

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS - CAMPUS BAURU**

**DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO**

**BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**LUÍS HENRIQUE PUHL DE SOUZA**

**HABILITANDO UM PRÉDIO A LOCALIZAR CONTEXTUALMENTE  
DISPOSITIVOS UTILIZANDO REDES SEM FIO**

**BAURU**

**2016**

LUÍS HENRIQUE PUHL DE SOUZA

**HABILITANDO UM PRÉDIO A LOCALIZAR CONTEXTUALMENTE  
DISPOSITIVOS UTILIZANDO REDES SEM FIO**

Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação apresentado ao Departamento de Computação da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Câmpus de Bauru.  
Orientador: Prof. Dr. Eduardo Martins Morgado

BAURU

2016

Luís Henrique Puhl de Souza

Habilitando um Prédio a Localizar Contextualmente Dispositivos utilizando Redes Sem Fio/ Luís Henrique Puhl de Souza. – Bauru, 2016-  
53 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Martins Morgado

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) –  
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”  
Faculdade de Ciências - Campus Bauru  
Departamento de Computação , 2016.

1. Localização. 2. Raspberry Pi. 3. Internet das Coisas. 4. Contexto I. Prof. Dr. Eduardo Martins Morgado. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". III. Faculdade de Ciências. IV. Habilitando um Prédio a Localizar Contextualmente Dispositivos utilizando Redes Sem Fio

LUÍS HENRIQUE PUHL DE SOUZA

## **HABILITANDO UM PRÉDIO A LOCALIZAR CONTEXTUALMENTE DISPOSITIVOS UTILIZANDO REDES SEM FIO**

Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação apresentado ao Departamento de Computação da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Câmpus de Bauru.

Aprovado em 13/02/2017.

BANCA EXAMINADORA

---

**Prof. Dr. Eduardo Martins Morgado**  
Orientador

---

**Profa. Dra. Simone das G. D. Prado**

---

**Profa. Dra. Roberta Spolon**

# RESUMO

# ABSTRACT

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>8</b>
<b>1.1</b>	<b>Problema . . . . .</b>	<b>9</b>
1.1.1	Sobre Sistemas de Posicionamento . . . . .	9
<b>1.2</b>	<b>Motivação . . . . .</b>	<b>12</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos . . . . .</b>	<b>14</b>
1.3.1	Objetivo Geral . . . . .	14
1.3.2	Objetivos Específicos . . . . .	14
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA . . . . .</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Internet das coisas (IoT) . . . . .</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Localização contextual de dispositivos . . . . .</b>	<b>15</b>
2.2.1	Localização contextual . . . . .	16
2.2.2	Contexto de um dispositivo em um prédio . . . . .	17
<b>2.3</b>	<b>Localização baseada em redes sem fio . . . . .</b>	<b>17</b>
<b>2.4</b>	<b>Trabalhos correlatos . . . . .</b>	<b>18</b>
2.4.1	Zebra . . . . .	18
2.4.2	Outras tentativas . . . . .	19
<b>3</b>	<b>MÉTODO DE PESQUISA . . . . .</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>PLATAFORMAS . . . . .</b>	<b>22</b>
<b>4.1</b>	<b>ESP8266 . . . . .</b>	<b>23</b>
4.1.1	Disponibilidade no mercado . . . . .	23
4.1.2	Desenvolvimento e Implantação . . . . .	24
4.1.3	Testes e resultados . . . . .	25
<b>4.2</b>	<b>Raspberry Pi . . . . .</b>	<b>29</b>
4.2.1	Disponibilidade no mercado . . . . .	29
4.2.2	Testes e resultados . . . . .	32
<b>5</b>	<b>CONSTRUÇÃO . . . . .</b>	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>TESTES . . . . .</b>	<b>35</b>
<b>6.1</b>	<b>Teste relação de distância com smartphone como objetivo . . . . .</b>	<b>36</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO . . . . .</b>	<b>45</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>46</b>

<b>APÊNDICES</b>	<b>50</b>
<b>APÊNDICE A – COMPRAS MERCADO LIVRE . . . . .</b>	<b>52</b>



# 1 INTRODUÇÃO

Nos recentes anos de 2014 a 2016, a Internet das Coisas (IoT - *Internet of Things*) vem tomando o foco das atenções de empresas e entusiastas de Tecnologia da Informação (DZONE, 2015) e, como é esperado que uma quantia total de 6,4 bilhões de dispositivos conectados exista até o final de 2016 (GARTNER, 2015) e entre 26 bilhões (GARTNER, 2014) e 50 bilhões até 2020 com até 250 novas coisas conectando-se por segundo (Cisco Blog, 2013), as empresas líderes do segmento já incluem IoT como uma de suas áreas de atuação (IBM, 2016; ARM, 2016; MICROSOFT, 2016; INTEL, 2016; ORACLE, 2016; GOOGLE, 2016; AMAZON, 2016a).

Todo este movimento no mercado é justificado pelo baixo custo dos pequenos dispositivos computacionais (FOUNDATION, 2015; ESP8266.NET, 2016) e grandes serviços na nuvem (KAUFMANN; DOLAN, 2015; AMAZON, 2016b). Este baixo custo possibilita a computação ubíqua descrita por Weiser (1999) que nesta obra é entendida como “*computação onipresente diluída no dia-a-dia*”. Também nesta obra, esta onipresença diluída no plano de fundo é a base e a consequência para o conceito e área de IoT, sendo esta a realizadora da computação ubíqua.

Uma vez contextualizado o mercado e a oportunidade de implementação da computação ubíqua, percebe-se a necessidade de dar aos elementos cotidianos (coisas) a capacidade info-computacional, tornando-os sensores e atuadores conectados, unicamente identificáveis e acessíveis através da rede mundial de computadores (LEMOS, 2013; KRANENBURG, 2012). Para tanto, este trabalho propõe a construção de um sensor que, através da rede, identifica e localiza contextualmente os elementos cotidianos.

## 1.1 Problema

Tamanha quantidade de dispositivos conectados pouco acrescenta na vida diária se humanos ou coisas não puderem simplesmente se encontrar. Tanto em ambiente real quanto virtual é essencial o contato e conhecimento entre as partes envolvidas para que uma interação complexa seja executada. Portanto, para que uma aplicação IoT funcione corretamente, o conhecimento do contexto em que todos os interessados, sejam coisas ou pessoas, estão inseridos é indispensável. Para a maioria das aplicações, a informação contextual de maior relevância é a localização física.

Em situações em que a localização contextual é essencial para o bom funcionamento de uma aplicação IoT, destaca-se a necessidade da coleta desta informação através de sensores ativos sempre que a aplicação requisite a ciência deste contexto em suas tomadas de decisão. E, também, para que outros (sistemas, pessoas e coisas) saibam a localização de qualquer dispositivo ao qual têm interesse de interagir, distribuindo efetivamente essa informação coletada sobre o contexto com todos os que se encontram envolvidos no mesmo contexto.

Um exemplo desta necessidade de localização de dispositivos dentro de um prédio seria um profissional saber onde está o dispositivo em seu local de trabalho, seja ele um vendedor e seu *tablet* para demonstrar um produto fora de estoque em uma loja ou um médico e seu equipamento portátil.

### 1.1.1 Sobre Sistemas de Posicionamento

Sistemas de posicionamento (PS - *Positioning System*) são geralmente constituídos de um Ponto Origem Global escolhido (*O*) e um conjunto não vazio de Pontos de Referência (RP - *Reference Point*) cuja localização global em relação ao *O* é conhecida com uma certa precisão quando o sistema é construído - precisão interna. Então, para o usuário, um sistema de posicionamento oferece como resultado uma precisão de visualização menor que a sua precisão interna. Um PS tem interesse em determinar a posição de um ponto móvel (MU - *Mobile User*). Essa localização é feita encontrando um conjunto de distâncias associadas a cada um dos RPs em um sub-conjunto com dimensão variável de acordo com o método utilizado. Feito isso, é possível utilizar modelos matemáticos para, a partir das distâncias, encontrar uma posição do MU em relação aos RPs e uma nova transformação é aplicada para encontrar a posição relativa ao *O*.

Uma das maneiras de classificar PSs é entre as classes de Auto Posicionamento e Posicionamento Remoto. Os de Auto Posicionamento contém no MU todo aparato necessário para medir a distância dos RPs e calcular a posição em relação a *O*. Já os classificados como de Posicionamento Remoto tem o mínimo necessário na MU e todo o trabalho de cálculo de distância e posição global é feito nos RPs ou em uma unidade coordenadora

destes.

Para PSs eletrônicos baseados em radio-frequência (RF - *Radio Frequency*), geralmente, utilizam-se dois componentes básicos, Transmissores e Receptores, os quais assume-se que ao menos um destes está no RP e ao menos um outro no MU. Para calcular a distância entre MU e RP, utiliza-se as propriedades da comunicação por RF como tempo de chegada (TOA - *Time Of Arrival*), diferencial de tempo de chegada (TDOA - *Time Difference Of Arrival*) e ângulo de chegada de sinal (AOA - *Angle Of Arrival*).

Para maior precisão, é comum a utilização de múltiplas RPs geralmente com o número mínimo igual ao número de dimensões espaciais que deseja-se calcular. Nota que para sistemas distribuídos a sincronização de relógios é um problema intrínseco, então é fundamental que o tempo seja contado como dimensão.

Os sistemas classificados como “Sistema de Navegação Global por Satélite” (GNSS - *Global Navigation Satellite System*), como o tradicional estadunidense Sistema de Posicionamento Global (GPS - *Global Positioning System*), utilizam a técnica em que o dispositivo móvel contém o receptor e os transmissores são fixos em satélites na órbita terrestre (DJUK-NIC; RICHTON, 2001). Devido a posição e número de satélites, o GPS e seus correlatos estão sempre presentes do ponto de vista de um observador da superfície terrestre, sendo para este tipo de usuário um sistema ubíquo.

Entretanto, a força do sinal GNSS não é suficiente para penetrar a maioria dos prédios, uma vez que estes dependem de visão direta (LOS - *Line-Of-Sight*) entre os satélites e o receptor. A reflexão do sinal muitas vezes permite a leitura em ambientes fechados, porém o cálculo da posição não será confiável (CHEN; KOTZ, 2000). Portanto, apesar da ubiquidade dos GNSSs em ambientes abertos, são necessárias soluções diferentes para obter um Sistema de Posicionamento para Ambientes Fechados (IPS - *Indoor Positioning System*), sendo a ubiquidade deste essencial para conquistar o mesmo nível de confiança trazido pelos GNSSs.

Para implementar este IPS, propõem-se o uso de tecnologias já implantadas em dispositivos móveis e essenciais para o funcionamento dos mesmos, especialmente as de camadas de comunicação, que são ubíquas no ambiente dos dispositivos móveis, como *Wi-Fi* (padrão *IEEE 802.11*) e *Bluetooth* (padrão *Bluetooth SIG*), para que os objetos conectados os quais tem-se interesse de encontrar a localização contextual não necessitem de modificações.

Outros protocolos de comunicação sem fio ubíquos existem (em especial, o celulares em todas as gerações 2G, 3G, 4G), porém não oferecem a mesma flexibilidade por trabalharem em uma faixa de radio-frequência licenciada e por questões de propriedade da rede que serão abordadas na seção de Localização Contextual desta mesma obra.

De forma semelhante, existem protocolos mais flexíveis (nas faixas não licenciadas

como *NFC*, infra-vermelho, *ZigBee* ou *SIGFOX*), porém estes não estão presentes na maioria dos aparelhos utilizados, tanto globalmente quanto localmente, removendo a característica da forma de comunicação ubíqua que é foco deste trabalho.

Devido às restrições anteriores, justifica-se o foco nas tecnologias de comunicação *Wi-Fi* e *Bluetooth*, porém trabalhar com as duas tecnologias simultaneamente é um problema complexo por si só, então, a escolha de um ou outro deve ser feita, apesar de a nível global serem de equivalente importância para esta obra (ambas tem mesma importância e presença no mercado atual, permitem flexibilidade por possuírem protocolos conhecidos por todos em frequências livres de licenciamento, dentro da área de cobertura que são de nosso interesse e o usuário final já ser o proprietário da rede local criada). Esta escolha toma um único parâmetro como decisivo que é a observação do ambiente de teste do protótipo onde pouco existe o uso de *Bluetooth* que reflete o costume local de mantê-lo desligado em comparação com *Wi-Fi* que está sempre ligado em todos dispositivos, conectando estes diretamente à Internet. Portanto *Wi-Fi* é a tecnologia de maior interesse por pequena margem.

## 1.2 Motivação

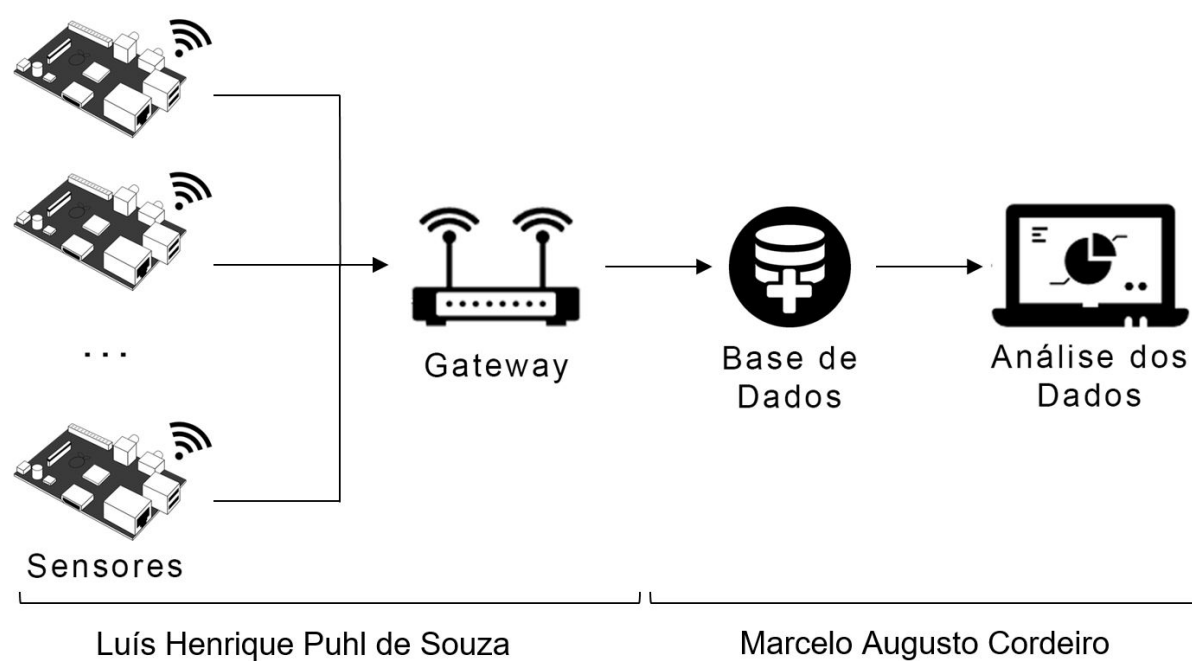
A proposta deste trabalho é criar um ambiente consciente, onde o contexto locativo oriundo do posicionamento remoto de cada dispositivo móvel é administrado e divulgado pelo prédio conectado ao invés da auto-localização do aparelho, pois:

- a) Uma vez encontrada a localização, é mais fácil propagar esta informação do ambiente para o aparelho em comparação ao autoposicionamento, pois a negociação entre o ambiente e o aparelho é nula quando o primeiro contém a informação- o ambiente sempre disponibilizará uma informação coletada para o gerador desta informação;
- b) Pode-se lidar com grande heterogeneidade de dispositivos, uma vez que cada um deles não precisa se adaptar para cada mudança de ambiente;
- c) Este tipo de informação já é contida nos históricos de cada Ponto de Acesso *Wi-Fi* (AP - *Access Point*), porém:
  - Geralmente sem uso - poucas são as aplicações que usam a localização obtida pelo AP;
  - Com granularidade insuficiente para uso em aplicações contextualizadas;
  - geralmente não disponibilizada pelos APs.
- d) Uma vez instalado um PS deste gênero, a quantia de dispositivos que ele pode localizar fica limitada apenas pela rede física anteriormente instalada;
- e) Economia de hardware quando menos é exigido de cada dispositivo móvel.

Nota-se também que mesmo com a quantidade prevista de 5 dispositivos IoT por pessoa em média, estes seriam beneficiados sempre que utilizados no ambiente conectado proposto.

A Figura 1 apresenta a arquitetura simplificada de uma aplicação IoT, e no detalhe inferior a relação deste projeto com o do aluno Marcelo Augusto Cordeiro, também do Bacharelado de Ciências da Computação, que é também membro do ambiente de testes LTIA (Laboratório de Tecnologia da Informação Aplicada) da Unesp de Bauru e do mesmo edital para obter o título de bacharel.

Figura 1 – Modelo das camadas



Fonte: Marcelo Augusto Cordeiro (??)

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo Geral

Considerando características locais, propõem-se a construção de uma aplicação para localizar contextualmente dispositivos dentro de um prédio piloto e avaliar sua precisão.

