

Internet das Coisas

Abrantes Araújo Silva Filho Brendhom Félix Garcia Brito
Carlos Augusto Caus Couto Eliziel de Paula da Silva
Iuri Alves Contarelli Victor Luchsinger Lube

2018-04-19

Resumo

Este artigo é um trabalho acadêmico da disciplina “Introdução à Computação” do curso [Ciência da Computação](#) da [FAESA](#), cujo objetivo é apresentar uma visão geral do tema Internet das Coisas — *Internet of Things (IoT)*. Discutimos aqui o conceito, histórico, aplicações, desvantagens, riscos e tecnologias. Ao final apresentamos o projeto de um protótipo de cofre conectado à Internet, que será desenvolvido pelos autores, como prova de conceito da IoT.

Sumário

1	Introdução	2
1.1	Potencial da IoT	2
1.2	Objetivos deste trabalho	3
2	O que é IoT?	4
2.1	Definição e conceitos	4
2.2	Ecossistema da IoT	7
2.3	Breve histórico	9
2.4	Outros tipos de “internet das coisas”	11
2.4.1	<i>Internet of Everything (IoE)</i>	12
2.4.2	<i>Machine-to-Machine (M2M) Communication</i>	12
2.4.3	<i>Industrial Internet of Things (IIoT)</i>	12
2.4.4	<i>Web of Things (WoT)</i>	12
2.4.5	<i>Industry 4.0</i>	13
2.4.6	O conjunto dos outros tipos de “internet das coisas” . . .	13

3	Aplicações da IoT	14
3.1	Como a IoT cria valor?	14
3.2	Exemplos atuais de aplicação da IoT	18
3.2.1	Cuidados de saúde	18
3.2.2	Agricultura	18
3.2.3	Transporte e mobilidade	19

1 Introdução

Nos últimos anos a tecnologia permitiu a criação e o desenvolvimento de dispositivos com a capacidade de se conectar à Internet e de trocar informações. Esses dispositivos, segundo [Barboza \(2015\)](#), “são objetos físicos, ‘coisas’, que passam a alojar sistemas eletrônicos embarcados com componentes de *software*, sensores e, principalmente conectividade, que permite a esses objetos trocarem informações através da rede”.

Apesar de não haver um consenso na definição do campo de “dispositivos conectados”, o nome Internet das Coisas — do inglês *Internet of Things* (IoT)¹ — passou a significar todo o ecossistema de *hardware* e *software* que permite a conexão dos dispositivos entre si e à Internet.

1.1 Potencial da IoT

A produção em escala dos dispositivos para IoT com a conseqüente queda no custo de produção, aliado à enorme distribuição de redes de conectividade *wireless*, expandiu de forma exponencial as possibilidades de uso e lucratividade com tal tecnologia.

No ano de 2013 a Cisco estimou que esse potencial de mercado era de 14,4 trilhões de dólares em dez anos² ([Cisco Systems Inc., 2013e](#)), e que até 2020 haverá 50,1 bilhões de dispositivos conectados à Internet, realizando diversas tarefas e serviços ([Cisco Systems Inc., 2013d](#)).

Além das empresas de tecnologia, grandes consultoras de negócios internacionais já apontam o enorme potencial da IoT, explicitamente aconselhando seus clientes a investirem na área. A Morgan Stanley publicou dois relatórios ([Morgan Stanley, 2013, 2014](#)) que apontam enorme potencial de ganhos,

¹Neste trabalho usaremos o termo “IoT” para indicar todo o ecossistema de dispositivos conectados.

²De 2013 a 2022, considerando o mercado global.

e a [Oliver Wyman \(2015\)](#) classifica a IoT como “uma nova revolução capaz de romper os modelos de negócios tradicionais”.

Até mesmo governos, que geralmente são mais lentos na adoção de novas tecnologias, já se movimentam para estudar, testar e implantar soluções concetadas. O Reino Unido, por exemplo, estabeleceu para si a meta de se tornar, através do investimento em IoT, a “nação mais digital entre os componentes do G8³” e “o líder mundial no desenvolvimento e implementação da IoT” ([Walport, 2014](#)).

E por que toda essa agitação em torno da IoT? Porque as suas aplicações são praticamente inesgotáveis, variando desde uma simples *Smart-TV* capaz de se conectar à Internet e atualizar a programação de filmes disponíveis ou de um simples sistema de irrigação de jardim capaz de obter a previsão de chuva a partir de serviços na Internet e ajustar a periodicidade na qual a grama será molhada, até dispositivos complexos como um marca-passo cardíaco capaz de informar automaticamente ao médico ou uma equipe de emergência uma possível disfunção miocárdica que exija tratamento imediato.

1.2 Objetivos deste trabalho

Este trabalho pretende apresentar uma visão geral do campo da IoT, incluindo os seguintes tópicos:

- Definições e conceitos
- Histórico
- Vantagens e desvantagens
- Riscos e perigos
- Exemplos de aplicações (que deram certo e errado)
- Tecnologias utilizadas

Além disso este trabalho apresentará uma breve descrição de um protótipo de cofre conectado à Internet por um Arduino⁴, que será desenvolvido pelos autores como uma prova de conceito da IoT.

³França, Alemanha, Reino Unido, Japão, Canadá, Itália, Estados Unidos e Rússia (esta foi afastada recentemente sob a acusação de violação da soberania nacional da Ucrânia).

⁴<https://www.arduino.cc/>

2 O que é IoT?

2.1 Definição e conceitos

Não existe um consenso estabelecido sobre o que realmente é a IoT e qual a melhor maneira de definí-la. Isso ocorre devido a relativa pouca idade e maturação do campo, devido às divergentes visões dos dispositivos pioneiros de IoT, e devido ao praticamente ilimitado potencial de uso para diferentes atividades e serviços em diversas áreas (indústria, doméstica, saúde, financeira, engenharia e muitas outras). Se a IoT estará presente em “tudo” e servirá para “tudo”, como definí-la precisamente?

Inicialmente vamos eliminar uma visão simplória e quase caricata da IoT: a “geladeira conectada que compra leite fresco” (Figura 1). Walport (2014) argumenta que esse tipo de estereótipo somente contribui para “trivializar a importância da IoT” e mascarar o verdadeiro potencial de impacto na sociedade. Eletrodomésticos conectados são uma pequena parte da IoT, mas não a mais importante.

Figura 1: “A porta-voz da Samsung, Kai Madden, exibe o recurso de conectividade em uma geladeira inteligente Samsung” (Bajarin, 2014).



Foto de David Becker, retirada do artigo de Bajarin (2014)

Se a IoT não se resume a eletrodomésticos conectados, o que ela é de fato? As grandes empresas de tecnologia definem IoT do seguinte modo:

- **SAP:** “A Internet das Coisas é uma rede de objetos físicos — veículos,

máquinas, eletrodomésticos e outros — que usam sensores e APIs para conectar e trocar dados na Internet” (SAP SE, 2018b).

