



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

**Centro de Tecnologia e Ciências**

**Faculdade de Engenharia**

**Fernando de Oliveira Lima**

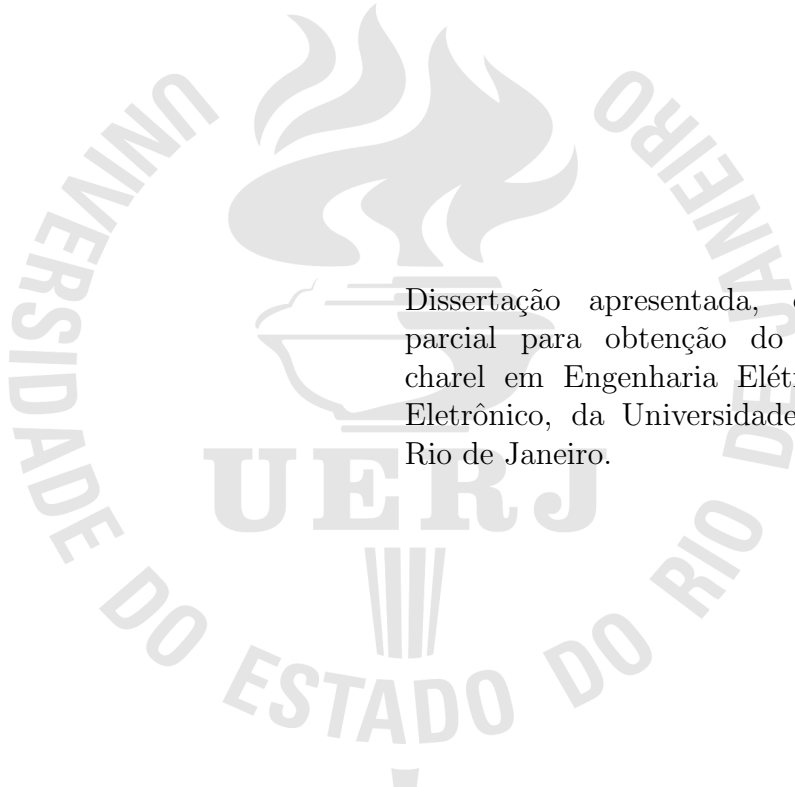
**Sistema Escalável para Aplicações de Internet das Coisas  
utilizando MQTT**

**Rio de Janeiro**

**2018**

Fernando de Oliveira Lima

**Sistema Escalável para Aplicações de Internet das Coisas utilizando MQTT**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica - Sistemas Eletrônico, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Michel Tcheou, DSc

Co-Orientador Prof. Lisandro Lovisolo, DSc

Rio de Janeiro

2018

CATALOGAÇÃO NA FONTE

S237

UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

Sobrenome, Nome do Autor

Título do trabalho / Nome completo do autor. – 2012.  
105 f.

Orientadores: Nome do orientador1;

Nome do orientador1.

Dissertação(Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de  
Janeiro, Faculdade de Engenharia.

Texto a ser informado pela biblioteca

CDU 621:528.8

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta  
dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Nome do Aluno

## **Título do Trabalho**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica - Sistemas Eletrônico, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovado em: 28 de Agosto 2018

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Nome do Professor 1 (Orientador)  
Instituto de Matemática e Estatística da UERJ

---

Prof. Dr. Nome do Professor 2  
Faculdade de Engenharia da UERJ

---

Prof. Dr. Nome do Professor 3  
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ - COPPE

---

Prof. Dr. Nome do Professor 4  
Instituto de Geociências da UFF

---

Prof. Dr. Nome do Professor 5  
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ - COPPE

Rio de Janeiro

2018

## DEDICATÓRIA

Aqui entra sua dedicatória.

## AGRADECIMENTO

Aqui entra seu agradecimento.

É importante sempre lembrar do agradecimento à instituição que financiou sua bolsa, se for o caso...

Agradeço à FAPERJ pela bolsa de Mestrado concedida.

## RESUMO

**LIMA**, Fernando *Sistema Escalável para Aplicações de Internet das Coisas utilizando MQTT*. 105 f. Dissertação (Engenharia Elétrica - Sistemas Eletrônicos) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, 2018.