Além da aplicação, é objetivo definir o custo do projeto piloto, incluindo esforço de pesquisa assim como definir um custo para replicação deste localizador contextual em outros prédios utilizando como fonte de ferramentas e recursos o mercado local.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Estabelecer o estado da arte sobre a desenvolvimento de aplicações IoT;
- b) Identificar desafios locais para o desenvolvimento;
- c) Identificar provedores de serviços, dispositivos e ferramentas para o desenvolvimento;
- d) Construir sensores de identificação e localização (distância) de dispositivos cuja comunicação seja baseada em *Wi-Fi*;
- e) Posicionar estes sensores;
- f) Construir um dispositivo agregador de informações dos sensores (*gateway*) e sua interface web (MQTT - *MQ Telemetry Transport*);
- g) Estimar o custo total do projeto piloto incluindo esforço de pesquisa;
- h) Estimar o custo de replicação da aplicação em outros prédios utilizando fontes do mercado local.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para conceituar, fundamentar e dar suporte teórico ao presente trabalho apresentam-se neste capítulo os tópicos e definições dos segmentos: IoT, localização contextual de dispositivos e localização baseada em redes sem fio.

### 2.1 Internet das coisas (IoT)

Uma das primeiras aplicações e definições de IoT foi feita simultaneamente por Kevin Ashton em 1999 para a *Procter & Gamble* (P&G) (ASHTON, 2009) e pelo laboratório Auto-ID Labs no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT - *Massachusetts Institute of Technology*) utilizando identificação por radio-frequência (RFID - *radio-frequency identification*) (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010; FRIEDEMANN; FLOERKEMEIR, 2011). Desde então, a IoT cresceu ultrapassando o escopo da tecnologia RFID, porém sempre com as premissas de “uma infraestrutura global para a Sociedade da Informação, habilitando serviços avançados através da interconexão de coisas (físicas e virtuais) baseadas em tecnologias, existentes e evolutivas, de informação e comunicação” descrita por Wortmann e Flüchter (2015 apud International Telecommunication Union, 2012, p. 1, grifo e tradução nossa).

Hoje em dia, quase qualquer tecnologia de comunicação acessível a computadores pode ser utilizada como meio de comunicação entre dispositivos IoT, tornando o RFID mais uma, porém de grande importância, tecnologia info-comunicacional a disposição das coisas para sua conexão. Esta gama de tecnologias possibilita uma variedade equivalente de coisas conectadas. Se a coisa pode usar de uma tecnologia de conexão, considerando suas restrições de volume, custo e utilidade, muito provavelmente vai fazê-lo gerando ao menos uma identidade virtual representando seu objeto físico e seus atributos. Esta identidade virtual e atributos virtuais serão expostos para todos indivíduos, humanos ou coisas, que lhe forem convenientes de qualquer lugar do universo virtual, fazendo efetivamente parte da Internet.

### 2.2 Localização contextual de dispositivos

Em ciência da computação, os termos “*Contexto*” e “*Consciência de Contexto*” expressam uma ideia recente estudada nos campos de inteligência artificial e ciência cognitiva desde 1991. O tema “Contexto” ainda é considerado atual e promissor a ponto de mudar o cenário de negócios nos próximos 10 anos, mas sem definição simples. Tamanha é a falta de uma definição geral que realmente funcione para casos reais que existe uma



proposta de definir o termo utilizando uma nova metodologia de pesquisa holística através de mineração e agrupamento de texto advindo de publicações científicas (PASCALAU; NALEPA; KLUZA, 2013).

Mesmo sem uma definição permanente em vista, utilizou-se o que é considerado estado da arte para o termo "*Contexto*" que foi introduzido por Dey e Abowd (1999) e reforçado por Dey (2000):

Contexto é qualquer informação que pode ser utilizada para caracterizar a situação de uma entidade. Uma entidade é uma pessoa, lugar ou objeto que é considerado relevante para a interação entre um usuário e uma aplicação, incluindo o próprio usuário e a aplicação.

Dey e Abowd (1999, p. 3) Tradução Nossa.

## 2.2.1 Localização contextual

Das informações contextuais que uma aplicação de cliente móvel pode obter, a localização é uma das mais importantes. Ajudar pessoas a navegar por mapas, encontrar objetos e pessoas com os quais tem interesse de interagir é sem dúvida uma boa meta a ser alcançada com a coleta da localização do cliente (BELLAVISTA; KÜPPER; HELAL, 2008).

Na categoria de Serviços Baseados em Localização (LBS - *Location-Based Services*) existem duas gerações. A primeira orientada a conteúdo que falhou, pois a informação de localização era armazenada pela rede (que geralmente era administrada por uma empresa de telecomunicações), podendo até ser vendida pelo provedor a terceiros, causando a sensação de *Spam* (conteúdo não solicitado) no usuário final ao receber conteúdo desta provedora. Já na segunda geração, a posse da informação foi movida para o cliente móvel, deixando a cargo do usuário escolher se ela seria compartilhada e com quem. Esta mudança trouxe maior engajamento do usuário, resultando numa maior aceitação dessa geração (BELLAVISTA; KÜPPER; HELAL, 2008).

Ao contrário das técnicas atuais, neste trabalho os humanos ou tomadores de decisão não estarão em posse do cliente móvel, e sim em posse do prédio. Portanto, a mesma informação, sem degradação em sua importância, passará a ser coletada e armazenada pelo provedor da rede como nos LBSs de primeira geração. Esta decisão garante o foco no usuário uma vez que este mudou, antes ele detinha um cliente móvel, agora ele detém múltiplos. Isso torna a detenção do todo (coisas dentro do prédio) mais precioso do que o das partes (os clientes móveis) além da mudança da propriedade da rede para o usuário final, na comparação celular *versus Wi-Fi*.

Uma vez encontrada a localização de um dispositivo, metadados sobre o prédio são mesclados formando um conjunto rico contextualmente do ponto de vista da aplicação IoT Prédio como fornecedora principal dos dados para a Internet e, portanto, seus

usuários detentores. Essa riqueza é garantida com metadados sobre o dispositivo (identificação, nome, histórico, características) e sobre o prédio (ex.: mapa, estrutura de salas, humanos responsáveis e lista de equipamentos) que trazem possibilidades de extração de informação importantes para os detentores deste prédio e seu conteúdo. Esta capacidade do prédio deve-se pelo papel de coordenador de informações e controlador de meta-informações semelhante ao Coordenador em uma aplicação na arquitetura Modelo-Apresentação-Adaptador-Controlador-Coordenador (MPACC - *Model-PresentationAdapter-Controller-Coordinator*) proposto por Román e Campbell (2001).

### 2.2.2 Contexto de um dispositivo em um prédio

Para metadados agregados à informação de posição pelo prédio defini-se que, para uma aplicação IoT, o modelo de divulgação tem de conter além da posição do dispositivo informação sobre este (nome, histórico), informação da estrutura do prédio, ligação entre a estrutura do prédio e a localização do dispositivo e informação sobre o estado do prédio.

Este modelo visa prover fácil mineração e reutilização de informações por terceiros que é medida pela disponibilidade e relacionamento das informações providas. Essa métrica também será utilizada para avaliar o projeto.

Este foco em reusabilidade vem da definição de Web Semântica (*Semantic Web*) e de uma de suas realizadoras, a Ligação de Dados (*Linked Data*), que sugerem o uso de um formato padrão além de ser acessível e gerenciável pelas ferramentas de exploração. Desta forma a Web de Dados (*Web of Data*) é construída opondo uma simples coleção de dados (BIZER; HEATH; BERNERS-LEE, 2009).

## 2.3 Localização baseada em redes sem fio

Um sistema de posicionamento pode ser baseado em técnicas *n-lateração?* de distâncias adquiridas com a medição de características eletromagnéticas (ex.: potência de sinal) e dos protocolos (ex.: Tempo de chegada) que já foram explorados anteriormente (ABUSUBAIH; RATHKE; WOLISZ, 2007; BAHILLO et al., 2009; FELDMANN et al., 2003).

Portanto, os sensores seguem as especificações de *Wi-Fi IEEE 802.11* (CROW et al., 1997) e técnicas definidas para *Bluetooth Low Energy (BLE)* (HOSSAIN; SOH, 2007) devido a semelhança da área de cobertura (até 100 metros, geralmente utilizado até 20 metros) e frequência (no caso de 2.4GHz).

Para construir estes sensores uma plataforma de hardware adequada é necessária, para esta escolheu-se o Raspberry Pi (VUJOVIC et al., 2014; VUJOVIĆ; MAKSIMOVIĆ, 2015) que já foi provado funcional no caso de Localização através *Wi-Fi* por Ferreira (2016) especialmente a sua versão 3 que adiciona a capacidade de sensor *Wi-Fi* e *Bluetooth* em

sua placa principal sem necessidade de adaptadores externos destacando ainda mais sua escolha (RASPERRY PI FOUNDATION, 2016). Em adição, na construção dos sensores foi testada a plataforma ESP8266 bem como outras alternativas que demonstraram afinidade com essas características.

## 2.4 Trabalhos correlatos

Neste subcapítulo, apresentaremos alguns projetos semelhantes em objetivo ao daqui proposto e que motivaram a construção do sensor resultante deste trabalho.

### 2.4.1 Zebra

A Zebra é um empresa estadunidense que fabrica e vende tecnologia de marcação, rastreamento e impressão por computador. Dentre os seus produtos, estão: computadores móveis, RFID, software, impressoras, tablets, leitores de códigos de barras, kiosks interativos, entre outros. Já na área de serviços, a empresa oferece desde o planejamento até a execução de projetos.

A Zebra realizou um estudo (Global Shopper Study) que indicou que os varejistas apostaram em recursos online que podem aumentar o envolvimento e fidelidade do consumidor, além, claro, do volume de vendas. Segundo o mesmo estudo, 51 compradores tem um forte interesse em serviços baseados em localização e *Wi-Fi* em lojas para cupons *mobile*, mapas de compras e receber assistência. Além disso, 64 mais itens se receberem um serviço melhor e mais atenção dos vendedores, enquanto mais da metade prefere que os varejistas usem a tecnologia para criar experiência de compra mais eficiente.

A empresa possui o projeto MPact que é um *indoor location* que unifica *Wi-Fi* e *Bluetooth*. Ele fornece a localização do consumidor em três níveis: presença, zona e posição. Com estas informações é possível saber sobre o indivíduo: quem é, onde está, quanto tempo fica em certas áreas e quais produtos está comprando. Esta tecnologia pode ser implementada independente do ambiente, através do *Wi-Fi*, ou do microposicionamento através do *Bluetooth*. Com a união dessas duas plataformas é possível saber o tempo exato e posição exata de onde alguém está.

Em 2016, a empresa implantou no Shopping Cidade Jardim, em São Paulo, uma rede LAN/WAN sem fio de alta velocidade, com a tecnologia MPact que proporciona aos seus clientes acesso gratuito ao *Wi-Fi*, juntamente com uma experiência de compra mais personalizada. Funciona assim, o consumidor assim que possível acessa o *Wi-Fi* do shopping que pede o *login* no Facebook ou Google. Assim que o *login* é feito, o MPact fornece visibilidade instantânea ao operador do shopping em relação aos locais dos compradores no shopping e habilita os operadores a enviar saudações pessoais, oferecer ofertas especiais ou fornecer instruções passo-a-passo para um venda ou promoção

específica. Hoje, o Cidade Jardim conta com 180 lojas numa área de 46.000 metros quadrados.

Segundo Claudio Bessa, diretor de marketing digital do shopping, este tipo de serviço fornece um excelente experiência para os compradores devido a alta velocidade do *Wi-Fi* e a cobertura. Além disso, segundo ele, os operadores e varejistas podem entender melhor o comportamento dos consumidores, pois eles podem saber que parte do corredor ou de uma loja o cliente está, quanto tempo permanece na frente de uma loja e quais produtos mais vendem. Oferecer este tipo de serviço é uma maneira de ganhar e manter consumidores, crescer no número de satisfações e ajudar a monitorar os pontos de venda.

## 2.4.2 Outras tentativas

Outras tentativas bem sucedidas de localizar dispositivos móveis através da rede *Wi-Fi* são o caso de Vasisht, Kumar e Katabi (2016) e de Lanzisera, Zats e Pister (2011).

No primeiro exemplo, uma placa de rede sem fio Intel 5300 com três antenas calcula o tempo de voo entre uma antena e outra além de utilizar técnicas de mitigação de multicaminho, mitigação de identificação de pacote entre outras características importantes do protocolo *Wi-fi*, como a frequência e sincronização de clientes para alcançar até 10 centímetros de precisão. Neste caso, as três antenas atuam como três sensores independentes justa posicionados para executar trilateração. Esta aplicação é implementada em uma placa instalada em um computador moderno através do barramento PCI Express com sistema operacional Ubuntu. Ela possui habilidade de injetar pacotes na rede o que difere muito das arquiteturas embarcadas que normalmente são encontradas no ambiente de IoT.

O segundo exemplo de aplicação bem sucedida se utiliza de modificações no hardware de um ponto de acesso do padrão *IEEE 802.15.4* e alcança precisões de 1 a 3 metros. Este protocolo é mais encontrado em comunicações de longa distância ou sensíveis a uso de energia que são frequentes em aplicações embarcadas.

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Abordagens para medir distâncias através de redes sem fio *Wi-Fi* (BAHILLO et al., 2009) e *Bluetooth* já existem e, propor novas maneiras não é o foco deste trabalho. Utilizando essas técnicas, constitui-se uma rede de nós sensores colaborativos fixos no ambiente onde deseja-se obter a localização dos dispositivos. As informações de distância são compartilhadas entre os nós para maior precisão da informação.

Para a implementação, pretende-se utilizar os *softwares* de maior destaque recentemente nos ramos de comunicação de baixa energia (*MQTT*), serviços *Web* para geolocalização (*Google Maps*) e publicação (*NodeJS*), além de *softwares* para medição da distância sem interferir na comunicação (*Sniffing*) e das plataformas de *hardware* disponíveis e recomendadas para IoT com capacidade *Wi-Fi* (*Raspberry Pi 3* e *ESP-8266*).

Mesmo com a grande quantidade de dispositivos já conectados são poucos os documentos descrevendo boas práticas para concepção, construção e manutenção de aplicações IoT, especialmente sobre os cuidados tomados quanto a segurança e análise de custos para a implementação e manutenção.

Além disso, a falta de referências neste sentido é agravada quando considera-se a implementação no interior do estado de São Paulo. Nesta região, poucas são as organizações atualizadas neste tema, levando a uma falta enorme de conteúdo escrito na linguagem local além de serviços e produtos disponíveis para construção de uma plataforma completa e competitiva na região.

Devido a falta de conteúdo e instrução, utiliza-se prototipagem ágil neste projeto, uma vez que esta metodologia de desenvolvimento é recomendada para projetos cujas especificações e definições não são claras, demandando muitas modificações das mesmas durante a etapa de execução. Esse método entra em contraste com metodologias clássicas, como a cascata, que apesar de previsíveis, não reagem bem a ambientes de extrema incerteza.

Mais especificamente, utiliza-se uma variante da metodologia *Scrum* (JAMES, 2016) que foi adaptada para o projeto. Nela, foram executadas iterações de uma semana em que a cada iteração, uma nova versão melhorada do produto completo (*hardware*, *software*, documentação e resultados) foi feita.

Dentro de cada iteração, as camadas da aplicação IoT serão escolhidas, implementadas, justificadas e avaliadas, sendo parte do processo registrado sob forma de vídeo (Youtube) e imagens que podem ser encontrados em "Apêndices".

A cada iteração, cumpriu-se parte ou todo de cada objetivo proposto no trabalho,

levando o projeto gradualmente para um estágio de completude. Cada iteração teve como foco os objetivos a seguir, sendo seus resultados utilizados para tomar e justificar decisões durante a execução do projeto bem como servir de posterior documentação. Os objetivos de cada iteração são:

- a) Escolha de provedores de serviços, dispositivos e ferramentas para o desenvolvimento;
- b) Construir, avaliar, testar e manter os sensores;
- c) Construir o dispositivo agregador e sua API;
- d) Estimar o custo total do projeto piloto;
- e) Estimar o custo de replicação;
- f) Identificar os desafios para o desenvolvimento.

Desta forma, espera-se garantir a liberdade necessária para o projeto ser executado com sucesso, mesmo no ambiente de incerteza no qual o mercado local de IoT encontra-se, cumprindo as premissas de funcionamento, manutenção e segurança que são grande importância para os interessados na área.

## 4 PLATAFORMAS

Para a localização com os resíduos de comunicação *Wi-Fi* são necessários sensores que possam capturar estes resíduos e processar qualquer informação capturada pelo sensor deste trabalho. Esta plataforma de sensor pode ser construída com qualquer plataforma computacional capaz de ser programada com comunicação *Wi-Fi*, porém o *hardware* de *Wi-Fi* e seu *software* controlador deve permitir o Modo Promíscuo.

Este Modo Promíscuo (*promiscuous mode*) é definido pela capacidade de uma Placa Adaptadora de Rede *Wi-Fi* (*Network Interface Card - NIC*) receber e interpretar todos os pacotes que trafegam em uma rede ou em todas as redes que estão em seu alcance, independentemente do destinatário do pacote. Em seu funcionamento normal, uma *NIC* descarta todos os pacotes que não são destinados para ela o mais cedo possível, evitando reprocessamento de dados indesejáveis, por este motivo não são todas as *NICs* que permitem o Modo Promíscuo. Essa funcionalidade elimina a necessidade de *hardware* ou *software* em cada um dos dispositivos rastreados.