- **SAS:** “A Internet das Coisas é o conceito de objetos do cotidiano — de máquinas industriais à dispositivos vestíveis — usando sensores embutidos para coletar dados e tomar uma ação sobre esses dados através da rede” (SAS Institute, 2018).
- **IBM:** “A Internet das Coisas refere-se à variedade crescente de dispositivos conectados que enviam dados através da Internet. Uma ‘coisa’ é qualquer objeto com eletrônica embarcada que pode transferir dados em uma rede — sem nenhuma interação humana” (IBM, 2018a,b).
- **Cisco:** “A Internet das Coisas (IoT) refere-se simplesmente à conexão em rede de objetos físicos” (Cisco Systems Inc., 2013c).
- **Amazon:** “Um sistema de dispositivos ubíquos conectando o mundo físico à nuvem” (Amazon Web Services, 2018).
- **Microsoft:** embora a Microsoft não defina explicitamente o que ela entende por IoT, em um vídeo institucional sobre a plataforma *Microsoft IoT* podemos deduzir que o conceito de IoT envolve conectar as partes mais vitais de seu negócio (pessoas, ativos, processos e sistemas), do chão de fábrica aos “campos” para aumentar o alcance da empresa e fazer melhor uso dos recursos (Microsoft, 2018).
- **Google:** a empresa também não fornece uma definição explícita mas sua plataforma *Google Cloud IoT Core* está voltada à “conexão segura, coleta e gerenciamento de dados a partir de milhões de dispositivos globalmente dispersos [...] para processar, analisar e visualizar dados em tempo real para suportar o aumento da eficiência operacional” (Google, 2018).

Um grande esforço de entendimento e conceituação da IoT foi realizado pelo *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* que, reconheceu a grande importância do tema (IEEE, 2014), revisou a definição de IoT de várias organizações, projetos de pesquisa, governos e instituições de ensino, e publicou em 2015 sua própria definição de IoT no relatório^{5, 6} “*Towards a definition*

⁵<https://iot.ieee.org/definition.html>

⁶O IEEE revisou as definições e conceituações de IoT de 8 organismos internacionais de padronização, 8 projetos de pesquisa em IoT, 3 iniciativas de governos, 7 relatórios institucionais de empresas e consultorias, 5 livros que tratam exclusivamente de IoT e 3 definições fornecidas por indústrias que lidam com IoT.

of the Internet of Things (IoT)” (IEEE, 2015). A definição proposta pelo IEEE é a seguinte:

“A Internet das Coisas (IoT) é uma rede complexa, auto-configurável e adaptativa, que interconecta ‘coisas’ à Internet através do uso de protocolos de comunicação padronizados. As coisas interconectadas têm representação física ou virtual no mundo digital, com capacidades sensoriais, de atuação e programabilidade, e são unicamente identificáveis. A representação contém informação sobre a coisa incluindo sua identidade, status, localização ou qualquer outra informação relevante, privada, social ou empresarial. A coisa oferece serviços, com ou sem a intervenção humana, através da exploração de sua identificação única, dados capturados, comunicação e capacidade de atuação. Os serviços são explorados através do uso de interfaces inteligentes e estão disponíveis em qualquer lugar, a qualquer hora e para qualquer um ou qualquer coisa, levando em consideração questões de segurança.” (IEEE, 2015)

Dissecando a definição da IEEE podemos compreender melhor cada parte da IoT:

1. **Coisa:** é qualquer dispositivo que possa ser conectado à Internet, variando desde um minúsculo sensor até um carro ou outro grande equipamento, e que tenha capacidade sensorial, de atuação ou de programabilidade.
2. **Identificação única:** cada coisa deve ser unicamente identificável na Internet pois só assim pode-se captar dados relevantes e oferecer serviços importantes para cada um.
3. **Ubiquidade:** as coisas e os serviços por elas disponibilizados devem estar disponíveis em qualquer lugar, a qualquer hora e para qualquer um ou qualquer coisa (note-se que uma coisa pode oferecer serviços para outras coisas).
4. **Rede:** as coisas conversam, trocam dados e oferecem serviços através de uma rede complexa, atualmente a Internet.
5. **Autonomia:** as coisas devem ser capazes de obter dados e oferecer serviços sem a intervenção humana (não excluindo a possibilidade da participação humana ativa também).

6. **Segurança:** toda essa atividade de coleta e troca de dados via rede resulta em desafios imensos relacionados à segurança e privacidade das informações, e as questões de segurança devem ser tratadas pelas coisas e seus protocolos de comunicação.

2.2 Ecossistema da IoT

Todas as “coisas” conectadas à internet, incluindo todo o *hardware* e *software* formam o “ecossistema da IoT” (ver Figuras 2 e 3).

O *hardware* inclui os próprios dispositivos, sensores, atuadores, servidores de processamento, servidores de armazenamento de dados, infra-estrutura de rede, infra-estrutura de nuvem, equipamentos de backup, etc. Enfim, inclui tudo o que é necessário para manter a estrutura da IoT funcionando.

O *software* inclui os sistemas embarcados nos dispositivos, os sistemas nos servidores, os sistemas de coleta e análise de dados ou qualquer outro sistema ou programa para que a IoT funcione adequadamente.

Figura 2: Ecossistema, características e escopo da IoT.

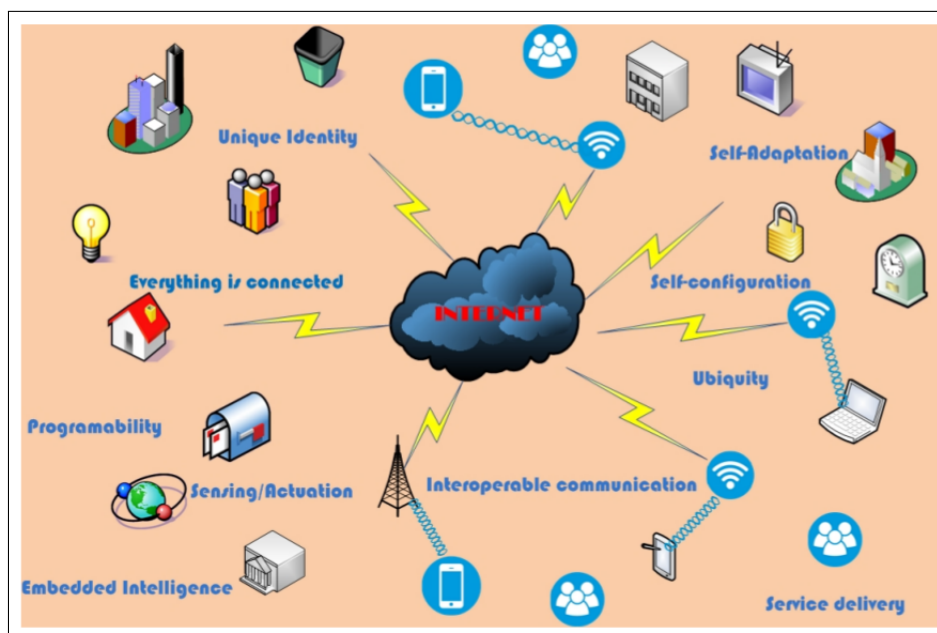


Ilustração retirada do relatório do [IEEE \(2015\)](#)

Alguns autores ([Walport, 2014](#); [IEEE, 2015](#); [Barboza, 2015](#)) identificam, a grosso modo, dois “tamanhos” de ecossistema para as aplicações da IoT: pequena ou grande escala. O que diferencia entre essas duas é a complexidade em termos de:

Figura 3: Ecossistema da IoT.



