

DOI: 10.5748/9788599693148-15CONTECSI/PS-5846

FROM INFORMATION TO THE INTERNET OF THINGS (IOT): Historical development, Characterization and Sustainability

Ícaro Monteiro de Medeiros, 0000-0003-3288-1044, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, Brasil – icarommedeiros@gmail.com

Hugo Ferreira do Santos, 0000-0003-2923-8250, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, Brasil – engeo_hugofsantos@hotmail.com

Julio F. Dantas de Rezende, 0000-0001-7505-7480, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, Brasil – juliofdrezende@hotmail.com

José Alfredo F. Costa, 0000-0002-1290-6454, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, Brasil – jafcosta@gmail.com

Marcelo Barbosa de Oliveira, 0000-0002-7306-4465, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, Brasil – barbosamo@uol.com.br

ABSTRACT

This paper consists of a qualitative bibliographic research on Internet of Things (IoT), exploring the historical technological development that culminated in the definition of its concept. It addresses the purpose, characteristics and companies, succinctly, that market IoT solutions. The paper also presents sustainability issues in accordance with the guidelines of the World Economic Forum (WEF), which are presented afterwards.

Keywords: Internet of Things, Information Technology, Sustainability.

DA INFORMAÇÃO À INTERNET DAS COISAS (IOT): Desenvolvimento histórico, Caracterização e Sustentabilidade

RESUMO

O presente artigo consiste em uma pesquisa bibliográfica qualitativa sobre Internet das Coisas (“*Internet of Things*” – IoT), versando sobre o desdobramento tecnológico histórico que culminou na definição do conceito. Aborda o propósito, as características e empresas, de maneira sucinta, que comercializam soluções de IoT. O trabalho ainda apresenta questões de sustentabilidade de acordo com as orientações do *World Economic Forum* (WEF), que são apresentadas em seguida.

Palavras-chave: Internet of Things, Tecnologias da Informação, Sustentabilidade.

1 Introdução

A computação e demais Tecnologias de Informação (TI) proporcionam à sociedade e às organizações uma série de comodidades, estando ambos inseridas em diversos segmentos nas mais variadas formas e intensidades, resultando em aplicações volúveis. Atualmente, em meio a tantas discussões conceituais e especulativas, há um conceito que apresenta certo destaque tanto no mercado quanto no meio acadêmico. A Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT).

Não há uma definição única e absoluta para IoT, como apontam Madakam, Ramaswamy e Tripathi (2015), no entanto, como afirmam Mattern e Floerkemeier (2010), representa uma visão na qual a Internet transcende o mundo virtual e se desdobra no mundo físico real, contemplando os mais variados objetos cotidianos, havendo uma atribuição de novas funcionalidades a esses objetos. A IoT, assim como as demais tecnologias, está correlacionada de maneira dependente à tecnologias e avanços do passado.

Segundo Madakam et al. (2015), IoT representa uma nova revolução tecnológica no campo da computação e das comunicações, cujo desenvolvimento está intrinsecamente relacionado à pluralidade de inovações tecnológicas anteriores, principalmente, a conectividade de computadores às redes de naturezas diversas.

Aqui, nesse artigo, almeja-se abordar o conceito não se limitando às afirmações de publicações recentes, mas compreendendo todo o desenvolvimento tecnológico histórico que culminou na expressão em questão e em sua ideação, contemplando características e seus benefícios, além da breve apresentação de algumas empresas atuantes no mercado.

2 Procedimentos Metodológicos

O presente artigo faz uso de uma pesquisa bibliográfica qualitativa exploratória e descritiva para estruturar todo o desenvolvimento tecnológico histórico, abordando desde antes das primeiras aplicações da computação nas organizações até à ideação do conceito em questão. No que diz respeito ao enredo histórico, são adotadas obras da autoria de Thomas Haigh como norteadoras. Demais autores são empregados com a finalidade de enriquecer a exploração com mais detalhes.