Neste sentido, elegeu-se duas plataformas de notável importância no mercado atual e notável facilidade de acesso para qualquer interessado na área. As plataformas testadas foram o microcomputador *Raspberry Pi* e o microcontrolador *ESP8266*. Ambos foram escolhidos pelo domínio do segmento de Prototipação e Faça Você Mesmo (*Do It Yourself - DIY*) dentro do campo de IoT. Outro líder de segmento, o *Arduino* foi prontamente descartado por não conter nativamente a habilidade de conectar-se à *Internet* sendo constantemente combinado com um dos escolhidos para ganhar esta habilidade, demonstrando claramente menor afinidade a este projeto em comparação aos seus igualmente famosos concorrentes.

Após escolhidas as plataformas de interesse alguns exemplares de cada uma delas foi adquirido para implementar a aplicação proposta. Neste sentido, serão apresentadas cada uma dessas plataformas quanto as suas especificações técnicas e aos produtos utilizados em conjunto para que elas pudessem funcionar e serem programadas e os motivos pela adoção ou não delas.

## 4.1 ESP8266

O ESP8266 é um SOC (*System On a Chip* - Sistema em um *Chip*), ou seja, é um chip com todos os componentes lógicos eletrônicos necessários e partes para um dado sistema em único circuito integrado. Este chip possui:

- a) *Wi-Fi* embutido com capacidade de 2,4 GHz (802.11 b/g/n);
- b) 16 GPIOs (*general-purpose input/output*) incluindo interfaces I2U, SPI, UART, entrada ADC, saída PWM;
- c) Arquitetura *RISC* de 32 bits;
- d) CPU que opera em 80 MHz, com possibilidade de operar em 160 MHz;
- e) 64 KB de ROM para *boot*;
- f) 64 KB de RAM para instruções;
- g) 96 KB de RAM para dados;
- h) Memória *Flash SPI* de 512 KB a 4 MB (dependente de módulo externo);
- i) Núcleo baseado no *IP Diamand Standard LX3* da *Tensilica*.

Para o mercado de prototipação, fabricantes constroem placas de diferentes configurações com este chip como elemento central, os chamados módulos. Estes módulos usam o ESP8266 com diferenças perceptíveis, por exemplo, quantidade de pinos, dimensões físicas e alguns podem até operar de modo *standalone* (sem outro *hardware* de suporte como reguladores de tensão, conversores serial-USB) e especialmente a *Memória Flash SPI*. Neste trabalho, foram usados os módulos: *ESP-01*, *LoLin*, *D1 mini* e *ESP-12f* com placa adaptadora de pinos.

### 4.1.1 Disponibilidade no mercado

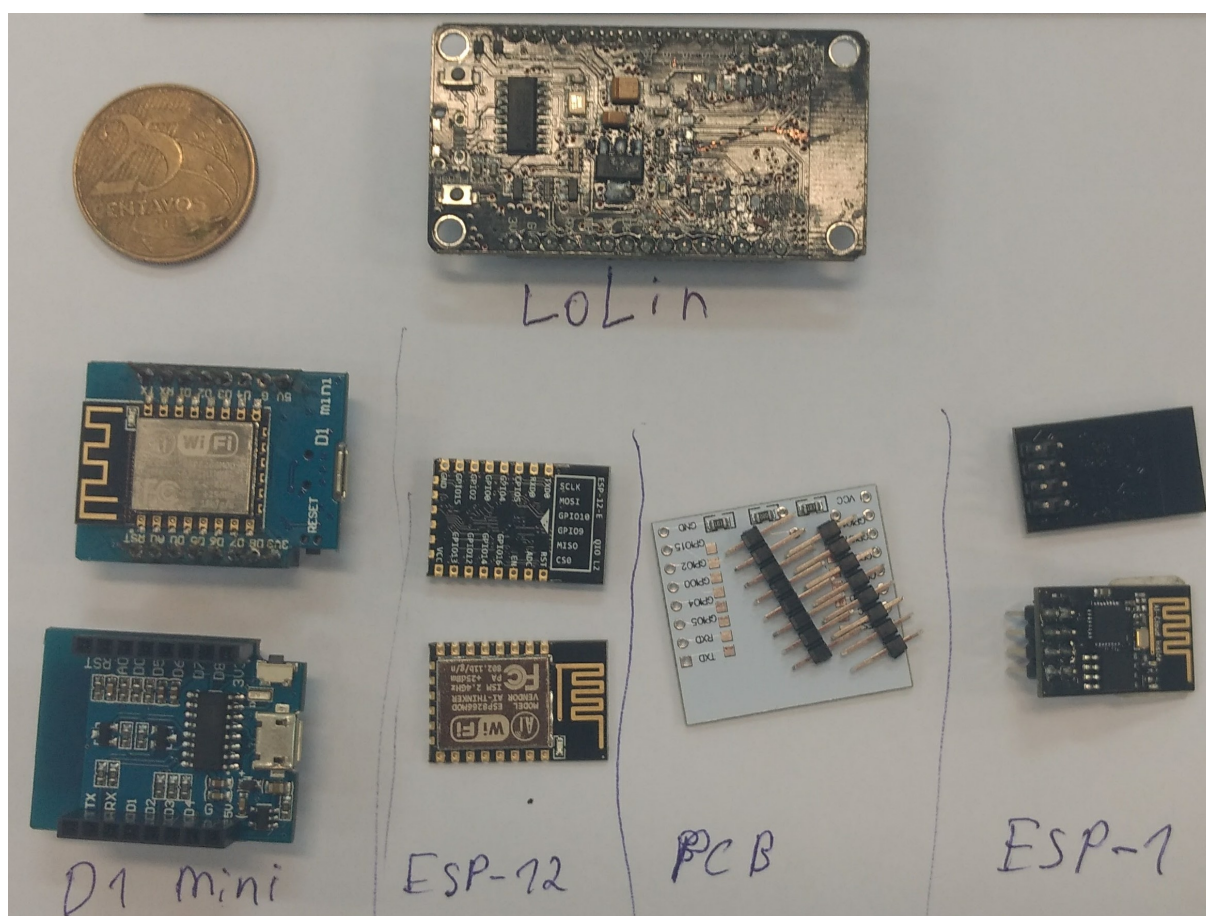
As diferentes especificações implicam em diferentes produtos e mercado para eles, isto resulta em diferentes custos em diferentes regiões.

A escolha do ESP8266 como primeira tentativa devido o seu baixo custo e de tamanho reduzido. No exterior, ele pode ser encontrado por de USD\$ 1,76 a 2,2 (alibaba.com, 2017), e no Brasil por aproximadamente BRL R\$ 15,00 (mercadolivre.com.br, 2017a).

Devido ao seu tamanho, ele é de fácil integração com demais dispositivos, bastando o uso de uma comunicação serial. Já sobre a comunidade, há inúmeros projetos DIY (em inglês *do it yourself*, em português "faça você mesmo") que ensinam a como construir e manipular projetos que envolvem diferentes módulos. Além disso, a empresa idealizadora e fabricante do chip, Espressif, disponibiliza no GitHub projetos com documentação e código aberto.



Figura 2 – Módulos ESP8266



Fonte: Elaborada pelo autor

Para desenvolver na plataforma, os módulos ESP foram utilizados de formas diferentes dependendo das capacidades de cada módulo. Quando o módulo possuía regulador de tensão embarcado, utilizava-se o próprio conectado a uma porta USB. Quando o módulo não possuía tal, utilizava-se um circuito com fonte externa (pilhas ou USB) e um regulador de tensão conectados aos pinos 3v3 e GND. Dependendo da complexidade do circuito para ligar e ter acesso à serial do módulo, é necessário o uso de uma placa *breadboard*, como na Figura 3. Para este trabalho foi utilizado o regular *AMS1117 3v3* e dois capacitores de  $100\mu F$ .

#### 4.1.2 Desenvolvimento e Implantação

Todo código produzido em uma linguagem de programação é compilado por uma ferramenta e, então, carrega-se os arquivos binários para o ESP8266 através da serial, para que a execução do código seja iniciada. Na Figura 4, é apresentado um modelo de desenvolvimento e implantação desde o código até chegar no módulo ESP e, também, a lista de carregadores usados.

Tabela 1 – Descrição e custos de módulos ESP8266

Módulo	Pinos de GPIO e conectores	Memória	Custo
ESP-01	8 pinos macho, incompatível com <i>breadboard</i> (GND, 3v3, TX, RX, CH <sub>PD</sub> , RST, GPIO0, GPIO2)	1 MB	R\$ 16,80
ESP-12f	22 pontos para montagem em superfície, nenhum pino	4 MB	R\$ 14,90
D1 mini (ESP-12f)	16 + microUSB	4 MB	R\$ 12,56 <sup>1</sup>
LoLin (ESP-12f)	30 + microUSB	4 MB	R\$ 35,87

Fonte: Produzido pelo autor.

Nota 1: D1 mini (ESP-12f) foi adquirido do mercado chinês.

Tabela 2 – Descrição e custos de acessórios para ESP8266

Acessórios	Descrição	Custo
Esp8266 Placa Para Soldar Esp-07, Esp-08, Esp-12, Esp-12e	Placa com 16 pinos conectados aos pontos de superfície do ESP-12f	R\$ 3,45
Conversor Usb Serial Ch340 Rs232 - 3,3v 5v <sup>1</sup>	Fornece uma conexão serial-USB entre o ESP8266 e o computador de desenvolvimento	R\$ 6,87
Adaptador Usb Serial Ttl Conversor Cp2102 <sup>2</sup>	Fornece uma conexão serial-USB entre o ESP8266 e o computador de desenvolvimento	R\$ 20,00
Ams1117 3,3v (3.3v) - Lm1117	Regula a tensão de uma USB ou pilhas para 3.3V 1A usado nos módulos	R\$ 1,50

Fonte: Produzido pelo autor.

Nota 1: Compatível apenas com *Windows 7*.

Nota 2: Compatível com *Windows 10* e com o computador de desenvolvimento.

Todo código produzido é carregado para o módulo ESP através de seu barramento serial. Alguns modelos, como o *LoLin* e *D1 mini*, já apresentam conversor serial para *micro-USB*. Para os que não possuem tal interface é necessário utilizar um conversor serial-USB externo, a *fig:esp-pilha-serial* demonstra esse método.

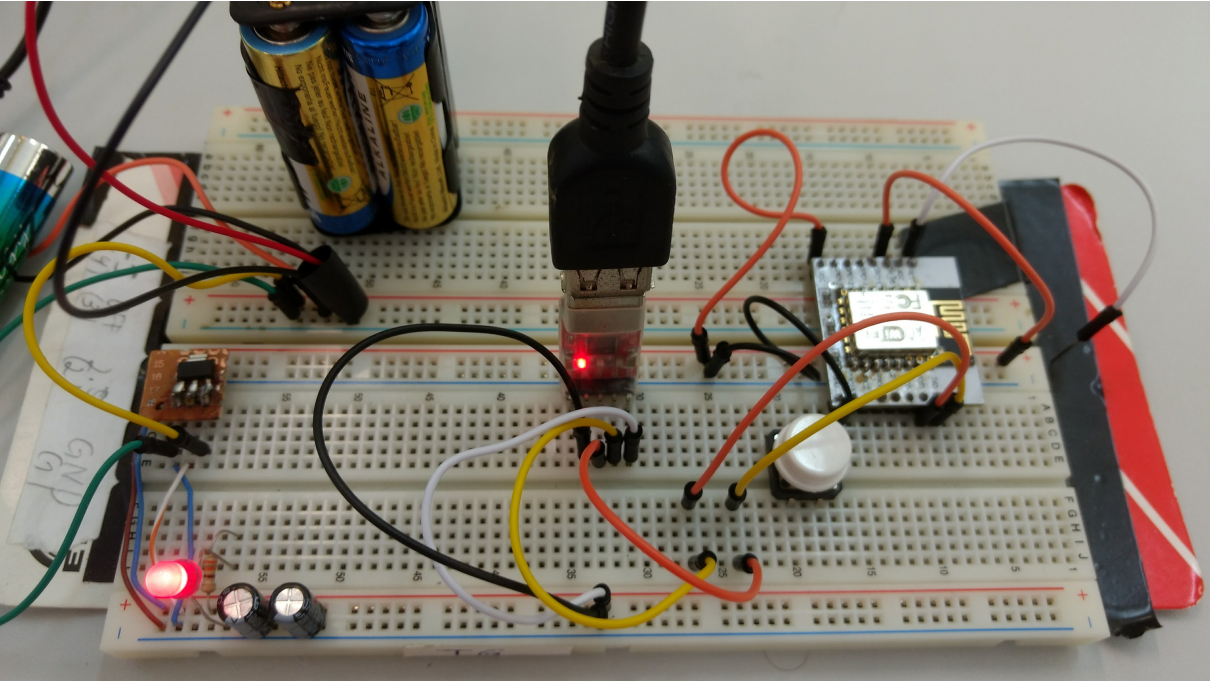
As *GPIOs* do *ESP-12f* são acessadas somente através de placas de circuito impresso, então uma foi adquirida para a programação do mesmo.

Dos conversores serial-USB adquiridos, o modelo *CH340G* não funcionou por não ter driver compatível com o *Windows 10*, em contraste com o modelo *CP2102* que funcionou no mesmo sistema operacional.

### 4.1.3 Testes e resultados

O primeiro objetivo durante a programação dos módulos ESP8266 é cumprir a premissa estabelecida no início deste capítulo de acessar o Modo Promísco da interface

Figura 3 – ESP-12f com regulador tensão e serial



Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 3 – Ferramentas para desenvolvimento com ESP8266

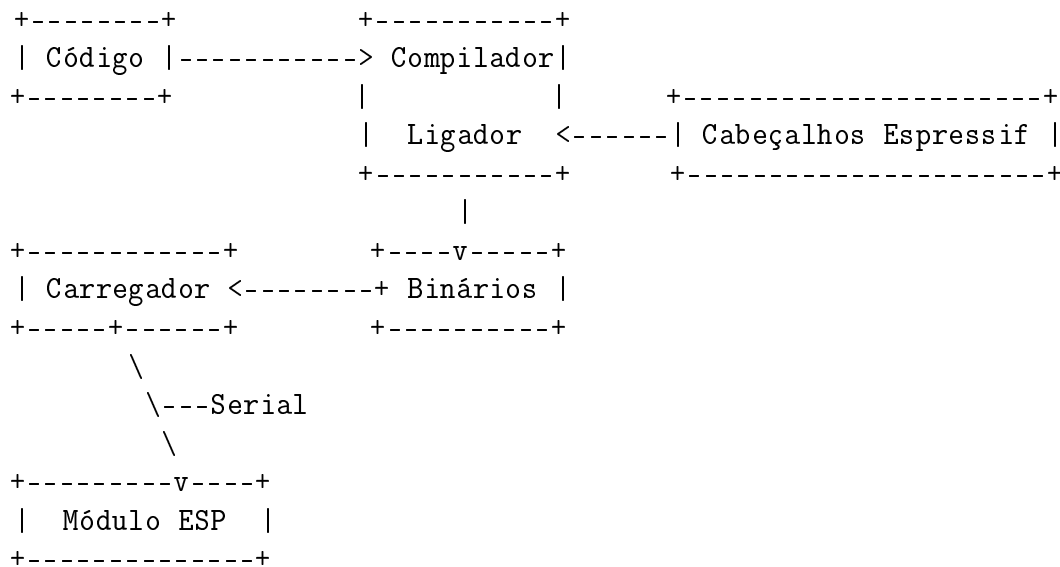
Ferramenta	Editor	Compilador e Ligador	Carregador
Arduino IDE	Sim	arduino C	Sim, mas não carrega binários pré compilados
ESPlorer	Sim	NodeMCU Lua, MicroPython, AT e RN2483	Não, conta com firmware específico
esptool.py	Não	Não	Somente binários pré compilados
ESP8266 Flash Downloader	Não	Não	Somente binários pré compilados
NodeMCU Firmware Programmer	Não	Não	Somente binários pré compilados

Fonte: Produzido pelo autor.

Wi-Fi. Neste caso, procurou-se pelo ponto da *API* de *hardware* do ESP8266 onde os pacotes destinados a outros dispositivos são descartados, desativar este filtro, capturar e avaliar o pacote para localizar o seu emissor.

A princípio, com o *firmware AT* que é o padrão do módulo ESP-01 e com o emulador de serial da *Arduino IDE* ou a aplicação *Cool Term* é possível configurar e utilizar o módulo por completo apenas com instruções *AT* enviadas através da conexão serial. A primeira investigação sobre a *API* do protocolo *AT* indicou Room-15 (2015) como uma fonte sucinta

Figura 4 – ESP-12f com regulador tensão e serial



Fonte: Elaborada pelo autor

da documentação oficial fornecida por Espressif Systems (2014) do *firmware AT* e não revelou nenhuma capacidade de ativar o Modo Promíscuo.

Também utilizou-se a linguagem C que foi compilada na *Arduino IDE* e enviada ao ESP8266 com a extensão *esp8266 by ESP8266 Community* que inclui os cabeçalhos de funções para que o compilador padrão da *Arduino IDE* gere código executável pelo ESP8266. Mesmo nesta API, nenhuma capacidade de ativar o Modo Promíscuo foi encontrada.

Nova tentativa para a programação dos módulos escolhidos foi feita através de *toolchains* (conjunto de ferramentas para desenvolvimento de software) da empresa *Espressif* e de um usuário do *Github*, muito utilizado para projetos de ESPs, Sokolovsky (2017). Ambas as *toolchains* são *SDKs* de código aberto. Os *scripts* foram feitos na linguagem C, compilados nessas *SDKs* e transferidos para os módulos ESP. Neste caso, a configuração delas mostrou-se um desafio pois requisitavam uma versão específica do *Ubuntu Linux* que a máquina utilizada para o desenvolvimento não suporta. Também foi testada a utilização de máquinas virtuais mas, novamente, a máquina do desenvolvedor não possui virtualização impossibilitando esta opção.