Ilustração retirada do relatório de [Walport \(2014\)](#)

- Número de dispositivos
- Propriedade e gerenciamento das coisas

Um ecossistema IoT de pequena escala corresponde à uma rede de dispositivos pouco complexa, com relativamente poucos dispositivos e, principalmente, com um único proprietário gerenciador. Aqui se encaixam as soluções de IoT de um único fabricante. Por exemplo: sistemas para a irrigação de jardins que utilizam dados de previsão do tempo, sistemas em veículos que indicam ao motorista a necessidade de manutenção preventiva, sistemas em marca-passos cardíacos que avisam à equipe médica se algum problema ocorrer.

Por outro lado, um ecossistema IoT de grande escala corresponde à uma rede de dispositivos muito complexa, com muitos dispositivos e, principalmente, com diversos proprietários e gerenciadores (que podem até não ter relacionamentos explícitos entre eles). Segundo o [IEEE \(2015\)](#), “nesse contexto, a complexidade torna-se dominante e elementos como escalabilidade, lógica distribuída, etc., tornam-se essenciais. Todas as abordagens tradicionais para

gerenciamento de confiança, nomeação, descoberta, etc., devem ser completamente repensadas”.

As soluções de pequena escala, apesar do nome, já causam profundo impacto na sociedade mas o maior potencial para a IoT será quando for possível conectar todos os dispositivos, de todos os fabricantes, em um ecossistema de grande escala (Walport, 2014; IEEE, 2015; Bhatt et al., 2017; IEEE, 2014; McKinsey Global Institute, 2015; Moolayil, 2016; Raj e Raman, 2017; Oliver Wyman, 2015; SAP SE, 2018a; Cisco Systems Inc., 2013b,e,c,f,i,g,h).

Obviamente, apesar do grande potencial em conectar todos os dispositivos, de todos os fabricantes, em uma grande rede comum de troca de informações e prestação de serviços, existem grandes obstáculos a serem superados até que essa visão de futuro possa ser alcançada (Walport, 2014).

2.3 Breve histórico

Pode-se afirmar que a história da IoT está intimamente ligada ao desenvolvimento da tecnologia de *Radio-Frequency Identification* (RFID), cujas raízes tecnológicas podem ser verificáveis desde a segunda guerra mundial (IEEE, 2015). Os países em guerra já utilizavam radares para detectar a aproximação de aviões, mas não existia um jeito de dizer se os aviões eram de inimigos se aproximando ou se eram aviões amigos retornando de uma missão. Os alemães foram os primeiros a descobrir que, se os pilotos executassem manobras de “rolamento” com os aviões, isso alterava o sinal do radar e permitia aos operadores em terra saber se os aviões eram alemães ou se eram aviões inimigos. Essencialmente isso era o primeiro sistema de RFID passivo.

Os britânicos logo desenvolveram um sistema ativo de identificação: quando um avião britânico recebia um sinal de radares britânicos, ele respondia através do *broadcast* de um sinal que era percebido pelos operadores em terra como um avião amigo (IEEE, 2015).

Segundo o IEEE (2015) a tecnologia RFID funciona basicamente através do mesmo conceito: “um sinal é enviado a um tipo de *transponder* que ‘acorda’ e ou reflete de volta (RFID passivo) ou realiza um *broadcast* (RFID ativo) de um sinal”.

Após a guerra, durante as décadas de 1950 e 1960, cientistas e acadêmicos continuaram a desenvolver tecnologias de rádio-freqüência para identificar objetos remotamente. Empresas começaram a comercializar sistemas anti-furto que funcionavam com uma *tag* eletrônica capaz de informar se o produto

foi pago ou não. Esse sistema, em uso ainda hoje, é composto por *tags* que armazenam apenas 1 *bit* — 0 (o produto foi pago) ou 1 (o produto não foi pago) — e leitores de rádio-frequência que são instalados nas portas das lojas (IEEE, 2015).

Outros avanços importantes da área de identificação por rádio-frequência, que contribuíram para o desenvolvimento da IoT, foram:

- *RFID ativo com memória regravável*: a primeira patente de um sistema de RFID ativo, com memória regravável foi obtida por Mario W. Cardullo, em 1973. Maiores informações sobre essa tecnologia podem ser encontradas no artigo de Cardullo (2003).
- *Cartões fechadura*: também em 1973, Charles Walton desenvolveu um sistema de cartões plásticos com *transponders* RFID embutidos, capazes de abrir portas sem a necessidade de chaves (IEEE, 2015). Esse sistema é utilizado ainda hoje em hotéis, por exemplo.
- *Sistemas automáticos de pagamento de pedágio*: durante a década de 1970, cientistas do *Los Alamos National Laboratory* desenvolveram uma tecnologia para rastrear o transporte de material de bombas nucleares, usando RFIDs com capacidade de armazenar maiores informações. Em 1980 esses mesmos cientistas fundaram uma empresa e passaram a vender essa tecnologia, agora voltada para uso civil, em um sistema de pagamento automático de pedágios (que está em uso até hoje) (IEEE, 2015).
- *Rastreamento de gado*: os cientistas do *Los Alamos National Laboratory* também desenvolveram um sistema de rastreamento e identificação única voltado para gado, para monitorar a localização dos animais e as doses de hormônios e vacinas que eles já tinham recebido (IEEE, 2015).

Pela lista acima podemos ver que a aplicação da tecnologia RFID foi sendo expandida: não servia mais só para identificar um objeto, mas também armazenar dados sobre esse mesmo objeto. Isso era um grande avanço, mas gerava um problema: armazenar diversos dados em uma *tag* RFID levava ao aumento do custo unitário. A idéia era boa, mas era necessário alguma inovação que barateasse o sistema. Essa inovação começou a surgir em 1990: no início da década de 1990 a IBM patenteou um sistema de *Ultra-High Frequency* (UHF) RFID, tornando possível que a leitura dos dados da *tag* fosse feita a uma distância maior do que até então era possível e com uma rápida velocidade de transferência (IEEE, 2015).

