a sua relevância e sua grande abrangência sobre diversos temas.

## **Idioma**

O idioma de preferência para seleção de artigos será a língua inglesa, entretanto, trabalhos científicos escritos em língua portuguesa não serão descartados, desde que atinjam os requisitos para inclusão.

## **Seleção dos Estudos**

### **Critérios de Inclusão e Exclusão**

#### **Critérios de Inclusão**

- O texto integral dos trabalhos devem estar disponíveis nas bases de dados escolhidas previamente;
- Serão consideradas apenas as publicações posteriores à 2006 (ano no qual esta área começou a ser pesquisada de forma mais intensa), salvo em casos de fontes relevantes que contenham definições necessárias para a realização deste trabalho;
- O trabalho deve fazer menção a "metadados em ambientes Internet das Coisas".

#### **Critérios de Exclusão**

- Trabalhos publicados anteriormente à 2006, exceto fontes relevantes que contenham definições pertinentes para este estudo;
- Trabalhos parcialmente disponíveis nas bases de dados digitais escolhidas;
- O trabalho não possuir menção a metadados em ambientes Internet das Coisas;
- Publicações cujo texto não tratem do tema "metadados em ambientes IoT";
- Trabalhos que não contenham propostas, comparações ou avaliações de métodos para o gerenciamento ou armazenamento de metadados;
- Trabalhos publicados em múltiplas bases de dados.

## **3.1.2 Execução**

### **Processo de Seleção dos Estudos**

Os artigos obtidos por meio da estratégia acima descrita passarão por um processo de avaliação sistêmico, com base nos critérios anteriormente especificados. Desta forma, os artigos que atingirem os parâmetros estabelecidos serão adicionados à base de estudos da revisão sistemática. A estratégia para a pesquisa e seleção é:

1. Pesquisa de trabalhos científicos nas bases de dados definidas utilizando as strings de busca;
2. Leitura do título, resumo, palavras chave e data de publicação, aplicando os critérios de inclusão e exclusão definidos;
3. Leitura da introdução e conclusão dos trabalhos que foram mantidos na fase anterior;
4. Os trabalhos resultantes serão lidos por completo, e as informações pertinentes serão coletadas.

## **Resultado da Seleção de Estudos**

### **Fase I - Total de estudos obtidos**

Utilizando todas as combinações possíveis da string de busca foram encontrados as seguintes quantidades de estudos sobre o tema:

- Google Acadêmico - 40 estudos;
- JSTOR - 3 estudos;
- Periódicos CAPES - 25 estudos.

### **Fase II - Estudos que possuem relação com o tema**

Nesta fase realizou-se a leitura do título, resumo, palavras chave e identificação da data de publicação. Aplicados os critérios estabelecidos, foi obtido o seguinte resultado:

- Google Acadêmico - 24 estudos;
- JSTOR - 3 estudos;
- Periódicos CAPES - 13 estudos.

### **Fase III - Estudos que possuem relação com o tema**

Os artigos coletados passaram pela leitura da introdução e conclusão. Aplicados os critérios dessa fase, o seguinte resultado foi obtido:

- Google Acadêmico - 18 estudos;
- JSTOR - 1 estudo;
- Periódicos CAPES - 7 estudos.

## Fase IV - Leitura dos Estudos

O material que passou pela seleção das fases II e III foi lido integralmente e as informações pertinentes serão incluídas nas seções adequadas.

### Respostas às Questões de Estudo

- Há estudos sobre o armazenamento de metadados para Internet das Coisas?
  - *Existem estudos sobre o armazenamento de metadados para IoT, entretanto 4 deles tratam sobre este tema específico, representando um total de aproximadamente 15% dos artigos considerados úteis para o trabalho.*
- Quais são os métodos mais utilizados para o armazenamento de metadados para IoT?
  - *Foi descoberto que não há um consenso sobre o método de armazenamento de metadados IoT. Cada estudo introduz um método diferente.*
- Em quais aplicações os metadados estão sendo utilizados nos trabalhos?
  - *As smart buildings (construções inteligentes) são as principais aplicações em que os metadados estão sendo utilizados em IoT.*

### Conclusão da Revisão Sistemática

Após a utilização da string de busca e das fases II e III, foi obtido um total de 26 estudos significativos, ou seja, 38% do total de estudos coletados. Estes dados demonstram uma possível ineficiência do método quando se trata de assuntos novos ou pouco trabalhados.

## 3.2 Construção do Ambiente IoT

O ambiente IoT em escala reduzida que será utilizado nesta seção é essencial para o teste de conceito do sistema proposto. A alimentação de dados pelos componentes da rede é necessária para que haja dados suficientes para o processamento do programa a ser desenvolvido. As informações geradas por esses dispositivos, após serem conectados ao sistema, em colaboração com os usuários, permitirão o pleno funcionamento da proposta.