Em conclusão, apesar do baixo custo e documentação da comunidade aberta, o ESP8266 não foi adotado como sensor, pois não foi possível colocá-lo em modo promíscuo, essencial para detectar pacotes entre dispositivo e os pontos de acesso inviabilizando completamente o uso desta plataforma mesmo esta sendo a mais adequada e promissora no ponto de vista da construção de um produto final por seu extremo baixo custo.

Figura 5 – Código em C compilado e implantado em um ESP8266

```
1 /*  
2  ESP8266 CheckFlashConfig by Markus Sattler  
3  
4  This sketch tests if the EEPROM settings of the IDE match to the Hardware  
5  
6  */  
7  
8 void setup(void) {  
9   Serial.begin(115200);  
10 }  
11  
12 void loop() {  
13  
14   uint32_t realSize = ESP.getFlashChipRealSize();  
15   uint32_t ideSize = ESP.getFlashChipSize();  
16   FlashMode_t ideMode = ESP.getFlashChipMode();  
17  
18   Serial.printf("\nCheckFlashConfig running\n");  
19  
20   Serial.printf("\tFlash real id:  %08X\n", ESP.getFlashChipId());  
21   Serial.printf("\tFlash real size: %u\n\n", realSize);  
22  
23   Serial.printf("\tFlash ide size: %u\n", ideSize);  
24   Serial.printf("\tFlash ide speed: %u\n", ESP.getFlashChipSpeed());  
25   Serial.printf("\tFlash ide mode: %s\n", (ideMode == FM_QOUT ? "QOUT" : ideMode == FM_QIO ? "QIO" : ideMode == FM_QOUT ? "QOUT" : ideMode == FM_QIO ? "QIO" : ideMode == FM_QOUT ? "QOUT" : "UNKNOWN"));  
26  
27   if(ideSize != realSize) {  
28     Serial.println("Flash Chip configuration wrong!\n");  
29   } else {  
30     Serial.println("Flash Chip configuration ok.\n");  
31   }  
32 }  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100  
101  
102  
103  
104  
105  
106  
107  
108  
109  
110  
111  
112  
113  
114  
115  
116  
117  
118  
119  
120  
121  
122  
123  
124  
125  
126  
127  
128  
129  
130  
131  
132  
133  
134  
135  
136  
137  
138  
139  
140  
141  
142  
143  
144  
145  
146  
147  
148  
149  
150  
151  
152  
153  
154  
155  
156  
157  
158  
159  
160  
161  
162  
163  
164  
165  
166  
167  
168  
169  
170  
171  
172  
173  
174  
175  
176  
177  
178  
179  
180  
181  
182  
183  
184  
185  
186  
187  
188  
189  
190  
191  
192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200  
201  
202  
203  
204  
205  
206  
207  
208  
209  
210  
211  
212  
213  
214  
215  
216  
217  
218  
219  
220  
221  
222  
223  
224  
225  
226  
227  
228  
229  
230  
231  
232  
233  
234  
235  
236  
237  
238  
239  
240  
241  
242  
243  
244  
245  
246  
247  
248  
249  
250  
251  
252  
253  
254  
255  
256  
257  
258  
259  
260  
261  
262  
263  
264  
265  
266  
267  
268  
269  
270  
271  
272  
273  
274  
275  
276  
277  
278  
279  
280  
281  
282  
283  
284  
285  
286  
287  
288  
289  
290  
291  
292  
293  
294  
295  
296  
297  
298  
299  
300  
301  
302  
303  
304  
305  
306  
307  
308  
309  
310  
311  
312  
313  
314  
315  
316  
317  
318  
319  
320  
321  
322  
323  
324  
325  
326  
327  
328  
329  
330  
331  
332  
333  
334  
335  
336  
337  
338  
339  
340  
341  
342  
343  
344  
345  
346  
347  
348  
349  
350  
351  
352  
353  
354  
355  
356  
357  
358  
359  
360  
361  
362  
363  
364  
365  
366  
367  
368  
369  
370  
371  
372  
373  
374  
375  
376  
377  
378  
379  
380  
381  
382  
383  
384  
385  
386  
387  
388  
389  
390  
391  
392  
393  
394  
395  
396  
397  
398  
399  
400  
401  
402  
403  
404  
405  
406  
407  
408  
409  
410  
411  
412  
413  
414  
415  
416  
417  
418  
419  
420  
421  
422  
423  
424  
425  
426  
427  
428  
429  
430  
431  
432  
433  
434  
435  
436  
437  
438  
439  
440  
441  
442  
443  
444  
445  
446  
447  
448  
449  
450  
451  
452  
453  
454  
455  
456  
457  
458  
459  
460  
461  
462  
463  
464  
465  
466  
467  
468  
469  
470  
471  
472  
473  
474  
475  
476  
477  
478  
479  
480  
481  
482  
483  
484  
485  
486  
487  
488  
489  
490  
491  
492  
493  
494  
495  
496  
497  
498  
499  
500  
501  
502  
503  
504  
505  
506  
507  
508  
509  
510  
511  
512  
513  
514  
515  
516  
517  
518  
519  
520  
521  
522  
523  
524  
525  
526  
527  
528  
529  
530  
531  
532  
533  
534  
535  
536  
537  
538  
539  
540  
541  
542  
543  
544  
545  
546  
547  
548  
549  
550  
551  
552  
553  
554  
555  
556  
557  
558  
559  
560  
561  
562  
563  
564  
565  
566  
567  
568  
569  
570  
571  
572  
573  
574  
575  
576  
577  
578  
579  
580  
581  
582  
583  
584  
585  
586  
587  
588  
589  
590  
591  
592  
593  
594  
595  
596  
597  
598  
599  
600  
601  
602  
603  
604  
605  
606  
607  
608  
609  
610  
611  
612  
613  
614  
615  
616  
617  
618  
619  
620  
621  
622  
623  
624  
625  
626  
627  
628  
629  
630  
631  
632  
633  
634  
635  
636  
637  
638  
639  
640  
641  
642  
643  
644  
645  
646  
647  
648  
649  
650  
651  
652  
653  
654  
655  
656  
657  
658  
659  
660  
661  
662  
663  
664  
665  
666  
667  
668  
669  
670  
671  
672  
673  
674  
675  
676  
677  
678  
679  
680  
681  
682  
683  
684  
685  
686  
687  
688  
689  
690  
691  
692  
693  
694  
695  
696  
697  
698  
699  
700  
701  
702  
703  
704  
705  
706  
707  
708  
709  
710  
711  
712  
713  
714  
715  
716  
717  
718  
719  
720  
721  
722  
723  
724  
725  
726  
727  
728  
729  
730  
731  
732  
733  
734  
735  
736  
737  
738  
739  
740  
741  
742  
743  
744  
745  
746  
747  
748  
749  
750  
751  
752  
753  
754  
755  
756  
757  
758  
759  
760  
761  
762  
763  
764  
765  
766  
767  
768  
769  
770  
771  
772  
773  
774  
775  
776  
777  
778  
779  
780  
781  
782  
783  
784  
785  
786  
787  
788  
789  
790  
791  
792  
793  
794  
795  
796  
797  
798  
799  
800  
801  
802  
803  
804  
805  
806  
807  
808  
809  
810  
811  
812  
813  
814  
815  
816  
817  
818  
819  
820  
821  
822  
823  
824  
825  
826  
827  
828  
829  
830  
831  
832  
833  
834  
835  
836  
837  
838  
839  
840  
841  
842  
843  
844  
845  
846  
847  
848  
849  
850  
851  
852  
853  
854  
855  
856  
857  
858  
859  
860  
861  
862  
863  
864  
865  
866  
867  
868  
869  
870  
871  
872  
873  
874  
875  
876  
877  
878  
879  
880  
881  
882  
883  
884  
885  
886  
887  
888  
889  
890  
891  
892  
893  
894  
895  
896  
897  
898  
899  
900  
901  
902  
903  
904  
905  
906  
907  
908  
909  
910  
911  
912  
913  
914  
915  
916  
917  
918  
919  
920  
921  
922  
923  
924  
925  
926  
927  
928  
929  
930  
931  
932  
933  
934  
935  
936  
937  
938  
939  
940  
941  
942  
943  
944  
945  
946  
947  
948  
949  
950  
951  
952  
953  
954  
955  
956  
957  
958  
959  
960  
961  
962  
963  
964  
965  
966  
967  
968  
969  
970  
971  
972  
973  
974  
975  
976  
977  
978  
979  
980  
981  
982  
983  
984  
985  
986  
987  
988  
989  
990  
991  
992  
993  
994  
995  
996  
997  
998  
999  
1000  
1001  
1002  
1003  
1004  
1005  
1006  
1007  
1008  
1009  
1010  
1011  
1012  
1013  
1014  
1015  
1016  
1017  
1018  
1019  
1020  
1021  
1022  
1023  
1024  
1025  
1026  
1027  
1028  
1029  
1030  
1031  
1032  
1033  
1034  
1035  
1036  
1037  
1038  
1039  
1040  
1041  
1042  
1043  
1044  
1045  
1046  
1047  
1048  
1049  
1050  
1051  
1052  
1053  
1054  
1055  
1056  
1057  
1058  
1059  
1060  
1061  
1062  
1063  
1064  
1065  
1066  
1067  
1068  
1069  
1070  
1071  
1072  
1073  
1074  
1075  
1076  
1077  
1078  
1079  
1080  
1081  
1082  
1083  
1084  
1085  
1086  
1087  
1088  
1089  
1090  
1091  
1092  
1093  
1094  
1095  
1096  
1097  
1098  
1099  
1100  
1101  
1102  
1103  
1104  
1105  
1106  
1107  
1108  
1109  
1110  
1111  
1112  
1113  
1114  
1115  
1116  
1117  
1118  
1119  
1120  
1121  
1122  
1123  
1124  
1125  
1126  
1127  
1128  
1129  
1130  
1131  
1132  
1133  
1134  
1135  
1136  
1137  
1138  
1139  
1140  
1141  
1142  
1143  
1144  
1145  
1146  
1147  
1148  
1149  
1150  
1151  
1152  
1153  
1154  
1155  
1156  
1157  
1158  
1159  
1160  
1161  
1162  
1163  
1164  
1165  
1166  
1167  
1168  
1169  
1170  
1171  
1172  
1173  
1174  
1175  
1176  
1177  
1178  
1179  
1180  
1181  
1182  
1183  
1184  
1185  
1186  
1187  
1188  
1189  
1190  
1191  
1192  
1193  
1194  
1195  
1196  
1197  
1198  
1199  
1200  
1201  
1202  
1203  
1204  
1205  
1206  
1207  
1208  
1209  
1210  
1211  
1212  
1213  
1214  
1215  
1216  
1217  
1218  
1219  
1220  
1221  
1222  
1223  
1224  
1225  
1226  
1227  
1228  
1229  
1230  
1231  
1232  
1233  
1234  
1235  
1236  
1237  
1238  
1239  
1240  
1241  
1242  
1243  
1244  
1245  
1246  
1247  
1248  
1249  
1250  
1251  
1252  
1253  
1254  
1255  
1256  
1257  
1258  
1259  
1260  
1261  
1262  
1263  
1264  
1265  
1266  
1267  
1268  
1269  
1270  
1271  
1272  
1273  
1274  
1275  
1276  
1277  
1278  
1279  
1280  
1281  
1282  
1283  
1284  
1285  
1286  
1287  
1288  
1289  
1290  
1291  
1292  
1293  
1294  
1295  
1296  
1297  
1298  
1299  
1300  
1301  
1302  
1303  
1304  
1305  
1306  
1307  
1308  
1309  
1310  
1311  
1312  
1313  
1314  
1315  
1316  
1317  
1318  
1319  
1320  
1321  
1322  
1323  
1324  
1325  
1326  
1327  
1328  
1329  
1330  
1331  
1332  
1333  
1334  
1335  
1336  
1337  
1338  
1339  
1340  
1341  
1342  
1343  
1344  
1345  
1346  
1347  
1348  
1349  
1350  
1351  
1352  
1353  
1354  
1355  
1356  
1357  
1358  
1359  
1360  
1361  
1362  
1363  
1364  
1365  
1366  
1367  
1368  
1369  
1370  
1371  
1372  
1373  
1374  
1375  
1376  
1377  
1378  
1379  
1380  
1381  
1382  
1383  
1384  
1385  
1386  
1387  
1388  
1389  
1390  
1391  
1392  
1393  
1394  
1395  
1396  
1397  
1398  
1399  
1400  
1401  
1402  
1403  
1404  
1405  
1406  
1407  
1408  
1409  
1410  
1411  
1412  
1413  
1414  
1415  
1416  
1417  
1418  
1419  
1420  
1421  
1422  
1423  
1424  
1425  
1426  
1427  
1428  
1429  
1430  
1431  
1432  
1433  
1434  
1435  
1436  
1437  
1438  
1439  
1440  
1441  
1442  
1443  
1444  
1445  
1446  
1447  
1448  
1449  
1450  
1451  
1452  
1453  
1454  
1455  
1456  
1457  
1458  
1459  
1460  
1461  
1462  
1463  
1464  
1465  
1466  
1467  
1468  
1469  
1470  
1471  
1472  
1473  
1474  
1475  
1476  
1477  
1478  
1479  
1480  
1481  
1482  
1483  
1484  
1485  
1486  
1487  
1488  
1489  
1490  
1491  
1492  
1493  
1494  
1495  
1496  
1497  
1498  
1499  
1500  
1501  
1502  
1503  
1504  
1505  
1506  
1507  
1508  
1509  
1510  
1511  
1512  
1513  
1514  
1515  
1516  
1517  
1518  
1519  
1520  
1521  
1522  
1523  
1524  
1525  
1526  
1527  
1528  
1529  
1530  
1531  
1532  
1533  
1534  
1535  
1536  
1537  
1538  
1539  
1540  
1541  
1542  
1543  
1544  
1545  
1546  
1547  
1548  
1549  
1550  
1551  
1552  
1553  
1554  
1555  
1556  
1557  
1558  
1559  
1560  
1561  
1562  
1563  
1564  
1565  
1566  
1567  
1568  
1569  
1570  
1571  
1572  
1573  
1574  
1575  
1576  
1577  
1578  
1579  
1580  
1581  
1582  
1583  
1584  
1585  
1586  
1587  
1588  
1589  
1590  
1591  
1592  
1593  
1594  
1595  
1596  
1597  
1598  
1599  
1600  
1601  
1602  
1603  
1604  
1605  
1606  
1607  
1608  
1609  
1610  
1611  
1612  
1613  
1614  
1615  
1616  
1617  
1618  
1619  
1620  
1621  
1622  
1623  
1624  
1625  
1626  
1627  
1628  
1629  
1630  
1631  
1632  
1633  
1634  
1635  
1636  
1637  
1638  
1639  
1640  
1641  
1642  
1643  
1644  
1645  
1646  
1647  
1648  
1649  
1650  
1651  
1652  
1653  
1654  
1655  
1656  
1657  
1658  
1659  
1660  
1661  
1662  
1663  
1664  
1665  
1666  
1667  
1668  
1669  
1670  
1671  
1672  
1673  
1674  
1675  
1676  
1677  
1678  
1679  
1680  
1681  
1682  
1683  
1684  
1685  
1686  
1687  
1688  
1689  
1690  
1691  
1692  
1693  
1694  
1695  
1696  
1697  
1698  
1699  
1700  
1701  
1702  
1703  
1704  
1705  
1706  
1707  
1708  
1709  
1710  
1711  
1712  
1713  
1714  
1715  
1716  
1717  
1718  
1719  
1720  
1721  
1722  
1723  
1724  
1725  
1726  
1727  
1728  
1729  
1730  
1731  
1732  
1733  
1734  
1735  
1736  
1737  
1738  
1739  
1740  
1741  
1742  
1743  
1744  
1745  
1746  
1747  
1748  
1749  
1750  
1751  
1752  
1753  
1754  
1755  
1756  
1757  
1758  
1759  
1760  
1761  
1762  
1763  
1764  
1765  
1766  
1767  
1768  
1769  
1770  
1771  
1772  
1773  
1774  
1775  
1776  
1777  
1778  
1779  
1780  
1781  
1782  
1783  
1784  
1785  
1786  
1787  
1788  
1789  
1790  
1791  
1792  
1793  
1794  
1795  
1796  
1797  
1798  
1799  
1800  
1801  
1802  
1803  
1804  
1805  
1806  
1807  
1808  
1809  
1810  
1811  
1812  
1813  
1814  
1815  
1816  
1817  
1818  
1819  
1820  
1821  
1822  
1823  
1824  
1825  
1826  
1827  
1828  
1829  
1830  
1831  
1832  
1833  
1834  
1835  
1836  
1837  
1838  
1839  
1840  
1841  
1842  
1843  
1844  
1845  
1846  
1847  
1848  
1849  
1850  
1851  
1852  
1853  
1854  
1855  
1856  
1857  
1858  
1859  
1860  
1861  
1862  
1863  
1864  
1865  
1866  
1867  
1868  
1869  
1870  
1871  
1872  
1873  
1874  
1875  
1876  
1877  
1878  
1879  
1880  
1881  
1882  
1883  
1884  
1885  
1886  
1887  
1888  
1889  
1890  
1891  
1892  
1893  
1894  
1895  
1896  
1897  
1898  
1899  
1900  
1901  
1902  
1903  
1904  
1905  
1906  
1907  
1908  
1909  
1910  
1911  
1912  
1913  
1914  
1915  
1916  
1917  
1918  
1919  
1920  
1921  
1922  
1923  
1924  
1925  
1926  
1927  
1928  
1929  
1930  
1931  
1932  
1933  
1934  
1935  
1936  
1937  
1938  
1939  
1940  
1941  
1942  
1943  
1944  
1945  
1946  
1947  
1948  
1949  
1950  
1951  
1952  
1953  
1954  
1955  
1956  
1957  
1958  
1959  
1960  
1961  
1962  
1963  
1964  
1965  
1966  
1967  
1968  
1969  
1970  
1971  
1972  
1973  
1974  
1975  
1976  
1977  
1978  
1979  
1980  
1981  
1982  
1983  
1984  
1985  
1986  
1987  
1988  
1989  
1990  
1991  
1992  
1993  
1994  
1995  
1996  
1997  
1998  
1999  
2000  
2001  
2002  
2003  
2004  
2005  
2006  
2007  
2008  
2009  
2010  
2011  
2012  
2013  
2014  
2015  
2016  
2017  
2018  
2019  
2020  
2021  
2022  
2023  
2024  
2025  
2026  
2027  
2028  
2029  
2030  
2031  
2032  
2033  
2034  
2035  
2036  
2037  
2038  
2039  
2040  
2041  
2042  
2043  
2044  
2045  
2046  
2047  
2048  
2049  
2050  
2051  
2052  
2053  
2054  
2055  
2056  
2057  
2058  
2059  
2060  
2061  
2062  
2063  
2064  
2065  
2066  
2067  
2068  
2069  
2070  
2071  
2072  
2073  
2074  
2075  
2076  
2077  
2078  
2079  
2080  
2081  
2082  
2083  
2084  
2085  
2086  
2087  
2088  
2089  
2090  
2091  
2092  
2093  
2094  
2095  
2096  
2097  
2098  
2099  
2100  
2101  
2102  
2103  
2104  
2105  
2106  
2107  
2108  
2109  
2110  
2111  
2112  
2113  
2114  
2115  
2116  
2117  
2118  
2119  
2120  
2121  
2122  
2123  
2124  
2125  
2126  
2127  
2128  
2129  
2130  
2131  
2132  
2133  
2134  
2135  
2136  
2137  
2138  
2139  
2140  
2141  
2142  
2143  
2144  
2145  
2146  
2147  
2148  
2149  
2150  
2151  
2152  
2153  
2154  
2155  
2156  
2157  
2158  
2159  
2160  
2161  
2162  
2163  
2164  
2
```