Em 1999 foi fundado, no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), um laboratório de inovação chamado de *Auto-ID Center*, cujo objetivo era desenvolver inovação na área de identificação por rádio-frequência baseando-se na tecnologia de UHF RFID desenvolvida pela IBM. Dois cientistas do *Auto-ID Center*, David Brock e Sanjay Sarma, foram os pioneiros em investigar a possibilidade de usar *tags* UHF RFID de baixo custo em todos os produtos da cadeia de suprimento. A idéia deles era colocar apenas o número de série de cada produto na *tag*, barateando seu custo, e manter os dados detalhados de cada produto em um banco de dados que seria acessível pela Internet (IEEE, 2015). **Assim nasceu a conexão das coisas com a Internet.**

Para Roberti, citado em IEEE (2015):

“Sarma e Brock essencialmente mudaram a maneira como as pessoas pensavam sobre o RFID na cadeia de suprimentos. Antes, as *tags* eram um banco de dados móvel que carregavam informações sobre o produto à medida em que esse produto seguia seu curso. Sarma e Brock **tornaram o RFID em uma tecnologia de rede através da ligação de objetos com a Internet através das *tags*.**” [grifos nossos]

A criação do termo *Internet of Things* (IoT) é atualmente creditada à Kevin Ashton, na época o diretor executivo do *Auto-ID Center*, mas existe uma certa controvérsia quanto a isso pois segundo Daniel Engels (também um dos diretores), citado por IEEE (2015), o termo foi usado pela primeira vez em 1997 em uma publicação da *International Telecommunication Union* (ITU), e Kevin Ashton disse que cunhou o termo em 1999 (Ashton, 2009; Press, 2014).

2.4 Outros tipos de “internet das coisas”

É importante salientar que existem outros termos e tecnologias relacionadas à IoT que tratam de coisas semelhantes. Esses outros termos às vezes são usados como sinônimos de IoT, outras vezes como complementares ou referentes a uma parte específica do ecossistema da IoT, causando uma certa confusão. Esta seção explicará brevemente os principais termos alternativos, sem entrar em maiores detalhes de cada um pois isso foge ao escopo deste trabalho.

2.4.1 *Internet of Everything (IoE)*

Alguns autores e empresas fazem uma diferenciação entre a *Internet of Things* (IoT) e a *Internet of Everything* (IoE), sendo esta “a conexão em rede de pessoas, processos, dados e coisas”, e aquela “simplesmente a conexão em rede de coisas e dados” (Cisco Systems Inc., 2013b,c,e). Assim, a IoE é uma “evolução” da IoT, cujo escopo e potencial são maiores. Segundo Hebra (2015) o futuro da IoT caminha para ser a IoE, trazendo enormes vantagens e benefícios.

A IoE seria uma maneira de incluir tudo o que pode ser conectado, não apenas coisas e dados, mas algo bem maior e global (Lueth, 2014; Bajarin, 2014).

2.4.2 *Machine-to-Machine (M2M) Communication*

Segundo IEEE (2015), “a comunicação máquina-a-máquina (M2M) é a comunicação entre duas ou mais entidades do mesmo tipo que não precisam necessariamente de nenhuma intervenção humana direta. Serviços de M2M pretendem automatizar decisões e processos de comunicação”.

Para Lueth (2014), “o termo comunicação máquina-a-máquina (M2M) está em uso há mais de uma década e é bem conhecido no setor de telecomunicações. Inicialmente a comunicação M2M era uma conexão um-a-um, fazendo a ligação entre uma máquina e outra. Mas hoje, com a explosão da conectividade móvel, dados são mais facilmente transmitidos via um sistema de rede IP, e muitos outros dispositivos participam da comunicação”.

2.4.3 *Industrial Internet of Things (IIoT)*

É um termo mais abrangente que a M2M pois envolve, não apenas a comunicação máquina-a-máquina, mas também a comunicação com interfaces humanas Lueth (2014) integrando máquinas complexas com software e sensores em rede.

2.4.4 *Web of Things (WoT)*

Segundo Lueth (2014), a *Web of Things* “é um conjunto de arquitetura de software e padrões de programação que permitem que objetos do mundo real façam parte da *world wide web*”. É assim um conceito mais estreito do que a IoT pois está focado somente em software.

2.4.5 Industry 4.0

O termo *Industry 4.0* “descreve um conjunto de conceitos que pretendem direcionar a próxima revolução industrial, incluindo todos os tipos de conceitos de conectividade em um contexto industrial, indo além e incluindo mudanças reais no mundo físico tais como o uso de tecnologias de impressão 3D ou o uso de realidade virtual ou aumentada no processo de industrialização” [Lueth \(2014\)](#).

2.4.6 O conjunto dos outros tipos de “internet das coisas”

Uma figura esquemática simples e objetiva do que é cada tipo de internet das coisas discutida nesta seção é fornecida por [Lueth \(2014\)](#). Nesse esquema (ver Figura 4) pode-se perceber de maneira objetiva o escopo de cada tecnologia e como cada uma se relaciona com as outras.

Figura 4: Relações entre IoT, IoE, M2M, IIoT, WoT e Indústria 4.0

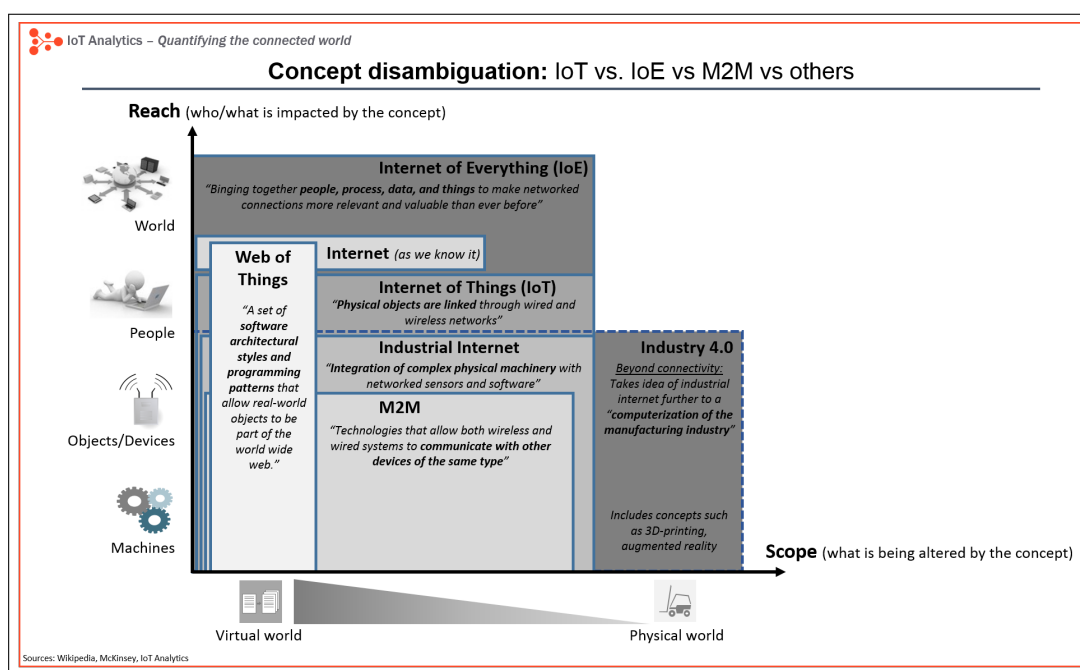


Ilustração retirada de [Lueth \(2014\)](#), disponível em <https://iot-analytics.com/internet-of-things-definition/>.

