

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**  
Faculdade de Ciências - Campus Bauru  
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO  
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

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

---

**Luís Henrique Puhl de Souza**  
Graduando RA 11026006

---

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

BAURU  
2016

LUÍS HENRIQUE PUHL DE SOUZA

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

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso  
de Bacharelado em Ciência da Computa-  
ção da Universidade Estadual Paulista “Jú-  
lio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciên-  
cias, Campus Bauru

BAURU  
2016

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO . . . . .	3
2	PROBLEMA . . . . .	4
2.1	SOBRE SISTEMAS DE POSICIONAMENTO . . . . .	4
3	JUSTIFICATIVA . . . . .	6
4	OBJETIVOS . . . . .	8
4.1	OBJETIVO GERAL . . . . .	8
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS . . . . .	8
5	MÉTODO DE PESQUISA . . . . .	9
6	CRONOGRAMA . . . . .	11
	REFERÊNCIAS . . . . .	12

# 1 INTRODUÇÃO

Recentemente, Internet das Coisas (IoT - *Internet of Things*) vem tomando o foco das atenções de empresas e entusiastas de Tecnologia da Informação (DZONE, 2015) a tal ponto que 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 em 1991 e 1992 (WEISER, 1999) que é entendida pelos autores como “*computação virtualmente onipresente*”. Também para os autores, esta virtual onipresença é base e consequência para a IoT, sendo esta a realizadora da computação ubíqua.

Uma vez contextualizado o mercado e a oportunidade de implementação da computação ubíqua, percebemos 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).

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, 2013).

## 2 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 necessário o contato entre as partes para a existência de uma interação.

Mais ainda, para melhor funcionamento de aplicações como o uso de conteúdo específico para cada usuário e situação é necessário coletar informações contextuais. Para a maioria das aplicações, a informação contextual de maior relevância é a localização física.

Destacamos a necessidade da criação desta informação através de sensores ativos sempre que necessário para que o dispositivo tenha ciência deste contexto em suas tomadas de decisão e para que outros (sistemas, pessoas e coisas) saibam a localização de qualquer dispositivo ao qual têm interesse de interagir.

Um exemplo da 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 um desfibrilador.

### 2.1 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 precisão maior ou igual a oferecida pelo sistema.

Também faz parte do sistema o ponto móvel (MU - *Mobile User*) sobre o qual temos interesse em determinar a posição que é feita pelo PS encontrando uma distância (com dimensão variável de acordo com o método utilizado para adquirir a distância) relativa a um sub-conjunto de RPs. 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 os 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 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. Notamos que para sistemas distribuídos a sincronização de relógios é um problema clássico então o tempo conta 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 (DJUKNIC; 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, propomos 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 em que temos interesse de encontrar o contexto locativo não necessitem de modificações.

### 3 JUSTIFICATIVA

Nossa proposta de IPS é de Posicionamento Remoto localizando dentro de um ambiente fechado dispositivos conectados a internet (IoT Devices) através de redes Wi-Fi e Bluetooth. Mediremos a distância destes MUs (devices) aos RP (sensores) utilizando o resíduo eletromagnético das redes sem fio (*sniffing*) disponibilizando as informações encontradas através de uma REST WEB API.

Sobre o contexto encontrado, propomos 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:

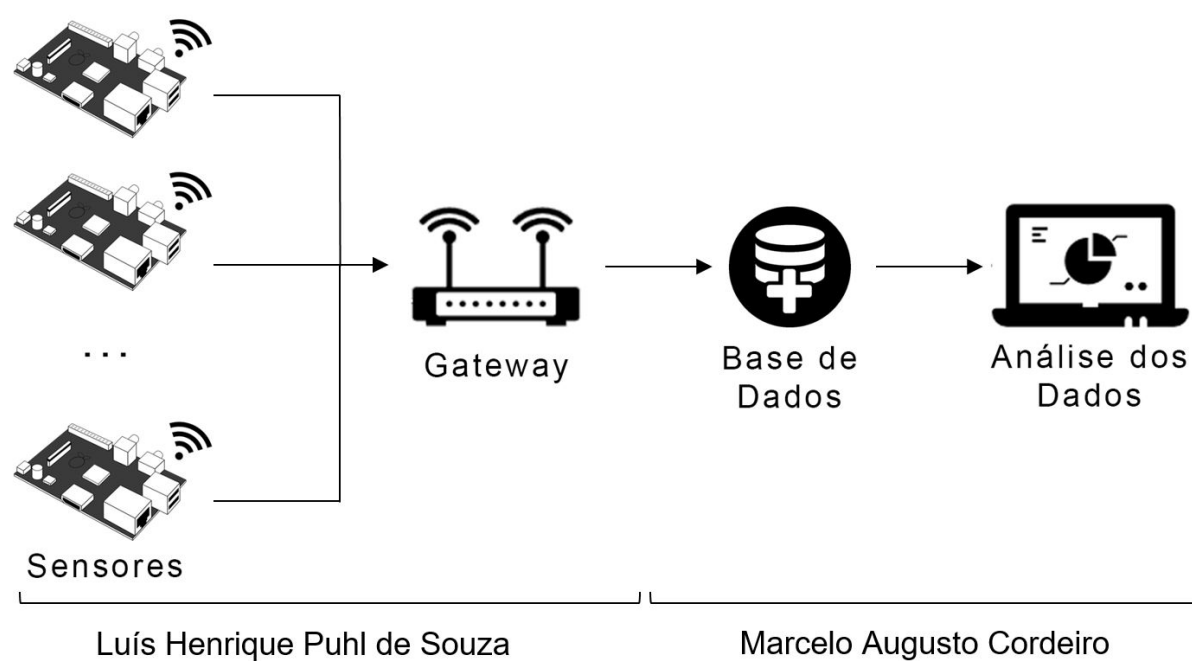
- a) Uma vez encontrada a localização, é mais fácil propagar esta informação do ambiente para o aparelho em comparação ao auto posicionamento, pois a negociação entre o ambiente e o aparelho é nula quando o primeiro contém a informação- o ambiente sempre disponibilizará uma informação coletada para o 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;
- e) Economia de hardware quando menos é exigido de cada dispositivo.