Em seguida, o artigo explora o propósito e a caracterização da IoT, assim como as empresas destacadas. As empresas foram selecionadas de acordo com o “Panorama de IoT 2018” de Mark Turck (a ser apresentado na seção 6 desse artigo), utilizando como critério os valores de marca apresentados pela Forbes (2018) em sua página “*The World's Most Valuable Brands*”. As informações das empresas foram retiradas de seus respectivos portais eletrônicos e os subdomínios dos mesmos.

3 Da Informação às Redes de Computadores

Embora computação e TI, hoje, sejam vistos como fortemente interligados, ressalta-se que as TI devem incluir basicamente qualquer recurso empregado no processamento de informações, ou seja, compreende as antigas tábuas de argila, os papiros, os panfletos, as placas de rua, os livros, as bibliotecas, os mais diversos tipos de sistemas de informação etc. (Haigh, 2011).

O termo “informação” apresenta e apresentou diversos significados, porém adquiriu uma nova perspectiva com a proposição da Teoria da Informação (Information Theory), uma abordagem científica da autoria de Claude Shannon, que foi apresentada em sua

publicação renomada “A Mathematical Theory of Communication” de 1948 (Haigh, 2001). Segundo Haigh (2001) e Shannon (1948), nessa publicação, expõe-se um processo estatístico para a transmissão de símbolos entre um emissor e receptor, introduzindo a ideia da informação como um conteúdo mensurável em bit.

O uso da palavra “*bit*” como uma unidade de medida de informação está diretamente relacionada à expressão “*bit of information*” empregada por Shannon para abranger uma parte, parcela, fração – uma tradução da palavra bit da Língua Inglesa – da informação processada. É evidente que esta perspectiva da informação como um conteúdo mensurável está diretamente relacionada à concepção dos computadores atuais, uma vez que representam máquinas dotadas da capacidade de processar dados e informações das mais diversas formas, estejam esses insumos completos ou fracionados.

No entanto, ainda na década de 1940, os primeiros computadores eram comumente compreendidos como calculadoras modernas, máquinas que basicamente realizam o cômputo de números. Os computadores foram vistos por décadas como um progresso tecnológico das calculadoras mecânicas e que estariam limitados a essa atribuição até mesmo por profissionais e acadêmicos da década de 1970, embora, já em 1949, Edmund Callis Berkeley tenha publicado um livro intitulado “*Giant Brains, or Machines that Think*”, no qual apresenta o mundo da computação como uma nova tecnologia sob a perspectiva de que computadores seriam grandes cérebros não pela capacidade cognitiva, mas por serem capazes de manejar informações com grande habilidade e maior velocidade. Nesse livro, Berkeley descreve computadores da época, como o *Electronic Numerical Integrator and Calculator* (ENIAC) e o *Differential Analyzer* do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) ambos aplicados à realização de cálculos mais complexos (Haigh, 2011). Apesar da visão de Berkeley, quanto ao potencial da tecnologia da computação, ainda assim os computadores por ele apresentados eram destinados à resolução de cálculos mais avançados.

Paralelamente ao desenvolvimento das funcionalidades dos computadores, havia também o desenvolvimento de sistemas de controle automáticos de *feedback*. Segundo Bennett (1996), o desenvolvimento de sistemas de controle automáticos é dividido em quatro grandes períodos, de tal forma que a década de 1940 representa uma transição entre o Período Pré-Clássico (1900-1940) e o Período Clássico (1940-1960). Nesse momento na história, as engenharias já empregavam e estudavam diversos tipos de sistemas e dispositivos de controles. O primeiro livro dedicado aos sistemas de controle foi “*Automatic Control Engineering*”, publicado em 1942 por Ed S. Smith, no entanto, os conceitos contemplados na obra foram ofuscados pelas mudanças de abordagem oriundas da Segunda Guerra Mundial (Bennett, 1996).