### 3.2.1 Dispositivos Sensitivos

Foram construídos 5 dispositivos sensitivos utilizando a plataforma Raspberry Pi 0 W seguindo o esquema da figura 3.1. Esta placa foi escolhida por seu baixo valor de custo, seu bom desempenho computacional e sua capacidade de conexão wireless disponível diretamente na placa, sem necessidade de equipamentos extras.

Esses equipamentos são capazes de medir temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e umidade do ar (%), utilizando o sensor DHT11. Este sensor foi escolhido por sua praticidade de uso e baixo custo.

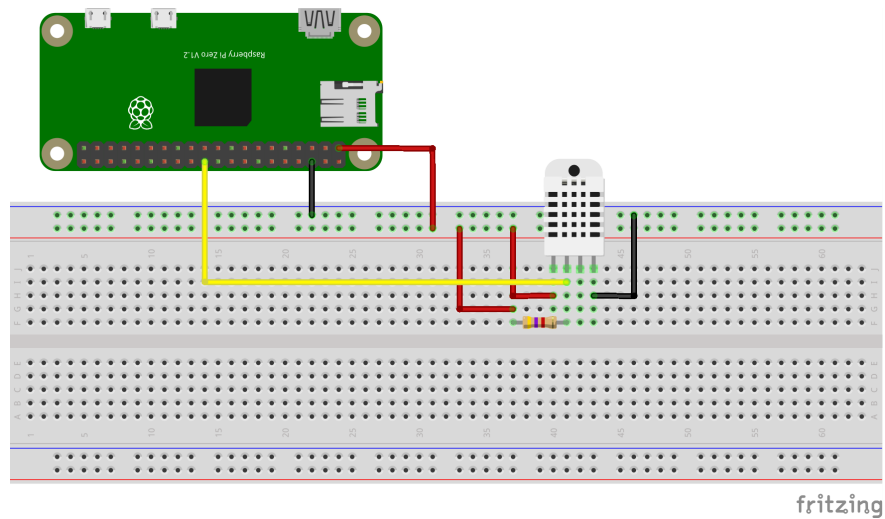


Figura 3.1: Esquema de montagem para os dispositivos sensitivos.

### 3.2.2 Localização

O ambiente escolhido para a aplicação em escala reduzida é um apartamento de 230 *m* localizado na região central de Brasília. A disposição dos equipamentos foi feita conforme a imagem 3.2. Este local foi escolhido pela presença constante de pessoas para a colaboração com o sistema, WiFi disponível em toda a área da residência e pelo conhecimento prévio de valores aceitáveis de temperatura e umidade ao longo do ano.