No meio da revolução dos dados, cresce o interesse em comunicação entre máquinas e compartilhamento de dados telemétricos sobre dispositivos, seja numa fábrica ou em residências. Esta dissertação trata sobre um sistema para aplicações de internet das coisas(IoT) utilizando MQTT a *lingua franca* para publicação de dados telemétricos via TCP/IP. Englobando todos os setores de aquisição dos dados a camada de aplicação em consoles.

Palavras-chave: iot, mqtt, indústria.

## ABSTRACT

In the verge of the data revolution, a growing interest in communication between machines and the sharing of telemetric data on devices rises, whether in a factory or in a residence. This dissertation deals with a system for Internet applications of things (IoT) using MQTT the *lingua franca* for publishing telemetric data via TCP / IP. Encompassing all sectors of data acquisition to the application layer in consoles.

Keywords: iot, mqtt, industry .



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	As três camadas do IoT, dos sensores ao mundo real.....	12
Figura 2	Diferenças entre OSI e TCP/IP em suas camadas .....	14

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	As camadas e e suas funções .....	15
----------	-----------------------------------	----

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1</b>	<b>INDÚSTRIA 4.0 E INTERNET DAS COISAS.....</b>	<b>11</b>
1.1	Internet das Coisas.....	11
1.2	As Camadas do IoT.....	12
1.2.1	Aquisição .....	12
1.2.2	Transmissão .....	13
1.2.3	Aplicação .....	13
1.3	Camadas de Rede .....	14
<b>2</b>	<b>A INTERFACE E SUA LIGAÇÃO COM IOT .....</b>	<b>16</b>
2.1	Algumas tecnologias em IoT .....	16
2.1.1	RFID.....	16
2.1.2	Redes NB .....	16
2.1.3	Low Energy Bluetooth.....	16
2.1.4	Base TCP/IP.....	17
2.2	A Interface.....	17
	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>18</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>19</b>

## INTRODUÇÃO

O cenário atual do desenvolvimento tecnológico encontra-se no meio de uma quarta revolução industrial. Nunca se produziu tantos dados e utilizou-se redes como a própria internet para propaga-los. É de se esperar que tanto o cenário acadêmico e o próprio mercado demandem inovações para o compartilhamento desses dados em tempo real ou próximo disso. Fazendo aquecer o mercado que engloba transporte, análise e inteligência de dados.

Essa revolução possui um nome, Indústria 4.0. Ela engloba todas as áreas que lidam com dados, da análise à rede que distribui os dados. E dentre estas áreas complexas, que envolvem quase todos os subgrupos da engenharia elétrica, encontra-se a Internet das Coisas, ou IoT, como iremos nos referenciar nesta dissertação.

A Internet das Coisas é a rede ou sistema que adquire, compartilha e aplica dados de dispositivos previamente equipados para medir e divulga-los. Ela é derivada métodos de comunicação entre máquinas e telemetria. Pode ser dissecada em três camadas de aquisição, comunicação e aplicação destes dados e pode ser implementada utilizando diversos protocolos de comunicação, dependendo da tecnologia disponível.

Este projeto propõe uma interface para lidar com o a pilha TCP/IP, uma unanimidade em redes que se comunicam com a internet. Podendo se estender para outros protocolos de aplicações de escopo fechado. O foco está no protocolo de aplicação MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), um protocolo que trabalho em cima do TCP/IP, leve e extremamente utilizado para compartilhamento dados telemétricos, de estado e de pequenas mensagens. Oferecendo uma API para tanto a aquisição assim como o recebimento e armazenamento destes dados.

## 1 INDÚSTRIA 4.0 E INTERNET DAS COISAS

A revolução dos dados atingiu praticamente todas as áreas de engenharia elétrica, desde a eletrônica, desenvolvendo dispositivos capazes de receber dados telemétricos, processa-los e envia-los para demais hubs, a servidores de armazenamento de dados, recorrentemente chamados de Data Warehouses. Esse conjunto de mudanças engloba a Indústria 4.0, uma indústria que capta dados de suas máquinas em tempo real em larga escala, analisa, armazena, e utiliza inteligência artificial e estatística, para tomada de decisões estratégicas, contando sempre, é claro, com ajustes humanos.

### 1.1 Internet das Coisas

”A Internet das Coisas tem o potencial de mudar o mundo. Assim como a Internet fez. Talvez até mais” [1]. Uma tradução livre de Rampim [2] da frase de Kevin Ashton, cofundador do Auto-ID Center, em 1999. Apesar de ser um nome feito somente para chamar atenção, foi a primeira citação da expressão Internet das Coisas, e de lá vingou.