A Segunda Guerra Mundial induziu os trabalhos relacionados aos sistemas de controle a focarem em questões pontuais e específicas da própria guerra, destacando-se, entre eles, um sistema de controle para mira e disparo de armas antiaéreas desenvolvido por Norbert Wiener, na qual utiliza um servomecanismo para movimentar e disparar as armas de acordo com o processamento de informações obtidas pelos radares aéreos (Bennett, 1996). Norbert Wiener, segundo Haigh (2001), foi um matemático e filósofo precursor da Cibernética, um conceito relacionado à consequência de seus trabalhos com sistemas de controle automáticos, principalmente, o militar acima mencionado.

Em 1948, Wiener publicou o livro “*Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*”, evidenciando a relação entre a Teoria da Informação de Shannon (autor que inclusive auxiliou Wiener na elaboração de um dos capítulos deste livro) e seu emprego por computadores, a base do conceito da Cibernética, como se informação e computação estivessem inter-relacionados (Wiener, 1961)¹.

Mesmo que Wiener tenha uma contribuição imensurável decorrente de seus trabalhos durante a Segunda Guerra, a aplicação de dispositivos e sistemas que redundam dos sistemas de controle automático de *feedbacks* já estava se disseminando em diversos segmentos, principalmente entre o Período Pré-Clássico e Clássico de Bennett (1996). Os sistemas dessa natureza já eram difundidos desde a década de 1930 e as indústrias buscavam adotá-los da maneira mais rápida possível tanto com finalidades relacionadas à otimização operacional quanto à comercialização da tecnologia em si.

Segundo Bennett (1993), a inserção cada vez mais intensificada de maquinário nas indústrias, associadas a novos processos produtivos e um amadurecimento do gerenciamento, mais precisamente a partir da década de 1920, fez com que o uso de instrumentos e mecanismos de medição e controle se tornassem progressivamente presentes. As informações obtidas por esses dispositivos e sistemas passaram a influenciar nos planejamentos operacionais, havendo a utilização de sistemas de controle semiautomáticos e, em alguns casos, plenamente automáticos, refletindo um gerenciamento organizacional cada vez mais burocrático, de tal forma que um maior número de aspectos das operações passou a ser mais centralizado na gerência, principalmente, em virtude de um cenário criado com uma ênfase na padronização de produtos.

A adoção ao princípio da padronização implica, intrinsecamente, na necessidade de controles mais fechados e mais rígidos. Em virtude dessa necessidade, passou-se a ter uma preferência por sistemas de controle automáticos. Segundo Rifkin (1995), em novembro de 1946 a revista *Fortune* apresentou a chamada “A ameaça e a promessa das máquinas autônomas estão mais próximas que nunca”² para o artigo provocativo “*Machines Without Men*” da autoria de J. J. Brown e E. W. Leaver, no qual são expostos os avanços da mecanização e o potencial da revolução eletrônica, confrontando o trabalho operário humano com o de máquinas dotadas de tecnologias de controle que transcenderiam as limitações humanas, como fadiga e a necessidade de repousar.

O artigo de Brown e Leaver cria uma visão na qual empresas funcionariam automaticamente, sem a necessidade da presença humana decorrentes da evolução da tecnologia dos sistemas de controle no Século XX, culminando no desenvolvimento de uma nova teoria do design de máquinas, na qual o foco do design da máquina deixaria de ser o produto (bem) que opera e se tornando o conjunto de funcionalidades necessário à integração de toda manufatura (Noble, 2011). Já em abril de 1947, o vice-presidente da Ford Company Motors cria um “Departamento de Automação”, sendo esse momento a primeira vez que o substantivo “automação” é utilizado (Rifkin, 1995).

