

# Internet das Coisas - Arquiteturas e Tecnologias

Filipa Correia Parente, José André Martins Pereira, Ricardo André Gomes  
Petronilho

University of Minho, Department of Informatics, 4710-057 Braga, Portugal e-mail:  
{a82145,a82880,a81744}@alunos.uminho.pt

## Índice

<b>1. Introdução .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Contextualização Cronológica .....</b>	<b>3</b>
<b>3. O que é a Internet das Coisas?.....</b>	<b>4</b>
<b>4. Arquiteturas.....</b>	<b>5</b>
<b>5. Protocolos.....</b>	<b>8</b>
5.1 Camada Aplicacional.....	9
5.2 Camada de Descoberta de Serviços.....	10
5.3 Camada de Infraestrutura .....	11
5.4 Outros Protocolos importantes.....	12
<b>6. Afinal como é regulada a Internet das Coisas? .....</b>	<b>14</b>
<b>7. Conclusão .....</b>	<b>15</b>
<b>8. Bibliografia .....</b>	<b>16</b>
<b>9. Webgrafia.....</b>	<b>17</b>

# 1. Introdução

No âmbito da unidade curricular de Redes de Computadores, foi proposto a abordagem de um tema relacionado com a Internet das Coisas (do inglês “Internet of Things” - IoT), uma das inovações tecnológicas emergentes nos dias de hoje. Tendo como base este tema, neste trabalho será abordado o mesmo do ponto de vista da arquitetura e tecnologia existente.

Primeiramente, será introduzido uma pequena contextualização histórica, desde o momento em que o conceito foi pensado, até à sua implementação física, bem como uma pequena explicação do mesmo e o seu papel na sociedade atual.

Numa segunda fase, serão abordados os modelos de arquitetura usados atualmente, e explicadas as camadas/”layers” constituintes de cada arquitetura. Também serão expostos alguns protocolos utilizados na comunicação entre dispositivos que dispõem esta tecnologia associada.

Por último, serão relatados alguns problemas que surgiram em consequência da implementação física, nomeadamente na regulação da atividade, e também as tentativas de resolver esses problemas.

## 2. Contextualização Cronológica

O conceito da comunicação entre dispositivos de forma inteligente, foi primeiramente discutido em 1982 na Universidade Carnegie Mellon, na tentativa de modificar uma máquina de refrigerantes, com objetivo de advertir o utilizador da temperatura da bebida selecionada.

No entanto, o termo Internet das Coisas foi apenas introduzido em 1999 pelos Auto-ID Labs([autoidlabs.org](http://autoidlabs.org)), para descrever a comunicação entre dispositivos RFID (Radio-Frequency IDentification), numa rede rádio frequência (ex: cartões magnéticos de identificação nas instituições).

Atualmente, a Internet das Coisas interliga um número de dispositivos maior do que a população atual (em 2017, aproximadamente 8.4 mil milhões), estimando-se que o mercado em 2020 chegue aos \$7.1 triliões.

### 3. O que é a Internet das Coisas?

A Internet das Coisas conecta diferentes dispositivos heterogêneos, isto é, dispositivos com arquiteturas diferentes (que à partida não conseguiam comunicar entre si) de forma a desenvolver novas aplicações, utilizando os dados recolhidos pelos mesmos com o objetivo de corresponder às necessidades do utilizador comum, tomando decisões autónomas e inteligentes. Como por exemplo um sistema de ar condicionado de uma casa inteligente, que se liga automaticamente tendo em conta vários fatores, como a temperatura ambiente, a presença do utilizador da casa, etc.

Devido ao IoT é possível desenvolver aplicações que antes eram impossíveis, estas estão incluídas em diversas áreas como sistemas: de transporte, de saúde, industriais autónomos, resposta em caso de emergências naturais ou provocadas pelo Homem, sendo tomadas decisões que caso fossem feitas pelo Homem eram menos eficientes e com tempos de resposta inúteis.

## 4. Arquiteturas

A Internet das coisas, como já se referiu anteriormente, interliga aproximadamente um milhão de milhões dispositivos, com arquiteturas diferentes (heterogéneos). Assim necessita-se de uma flexibilidade na arquitetura dos mesmos, para que se possam “entender” /comunicar entre si. A solução rege-se por um modelo único de referência, mas tal não se verifica, existindo várias propostas para este modelo. O projeto IoT-A é exemplo disso, pois concentra-se em desenvolver uma arquitetura comum, analisando as necessidades dos investigadores e indústrias.