3 Aplicações da IoT

Sem dúvida nenhuma as áreas onde a IoT pode ser aplicada são limitadas apenas pela imaginação humana, variando desde um simples eletrodoméstico até grandes sistemas industriais ou sistemas para cidades inteiras.

O potencial é tão grande que “é impossível antecipar todas as mudanças sociais que podem ser criadas através da conexão de bilhões de dispositivos” (Walport, 2014).

De modo geral os autores (Oliver Wyman, 2015; Walport, 2014; IEEE, 2014, 2015; Chui et al., 2010; Bughin et al., 2015; Gupta e Ulrich, 2017; McKinsey Global Institute, 2015; SAP SE, 2018a; SAS Institute, 2016) citam as seguintes grandes áreas como as que mais se beneficiarão da aplicação da IoT (ver também Figuras 5, 6 e 7):

- Saúde
- Agricultura
- Construção civil (incluindo os lares)
- Varejo
- Energia, petróleo, gás e mineração
- Indústria
- Mobilidade e transporte (incluindo veículos autônomos)
- Logística
- Mídia
- Cidades inteligentes

As próximas seções detalharão como a IoT causará um impacto benéfico, e mostrarão alguns casos de sucesso que ilustram todo o potencial dessa nova tecnologia.

3.1 Como a IoT cria valor?

Antes de discutirmos casos concretos da aplicação da IoT, é importante ter clara a noção de como a IoT cria valor, ou seja, como uma rede de coisas conectadas podem beneficiar as pessoas e gerar valor para elas e para as empresas.

Chui et al. (2010) classifica o mecanismo de geração de valor da IoT em dois grandes grupos: um grupo de **Informação e Análise** (que envolve atividades de monitoramento de comportamento, obtenção de consciência em tempo real do ambiente físico e a tomada de decisões baseadas em *analytics* de sensores)

Figura 5: Principais aplicações da IoT, segundo Oliver Wyman (2015)

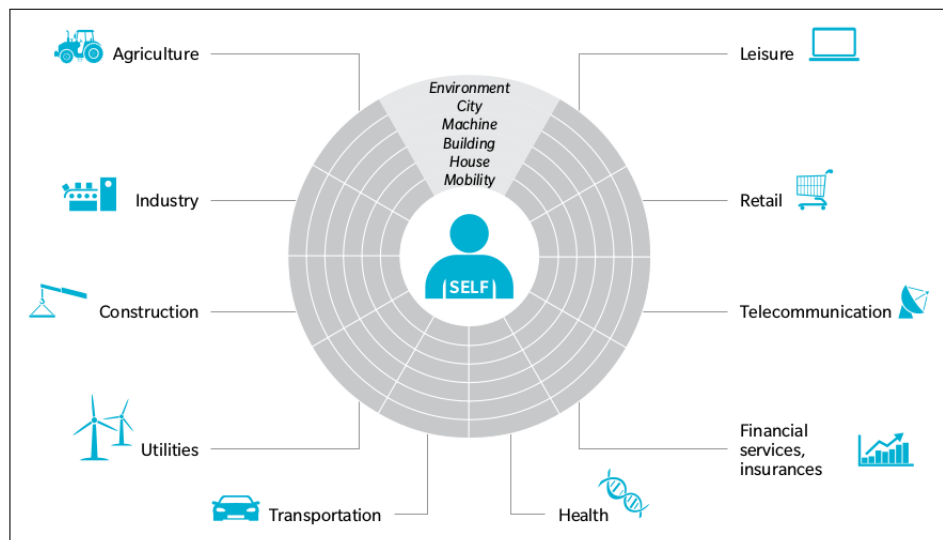


Ilustração retirada de Oliver Wyman (2015)

Figura 6: Principais setores beneficiados pela IoT e seus *stakeholders* mais importantes, segundo o IEEE (2015)

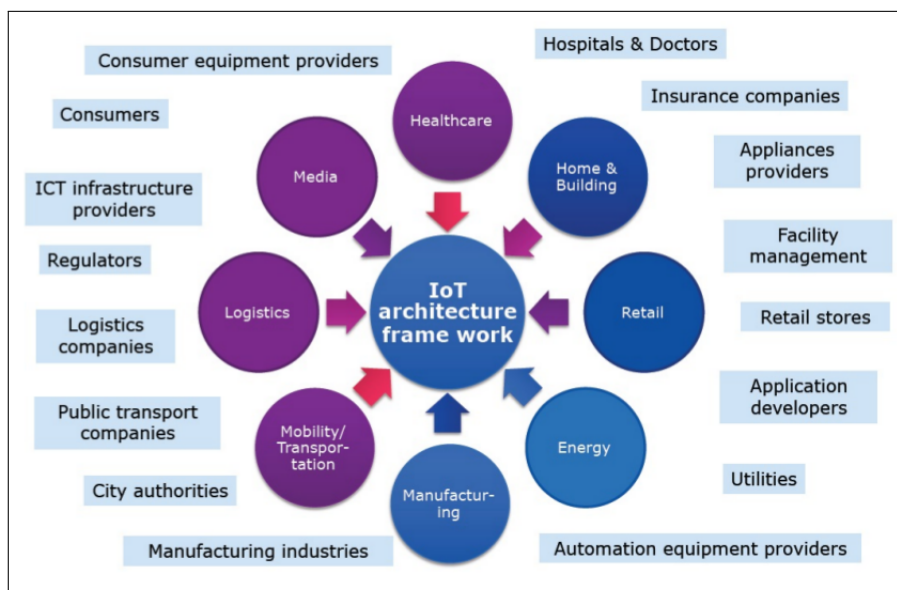


Ilustração retirada de IEEE (2015)

e um grupo de **Automação e Controle** (que envolve atividades de otimização de processos, otimização do consumo de recursos e o desenvolvimento de sistemas autônomos complexos).