Surgiu, então, um marco no desenvolvimento da computação. J. Presper Eckbert e John W Mauchly, os mesmos inventores do ENIAC – computador mencionado na obra de Berkeley, como mencionado anteriormente – contribuíram com a criação do *Universal Automatic Computer I* (UNIVAC I), possuindo como primeiro cliente comercial a agência estadunidense Census Bureau. A aquisição ocorrida em 1951 teve como finalidade a aplicação do UNIVAC I para auxiliar no cálculo de censos (Noble, 2011; Rifkin, 1995). O equipamento ganhou notória reputação ao prever com sucesso quem ganharia a corrida eleitoral presidencial entre Eisenhower e Adlai Stevenson (Rifkin, 1995).

Na década de 1950, a automação, a adoção de sistemas de controles automáticos decorrentes da Cibernética e a aplicação de computadores se tornaram, bruscamente falando, a obstinação de muitas organizações lucrativas, pesquisadores e profissionais de negócios, fomentando a criação de diversas especulações e até teorias. Segundo Haigh (2001), na década em questão, havia uma atração intelectual dos negócios estadunidenses

já fascinados pelo desenvolvimento da mecanização, sendo a Cibernética e suas aplicações apresentados aos gerentes como um fim em si mesmo.

O *Lyons Electronic Office I* (LEO I) se torna o primeiro computador usado comercialmente para executar aplicações de negócios, em 1951 (Haigh, 2011). Segundo Caminer (2001), o LEO I foi desenvolvido pela Lyons, uma firma conhecida por fornecer chá e deter pontos de venda, que decidiu construir um computador eletrônico para auxiliar no processamento de muitos papéis nos escritórios.

A automação passou, então, a ser ainda mais propagada no início dessa década, principalmente por John Diebold. Diebold lançou o livro *“Automation – The Advent of the Automatic Factory”* em 1952, no qual apresentou várias ideias relacionadas à automação industrial, também correlacionando o desenvolvimento dos sistemas de controle à automação – como apresentado anteriormente – uma vez que esses sistemas possibilitam às máquinas a realização de autocorreções em suas próprias atividades, mudando drasticamente a forma como as máquinas, bens e informações são manejados. Nos capítulos intitulados *“What will Automation Mean to Business”* e *“Some Social and Economic Effects on Automation”*, Diebold aborda o impacto da automação nos negócios e os impactos sociais e econômicos redundantes da grande escalabilidade da automação, acreditando que as mudanças seriam graduais como forma de promover uma melhor adequação da coletividade às prováveis rupturas (Diebold, 1952).

Finalmente, em 1954, a *General Electric* se torna a primeira companhia americana a computadorizar procedimentos administrativos mediante a aplicação do UNIVAC I. Os especialistas em sistemas de negócio da companhia em questão ficaram tão interessados nos benefícios proporcionados pela computação que decidiram desenvolver seus próprios computadores (Haigh, 2011). Em 1954, Peter Drucker, considerado um dos precursores da gestão contemporânea, publicou o icônico livro *“The Practice of Management”*, contribuindo com muitas mudanças de paradigmas nas organizações e na gestão empresarial em si. Nesse marco bibliográfico, Peter Drucker realiza uma breve explicação quanto ao conceito “automação” no terceiro capítulo da obra, *“The Challenge to Management”*, abrangendo os impactos desse conceito nas organizações – semelhante à abordagem de Diebold, no entanto com outro viés – com ênfase na gestão em si e ressaltando, ao longo da obra, a importância da informação como um grande recurso gerencial e operacional (Drucker, 2007). Embora Drucker tenha definido a informação como “a ferramenta do gestor”, uma vez que está relacionada à habilidade de comunicação dos gestores, até então a informação não estava vinculada à computação, nem mesmo a ideia de sistema de informação (Haigh, 2001). A informação ganhou uma perspectiva mais relevante nos negócios com a publicação de Howar S. Levin, em 1956, intitulada *“Office Work and Automation”*, na qual declarou que a informação é a base para as tomadas de decisão e que investir em informação é vital para a prosperidade dos negócios (Haigh, 2001).