Dos modelos propostos, o mais básico, denomina-se por Modelo de três camadas, sendo estas, Perceção, Rede e Aplicação. A camada Perceção, refere-se aos dispositivos que recolhem/processam dados, (sensores, câmaras, RFID, etc..), a rede, é responsável pela comunicação destes dados por WiFi, Bluetooth, RFID, etc; de forma segura até à aplicação que os vai analisar e utilizar.

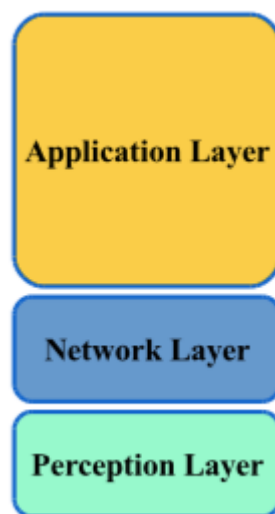


Fig. 1 – Modelo de 3 Camadas (*IEEE COMMUNICATION SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 17, NO. 4, FOURTH QUARTER 2015*)

De modo semelhante, o modelo das cinco camadas é dividido em Objetos/Dispositivos, Abstração de Objetos, Gestão de Serviços, Aplicação e Negócio.

A camada dos Objetos é constituída pelos dispositivos responsáveis pela recolha e processamento de informação, como sensores e atuadores, com diferentes funcionalidades,

como por exemplo: a localização, temperatura, peso, movimento, vibração, aceleração, humidade, etc. Estes dispositivos são responsáveis pela recolha de informação, que necessita de ser transferida, sendo isto responsabilidade da próxima camada, denominada Abstração de Objetos.

A camada de Abstração de Objetos é responsável pela transição da informação desde a camada dos Objetos/Dispositivos até à camada de Gestão de Serviços, através de canais seguros, existindo assim várias tecnologias de transferência de dados como RFID, 3G, GSM, WiFi, Bluetooth, etc, que garantem a segurança dos mesmos, sendo comum também a transferência por gateways, que são dispositivos com maior capacidade de processamento. Após a transição da informação é necessário armazená-la em “cloud” (remotamente) ou armazenamento físico.

A Gestão de Serviços é a camada que permite o trabalho com os diferentes objetos/dispositivos heterogéneos, sem problemas de incompatibilidade da arquitetura dos mesmos, permitindo assim aos programadores o trabalho não específico numa determinada arquitetura (como por exemplo: JVM, GCC, etc.).

A camada designada por Aplicação é requerida pelos clientes/utilizadores, pois aproveitando os dados recolhidos pelos dispositivos heterogéneos, consegue-se tornar aplicações anteriormente simples, em inteligentes e autónomas, que com as informações resultantes dos dispositivos consegue-se dados melhorados para o utilizador. Como por exemplo, casas inteligentes, rede de transportes inteligentes, autonomia industrial, cuidados de saúde inteligente, etc. Abordando mais profundamente, uma casa inteligente, pode ter uma aplicação de ajustamento da temperatura através de sensores próprios para esse efeito, ou a preparação da temperatura ambiente da habitação, face à localização do utilizador da casa, quando regressa à mesma, a regularização da luminosidade face às fases do dia e à luminosidade presente na casa, entre outras utilidades que se conseguem com a IoT.

Por fim, existe a camada responsável pelo controlo de todas as camadas referidas anteriormente, denominada por Negócio. Nesta camada é feito o tratamento de grandes quantidades de dados e um desenvolvimento de um sistema de segurança robusto de forma a garantir a privacidade do utilizador, para realizar decisões inteligentes.

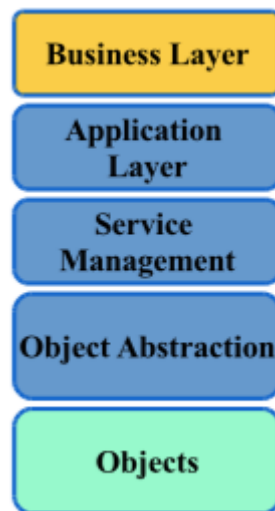


Fig. 2 – Modelo das cinco camadas (*IEEE COMMUNICATION SURVEYS & TUTORIALS*, VOL. 17, NO. 4, FOURTH QUARTER 2015 )

Assim, conclui-se que projetar soluções de IoT é complexo devido à escala, e heterogeneidade dos dispositivos, e conectividade envolvida, pois todas as fases e camadas dos diferentes modelos permitem a compatibilidade de diferentes dispositivos com diferentes arquiteturas, não colocando em causa a informação recolhida pelos sensores, garantindo o processamento destes dados para um fim mais inteligente numa aplicação a ser usada por um utilizador.