Dentre o meio da Indústria 4.0, encontra-se a internet das coisas ou IoT, responsável por estruturar as aplicações de aquisição, transmissão e armazenamento de dados a serem analisados. Não é uma surpresa que este setor envolva áreas como eletrônica, computação e telecomunicações em um pacote só. De fato suas camadas são mundos diferentes interligados a um propósito : transmitir dados sobre um dispositivo e/ou para um dispositivo em tempo real. Segundo a Cisco IBSG [3], há mais objetos conectados que a própria população mundial, fazendo com que o ano de 2009 ser considerado o ano de nascimento do IoT.

Pode-se definir IoT como a estrutura que comunica dispositivos em rede, permitindo a transmissão de dados sobre estes em tempo real. É a ponte que permite a troca de informações sobre um dispositivo, qual seu status, seu desempenho, suas condições físicas e do ambiente ao seu redor. Mas, para que este ciclo esteja completo é necessário camadas que desempenham tarefas específicas, para que o dado chegue a quem ou a o que está esperando.

## 1.2 As Camadas do IoT

Semelhante as camadas de rede, as camadas de IoT também exercem funções específicas no transporte de dados, e a camada acima não necessariamente precisa saber como a inferior funciona, somente precisa dos dados que esta camada entrega e executar suas tarefas sobre estes até chegar ao destino especificado.

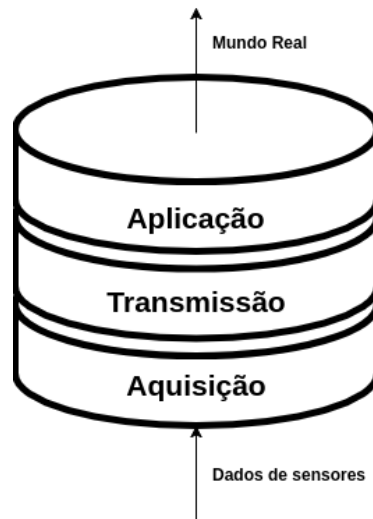


Figura 1 As três camadas do IoT, dos sensores ao mundo real

A primeira camada é a de aquisição de dados, que lida com o mundo físico e amostra estes dados através de sensores e conversores A/D, também realiza o processamento para entregar em um formato adequado para transmissão e entendível do outro lado, dependendo da aplicação. A segunda camada é a camada de transmissão, onde estão, efetivamente, as camadas de rede embutidas. Como o nome já denuncia, ela lida com os aspectos de rede e comunicação para que os dados cheguem aos seus destinos. E por último temos a camada de aplicação, a mais abrangente e que envolve maior poder computacional. Ela recebe os dados e lida com os processos de aplicação destes dados, seja análise, visualização, armazenamento ou a estruturação destes.

### 1.2.1 Aquisição

A etapa de aquisição está inserida diretamente no contexto de dados físicos, geralmente são hardwares menos complexos, focados em processamento de dados e entrada e saída com conversão analógico-digital. Se comunicam com sensores ou centrais de controle lógico. São responsáveis por:

- Receber dados de sensores;
- conversão A/D;
- Processamento e calibragem de valores;
- Envio de dados em tempo real;

Para atender essas tarefas, não é necessário grande poder de processamento, micro-controladores ou microprocessadores são capazes de atender tais necessidades se acompanhados de módulos de rede e portas I/O, assim como a implementação do software. Veremos dois exemplos no capítulo de implementação do projeto, que utilizam tanto MCU (Micro-Controller Units) ou Consoles com Sistemas Operacionais leves.

### 1.2.2 Transmissão

Esta camada é o coração do IoT. A forma de transmissão define quais dispositivos eletrônicos e qual sua especificação técnica necessária para os quesitos de transmissão. Também define como os softwares da camada de aplicação e aquisição devem ser implementados baseado na estrutura da pilha de rede que será usada para transmitir.