Somente em 1958 que as expressões e conceitos “computação”, “informação”, “automação” e “gestão/gerenciamento” foram associados, tornando o computador uma tecnologia da informação (*“information technology”*). Expressão essa utilizada pelos professores Harold J. Leavitt e Thomas L. Whistler em sua publicação *“Management in the 1980s”*, na *Harvard Business Review* (Haigh, 2001).

Desde então, a década de 1960 foi marcada com um feroz desenvolvimento de TI e equipamentos computacionais, sejam eles computadores dotados de uma maior capacidade de processamento, ou máquinas com mais funcionalidades, ou ainda sistemas computacionais mais complexos (Campbell-Kelly, Aspray, Ensmenger, & Yost, 2014; Haigh, 2001; Noble, 2011; Rifkin, 1995). A primeira proposta de estabelecer uma conexão

entre computadores geograficamente distribuídos foi realizada por Joseph C. R. Licklider, em 1960, em seu artigo “*Man-Computer Symbiosis*”, apresentando a ideia de uma rede vasta de dispositivos interconectados chamada “*Intergalactic Computer Network*”, originando, a posteriori, a rede *Advanced Research Projects Agency Network* (ARPANET) (Campbell-Kelly et al., 2014).

Um pouco antes da proposta de Licklider, o Project Lincoln – oriundo da década de 1950 – trouxe como resultado o desenvolvimento de um sistema de defesa antiaéreo, o *Semi-Automatic Ground Environment* (SAGE), uma rede de vinte e três Centros de Direção distribuídos pelos Estados Unidos (Campbell-Kelly et al., 2014). O desenvolvimento do SAGE e do ARPANET contribuíram significativamente para o advento de novas tecnologias, como a própria Internet.

4 Das Redes à Internet das Coisas

O aprimoramento dos aparatos eletrônicos oriundos da Cibernética viabilizou a criação de diversos eletroeletrônicos e com a difusão e escalabilidade de suas aplicações, não demorou para que usuários realizassem modificações próprias em equipamentos amplamente comercializados.

Foi na *Carnegie Mellon University* (CMU), em 1982, que estudantes optaram por conectar uma máquina de refrigerantes à Internet com a finalidade de monitorarem o inventário de garrafas e se as mesmas estavam em temperatura adequada para consumo. Vários estudantes, ao longo dos anos, realizaram modificações no sistema criado, de tal modo, que hoje é possível se conectar à várias máquinas de refrigerante e doces do departamento da universidade mediante o acesso a determinado Internet Protocol (IP), na qual é disponibilizado uma interface de uso (“The ‘Only’ Coke Machine on the Internet”, 1982). Esse acontecimento representa a primeira vez – na qual se há um registro – que um dispositivo que não fosse propriamente um equipamento computacional ou de informática é conectado à Internet (Madakam et al., 2015).

Na década de 1990 surgem discussões interessantes quanto ao desenvolvimento tecnológico da computação. Segundo Mattern e Floerkemeier (2010), um dos conceitos interessantes propostos no início dessa década é da autoria de Mark Weiser. Weiser, em 1991, apresenta o paper “*The Computer for the 21st Century*”, na qual especula uma teoria relacionada a uma nova concepção quanto aos computadores, de tal forma que os computadores estariam imersos no ambiente humano, não perceptíveis da forma atual. Haveria uma transfiguração do equipamento em questão, de modo a estar tão integrado ao ambiente que não seria possível percebê-lo à primeira vista, como a fiação elétrica de uma casa, logo, em um mesmo cômodo, haveria diversos computadores integrados, possibilitando às pessoas utilizá-los de maneira inconsciente, enquanto realizam suas tarefas. A esse conceito, Weiser atribuiu a expressão Computação Ubíqua (“*Ubiquitous Computing*”) (Weiser, 1991).