Explicando melhor como a IoT gera valor, Chui et al. (2010) nos fornece as seguintes informações:

Figura 7: Principais áreas de aplicação da IoT, segundo McKinsey Global Institute (2015)

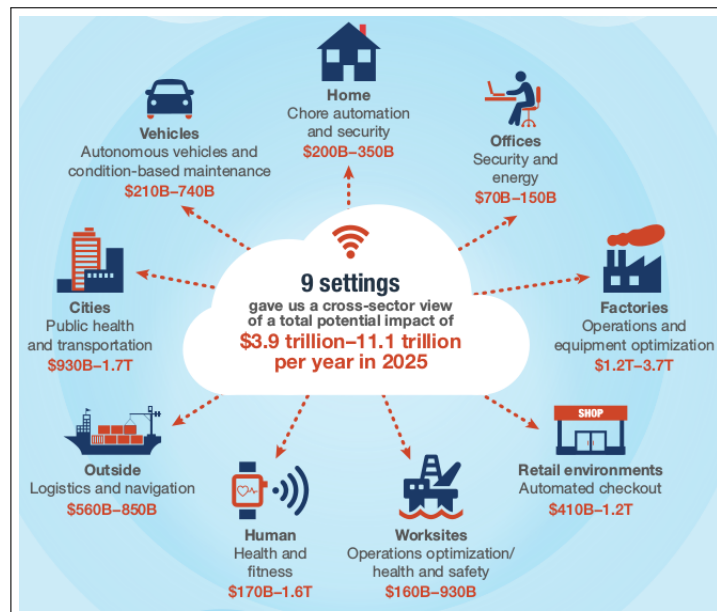


Ilustração retirada de McKinsey Global Institute (2015)

- **Informação e Análise:** a IoT pode fornecer mais e melhor informação e análise, aumentando a velocidade e a performance da tomada de decisão. Isso é obtido através de:
 - *Monitoramento de comportamento:* inclui as atividades de monitoramento do comportamento, status e outras variáveis de pessoas, coisas ou dados, no espaço e tempo. Por exemplo: uma empresa de seguros pode colocar sensores em carros e monitorar como e por onde um carro trafega, podendo basear políticas de preços personalizadas com essa informação; empresas podem monitorar a movimentação de produtos por toda a cadeia de suprimentos, melhorando o controle de estoque e reduzindo perdas.
 - *Obter consciência em tempo real do ambiente físico:* inclui as atividades que visam obter dados, em tempo real, de sensores alocados em diversas coisas ou lugares, para fornecer aos tomadores de decisão uma visão em tempo real do ambiente. Por exemplo: sensores sônicos espalhados pela cidade podem fornecer às delegacias de polícia dados instantâneos sobre a localização em tempo real de disparos de arma de fogo.

- *Decisões orientadas por analytics baseada em sensores*: a obtenção de dados em tempo real e sua ligação à sistema de análises automatizados pode orientar decisões humanas ou automáticas em diversos serviços e áreas de aplicação. Por exemplo: varejistas podem monitorar através de sensores a movimentação de clientes pela loja, verificando quais produtos os clientes gastam mais tempo observando, e disparar promoções ou propagandas imediatas.
- **Automação e Controle**: a IoT pode criar uma base para automação e controle convertendo os dados obtidos pelos sensores em *feedback* para os atuadores para a otimização e ajuste de diversos processos. Isso é obtido através de:
 - *Otimização de processos*: inclui as atividades que visam obter de sensores informações importantes sobre processos, analisá-las automaticamente e ajustar o processo para otimizá-lo em tempo real. Por exemplo: uma indústria pode instalar sensores de temperatura para manter sempre na faixa adequada um forno utilizado na produção.
 - *Otimização do consumo de recursos*: inclui as atividades que podem auxiliar a mudar e otimizar o uso de recursos, incluindo energia, água e demais recursos. Por exemplo: uma empresa de energia pode fornecer medidores de consumo elétrico que mostram, em tempo real, o consumo e o custo imediato de fornecimento, cobrando diferentemente pelo padrão e horário de uso.
 - *Sistemas autônomos complexos*: inclui as atividades que envolvem a rápida detecção em tempo real de condições imprevisíveis e respostas instantâneas guiadas por sistemas automáticos que imitam as reações humanas (e escolhem a melhor reação entre várias possíveis). Por exemplo: montadoras estão desenvolvendo vários tipos de sistemas de carros, desde sistemas de detecção e evasão de colisões, até carros autônomos.

Enfim, as possibilidades de geração de valor com a IoT são enormes e, à medida em que usos mais inteligentes e inovadores dos sensores e dos dados obtidos forem desenvolvidos, outros modelos de negócios e formas de geração de valor serão criados e implementados.

3.2 Exemplos atuais de aplicação da IoT

Devido às inúmeras aplicações da IoT já citadas na Seção 3, apresentaremos aqui apenas alguns exemplos em três áreas: cuidados de saúde, agricultura e transporte. Diversos outros exemplos podem ser obtidos consultando-se as referências bibliográficas indicadas⁷.

3.2.1 Cuidados de saúde

Segundo Walport (2014) a IoT nos cuidados de saúde “pode ajudar a mudar o foco da cura para a prevenção e dar às pessoas maior controle sobre as decisões que afetam seu bem-estar”. Algumas aplicações já existem:

Ambulâncias aéreas A *California Shock Trauma Air Rescue (CALSTAR)* é um serviço de ambulância aérea que começou a utilizar conceitos de IoT para integrar sistemas de comunicação ar-solo para conectar suas aeronaves de transporte às instituições de saúde (Cisco Systems Inc., 2015a).

Aplicativos *fitness* Diversos aplicativos voltados para saúde e *fitness* já existem, alguns conectados à sensores IoT que captam dados como frequência cardíaca. Os dez maiores aplicativos desse gênero estão realmente contribuindo para tornar mais saudáveis os hábitos de saúde de seus usuários (Oliver Wyman, 2015).

Monitoramento contínuo Usando soluções de monitoramento contínuo, a IoT está aumentando a aderência dos pacientes às terapias prescritas, diminuindo as internações e aumentando a qualidade de vida de pacientes (McKinsey Global Institute, 2015).

3.2.2 Agricultura

Aplicações da IoT na área de agricultura são diversas e com potencial de aumentar a produtividade alimentar e aumentar a proteção ao meio ambiente. Algumas iniciativas interessantes:

⁷Oliver Wyman (2015); Walport (2014); IEEE (2014, 2015); Chui et al. (2010); Bughin et al. (2015); Gupta e Ulrich (2017); McKinsey Global Institute (2015); SAP SE (2018a); SAS Institute (2016); Morgan Stanley (2013); Cisco Systems Inc. (2015b, 2014, 2016c, 2013a, 2016d,a, 2015d)

Monitoramento de colméias Soluções de IoT já são utilizadas para monitorar colméias de abelhas em tempo real, reduzindo a inspeção manual que causa distúrbios nas colméias e diminuem a produtividade de mel (Silva, 2017).

Sistemas de irrigação Já existem sistemas de irrigação baseados em IoT que, através de sensores de umidade do solo, temperatura e umidade do ar, conseguem otimizar e setorializar a irrigação de lavouras (Walport, 2014). Aplicações domésticas para irrigação de jardins também existem (Grehs, 2016).

Monitoramento de gado Soluções para monitoramento em tempo real de gado, através de dispositivos ligados à GPS permitem entender o comportamento de rebanhos e identificar animais machucados ou doentes (Spink et al., 2013).

3.2.3 Transporte e mobilidade

Diversas iniciativas interessantes existem na área de transporte e mobilidade, e o potencial para veículos autônomos é enorme.

Avisos de alteração nos sinais de trânsito A cidade de *Newcastle* está testando um sistema baseado em IoT que sinaliza aos motoristas que é o momento de ajustar a velocidade do carro (aumentar ou diminuir) se as luzes dos sinais de trânsito estão prestes a mudar (Walport, 2014).