## 5. Protocolos

A conexão entre os diferentes dispositivos tem de recorrer a uma linguagem em comum para que todos se “entendam” isto é, têm de seguir certas regras e padrões de comunicação, as mesmas denominam-se de protocolos.

Vários grupos responsáveis pela criação e manutenção de protocolos bastantes usados na internet convencional esforçaram-se para fornecer novos protocolos preparados para aplicações IoT, tais como o grupo CoRE (Constrained RESTful Enviroments), entre outros.

Note-se que maior parte dos protocolos criados para aplicações IoT foram apenas adaptações de protocolos já existentes para cumprir os requisitos de baixo processamento e gasto energéticos reduzidos.

Existem várias referências sobre organização dos protocolos numa aplicação IoT, neste documento vamos referir apenas uma delas, a mesma está representada na figura abaixo. Os protocolos assinalados a vermelhos e o BLE são especificados mais á frente.

STANDARDIZATION EFFORTS IN SUPPORT OF THE IoT

Application Protocol		DDS	CoAP	AMQP	MQTT	MQTT-SN	XMPP	HTTP REST
Service Discovery		mDNS			DNS-SD			
Infrastructure Protocols	Routing Protocol	RPL						
	Network Layer	6LoWPAN					IPv4/IPv6	
	Link Layer	IEEE 802.15.4						
	Physical/ Device Layer	LTE-A	EPCglobal	IEEE 802.15.4		Z-Wave		
Influential Protocols		IEEE 1888.3, IPsec					IEEE 1905.1	

Fig. 3 – Referência da arquitetura protocolar (*IEEE COMMUNICATION SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 17, NO. 4, FOURTH QUARTER 2015*)

Como é possível verificar, de acordo com a referência dada, existem 4 categorias/camadas protocolares. No entanto, para criar uma aplicação IoT completa não é necessário utilizar as 4 camadas, uma vez que tal depende do propósito e implementação da mesma.



De seguida vamos abordar as 4 camadas e detalhar um ou dois protocolos essenciais de cada uma delas.

## 5.1 Camada Aplicacional

O protocolo CoAP (Constrained Application Protocol) criado pelo grupo CoRE é provavelmente o mais usado na camada aplicacional, tem o propósito de transferir dados entre clientes e servidores. O CoAP torna este processo simplificado uma vez utiliza o REST (Representational State Transfer), já usado pelo grupo CoRE, que é baseado em funcionalidades HTTP (HyperText Transfer Protocol) ou seja, permite os desenvolvedores trabalharem com algo que está bem familiarizado, visto que o HTTP é bastante usado na gíria do desenvolvimento de software, tornando assim o processo mais intuitivo.

O CoAP foi criado com o propósito de reduzir ao máximo os gastos energéticos dos dispositivos/ sensores IoT, uma vez que os mesmos, geralmente, encontram-se ligados 24 horas por dia.

Além disso, este protocolo, por padrão, utiliza conexões UDP, sendo ideal para conectar dispositivos IoT uma vez que torna as conexões rápidas e em tempo útil.

### Breve nota explicativa (TCP vs UDP):

- Tanto o TCP como UDP são protocolos usados para transmitir pacotes de bits pela internet. A diferença entre os mesmos assenta na fiabilidade e velocidade de transmissão.
- TCP (Transmission Control Protocol) é o mais seguro e fiável, uma vez que todos os pacotes transmitidos são assegurados que chegam ao destino e sem erros. É normalmente utilizado em ambientes em que a qualidade dos dados é estritamente necessária.
- O UDP (User Datagram Protocol) é mais rápido, uma vez que não testa erros nos dados, ou até que os dados alcançam o destino, é usado, por exemplo, em streams em que a velocidade é mais importante que a correção dos dados.

Note-se que, no entanto, o CoAP tem mecanismos internos de correção de erros na transferência de pacotes.

Na imagem abaixo está representado o fluxo de dados no CoAP:

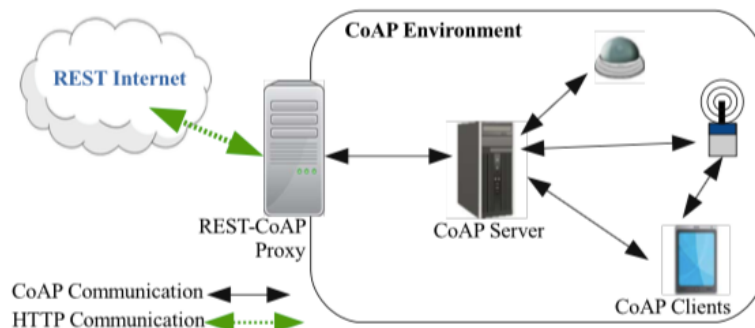


Fig. 4 – Exemplo visual de um sistema que implemente o protocolo CoAP (*IEEE COMMUNICATION SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 17, NO. 4, FOURTH QUARTER 2015*)

Resumidamente, o sistema CoAP torna o ambiente de desenvolvimento interno mais simplificado, enquanto que os sistemas de proxy's convertem os dados internos para um tipo de dados comum ao exterior de forma a que dispositivos IoT fora desse sistema consigam comunicar e vice-versa.