Weiser (1991) especula quanto às prováveis especificações técnicas que esses computadores teriam, como processadores, recursos de armazenamento e monitores (“*displays*”), no entanto, apresenta como principais impasses à ubiquidade aos softwares e às redes de interconexão. Quanto aos softwares, a pluralidade de equipamentos e a mobilidade das pessoas que os utilizam implica na necessidade de aplicações e sistemas de informação flexíveis, que se adaptem automaticamente ao dinamismo da ubiquidade sem que a reinicialização ou o desligamento dos equipamentos seja essencial, como nos sistemas da década em questão.

Quanto às redes, são expostos dois problemas previstos: As taxas de transmissão de dados, que devem ser aumentadas; A transparência das conexões cabeadas e wireless, uma vez que, com a finalidade de promover uma computação imperceptível, as conexões assim também devem ser, enquanto proporcionam aos equipamentos conectados a capacidade de mobilidade dentro dos e entre ambientes (Weiser, 1991). Ao final, Weiser (1991) simula como seria o dia-a-dia, a rotina, em um cenário ubíquo, concluindo que a Computação Ubíqua proporcionará uma maior imersão dos computadores em todos os grupos sociais, enfatizando a importância do conceito por proporcionar uma mudança de paradigma, na qual as máquinas se adequariam ao ambiente humano, ao invés de forçar humanos a entrarem nos ambientes das maquinais.

Em 1994, Reza S. Raji publicou o artigo intitulado “*Smart networks for control*”, descrevendo um cenário na qual equipamentos dotados de microprocessadores embutidos logo obedecerão a comandos de uma rede distribuída. Raji exemplifica, logo na introdução do artigo, um prédio comercial aonde os funcionários entrariam utilizando um cartão de acesso que abriria as portas e utilizaria luzes para encaminhar pessoas as suas respectivas salas. Ao entrar na sala, a iluminação e a temperatura se ajustariam de acordo com as últimas configurações utilizadas por aquele funcionário, enquanto que uma rede de controle de processamento enviaria dados atualizados ao computador a ser utilizado (Raji, 1994). Os sistemas de controle baseados em microprocessadores embutidos – uma evolução daqueles mencionados no capítulo anterior – se tornaram mais presentes na década de 1980, tanto em construções como instalações fabris, então Raji propõe uma rede de comandos na qual cada dispositivo representaria um nódulo “*smart*” autônomo e interdependente, quanto aos demais dispositivos da rede, com a finalidade de integrar e automatizar diversas tarefas (Raji, 1994).

Essa tecnologia, segundo Raji (1994), demandaria o desenvolvimento de redes e protocolos diversos para aplicações específicas, listando e descrevendo as existentes naquela época. Esses protocolos seriam propícios a alguns mercados como “*building automation*” e controle de processos.

No entanto, a expressão “*Internet of Things*” somente se tornou popular em 1999, quando o Kevin Ashton divulgou um dos trabalhos do Auto-ID Center do MIT (Madakam et al., 2015; Mattern & Floerkemeier, 2010). De acordo com Mattern e Floerkemeier (2010), o Auto-ID Center anunciou o desenvolvimento de uma estrutura de *Radio-frequency identification* (RFID).

Sanjay Sarma, David L. Brock e Kevin Ashton publicaram um white paper em 2000 chamado “*The Networked Physical World: Proposals for Engineering the Next Generation of Computing, Commerce & Automatic-Identification*”, apresentando o fruto do resultado das pesquisas desenvolvidas pelo Auto-ID Center até aquele momento, consistindo na infraestrutura, recomendação de padrões e identificação de aplicações de identificação automática para redes físicas (Sarma, Brock, & Ashton, 2000). Os autores propuseram a inserção de “*Tag Data*” em objetos que continham uma identificação única, o *Electronic Product Code* (EPC), na qual seria possível armazenar os dados nessas *tags* de *Electromagnetic Identification* (EMID) empregando arquitetura e tecnologias de alta frequência para manusear esses dados (Sarma et al., 2000)