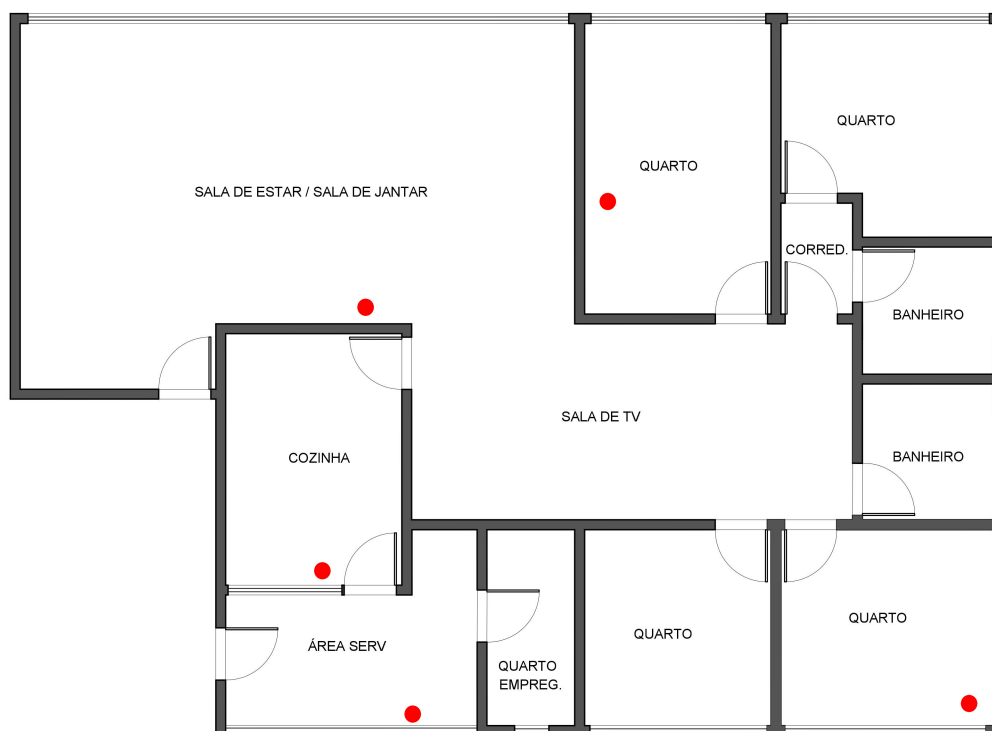


Figura 3.2: Planta baixa do ambiente escolhido para teste em escala reduzida. Os pontos em que os sensores foram instalados estão indicados em vermelho.

### 3.2.3 Comportamento Esperado

A montagem dos equipamentos foi realizada algumas semanas após o solstício de inverno. Neste contexto, o comportamento esperado para estes sensores é o seguinte:

- Período de seca (do processo de montagem a meados de outubro):
  - Valores de temperatura elevados durante o dia;
  - Valores de temperatura baixos durante a noite;
  - Valores de umidade decrescendo com o passar dos dias.
- Período de chuvas (meados de outubro à meados de maio):
  - Valores elevados de temperatura durante o dia;
  - Valores de temperatura amenos durante a noite;
  - Valores de umidade mais elevados.

# Capítulo 4

## Cronograma

Neste capítulo será descrito o cronograma de atividades a serem realizadas.

### 4.1 Cronograma Estudos Em (2/2018)

- Construção do ambiente IoT em escala; (20/7 - 1/8)
- Definição dos requisitos para o sistema; (1/8 - 5/8)
- Construção do sistema; (5/8 - 1/12)
- Testes; (5/8 - 1/12)
- Aquisição dos resultados. (1/12 - 25/1)

### 4.2 Cronograma Projeto Final em Engenharia de Computação 2 (1/2019)

- Escrever sobre o sistema construído; (25/1 - 1/3)
- Escrever a conclusão sobre o trabalho; (1/3 - 20/3)
- Escrever resumo e abstract; (20/3 - 30/3)
- Produzir a apresentação de slides; (30/3 - 10/4)
- Correções; (10/4 - ?)
- Apresentar. (?)



# Referências

- [1] Luigi Atzori, Antonio Iera, Giacomo Morabito: *The internet of things: A survey*. Computer networks, 54(15):2787–2805, 2010. ix, 6, 7, 9
- [2] 13, ITU T Study Group: *Recommendation itu-t y.2060. overview of the internet of things*, 2007. <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11559>. ix, 7, 8
- [3] *Raspberry Pi, Modelo B+*. <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-1-model-b-plus/>>. Acessado em: 2018-07-6. ix, 13
- [4] *Raspberry Pi, 0 W*. <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-zero-w/>>. Acessado em: 2018-07-6. ix, 14
- [5] Intelligence, SCB: *Six technologies with potential impacts on us interests out to 2025*. National Intelligent Concil, Tech. Rep, 2008. 1
- [6] Grosz, Barbara J: *Collaborative systems (aaai-94 presidential address)*. AI magazine, 17(2):67, 1996. 4, 5
- [7] Want, Roy: *An introduction to rfid technology*. IEEE pervasive computing, 5(1):25–33, 2006. 8
- [8] Gubbi, Jayavardhana, Rajkumar Buyya, Slaven Marusic e Marimuthu Palaniswami: *Internet of things (iot): A vision, architectural elements, and future directions*. Future generation computer systems, 29(7):1645–1660, 2013. 9
- [9] Barnaghi, Payam, Wei Wang, Cory Henson e Kerry Taylor: *Semantics for the internet of things: early progress and back to the future*. International Journal on Semantic Web and Information Systems, 8(1):1–21, 2012. 10
- [10] Charu C. Aggarwal, Naveen Ashish, Amit Sheth: *The internet of things: a survey from the data-centric perspective*. Em *Managing and mining sensor data*, capítulo 12, páginas 383–428. Springer, Boston, MA, 2013. 10, 11
- [11] Hassan, Umairul et al.: *A collaborative approach for metadata management for internet of things*. Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing, páginas 593–598, 2013. 11
- [12] Duval, Erick et al.: *Metadata principles and practicalities*, 2002. <http://www.dlib.org/dlib/april02/weibel/04weibel.html>? 11

- [13] Mike Botts, Alexandre Robin: *Opengis sensor model language (sensorml) implementation specification*, 2007. 12
- [14] *Raspberry Pi*, *About us*. <<https://www.raspberrypi.org/about/>>. Acessado em: 2018-07-6. 13