## 4.2 Raspberry Pi

Após constatado que o ESP8266 não oferece modo promíscuo, foi testado e desenvolvido software para transformar o Raspberry Pi em uma plataforma para hospedar o sensor. Sua principal diferença é o sistema operacional linux (inexistente no ESP8266) que favorece o Raspberry e o alto custo que o desfavorece. Em média no exterior o Raspberry Pi é vendido por USD \$ 35,00 (RASPBERRY PI FOUNDATION, 2016) e no Brasil entre R\$ 270 em Março de 2016 e R\$ 190 em Janeiro de 2017 (mercadolivre.com.br, 2017b).

As vantagens de ter um computador moderno completo sobrepõem seu custo em muitas vezes, dentre as quais destacamos a interface "amigável" com usuário devido ao sistema operacional oferecendo maior nível de abstração (bastando apenas alguns comandos para acessá-los realizar tarefas complexas) e o poder computacional. Além deste recurso a nível de sistema, a comunidade e número de projetos "faça você mesmo" é muito maior que a do ESP8266, devido a sua simplicidade em conectar-se a um monitor e construir protótipos e aplicações.

O RPI3 (*Raspberry Pi 3 Model B*) é um computador *single-board* (única placa) que tem o tamanho próximo ao de um cartão de crédito. Foi desenvolvido pela *Raspberry Pi Foundation* para promover o ensino da computação nas escolas. Este computador possui:

- a) 1 GB RAM;
- b) Processador Gráfico *VideoCore IV 3D*;
- c) ARM CPU de 1.2 GHz quad-core 64-bit.
- d) 4 portas USB;
- e) 40 pinos GPIOs;
- f) Porta HDMI;
- g) Porta *Megabit Ethernet*;
- h) Saída de áudio e vídeo 3.5 mm;
- i) Interface para câmera (CSI) e monitor (DSI);
- j) Leitor para cartão *micro SD*;
- k) *Wi-Fi LAN* embutida 802.11n;
- l) *Bluetooth 4.1* e *Bluetooth Low Energy* (BLE);

### 4.2.1 Disponibilidade no mercado

Para abordar a disponibilidade no mercado devemos também contar os periféricos que são necessários para desenvolver na plataforma RPI3 da mesma maneira que foi feito com o ESP8266.

Figura 6 – Raspiberry Pi 3



Fonte: Elaborada pelo autor

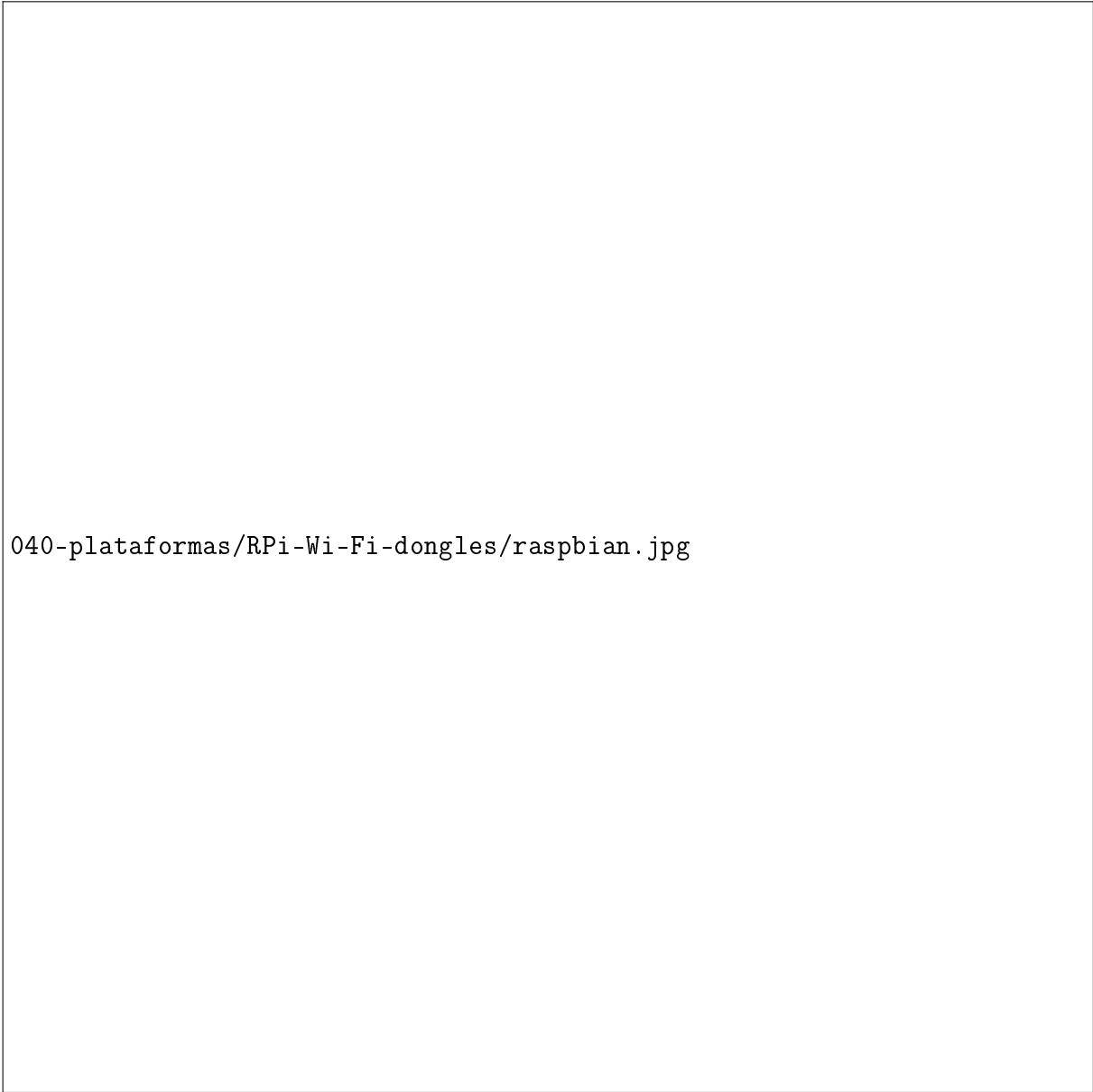
O RPI3 é ligado por uma fonte de 2A, 5V e 10W através de uma entrada micro USB. Para ligá-la, foi adquirido uma fonte USB tipo A para iPad, pois além de poder desconectar o cabo da fonte, facilitando a manutenção, fornece a quantidade exata de amperagem que o computador precisa. A primeira aquisição foi de um carregador de *smartphone* que não forneceu os amperes necessários.

Em comparação com a anterior, esta geração tem uma exigência energética maior, muito disto é devido a *Wi-Fi* integrado que é um destaque desta geração. A antena de cerâmica do adaptador integrado pode ser vista no primeiro plano da fig:rpi-3. Contudo, o

adaptador não possui modo promíscuo e fez-se necessário o uso de adaptadores *Wi-Fi* USB. As recomendações da comunidade quanto a escolha do adaptador USB (também conhecido como *dongle Wi-Fi*) são o *Edimax EW-7811Un* que não é tão comum no Brasil e o *EDUP EP-N85xx* que tem muitos genéricos no mercado nacional.

Como camada de *software* o RPI3 comporta diversos sistemas operacionais que são carregados de seu cartão *microSD*. Alguns exemplos de sistemas compatíveis são *Archlinux*, *OpenELECE*, *Raspbian*, *Risc OS*, *Pidora*, *Kali Linux*, *Windows 10 IoT*, entre outros. Para este trabalho, foi utilizado o *Raspbian* cuja interface é mostrada na fig:raspbian-jessie.

Figura 7 – Raspbian Jessie com Pixel



040-plataformas/RPi-Wi-Fi-dongles/raspbian.jpg

Fonte: Elaborada pelo autor



Portanto Para funcionamento e desenvolvimento de aplicações com RPI3 são necessários componentes extra que são demonstrados na table:custo-rpi.

Tabela 4 – Descrição e custos com Raspberry Pi 3

Produto	Descrição e utilização	Custo
Novo Raspberry Pi 3 (pi3) Quadcore 1.2ghz (10x+rapido) 1gb	Computador hospedeiro do sensor	R\$ 269,99
Fonte Carregador Original Usb Apple Iphone 3 4 4s Ipad 1 2	Fonte com conector USB tipo A que supriu o consumo elétrico do RPI3	R\$ 13,99
Cabo USB com conectores A e Micro-B	Para conectar a fonte ao RPI3	R\$ 2,00 <sup>1</sup>
Cartão Micro Sdhc 16gb Ultra Sd Sandisk Classe 10 30mb/s	Armazena o SO e outros arquivos, a classe indica a velocidade do cartão que implica na velocidade do SO	R\$ 21,99
Mini Adaptador Wireless Wifi Edup Usb 150mbps Raspberry Pi	Adaptador externo Wi-Fi que permite modo promíscuo	R\$ 16,88

Fonte: Produzido pelo autor.

Nota 1: Os cabos USB foram reutilizados de outras aplicações.

#### 4.2.2 Testes e resultados

De maneira análoga à feita com o ESP8266 analisamos a capacidade do Raspberry Pi de operar com sua Wi-Fi em modo promíscuo porém, devido a diferença de camada de software envolvida diferentes ferramentas foram utilizadas.

Neste caso utilizamos as ferramentas airodump e tshark além das ferramentas de Wi-Fi padrões do sistema operacional *raspbian*. Para verificar o modo promíscuo no ambiente raspbian utiliza-se os comandos *ifconfig*, *iwconfig* e *iw*, que são padrão do sistema operacional Debian, como demonstrado a seguir.

```
pi@sensor-01:~ \$ sudo ifconfig wlan0 down
pi@sensor-01:~ \$ sudo iwconfig wlan0 mode monitor
pi@sensor-01:~ \$ sudo ifconfig wlan0 up
```

Este processo é O resultado pode ser observado com o comando

```
pi@sensor-01:~ \$ sudo iwconfig wlan0
wlan0 IEEE 802.11bgn Mode:Monitor Frequency:2.412 GHz Tx-Power=20 dBm
Retry short limit:7 RTS thr:off Fragment thr:off
Power Management:off
```

Quando este processo foi realizado utilizando somente o adaptador de wi-fi integrado no RPi3 o resultado foi negativo portanto outros adaptadores foram necessários.

No ambiente do laboratório encontramos adaptadores wi-fi USB d-link Porém executando o mesmo teste neles não foi possível Ativar o modo promíscuo. Com colega podemos emprestar um terceiro adaptador, este do modelo ePub

Para capturar e avaliar pacotes É necessário uma ferramenta para tal. Na área de segurança da informação podemos encontrar Aero Jump que é utilizado para Avaliar explorar vulnerabilidades de segurança em rede sem fio. Outra área que forneceu uma ferramenta adequada é a área de qualidade de serviço em redes de computadores onde o software wireshark é bem popular, uma interface alternativa do mesmo feita para uso em terminal é chamada tShark.

#### **\*\*Conclusão sobre Raspberry Pi\*\***

O Raspberry foi adotado como o sensor para detectar os dispositivos. O modo promíscuo conseguiu ser acessado através de adaptador/módulo USB Wi-Fi. Mais detalhes sobre a construção e adoção deste computador serão apresentados no capítulo "Construção".

#### **\*\*Comparativo RPi X ESP8266\*\***

Em comparação com o ESP8266, o Raspberry Pi compensou seu custo mais caro devido a facilidade de programação e acesso aos seus recursos e integração e acesso a recursos externos. Além disso, foi possível chegar ao modo promíscuo facilmente através do Bash e do sistema operacional. A seguir, uma tabela comparando as principais características do RPi e do módulo ESP12F.

Figura 8 – Raspbian Jessie com Pixel

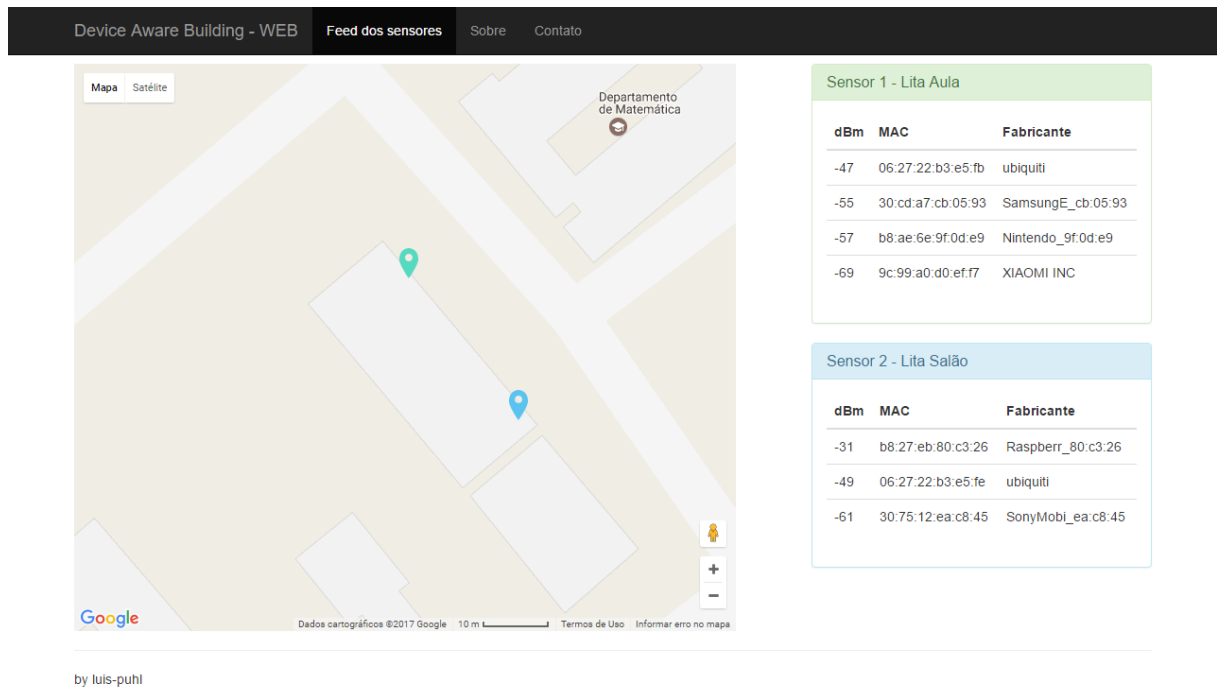
DIY e comparacao/rpi-esp.png

<b>Aspecto</b>	<b>Raspberry Pi 3B</b>	<b>ESP12F</b>
<b>Número de Pinos</b>	40	22
<b>Processamento</b>	1.2 GHz quad-core	80 - 160 MHz
<b>Memória</b>	Depende do cartão SD	4MB
<b>Tamanho</b>	85 x 56 mm	24 x 16 mm
<b>Wifi Embutido</b>	802.11 n	802.11 b/g/n
<b>Sistema Operacional</b>	Linux/ Win 10 IoT	Não possui
<b>Preço</b>	R\$ 250,00	R\$ 22,90

Fonte: Elaborada pelo autor

# 5 CONSTRUÇÃO

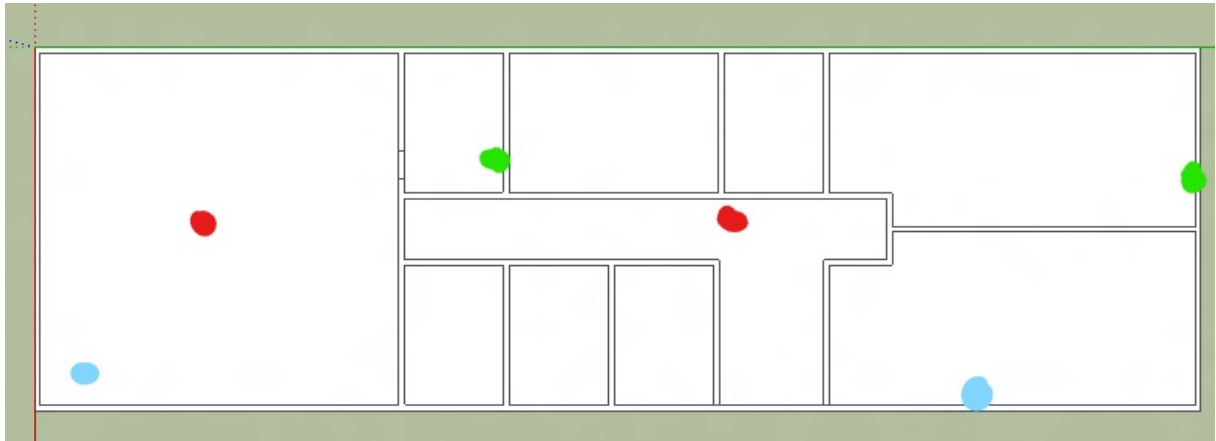
Figura 9 – Web APP



Fonte: Elaborada pelo autor

## 6 TESTES

Figura 10 – Ambiente de teste



Fonte: Elaborada pelo autor

Para entender o ambiente onde a aplicação foi desenvolvida e testada no âmbito de ruído wi-fi e pontos de referência wi-fi foi executada uma captura de teste durante a noite quando ninguém habitava o prédio prototipo.