Paralelamente a essa pesquisa, os princípios da IoT foram discutidos pela primeira vez por Neil A. Gershenfeld em 1999 no seu livro “*When Things Start to Think*” (Madakam et al., 2015; Mattern & Floerkemeier, 2010). No último capítulo, intitulado “*Things That Think*”, Gershenfeld apresenta alguns exemplos de objetos interconectados dentro de uma residência, como uma cafeteira conectada à cama e ao calendário, ou ainda móveis e pisos que podem detectar gestos eletromagneticamente controlados por

mecanismos que se organizariam entre si para formar redes adaptáveis de tal modo que as informações geradas seriam processadas, gerando relatórios e bancos de dados que acumulariam as experiências dos moradores (Gershenfeld, 1999).

Segundo Madakam et al. (2015), no ano 2000, a empresa Lucky Goldstar (LG) anunciou um refrigerador que se conectaria a Internet; já entre 2003 e 2004, o RFID passa a ser empregado em massa escala pelo US Department of Defense.

Em 2004, Hai Zhuge propõe em seu artigo “*Future Interconnection Environment – Dream, Principle, Challenge and Practice*” a existência de um ambiente em larga escala, autônomo, vivo, sustentável, inteligente e interconectado aonde todos os elementos, incluindo naturais, coexistem de maneira harmoniosa e se desenvolvam de maneira orgânica (Zhuge, 2004). Esse ambiente dinâmico proposto por Zhuge necessitaria de cinco variáveis, como Espaço e Relação, além de princípios, em razão de sua complexidade, como abertura e desenvolvimento incremental, representando um modelo futuro para um ambiente que contaria com uma arquitetura multi-instância de todos os recursos e elementos presentes nessa arquitetura, além de seus desafios de implementação (Zhuge, 2004).

O conceito, os princípios e os protocolos relacionados a IoT estavam ganhando tanta repercussão que até a *International Telecommunication Union* (ITU), agência vinculada às Organizações das Nações Unidas (ONU), publica em 2005 um relatório sobre IoT chamado “*Overview of the Internet of Things*”, no qual, assim como o nome do documento sugere, é apresentada uma visão geral de IoT, contemplando definições, conceitos, fundamentos, sugestões de modelos etc. (Madakam et al., 2015).

5 Propósito e Caracterização da IoT

A IoT é uma infraestrutura global que proporciona serviços avançados por meio da interconexão de coisas baseadas em tecnologias interoperáveis de informação e comunicação, na qual a expressão “coisas” remete a qualquer objeto físico ou virtual que é capaz de ser identificado e integrado à rede de comunicações. (ITU, 2012).

Sensores e atuadores embutidos nesses objetos são conectados a redes cabeadas ou wireless, utilizando o mesmo IP para se conectarem a Internet para que um imenso volume de dados seja coletado e enviado a computadores (Madakam et al., 2015).

De acordo com Barnaghi et al. (2012), o principal propósito de conectar todos esses dispositivos à Internet e os interconectar para que então seus dados sejam coletados e processados é criar situação de consciência, proporcionando às aplicações, às máquinas e aos seus usuários uma melhor compreensão do ambiente na qual estão inseridos. Esse propósito também é apontado por Mattern e Floerkemeier (2010), ao afirmarem que a conectividade diária de objetos pode ser utilizada para que, remotamente, esses objetos possam determinar seus respectivos estados de tal forma que um sistema de informação, ao processar esses dados, permita que diversos aspectos do mundo real sejam observados com um nível de detalhamento nunca antes alcançado e com custos ínfimos.

Ao compreenderem uma situação ou contexto, as aplicações empregadas na rede, assim como os serviços a elas vinculadas, poderão realizar decisões mais inteligentes e responder ao dinamismo do ambiente de mais efetiva (Barnaghi et al., 2012). Tem-se um meio no qual é possível compreender sua complexidade e responder de maneira ágil (Madakam et al., 2015).