Transporte escolar inteligente A *Watkins Glen Central School District*, em *New York*, implantou um projeto de IoT para conectar os ônibus escolares à escola, tornando-os uma espécie de campus escolar digital. Isso foi feito pois muitos alunos realizam viagens de quase uma hora nesses ônibus e, para estimular a realização das tarefas de casa, os professores passaram a implementar atividades para serem feitas nos ônibus, no trajeto entre a escola e a residência dos alunos (Cisco Systems Inc., 2016b).

Estradas que previnem engarrafamentos Na Áustria, a *Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft* (ASFiNAG) — que é a empresa pública responsável pela manutenção das autoestradas — implantou uma rede de mais de 70 mil sensores de movimento e localização em todas as autoestradas austríacas.

Essa rede de sensores é capaz de identificar e prevenir a formação de engarrafamentos, além de identificar veículos com problemas (Cisco Systems Inc., 2015c).

Referências

AMAZON WEB SERVICES. *AWS IoT Services Overview*. Website corporativo da Amazon AWS, 2018. URL: <https://aws.amazon.com/iot/>. Acessado em 15 de abril de 2018.

ASHTON, Kevin. *That 'Internet of Things' Thing*. RFID Journal website, 2009. URL: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>. Acessado em 15 de abril de 2018.

BAJARIN, Tim. *The Next Big Thing for Tech: The Internet of Everything*. Time Magazine Online, 2014. URL: <http://time.com/539/the-next-big-thing-for-tech-the-internet-of-everything/>. Acessado em 15 de abril de 2018.

BARBOZA, Lucas Carlos. *Modelo de arquitetura baseado em um sistema de internet das coisas alicada à automação residencial*. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015. URL: <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-02022016-160158/>.

BHATT, Chintan; DEY, Nilanjan; e ASHOUR, Amira S. (Eds.). *Internet of Things and Big Data Technologies for Next Generation Healthcare*. 1 ed. Switzerland: Springer, 2017. ISBN 9783319497358. URL: <https://www.amazon.com/Internet-Technologies-Generation-Healthcare-Studies/dp/3319497359>.

BUGHIN, Jacques; CHUI, Michael; e MANYKA, James. An executive's guide to the Internet of Things. *McKinsey Quarterly*, 2015. URL: <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/an-executives-guide-to-the-internet-of-things>.

CARDULLO, Mario W. *Genesis of the Versatile RFID tag*. RFID Journal website, 2003. URL: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?392>. Acessado em 15 de abril de 2018.

- CHUI, Michael; LÖFFLER, Markus; e ROBERTS, Roger. The Internet of Things. *McKinsey Quarterly*, 2010. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/the-internet-of-things>. Acesso em 15 de abril de 2010.
- CISCO SYSTEMS INC. *Copenhagen Drives City Carbon Footprint Reductions and Enriches Citizen Experiences through Converged Digital Solutions*. Rel. Téc., Cisco Systems, San Francisco, 2013a. URL: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/case-studies-customer-success-stories/copenhagen-case-study.pdf.
- CISCO SYSTEMS INC. *The Internet of Everything (IoE): A \$4.6 Trillion Public-Sector Opportunity*. Rel. Téc., Cisco Systems, San Francisco, 2013b. URL: http://internetofeverything.cisco.com/sites/default/files/docs/en/ioe_public_sector_vas_white%20paper_121913final.pdf.
- CISCO SYSTEMS INC. *The Internet of Everything (IoE): Cisco IoE Value Index Study*. Rel. Téc., Cisco Systems, San Francisco, 2013c. URL: http://internetofeverything.cisco.com/sites/default/files/docs/en/ioe-value-index_FAQs.pdf.
- CISCO SYSTEMS INC. *The Internet of Everything (IoE) Connections Counter*. Rel. Téc., Cisco Systems, San Francisco, 2013d. URL: <https://newsroom.cisco.com/feature-content?type=webcontent&articleId=1208342>.
- CISCO SYSTEMS INC. *The Internet of Everything (IoE): Global Private Sector Economic Analysis*. Rel. Téc., Cisco Systems, San Francisco, 2013e. URL: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoE_Economy_FAQ.pdf.
- CISCO SYSTEMS INC. *The Internet of Everything (IoE): Global Public Sector Economic Analysis*. Rel. Téc., Cisco Systems, San Francisco, 2013f. URL: http://internetofeverything.cisco.com/sites/default/files/docs/en/ioe_value_at_stake_public_sector%20analysis_faq_121913final.pdf.
- CISCO SYSTEMS INC. *The Internet of Everything (IoE): How Much Value Are Private-Sector Firms Capturing from IoE in 2013?* Rel. Téc., Cisco Systems, San Francisco, 2013g. URL: http://internetofeverything.cisco.com/sites/default/files/docs/en/ioe-value-index_Whitepaper.pdf.

- CISCO SYSTEMS INC. *The Internet of Everything (IoE): Top 10 Insights from Cisco's IoE Value at Stake Analysis for the Public Sector.* Rel. Téc., Cisco Systems, San Francisco, 2013h. URL: http://internetofeverything.cisco.com/sites/default/files/docs/en/ioe_vas_public_sector_top_10%20insights_121313final.pdf.
- CISCO SYSTEMS INC. *The Internet of Everything (IoE): Top 10 Insights from Cisco's IoE Value Index Survey of 7500 Decision Makers Across 12 Countries.* Rel. Téc., Cisco Systems, San Francisco, 2013i. URL: http://internetofeverything.cisco.com/sites/default/files/docs/en/ioe-value-index_top-10-insights_052413final.pdf.
- CISCO SYSTEMS INC. *Leading Tools Manufacturer Transforms Operations with IoT.* Rel. Téc., Cisco Systems, San Francisco, 2014. URL: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/industries/docs/manufacturing/c36-732293-00-stanley-cs.pdf.
- CISCO SYSTEMS INC. *Accelerating Critical Care: we have liftoff.* Rel. Téc., Cisco Systems, San Francisco, 2015a. URL: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/industries/retail/downloads/cisco-calstar-cs.pdf.
- CISCO SYSTEMS INC. *Extending Life-Saving Communications.* Rel. Téc., Cisco Systems, San Francisco, 2015b. URL: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/industries/docs/alaska-dot-ioe.pdf.
- CISCO SYSTEMS INC. *A higher technical standard for the Austrian Autobahn.* Rel. Téc., Cisco Systems, San Francisco, 2015c. URL: <https://www.cisco.com/c/dam/assets/global/AT/kundenbeispiele/pdfs/asfinag-cisco-std-cs-fnl-02132015-web.pdf>.
- CISCO SYSTEMS INC. *Transforming to an engaged and connected city.* Rel. Téc., Cisco Systems, San Francisco, 2015d. URL: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/docs/mississauga-city.pdf.
- CISCO SYSTEMS INC. *Digital Manufacturing Powers a Better Way to Build Trucks.* Rel. Téc., Cisco Systems, San Francisco, 2016a. URL: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/industries/docs/manufacturing/daimler-full-customer-case-study.pdf.