Nesta captura dois sensores foram utilizados posicionados a menos de 10 centímetros de distância um do outro sobre uma mesa a um metro do chão a captura ocorreu de 2:50 até aproximadamente 11:25 totalizando aproximadamente 8 horas de captura

A captura foi executada com o comando

```
tshark -I -i wlan0 -T fields -E header=y -E quote=d \
-e wlan.sa -e wlan.sa_resolved -e wlan.ta -e wlan.ta_resolved \
-e radiotap.dbm_antsignal -e wlan_mgt.ssid \
>> 2017-01-17--02-48--rpi-02.csv &
```

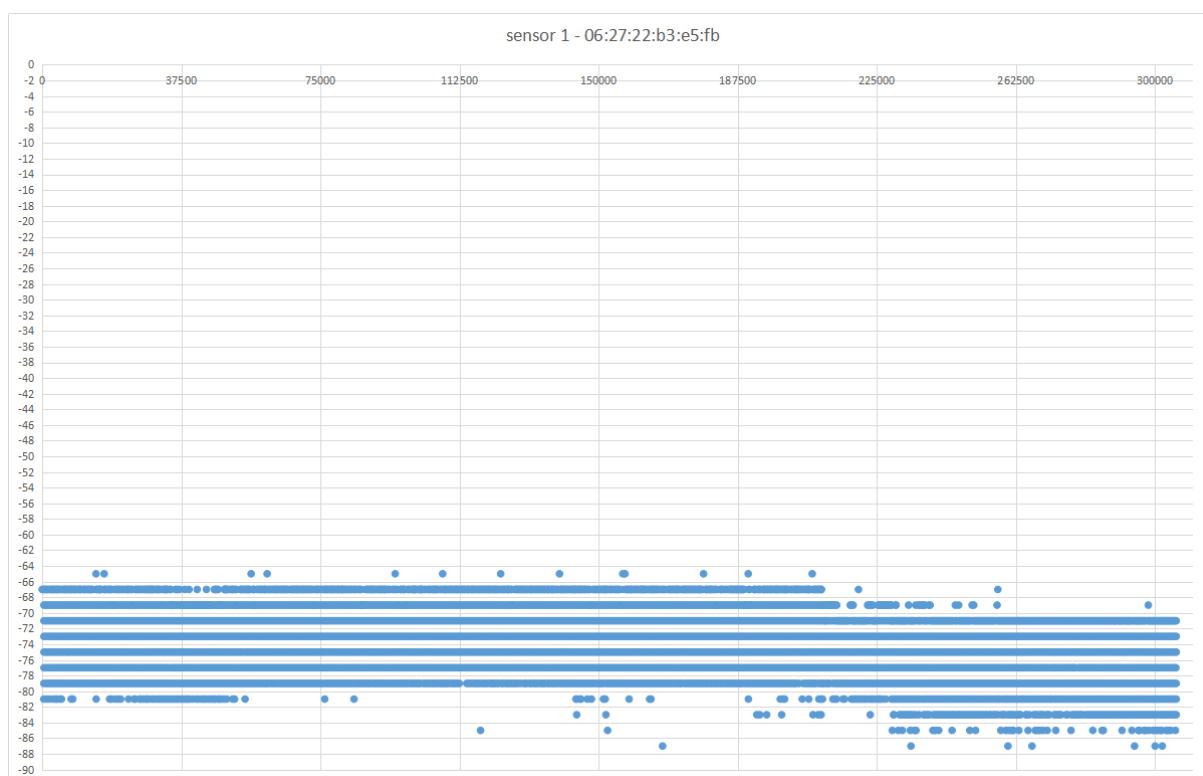
A análise de dados foi feita com a função *summary* da ferramenta *Ron's editor* e a filtragem com a função *Filter* da ferramenta *RecCsvEditor*

<https://www.ronsplace.eu/Products/RonsEditor>

<http://recsveditor.sourceforge.net/>

Para o primeiro sensor foram detidos 1 729 624 pacotes num arquivo de 155MB com 88 transmissores únicos dos quais se destacaram dois endereços MAC que são os pontos de acesso para rede wi-fi do laboratório.

Figura 11 – Distribuição do dBm pelo tempo - 062722b3e5fb sensor 1



Fonte: Elaborada pelo autor

// Modo de uso do tshark na aplicação, utilizar na construção Neste modo de uso os resultados são direcionadas para a saída padrão (stdout) do terminal e podem ser capturados por outro programa no formato de valores separados por vírgula (csv). os campos escolhidos para captura são *wlan.sa*, *wlan.sa\_resolved*, *wlan.ta*, *wlan.ta\_resolved*, *radiotap.dbm\_antsignal* e *wlan\_mgt.ssid*.

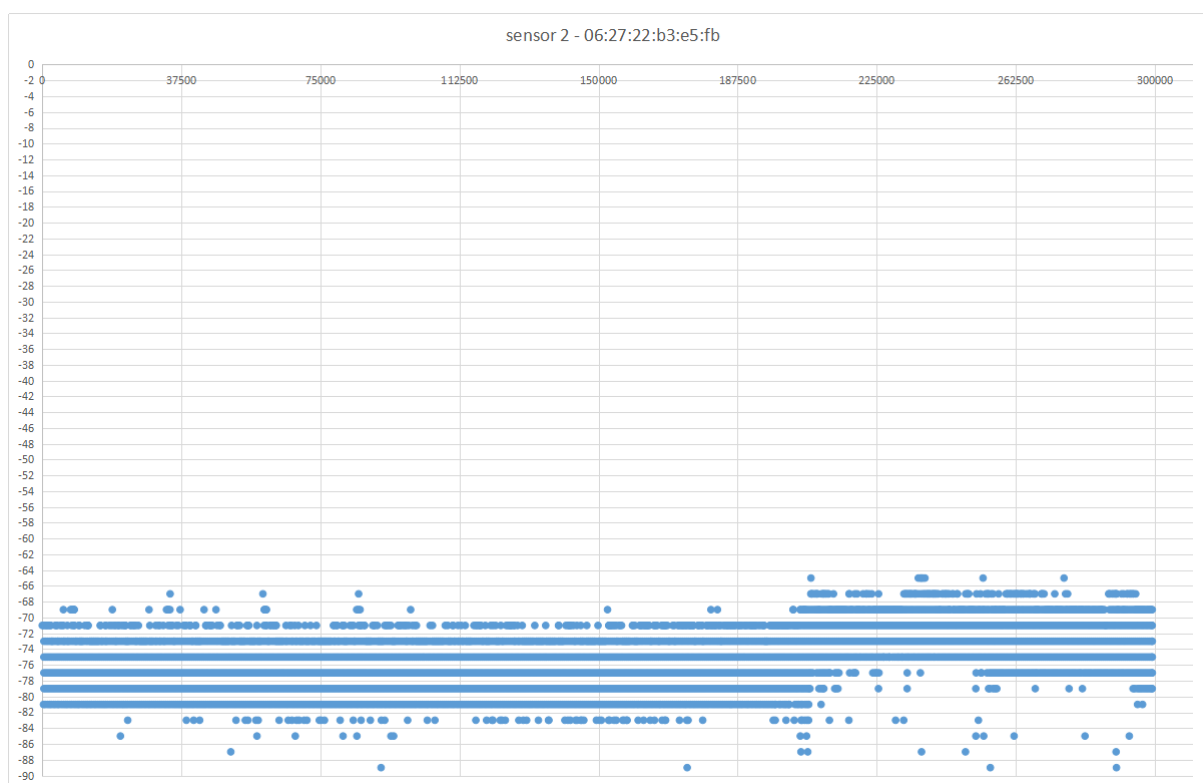
## 6.1 Teste relação de distância com smartphone como objetivo

Para verificar a capacidade dos sensores de localizar contextualmente um dispositivo móvel, smartphone, foi utilizado. Este foi posicionado em duas salas diferentes. Em cada uma das salas foi executada uma captura de 10 minutos. Para que houvesse tráfego na rede o dispositivo móvel foi configurado para receber um stream de vídeo no aplicativo Netflix.

A captura foi realizada utilizando a ferramenta TShark da mesma maneira que é utilizada no aplicativo. A descrição deste modo de operação pode ser encontrada no capítulo de construção.

```
tshark -I -i wlan1 -T fields -E separator=, -E quote=d \
-e wlan.sa -e wlan.sa_resolved -e wlan.ta -e wlan.ta_resolved \
```

Figura 12 – Distribuição do dBm pelo tempo - 062722b3e5fb sensor 2



Fonte: Elaborada pelo autor

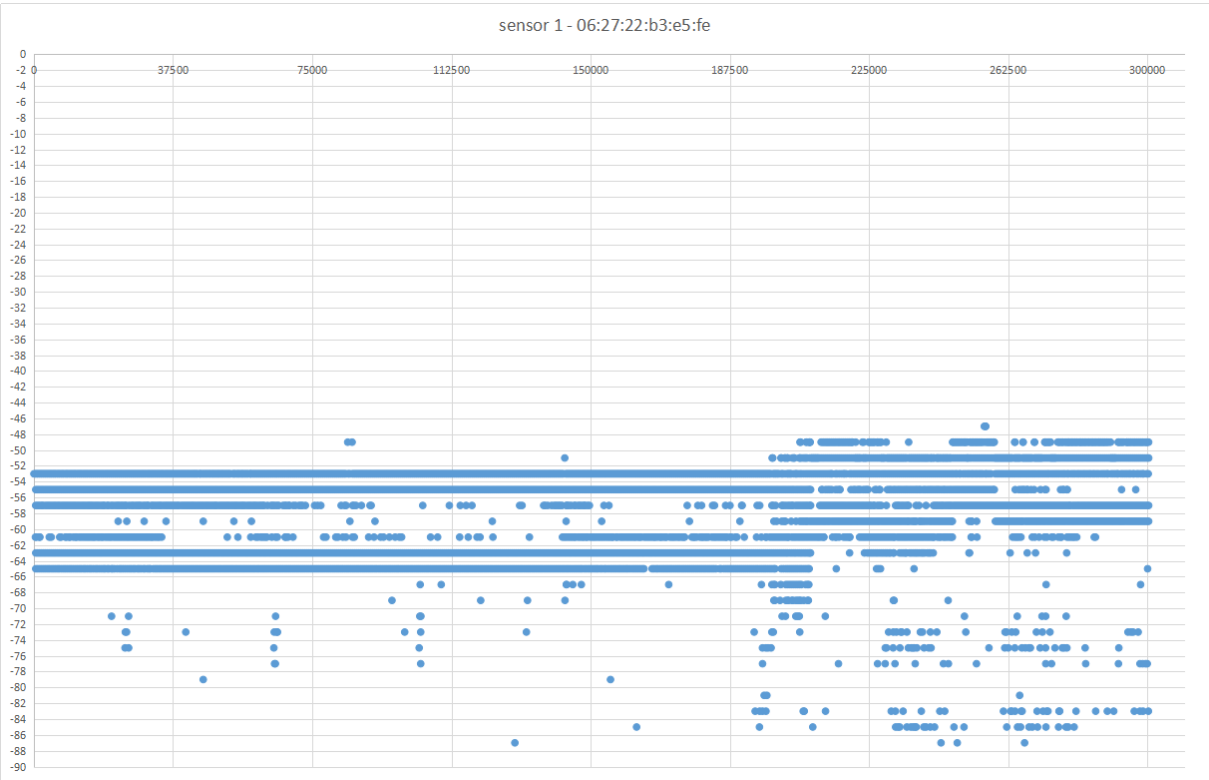
```
-e radiotap.dbm_antsignal -e wlan_mgt.ssid >> sensor-02-distance-test-01.csv
```

Para o primeiro caso o dispositivo estava na mesma sala do sensor número 2 que é a maior sala do prédio com 12 metros de comprimento por 10 metros de largura. Neste caso foram capturados 157736 pacotes totalizando 9.7 megabytes pelo sensor 1 21974 pacotes totalizando 1.9 megabytes de captura pelo sensor 2.

No segundo teste o dispositivo móvel estava posicionado no corredor fora da sala do sensor 1 e distante do sensor 2. Neste teste o sensor 1 capturou 103555 pacotes totalizando 6.4 megabytes de captura e o sensor 2 capturou 22635 pacotes totalizando 2 megabytes de captura.

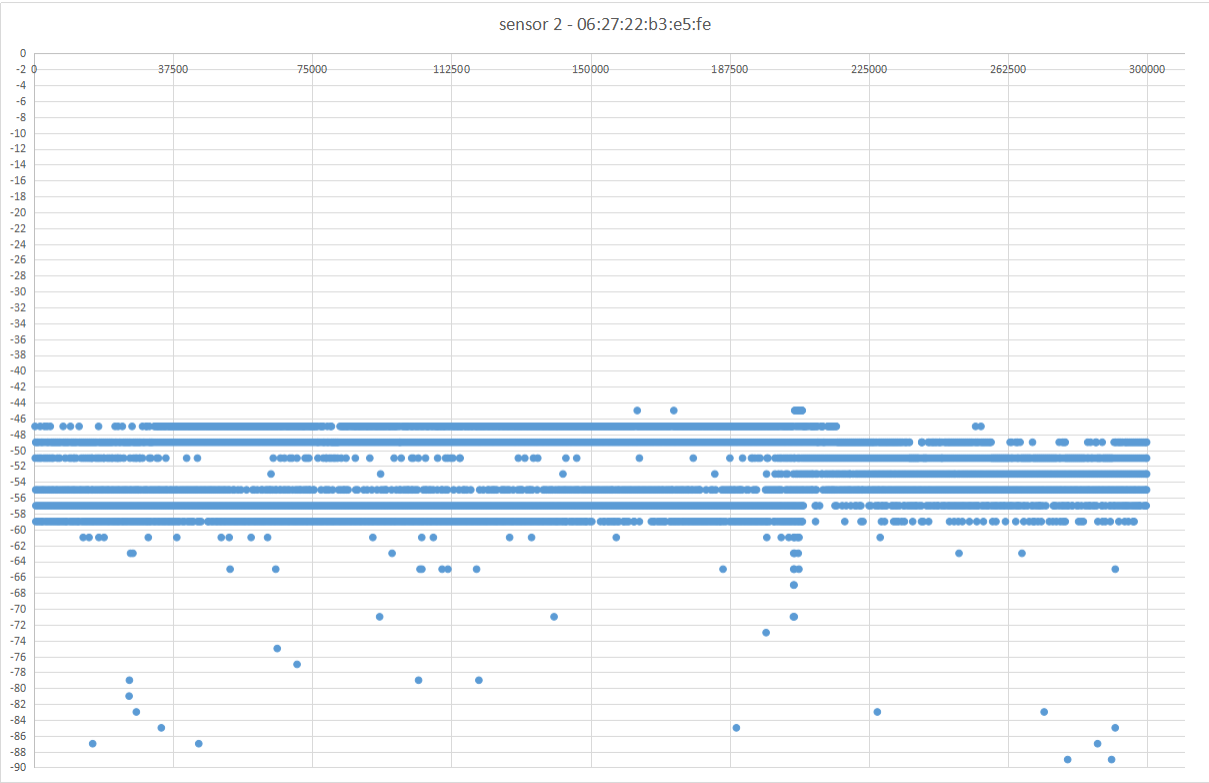
Posteriormente os arquivos de captura foram analisados com a ferramenta *Ron's Editor* para que um sumário fosse construído.