#### Saída de dados do sistema:

- dados CoAP (internos) -> Proxy -> dados Comuns (externos)

#### Entrada de dados do sistema:

- dados Comuns (externos) -> Proxy -> dados CoAP (internos)

Este sistema tem uma API acessível a maior parte das linguagens mais usadas (Java, C, Python, Ruby, JavaScript, Go, ...) o que torna o seu uso mais simplificado e com a documentação existente torna a implementação sustentável.

## **5.2 Camada de Descoberta de Serviços**

Em sistemas IoT com vários dispositivos conectados pela internet é necessária uma forma eficiente de os mapear e identificar. Este procedimento deve ser fiável, no entanto simples e sem necessidade de configurações complexas.

Assim, foram desenvolvidos dois sistemas mDNS e DNS-SD independentes, mas compatíveis, que quando integrados tornam este processo facilitado.

Breve nota explicativa: (O que é DNS?)

- DNS (Domain Name System) é um protocolo usado desde 1985 e é responsável por associar um nome a um IP, mapeando todos os dispositivos conectados à internet, tornando o seu acesso mais intuitivo, uma vez que é mais memorizável e simples procurar um dispositivo através de um nome (ex: [www.facebook.com](http://www.facebook.com)) do que por um IP (ex: 66.220.159.255).

O mDNS (multicast DNS) e DNS-SD (DNS Service Discovery) conjugam um sistema que permite identificar um dispositivo numa rede local de forma bastante facilitada, uma vez que é automaticamente configurado, ficando logo disponível. Isto permite conectar e desligar dispositivos sempre que necessário sem preocupações, pois o sistema não é prejudicado.

Note-se que apesar deste sistema ser usado apenas em redes locais é bastante relevante pois normalmente as aplicações IoT são feitas para smart homes ou empresas em que a conexão dos dispositivos é feita em redes locais.

## 5.3 Camada de Infraestrutura

Esta camada abrange os protocolos que são implementados fisicamente em circuitos eletrónicos com o propósito de transmissão de dados e conectividade entre dispositivos.

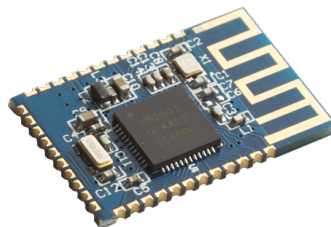


Fig. 5 – Referência da arquitetura protocolar (*IEEE COMMUNICATION SURVEYS & TUTORIALS*, VOL. 17, NO. 4, FOURTH QUARTER 2015)

Um exemplo de um protocolo bastante usado para comunicar entre dispositivos (ex: telemóveis, sensores arduino, etc) é a tecnologia Bluetooth que permite transmitir dados sem fios em distâncias relativamente curtas.

Como foi referido no início desta secção, a tecnologia Bluetooth já tinha sido criada antes de se pensar utiliza-la para sistemas IoT, no entanto procedeu-se á adaptação da mesma para cumprir os requisitos destas novas aplicações.

Desta forma, surgiu o BLE (Bluetooth Low Energy) que como o nome indica adequou esta tecnologia para funcionar através de ondas rádio com energia minimalista, de forma a aumentar exponencialmente a autonomia dos dispositivos. O seu alcance é de cerca de 100 metros (10x mais do que o Bluetooth tradicional) e a latência (tempo de atraso) de transmissão de dados é cerca de 15x mais reduzida. Estas características são o motivo pelo qual esta tecnologia é tão crucial para sistemas IoT.

Muitos outros protocolos surgiram para simplificar a comunicação em aplicações IoT.