Na próxima seção, veremos sobre a camada de rede e suas diversas formas de implementação. É importante que esta camada seja definida da melhor forma a atender sua aplicação, atendendo aspectos:

- quantidade de dados transmitido;
- número de acessos;
- distância entre dispositivos;
- segurança;

### 1.2.3 Aplicação

A camada de aplicação encabeça a pilha do IoT. É ela que de fato trata os dados e realiza as aplicações deste. Ela disponibiliza os dados para o mundo real, podendo exercer múltiplas funções simultâneas incluindo:

- Armazenamento e Análise;

- Visualização;
- Inteligência e aprendizado;
- Serviços e servidores;
- Gerenciamento e configuração;

Nesta camada estão presentes os endpoints apontados pela camada de aquisição, o destino dos dados. Bem assim como os servidores que gerenciam os clientes (geralmente implementados na camada de aquisição) e serviços e configurações oferecidos pelo sistema em si.

### 1.3 Camadas de Rede

Como visto anteriormente, a camada de transmissão basicamente define a infraestrutura do sistema. Ela é construído com as camadas de rede como base. Portanto definir as camadas de rede e seus protocolos é definir a camada de transmissão em si.

Redes de computadores são complexas com diferentes aspectos a se preocupar. Dividir em camadas permite modularizar a implementação da rede, de modo que cada camada tenha uma tarefa na estrutura de comunicação dos aspectos físicos ao software. Como a camada de cima não precisa saber sobre os detalhes e especificações da camada de baixo, as mudanças de uma parte do sistema é transparente para o resto do sistema. Existem diversas formas de implementação de camadas, mas todas se baseiam em um modelo de referência, o modelo OSI [4].

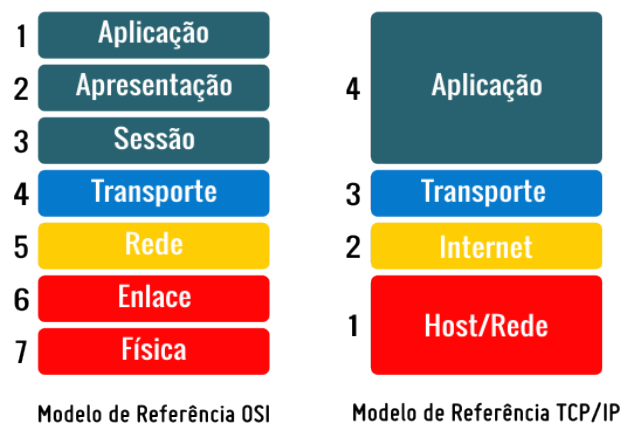


Figura 2 Diferenças entre OSI e TCP/IP em suas camadas



Baseado no modelo OSI. Temos o modelo TCP/IP [5], utilizado na internet e base para protocolos de aplicação muito utilizados como HTTP, WebSocket e MQTT. Em ambos cada camada exerce uma tarefa com seu respectivo protocolo, como resumido na tabela Tabela 1.

Tabela 1 As camadas e e suas funções

CAMADA	DETALHES
7 - Aplicação	Define instruções específicas da aplicação
6 - Apresentação	Formatação dos dados, conversão dos dados
5 - Sessão	Negociação e conexão com outros nós, analogia
4 - Transporte	Oferece métodos para a entrega de end-to-end
3 - Rede	Roteamento de pacotes em uma ou várias redes
2 - Enlace	Detecção de erros;
1 - Física	Aspectos físicos da transmissão

O foco desta literatura está na camada de aplicação e suas funcionalidades. Apesar de diferentes tecnologias utilizarem diferentes camadas abaixo, serão específicas características de protocolos construídos em cima do TCP/IP, por seu uso na Internet e redes industriais, e que sejam eficientes em trocas de mensagens em tempo real.

## 2 A INTERFACE E SUA LIGAÇÃO COM IOT

No capítulo 1, foi visto as bases para se implementar um projeto de IoT. A área começou a receber fortes investimentos e atenção por volta de 2009 e desde então foram feitas consideráveis implementações utilizando tecnologias e protocolos diferentes. Neste capítulo serão apresentados algumas dessas variações, para fins de comparação e respaldo para importância e objetivo deste projeto.

### 2.1 Algumas tecnologias em IoT

Estas são algumas tecnologias que satisfazem as condições apresentadas para um sistema IoT, nem todas utilizam o protocolo TCP/IP, mas todas são capazes de fazer seus dispositivos comunicarem-se em tempo real levando em consideração seus alcances e escalabilidade.