CISCO SYSTEMS INC. *Innovations in Student Transportation Improve Safety and Productivity*. Rel. Téc., Cisco Systems, San Francisco, 2016b. URL: <https://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/industry-solutions/watkins-voc-case-study.pdf>.

CISCO SYSTEMS INC. *IoT: Driving Digital Transformation*. Rel. Téc., Cisco Systems, San Francisco, 2016c. URL: <https://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/se/internet-of-things/case-study-c36-737400.pdf>.

CISCO SYSTEMS INC. *Kansas City and Cisco: Engaging the 21st Century Citizen*. Rel. Téc., Cisco Systems, San Francisco, 2016d. URL: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/case-studies-customer-success-stories/kansas-city.pdf.

GOOGLE. *Google Cloud IoT Core*. Website corporativo da Google Cloud, 2018. URL: <https://cloud.google.com/iot-core/>. Acessado em 15 de abril de 2018.

GREHS, Daniel Henrique. *Sistema de irrigação doméstico baseado em Internet das Coisas*. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. URL: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/147673>.

GUPTA, Vineet e ULRICH, Rainer. *How the Internet of Things will reshape future production systems*. McKinsey Website, 2017. URL: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/how-the-internet-of-things-will-reshape-future-production-systems>. Acessado em 15 de abril de 2018.

HEBRA, Alexandre. *O futuro da Internet of Things será a Internet of Everything?* Computerworld Online, 2015. URL: <http://computerworld.com.br/o-futuro-da-internet-things-sera-internet-everything>. Acessado em 15 de abril de 2018.

IBM. *The Internet of Things becomes the Internet that thinks with Watson IoT*. Website corporativo da IBM, 2018a. URL: <https://www.ibm.com/internet-of-things>. Acessado em 15 de abril de 2018.

- IBM. *What is the IoT?* Website corporativo da IBM, 2018b. URL: <https://www.ibm.com/internet-of-things/learn/what-is-iot/>. Acessado em 15 de abril de 2018.
- IEEE. *The Internet of Things (IoT)*. Rel. Téc., Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), New York, 2014. URL: http://theinstitute.ieee.org/ns/quarterly_issues/timar14.pdf.
- IEEE. *Towards a definition of the Internet of Things (IoT)*. Rel. Téc., Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), New York, 2015. URL: https://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27MAY15.pdf.
- LUETH, Knud Lasse. *Why the Internet of Things is called Internet of Things: Definition, history, disambiguation*. IOT Analytics website, 2014. URL: <https://iot-analytics.com/internet-of-things-definition/>. Acessado em 15 de abril de 2018.
- MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. *The Internet of Things: mapping the value beyond the hype - Executive Summary*. Rel. Téc., McKinsey & Company, New York, 2015. URL: https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking_the_potential_of_the_Internet_of_Things_Executive_summary.ashx.
- MICROSOFT. *Internet of Things (IoT)*. Website corporativo da Microsoft, 2018. URL: <https://www.microsoft.com/en-us/internet-of-things/>. Acessado em 15 de abril de 2018.
- MOOLAYIL, Jojo. *Smarter Decisions: The Intersection of Internet of Things and Decision Science*. 1 ed. Birmingham: Packt Publishing, 2016. ISBN 9781785884191. URL: <https://www.amazon.com/Smarter-Decisions-Intersection-Internet-Decision/dp/1785884190/>.
- MORGAN STANLEY. *The Internet of Things in now*. Rel. Téc., Morgan Stanley & Co., New York, 2013. URL: http://www.morganstanleyiq.ch/EN/binaer_view.asp?BinaerNr=3908.
- MORGAN STANLEY. *The 'Internet of Things' Becomes Personal*. Rel. Téc., Morgan Stanley & Co., New York, 2014. URL: <http://byinnovation>.

[eu/wp-content/uploads/2014/11/MORGAN-STANLEY-BLUE-PAPER_Internet-of-Things.pdf](#).

OLIVER WYMAN. *The Internet of Things: disrupting traditional business models*. Rel. Téc., Oliver Wyman, New York, 2015. URL: http://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/global/en/2015/jun/Internet-of-Things_Report.pdf.

PRESS, Gil. *A Very Short History Of The Internet Of Things*. Forbes On-line, 2014. URL: <https://www.forbes.com/sites/gilpress/2014/06/18/a-very-short-history-of-the-internet-of-things/>. Acessado em 15 de abril de 2018.

RAJ, Pethuru e RAMAN, Anupama C. *The Internet of Things: Enabling Technologies, Platforms, and Use Cases*. 1 ed. CRC Press, 2017. ISBN 9781498761284. URL: <https://www.amazon.com/Internet-Things-Enabling-Technologies-Platforms/dp/1498761283>.

SAP SE. *Insights on the Future of the Internet of Things (IoT)*. Rel. Téc., SAP SE Company, Newtown Square, 2018a. URL: <https://www.sap.com/docs/download/2017/06/e825c3a3-c27c-0010-82c7-eda71af511fa.pdf>.

SAP SE. *What is the Internet of Things (IoT)?* Website corporativo da SAP SE Company, 2018b. URL: <https://www.sap.com/trends/internet-of-things.html>. Acessado em 15 de abril de 2018.

SAS INSTITUTE. *Four Use Cases Show Real-World Impact of IoT*. Rel. Téc., SAS Institute, 2016. URL: https://www.sas.com/en_us/whitepapers/tdwi-four-use-cases-show-real-world-impact-of-iot-108267.html.

SAS INSTITUTE. *Internet of Things (IoT): What it is and why it matters*. Website corporativo do SAS Institute, 2018. URL: https://www.sas.com/en_us/insights/big-data/internet-of-things.html. Acessado em 15 de abril de 2018.

SILVA, Alisson de Lima e. *Monitoramento não invasivo de colméias através da IoT*. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Universidade Federal do Ceará, Quixadá, 2017. URL: <http://www.repositoriobib.ufc.br/00003a/00003ac0.pdf>.

SPINK, A.; CRESSWELL, B.; KÖLZSCH, A.; VAN LANGEVELDE, F.; NEEFJES, M.; NOLDUS, L. P. J. J.; VAN OEVEREN, H.; PRINS, H.; VAN DER WAL, T.; DE WEERD, N.; e DE BOER, W. Frederik. *Animal behaviour analysis with GPS and 3D accelerometers*. Rel. Téc., E-Track Project, Netherland, 2013. URL: <http://www.etrack-project.eu/Portals/4/Pdf's/Precision%20farming%20-%20Animal%20behaviour%20analysis%20with%20GPS%20and%203D%20accelerometers%20Spink%20et%20al.pdf>.

WALPORT, Mark. *The Internet of Things: making the most of the Second Digital Revolution*. Rel. Téc., United Kingdom Government Office for Science, London, 2014. URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/409774/14-1230-internet-of-things-review.pdf.