Levamos em conta também a quantidade prevista de em média 5 dispositivos IoT por pessoa que seriam beneficiados sempre que utilizados no ambiente conectado.

A Figura 1 apresenta a arquitetura simplificada de uma aplicação IoT.

Para possibilitar testes em um ambiente real, o projeto aqui proposto será instalado dentro do prédio do Laboratório de Tecnologia da Informação Aplicada (LTIA) da Faculdade de Ciências da Unesp de Bauru.

Figura 1 – Modelo das camadas



Fonte: Marcelo Augusto Cordeiro



## 4 OBJETIVOS

### 4.1 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 desta 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.

### 4.2 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 Bluetooth e Wi-Fi;
- e) Posicionar estes sensores;
- f) construir de um dispositivo agregador de informações dos sensores (*gateway*) e sua interface web (Web REST API - *Representational State Transfer Application Programming Interface*);
- g) Estimar o custo total do projeto piloto incluindo esforço de pesquisa;
- h) Estimar o custo de replicação da aplicação em outros prédios.

## 5 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, propomos estabelecer uma rede de nós sensores colaborativos fixos no ambiente onde deseja-se obter a localização dos dispositivos. As informações de distância serão 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 armazenamento (*MongoDB*) 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 e Bluetooth (*Raspberry Pi 3*).

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 nesta região.

Devido a falta de conteúdo e instrução, utilizaremos prototipagem ágil para este 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 execução do mesmo. 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, utilizaremos uma variante da metodologia *Scrum* (JAMES, 2016) que será adaptada para o projeto. Nela, serão executadas iterações de uma semana em que a cada iteração, uma nova versão melhorada do produto completo (hardware, software, documentação e resultados) será entregue.

Dentro de cada iteração, as camadas da aplicação IoT serão escolhidas, implementadas, justificadas e avaliadas, sendo todo processo documentado. Como resultado

de cada uma delas, será gerado um relatório das mudanças a partir da iteração anterior.

Com mais detalhes, cada iteração cumprirá uma parte de cada objetivo no trabalho completo levando o projeto integralmente para um estágio de completude maior a cada iteração. Serão foco de cada iteração os objetivos abaixo, gerando um relatório utilizado 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 dos sensores;
- c) construir um 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, esperamos 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.

## 6 CRONOGRAMA

Devido a natureza ágil e iterativa da metodologia, o cronograma será dividido em apenas três partes: Levantamento Bibliográfico Inicial, Desenvolvimento Iterativo (Escolha de provedores e fornecedores; Construção, avaliação, teste e manutenção dos sensores e agregadores; Estimativas de custos totais e de replicação e Documentação de desenvolvimento) e Revisão Final. Estas partes serão distribuídas conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Cronograma de Atividades Propostas

Atividade	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
Levantamento Bibliográfico Inicial	X	X							
Escolha de provedores e fornecedores		X	X	X	X	X			
Construção, avaliação e manutenção dos sensores e agregadores			X	X	X	X	X		
Estimativas de custos					X	X	X	X	
Documentação de desenvolvimento			X	X	X	X	X	X	
Revisão Final							X	X	X

Fonte: Produzido pelo autor.

# REFERÊNCIAS

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

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

ARM. *Welcome to mbed*. 2016. Disponível em: <<https://www.mbed.com/en/>>.

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>>.

CHEN, G.; KOTZ, D. *A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research*. Hanover, NH, 2000. Disponível em: <<http://www.cs.dartmouth.edu/reports/TR2000-381.ps.Z>>.

CISCO. *How Many Internet Connections are in the World? Right. Now*. 2013. 2 p. Disponível em: <<http://blogs.cisco.com/news/cisco-connections-counter>>.

DJUKNIC, G. M.; RICHTON, R. E. Geolocation and assisted GPS. *Computer*, v. 34, n. 2, p. 123–125, 2001. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=901174>>.

DZONE. *THE DZONE GUIDE TO THE INTERNET OF THINGS*. p. 32, 2015. Disponível em: <<https://dzone.com/guides/internet-of-things-1>>.

ESP8266.NET. *ESP8266.net home*. 2016. Disponível em: <<http://esp8266.net/>>.

FUNDATION, R. *Raspberry Pi Zero: the \$5 computer*. 2015. 2 p. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/blog/raspberry-pi-zero/>>.

GARTNER. *Gartner Says the Internet of Things Will Transform the Data Center*. 2014. 5 p. Disponível em: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/2684616>>.

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>>.

GOOGLE. *Google for Internet of Things*. 2016. 1–5 p. Disponível em: <<https://cloud.google.com/solutions/iot/>>.

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

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

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

KAUFMANN, A.; DOLAN, K. *Price Comparison: Google Cloud vs AWS*. [S.l.], 2015. 16 p.

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.fastcocrete.com/1681563/the-sensing-planet-why-the-internet-of-things-is-the-biggest-next-big-thing>>.

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

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

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

WEISER, M. The computer for the 21st century. *SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.*, v. 3, n. 3, p. 3–11, 1999. ISSN 1559-1662. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=329124.329126>>.