#### 2.1.1 RFID

As primeiras aplicações de IoT foram em laboratórios de aplicações de RFID [2], junto com códigos bidimensionais, para aplicações de identificação de objetos. Uma das soluções mais populares e de baixo custo de IoT utilizando Rádio frequência.

#### 2.1.2 Redes NB

Redes que utilizam bandas restritas visando baixo consumo e distância de transmissão são a nova fronteira, as mensagens de IoT são geralmente curtas, dados telemétricos, status etc, logo estes protocolos mostram-se úteis para este tipo de aplicação. Já se encontram implementadas algumas redes como SigFox [6] e LoRa [7].

#### 2.1.3 Low Energy Bluetooth

As novas gerações de Bluetooth consomem muito menos energia, o que tornaram a tecnologia viável para aplicações IoT. Geralmente, módulos Bluetooth são utilizados como beacons [8]. Pontos espalhados por uma região, no qual podem se comunicar com os módulos de dispositivos mobile ao se aproximar, oferecendo links para conteúdo e exclusividades.

### 2.1.4 Base TCP/IP

As tecnologias mais comuns de se encontrar em aplicações IoT, os protocolos construídos com base no TCP/IP são vastamente utilizados e possuem uma rede mundialmente distribuída, o que facilita o uso. Pode-se implementar uma gama de protocolos de aplicações, alguns mais eficientes que outros.

O protocolo mais simples seria o HTTP, altamente usado na internet, porém não é eficiente no consumo de energia por abrir uma conexão a cada envio de dados. Para minimizar estas desvantagens, foi desenvolvido o CoAP [9] protocolo nos mesmos moldes do HTTP com o modelo REST, porém mais simples, mais leve, com baixo overhead e utilizado em redes locais.

Mas os mais utilizados em aplicações são sem dúvidas os protocolos que mantêm conexão aberta, em especial Websocket e MQTT, sendo o primeiro mais utilizado para chats e mensagens e o segundo domina o mundo do M2M e Telemetria.

## 2.2 A Interface

Inicialmente, os conceitos e ideias do projeto eram voltados a desenvolver uma interface no qual um desenvolvedor poderia implementar um sistema IoT de ponta a ponta utilizando APIs que direcionariam para um desses protocolos da seção 2.1, porém as diferenças entre os protocolos e as camadas de base, fazem com que esta solução esteja mais distante. Então o foco voltou-se para tecnologias que tenham base na pilha TCP/IP, por sua vasta implementação nas redes industriais e residências e na Internet.

Neste projeto iremos ver a implementação desta interface para o protocolo MQTT, cuja escolha será justificada adiante. Serão descritas as interfaces para as três camadas, que são de baixo custo, open-source e altamente escaláveis para construir outras aplicações com esta como base.

## CONCLUSÃO

Aqui entra sua conclusão!!

## REFERÊNCIAS

- [1] ASHTON, K. That 'internet of things' thing. v. 22, p. 97–114, 01 2009.
- [2] DIAS, R. R. de F. *Internet das Coisas sem Mistérios*. [S.l.]: Netpress Books, 2016.
- [3] EVANS, D. *The Internet of Things How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything*. [S.l.], 04 2011.
- [4] ZIMMERMANN, H. Innovations in internetworking. In: PARTRIDGE, C. (Ed.). Norwood, MA, USA: Artech House, Inc., 1988. cap. OSI Reference Model—The ISO Model of Architecture for Open Systems Interconnection, p. 2–9. ISBN 0-89006-337-0. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=59309.59310>>.
- [5] COMER, D. E. *Internetworking with TCP/IP - Volume I: Principles, Protocols and Architecture*. 3. ed. [S.l.]: Prentice Hall, 1995.
- [6] Sigfox. *Sigfox Technology Overview*. Disponível em: <<https://www.sigfox.com/en/sigfox-iot-technology-overview>>. Acesso em: 21/07/2018.
- [7] LoRa Alliance, Inc. LoRaWAN™ 1.0.3 Specification. 2017.
- [8] Endeavor Brasil - Time De Conteúdo. *Beacon: o GPS que ajuda sua marca a localizar as melhores oportunidades*. Disponível em: <<https://endeavor.org.br/estrategia-e-gestao/beacon/>>. Acesso em: 21/07/2018.
- [9] CoAP. *Constrained Application Protocol (CoAP)*. Disponível em: <<http://coap.technology/>>. Acesso em: 21/07/2018.