Figura 13 – Distribuição do dBm pelo tempo - 062722b3e5fe sensor 1



Fonte: Elaborada pelo autor

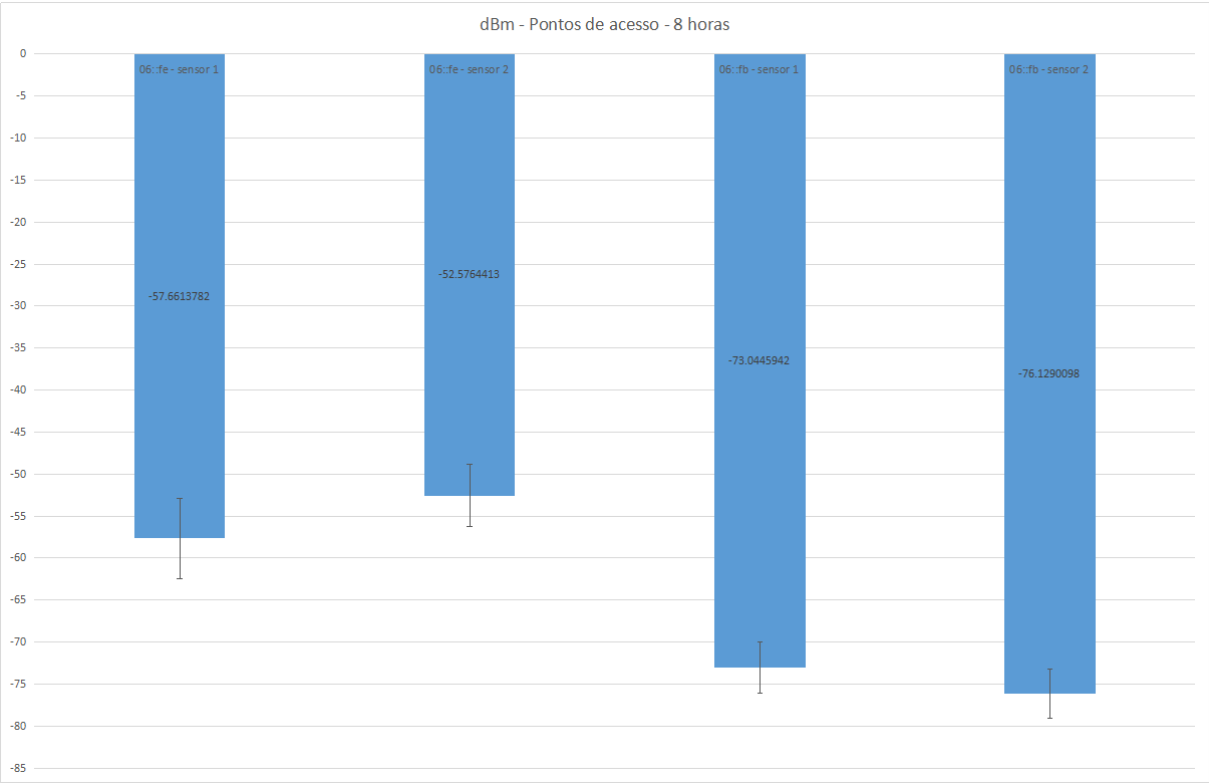
Figura 14 – Distribuição do dBm pelo tempo - 062722b3e5fe sensor 2



Fonte: Elaborada pelo autor

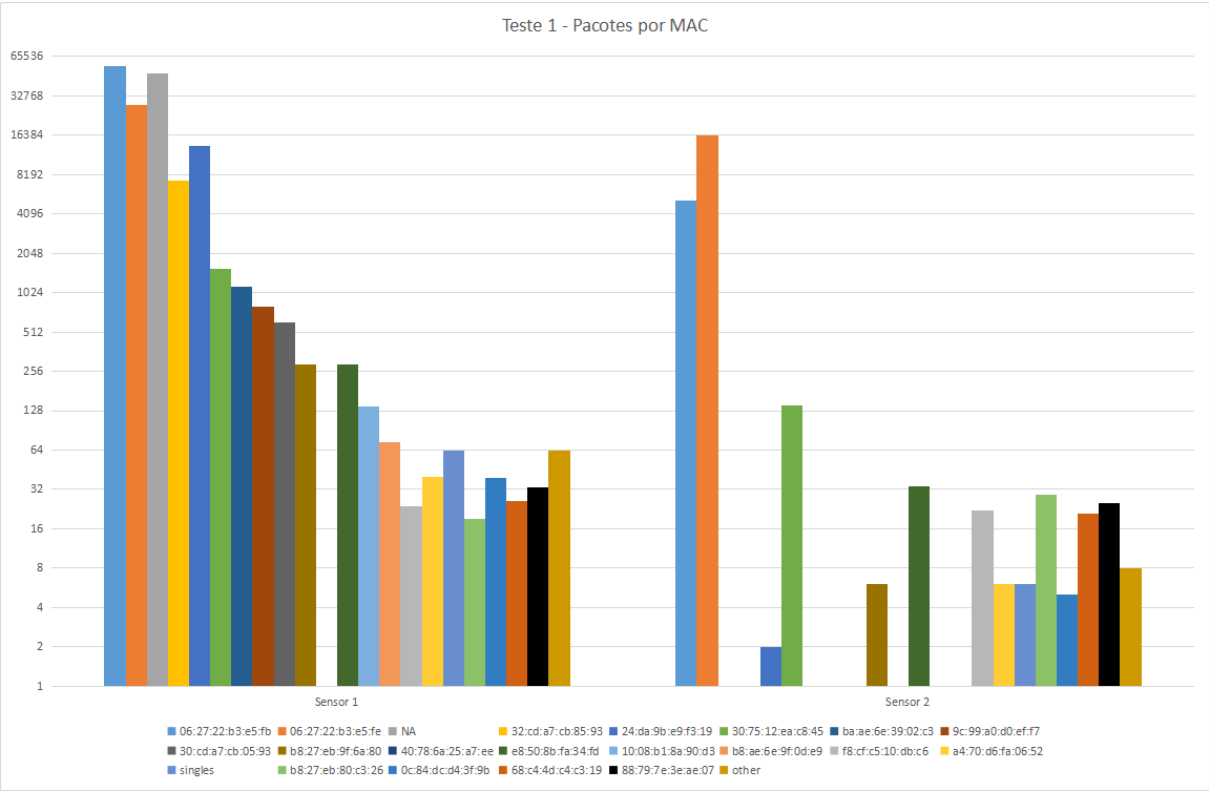


Figura 15 – dBm Pontos de acesso - Acumulado 8 horas



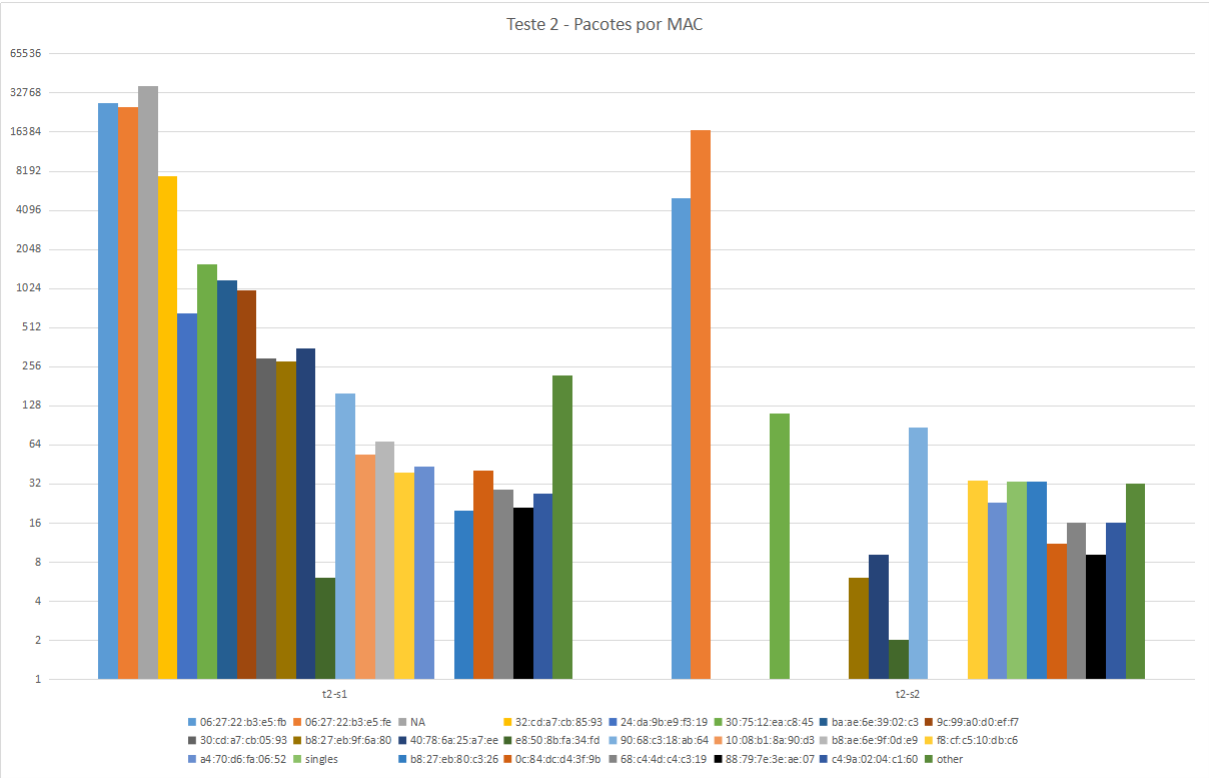
Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 16 – Captura total (noise) - Teste 1



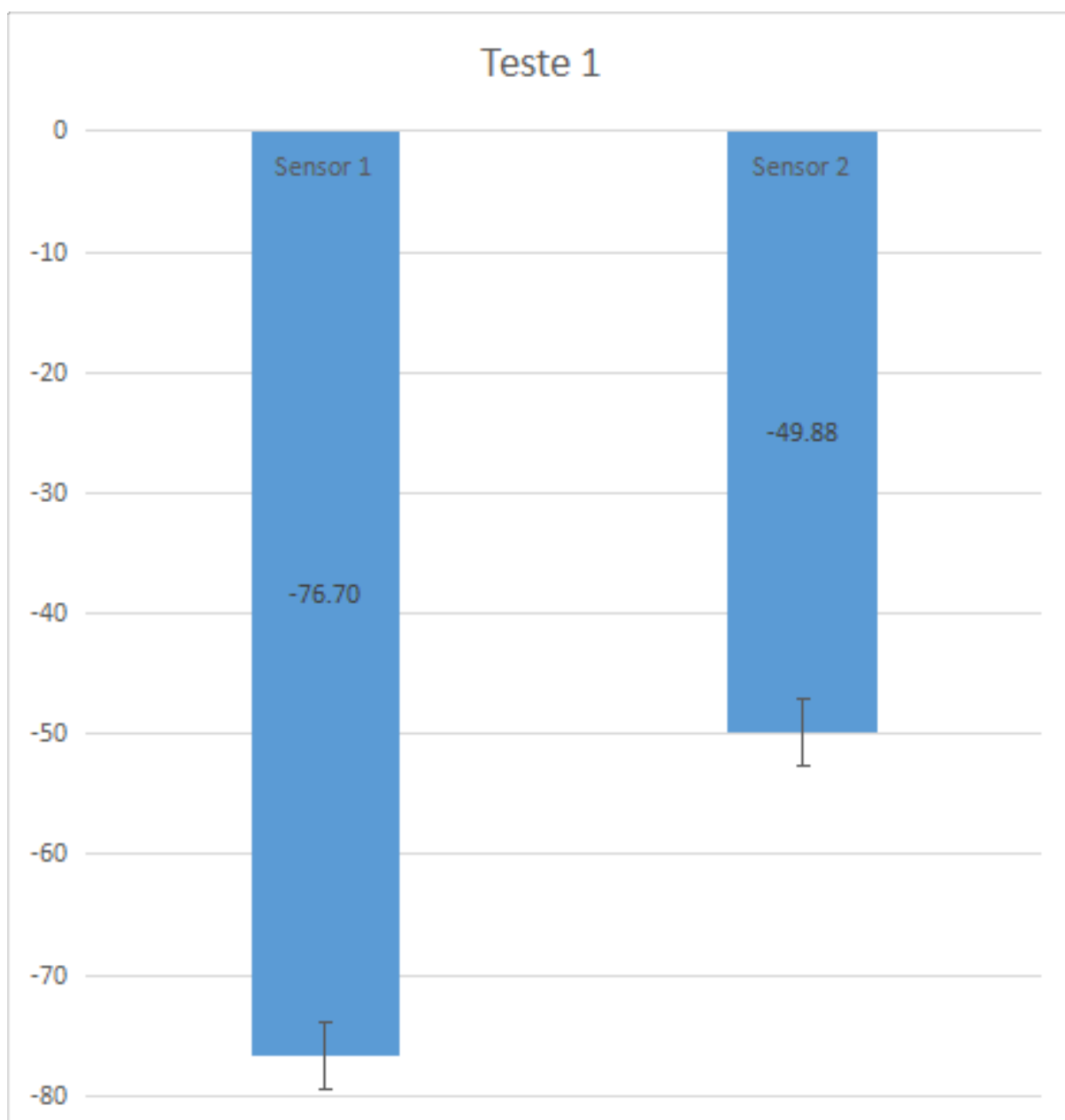
Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 17 – Captura total (noise) - Teste 2



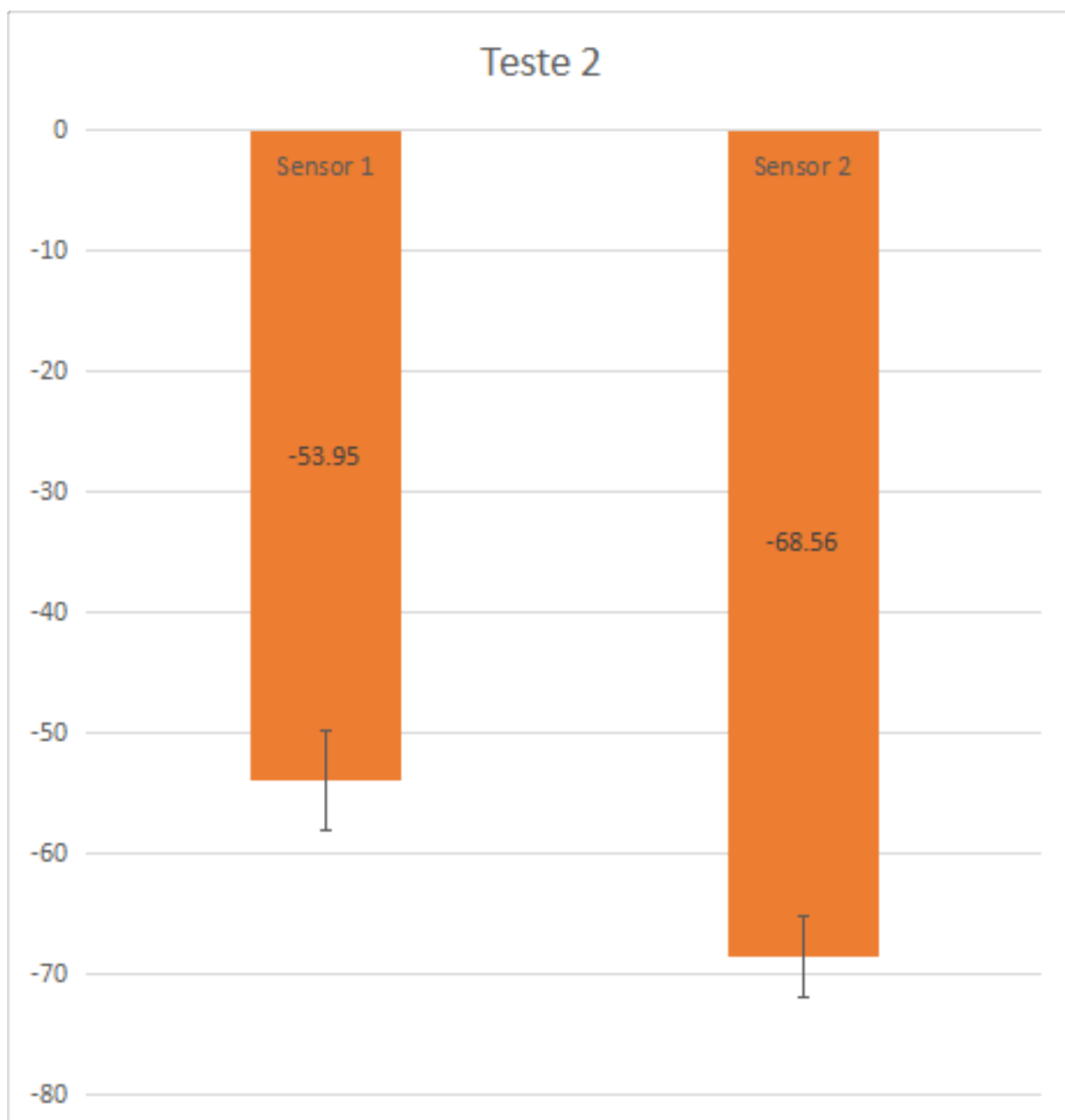
Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 18 – dBm Motorola G4+ - Teste 1