## **5.4 Outros Protocolos importantes**

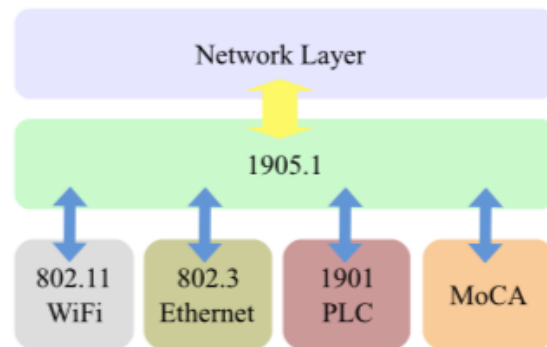
Ultimamente temos a camada de protocolos que não têm um papel ativo nas aplicações IoT na perspectiva do objetivo primordial, que é a transmissão de dados e conectividade, com tomadas de decisão inteligentes. No entanto, continuam a ter um papel importantíssimo, uma vez que garantem a segurança e interoperabilidade dos dados na prática das camadas anteriores.

Breve nota explicativa: (O que é interoperabilidade?)

- Um sistema que tem interoperabilidade é capaz de comunicar com outro sistema de forma padronizada e entendida. No nosso caso de estudo, é uma aplicação/ sistema IoT que é capaz de comunicar (transmitir e processar dados) entre vários dispositivos com arquiteturas e protocolos distintos.

Desta forma, em prol de cumprir tal requisito, surgiu um novo protocolo adaptado que interliga dispositivos com placas de transmissão de dados com protocolos diferentes.

Na imagem abaixo é possível visualizar esta capacidade de padronizar a transmissão de dados.



Como é possível observar (bottom-up) existem dispositivos com tecnologias de rede diferentes que pretendem comunicar entre si, desta forma foi criado o protocolo IEEE 1905.1 (Institute of Electrical and Electronics Engineers 1905.1) que estabelece uma interface comum a todos os dispositivos de forma a que o processamento da transmissão de dados em redes a partir desse ponto para camadas superiores seja comum, tornando assim, o ambiente de desenvolvimento padronizado e comum para diferentes sensores IoT.

## 6. Afinal como é regulada a Internet das Coisas?

Enquanto a Internet tradicional (WWE) é regulada pela qualidade do serviço, a regulação do IoT é feita através da confiança, segurança e privacidade. Contudo, esta é feita pelas empresas que gerem os dados, pelo que ainda não existe nenhuma normalização geral estipulada. Isto leva a uma possível quebra dos três conceitos fundamentais, pois empresas que oferecem condições de segurança mais baixas levam a uma perda de privacidade e confiança do cliente, uma vez que a informação é mais suscetível de ser acedida.

Com o intuito de regularizar as condições de serviço, arquiteturas e aspetos de segurança, surgiram organizações de desenvolvimento de standards/padrões como a IETF, ITU-T, ISO/IEC, IEEE, entre outras, cada uma com foco em diferentes aspetos:

- A IETF está focada no “network layer”, nomeadamente na criação e inovação de protocolos, como o caso do IPv6;
- A ITU-T atualmente atua em todos os aspetos da IoT, através de grupos de estudo, um em cada área;
- A ISO-IEC tem como foco a consolidação dos padrões tendo em conta as novas tendências e necessidades do utilizador;
- O IEEE está a atuar no domínio da arquitetura, nomeadamente na definição de uma estrutura única para IoT;

Apesar de estas organizações estarem a dar um passo importante na regulação da IoT, ainda não existe um consenso, visto que organizações que trabalham na mesma área apresentam soluções diferentes para o mesmo problema.

## 7. Conclusão

A elaboração deste trabalho permitiu o aprofundamento de conhecimentos acerca de um tema bastante discutido atualmente ao nível das comunicações entre dispositivos.

Por um lado, a IoT veio facilitar a vida dos utilizadores, pois hoje temos aplicações que anteriormente eram mais simples, e tornaram-se mais inteligentes uma vez que, através dos dados recolhidos e processados, consegue-se ter resultados mais complexos.

Por outro, apesar de terem ocorrido bastantes avanços nesta área, ainda existem alguns problemas, como a falta de uma regularização, bem como a inexistência de um modelo de arquitetura único, que impedem o sucesso e a implementação desta inovação com a intensidade desejada.

Assim pode-se concluir que ainda se tem de percorrer um longo caminho para se atingir o sucesso do IoT.

## 8. Bibliografia

*IEEE COMMUNICATION SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 17, NO. 4, FOURTH QUARTER*  
2015

IEEE Communications Magazine — Communications Standards Supplement • July  
2016



## 9. Webgrafia

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Internet\\_das\\_coisas](https://pt.wikipedia.org/wiki/Internet_das_coisas)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Domain\\_Name\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/Domain_Name_System)

<https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>

<https://support.holmsecurty.com/hc/en-us/articles/212963869-What-is-the-difference-between-TCP-and-UDP->