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 19 – dBm Motorola G4+ - Teste 2



Fonte: Elaborada pelo autor

## 7 CONCLUSÃO

# REFERÊNCIAS

ABUSUBAIH, M.; RATHKE, B.; WOLISZ, A. A Dual Distance Measurement Scheme for Indoor IEEE 802 . 11 Wireless Local Area Networks \*. In: *2007 9th IFIP International Conference on Mobile Wireless Communications Networks*. [s.n.], 2007. p. 121–125. ISBN 9781424417209. ISSN 978-1-4244-1719-3. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/4668193/>>. 17

alibaba.com. *Esp-12f Esp8266 Remote Serial Port Wifi Transceiver Wireless Module - Buy Esp8266,Wifi Module,Esp12f Product on Alibaba.com*. 2017. Disponível em: <[https://www.alibaba.com/product-detail/ESP-12F-Esp8266-Remote-Serial-Port\\_60518607068.html?s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/ESP-12F-Esp8266-Remote-Serial-Port_60518607068.html?s=p)>. Acesso em: 2017-01-19. 23

AMAZON. *AWS IoT*. 2016. 1–8 p. Disponível em: <<https://aws.amazon.com/pt/iot/>>. 8

AMAZON. *Definição de preço do AWS IoT – Amazon Web Services*. 2016. 2 p. Disponível em: <<https://aws.amazon.com/pt/iot/pricing/>>. Acesso em: 2016-01-01. 8

ARM. *Welcome to mbed*. 2016. Disponível em: <<https://www.mbed.com/en/>>. Acesso em: 2016-04-19. 8

ASHTON, K. That internet of things thing. *RFID Journal*, v. 22, n. 7, p. 4986, 2009. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>>. 15

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, Elsevier B.V., v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010. ISSN 13891286. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1389128610001568>>. 15

BAHILLO, A. et al. IEEE 802.11 distance estimation based on RTS/CTS two-frame exchange mechanism. In: IEEE. *Vehicular Technology Conference, 2009. VTC Spring 2009. IEEE 69th*. 2009. p. 1–5. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5073583>>. 17, 20

BELLAVISTA, P.; KÜPPER, A.; HELAL, S. Location-based services: Back to the future. *IEEE Pervasive Computing*, v. 7, n. 2, p. 85–89, 2008. ISSN 15361268. 16

BIZER, C.; HEATH, T.; BERNERS-LEE, T. Linked Data - The Story So Far. *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, IGI Global, v. 5, n. 3, p. 1–22, jan 2009. ISSN 1552-6283. Disponível em: <<http://tomheath.com/papers/bizer-heath-berners-lee-ijswis-linked-data.pdf>>. 17

CHEN, G.; KOTZ, D. *A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research*. [S.l.], 2000. v. 3755, n. TR2000-381, 1–16 p. Disponível em: <<http://www.cs.dartmouth.edu/reports/abstracts/TR2000-381/>>. 10

Cisco Blog. *How Many Internet Connections are in the World? Right. Now*. 2013. 2 p. Disponível em: <<http://blogs.cisco.com/news/cisco-connections-counter>>. Acesso em: 2016-04-20. 8

- CROW, B. et al. IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks. *IEEE Communications Magazine*, v. 35, n. 9, p. 116–126, 1997. ISSN 01636804. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=620533>>. 17
- DEY, A. K. Providing Architectural Support for Building Context-Aware Applications. *Sensors Peterborough NH*, v. 16, n. November, p. 97–166, 2000. ISSN 07370024. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=932974>>. 16
- DEY, A. K.; ABOWD, G. D. Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. *Computing Systems*, v. 40, n. 3, p. 304–307, 1999. ISSN 00219266. 16
- DJUKNIC, G. M.; RICHTON, R. E. Geolocation and assisted GPS. *Computer*, v. 34, n. 2, p. 123–125, 2001. ISSN 0018-9162. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=901174>>. 10
- DZONE. THE DZONE GUIDE TO THE INTERNET OF THINGS. *DZone*, p. 32, 2015. Disponível em: <<https://dzone.com/guides/internet-of-things-1>>. 8
- ESP8266.NET. *ESP8266.net home*. 2016. Disponível em: <<http://esp8266.net/>>. Acesso em: 2016-03-29. 8
- Espressif Systems. *Home - espressif/ESP8266\_AT Wiki*. 2014. 4–5 p. Disponível em: <[https://github.com/espressif/ESP8266\\_AT/wiki](https://github.com/espressif/ESP8266_AT/wiki)>. Acesso em: 2017-01-20. 27
- FELDMANN, S. et al. An indoor Bluetooth-based positioning system : concept , Implementation and experimental evaluation. *International Conference on Wireless Networks*, n. JANUARY 2003, p. 109–113, 2003. ISSN 09621105. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/220719209\\_An\\_Indoor\\_Bluetooth-Based\\_Positioning\\_System\\_Concept\\_Implementation\\_and](https://www.researchgate.net/publication/220719209_An_Indoor_Bluetooth-Based_Positioning_System_Concept_Implementation_and)>. 17
- FERREIRA, L. C. P. *Sistema localizador interior de baixo custo*. 2016. Disponível em: <<http://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/6162>>. 17
- FRIEDEMANN, M.; FLOERKEMEIR, C. From the Internet to the Internet of Things. *From Active Data Management to Event-Based Systems and More*, p. 242–259, 2011. ISSN 0302-9743. Disponível em: <<http://www.ulb.tu-darmstadt.de/tocs/79304567.pdf>>. 15
- FUNDATION, R. *Raspberry Pi Zero: the \$5 computer*. 2015. 2 p. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/blog/raspberry-pi-zero/>>. Acesso em: 2016-04-19. 8
- GARTNER. *Gartner Says the Internet of Things Will Transform the Data Center*. 2014. 5 p. Disponível em: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/2684616>>. Acesso em: 2016-04-20. 8
- GARTNER. *Gartner Says 6.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2016, Up 30 Percent From 2015*. 2015. 1 p. Disponível em: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/3165317>>. Acesso em: 2016-03-28. 8
- GOOGLE. *Google for Internet of Things*. 2016. 1–5 p. Disponível em: <<https://cloud.google.com/solutions/iot/>>. 8



HOSSAIN, A. K. M. M.; SOH, W.-S. A Comprehensive Study of Bluetooth Signal Parameters for Localization. In: *2007 IEEE 18th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*. IEEE, 2007. p. 1–5. ISBN 978-1-4244-1143-6. ISSN 2166-9570. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp={&}arnumber=853>>. 17

IBM. *IBM IoT*. 2016. 1–5 p. Disponível em: <<http://www.ibm.com/internet-of-things/>>. Acesso em: 2016-01-01. 8

INTEL. *IoT Solutions / IntelDeveloper Zone*. 2016. 1–4 p. Disponível em: <<https://software.intel.com/en-us/articles/a-fast-flexible-and-scalable-path-to-commercial-iot-solutions>>. 8

International Telecommunication Union. Overview of the Internet of things. *Series Y: Global information infrastructure, internet protocol aspects and next-generation networks - Frameworks and functional architecture models*, p. 22, 2012. Disponível em: <<http://handle.itu.int/11.1002/1000/11559>>. 15

JAMES, M. The Ultimate Scrum Reference Card. *Dzone*, p. 6, 2016. Disponível em: <<https://dzone.com/refcardz/scrum>>. 20

KAUFMANN, A.; DOLAN, K. *Price Comparison: Google Cloud vs AWS*. [S.l.], 2015. 16 p. Disponível em: <<https://cloud.google.com/files/esg-whitepaper.pdf>>. 8

KRANENBURG, R. van. The Sensing Planet: Why The Internet Of Things Is The Biggest Next Big Thing. *Co.CREATE*, p. 1–8, 2012. Disponível em: <<http://www.fastcocreate.com/1681563/the-sensing-planet-why-the-internet-of-things-is-the-biggest-next-big-thing>>. 8

LANZISERA, S.; ZATS, D.; PISTER, K. S. J. Radio Frequency Time-of-Flight Distance Measurement for Low-Cost Wireless Sensor Localization. *IEEE Sensors Journal*, v. 11, n. 3, p. 837–845, mar 2011. ISSN 1530-437X. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/5701645/>>. 19

LEMONS, A. A Comunicação das Coisas: Internet das Coisas e Teoria Ator-Rede. p. 1–23, 2013. 8

mercadolivre.com.br. *Modulo Esp8266 Esp-12e Wireless Wifi em Mercado Livre*. 2017. Disponível em: <<https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-788100073-modulo-esp8266-esp-12e-wireless-wifi>>. Acesso em: 2017-01-20. 23

mercadolivre.com.br. *Novo Raspberry Pi 3 (pi3) Quadcore 1.2ghz (10x+rapido) 1gb - R\$ 189,99 em Mercado Livre*. 2017. Disponível em: <<https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-745485654-novo-raspberry-pi-3-pi3-quadcore-12ghz-10xrapido-1gb>>. Acesso em: 2017-01-20. 29

MICROSOFT. *The Internet of Your Things*. 2016. Disponível em: <<https://dev.windows.com/en-US/iot>>. 8

ORACLE. *Oracle IoT*. 2016. 3–5 p. Disponível em: <<https://www.oracle.com/solutions/internet-of-things/index.html>>. 8

PASCALAU, E.; NALEPA, G. J.; KLUZA, K. Towards a Better Understanding of. *Proceedings of the 2013 Federated Conference on Computer Science and Information Systems*, p. 959–962, 2013. ISSN 1743-9213. 16

- RASPBERRY PI FOUNDATION. *Raspberry Pi 3 Model B - Raspberry Pi*. 2016. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>>. Acesso em: 2016-05-16. 18, 29
- ROMÁN, M.; CAMPBELL, R. H. A Model for Ubiquitous Applications. 2001. Disponível em: <<http://www.ncstrl.org:8900/ncstrl/servlet/search>>. 17
- ROOM-15. *ESP8266 - AT Command Reference*. 2015. 1–21 p. Disponível em: <<https://room-15.github.io/blog/2015/03/26/esp8266-at-command-reference/>>. Acesso em: 2017-01-20. 26
- SOKOLOVSKY, P. *pfalcon/esp-open-sdk: Free and open (as much as possible) integrated SDK for ESP8266/ESP8285 chips*. 2017. 1–4 p. Acesso em: 2017-01-20. 27
- VASISHT, D.; KUMAR, S.; KATABI, D. Decimeter-Level Localization with a Single WiFi Access Point This paper is included in the Proceedings of the Decimeter-Level Localization with a Single WiFi Access Point. *Proceedings of the 13th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI '16)*, 2016. Disponível em: <<https://www.usenix.org/conference/nsdi16/technical-sessions/presentation/vasisht>>. 19
- VUJOVIĆ, V.; MAKSIMOVIĆ, M. Raspberry Pi as a Sensor Web node for home automation. *Computers & Electrical Engineering*, v. 44, p. 153–171, feb 2015. ISSN 00457906. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045790615000257>>. 17
- VUJOVIC, V. et al. Raspberry Pi as Internet of Things hardware : Performances and Constraints Raspberry Pi as Internet of Things hardware : Performances and Constraints. n. JUNE, 2014. 17
- WEISER, M. The Computer for the 21st Century. *Scientific American*, v. 265, n. 3, p. 3–11, sep 1999. ISSN 0036-8733. Disponível em: <<http://www.nature.com/doifinder/10.1038/scientificamerican0991-94http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=329124.329126>>. 8
- WORTMANN, F.; FLÜCHTER, K. *Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*. [s.n.], 2015. v. 57. 221–224 p. ISSN 1867-0202. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s12599-015-0383-3>>. 15

























## Apêndices



# APÊNDICE A – COMPRAS MERCADO LIVRE























1/20/2017

Compras - Mercado Livre

Compras			
Compras:Todas			
<b>Fernando Moreni</b> 11 981029845 <a href="#">Enviar mensagem</a>	 <b>Esp8266 Placa Para Soldar - Esp-07, Esp-08, Esp-12, Esp-12e</b> R\$ 3,45 x 5 unidades	 Pago  Entregue <input type="checkbox"/> Você o qualificou positivo	<a href="#">Ver detalhe</a>
<b>Fernando Moreni</b> 11 981029845 <a href="#">Enviar mensagem</a>	 <b>Módulo Esp8266 Esp-12e Wireless Wifi</b> R\$ 14,90 x 5 unidades	 Pago  Entregue <input type="checkbox"/> Você o qualificou positivo	<a href="#">Ver detalhe</a>
<b>Filipe William Pinto</b> fwp@fwp.com.br 19 3203-6397	 <b>Ams1117 3,3v (3.3v) - Lm1117 (10 Unidades) - Frete Grátis</b> R\$ 14,99 x 1 unidade	 Pago  A caminho <input type="checkbox"/> Você o qualificou positivo	<a href="#">Ver detalhe</a>
<b>Jose Barreto Da Paixao - Me</b> jkeletronicos1@gmail.com 1156111482	 <b>Kit Lentes Celular Fisheye Macro Wide Moto G Z3 S5 Note 4 5c</b> R\$ 6,99 x 1 unidade	 Pago  Entregue <input type="checkbox"/> Você o qualificou positivo	<a href="#">Ver detalhe</a>
<b>Gabriel Fernandes Dos Santos</b> gblimport10@hotmail.com 11 28879260	 <b>Mini Adaptador Wireless Wifi Edup Usb 150mbps Raspberry Pi</b> R\$ 16,88 x 3 unidades	 Pago  Entregue <input type="checkbox"/> Você o qualificou positivo	<a href="#">Ver detalhe</a>
<b>Michelle Alves</b> rgomes@outlook.com.br 11972329379	 <b>Esp-01 - Módulo Transceptor Serial Wifi Esp8266</b> R\$ 16,80 x 1 unidade	 Pago  Entregue <input type="checkbox"/> Você o qualificou positivo	<a href="#">Ver detalhe</a>
<b>Vison Adapter</b> 11959463754 <a href="#">Enviar mensagem</a>	 <b>Adaptador Usb Serial Ttl Conversor Cp2102</b> R\$ 20,00 x 1 unidade	 Pago  Entregue <input type="checkbox"/> Você o qualificou positivo	<a href="#">Ver detalhe</a>
<b>Clóvis Fritzen</b> clovisf@gmail.com 47 9204-6606	 <b>Conversor Usb Serial Ch340 Rs232 - 3,3v 5v</b> R\$ 6,87 x 1 unidade	 Pago  Entregue <input type="checkbox"/> Você o qualificou positivo	<a href="#">Ver detalhe</a>

1/20/2017

Compras - Mercado Livre

<b>Elton Mascarenhas</b> 11 2788 0062 <a href="#">Enviar mensagem</a>	 <b>Modulo Esp8266 Nodemcu Wifi</b> Automação Robo Arduino Micro Usb R\$ 35,87 x 1 unidade	<div>  Pago   Entregue  <input type="checkbox"/> Você o qualificou positivo </div> <a href="#">Ver detalhe</a>
<b>Gabriel Fernades Dos Santos</b> gblimport10@hotmail.com 11 28879260	 <b>Fonte Carregador Original Usb</b> Apple Iphone 3 4 4s Ipad 1 2 R\$ 13,99 x 2 unidades	<div>  Pago   Entregue  <input type="checkbox"/> Você o qualificou positivo </div> <a href="#">Ver detalhe</a>
<b>Otimos Produtos Comercial Lt..</b> otimosprodutos@globlo.com 11964634745	 <b>Fonte Carregador 10w 2a Usb</b> Iphone Ipod Ipad Smartphone R\$ 29,89 x 1 unidade	<div>  Pago   Entregue  <input type="checkbox"/> Você o qualificou positivo </div> <a href="#">Ver detalhe</a>
<b>Gabriel Fernades Dos Santos</b> gblimport10@hotmail.com 11 28879260	 <b>Fonte Carregador Original Usb</b> Apple Iphone 3 4 4s Ipad 1 2 R\$ 13,99 x 1 unidade	<div>  Pago   Entregue  <input type="checkbox"/> Você o qualificou positivo </div> <a href="#">Ver detalhe</a>
<b>Oscarina Alves De Souza</b> MCNET.COMPRAS@GMAIL.C 11 95195-3141	 <b>Cartão Micro Sdhc 16gb Ultra Sd</b> Sandisk Classe 10 30mb/s R\$ 21,99 x 3 unidades	<div>  Pago   Entregue  <input type="checkbox"/> Você o qualificou positivo </div> <a href="#">Ver detalhe</a>
<b>Sdtronic Eletronica Ltda</b> atacadistasantaefigenia@mai 113455164	 <b>Fonte Usb 5v 2a Celular Gps</b> Android Ipod R\$ 9,90 x 4 unidades	<div>  Pago   Entregue  <input type="checkbox"/> Você o qualificou positivo   Reclamação fechada </div> <a href="#">Ver detalhe</a>
<b>Mgut Brasil Importação Expor...</b> vendas@blingme.com.br 11 982109658	 <b>Novo Raspberry Pi 3 (pi3)</b> Quadcore 1.2ghz (10x+rapido) 1gb R\$ 269,99 x 2 unidades	<div>  Pago   A caminho  Você não qualificou </div> <a href="#">Ver detalhe</a>