De acordo com o relatório da ITU (2012), IoT apresenta cinco características fundamentais. São elas:

- a) interconectividade: Qualquer dispositivo pode ser interconectado à infraestrutura de comunicação;
- b) serviços relacionados às coisas: A capacidade de proporcionar serviços de acordo com as respectivas restrições das coisas conectadas;
- c) heterogeneidade: A pluralidade de dispositivos e seus respectivos *hardwares* e plataformas devem poder interagir com outros dispositivos e plataformas de serviços diversos;
- d) mudanças dinâmicas: Os dispositivos conectados mudam de estado (ligado-desligado, conectado-desconectado etc.) constantemente; e
- e) escala enorme: A quantidade de dispositivos conectados demanda uma gestão tanto dos dispositivos, como das informações geradas e suas interpretações.

O mesmo relatório ainda aponta dez requisitos muito importantes para a IoT. Segundo ITU (2012), são eles:

- a) conectividade baseada na identificação: A identificação do dispositivo deve ser um critério de conexão à rede, possibilitando que os dados de cada dispositivo sejam indexados e processados corretamente;
- b) interoperabilidade: Em virtude de toda a heterogeneidade de dispositivos e plataformas, é necessário que haja trabalho conjunto para compartilhamento de informações de uma maneira mais eficiente;
- c) gerenciamento automático de conexão: Deve possibilitar que procedimentos de monitoramento, controle e manutenção sejam realizados de maneira automática, para que haja adaptações em caso de mudanças de domínio, ambiente etc.;
- d) provisão automática de serviços: Os serviços devem ser proporcionados de acordo com o processamento automático dos dados dos dispositivos, obedecendo-se às especificações dos provedores desses serviços;
- e) capacidades baseadas na localização: Em virtude das limitações impostas por leis e regulamentações locais, é necessário detectar a localização do dispositivo ou usuário de maneira automática;
- f) segurança: Os riscos de segurança devem ser gerenciados de acordo com a integração de políticas e técnicas;
- g) proteção de privacidade: Todo o processamento de dados e informações deve garantir a proteção de privacidade de instituições e pessoas;
- h) serviços relacionados à integridade humana: Serviços que zelem pela integridade da vida humana devem ser ofertados;
- i) *plug and play*: Os dispositivos devem se conectar aos ambientes com facilidade; e
- j) maneabilidade: A operação de todo o ambiente e das aplicações nela inseridas devem ser gerenciadas para garantir um funcionamento normal da rede.

Essas capacidades e esses requisitos apresentados pela ITU (2012) se assemelham, de certa forma, aos apontados por Mattern e Floerkemeier (2010), no entanto os autores apresentaram alguns diferenciados, como a necessidade da presença de atuadores – objetos capazes de manipular o ambiente por meio da conversão de comandos elétricos ou digitais em movimentos mecânicos, por exemplo – e de interfaces para usuários, meio pelo qual as pessoas interagiram, direta ou indiretamente, com os dispositivos e o ambiente, podendo haver interações disruptivas.

Madakam et al. (2015) apresentam, porém, a ausência de uma arquitetura universal para o desenvolvimento dessas capacidades e o atendimento desses requisitos, visto que o

conceito é muito amplo. Os autores apresentam de maneira bastante sucinta cinco arquiteturas que conseguiram identificar na revisão de literatura que fizeram, são elas:

- a) *European FP7 Reserch Project*;
- b) *ITU Architecture*;
- c) *IoT Forum Architecture*;
- d) *Qian Xiaocong, Zhang Jidong Architecture*; e
- e) *Kun Han, Shurong Liu, Dacheng Zhang and Ying Han's (2012)'s Architecture*.

Nesse artigo, será apresentado apenas a *ITU Architecture*, que consiste em um modelo de referência proposto pela própria ITU. Segundo a ITU (2012), o modelo proposto consiste em quatro níveis ou camadas associados à capacidade de gerenciamento e de segurança, conforme representado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Cada camada possui atua como base para determinada finalidade. A “*Application Layer*” contém as aplicações; “*Service support and application support layer*” consiste na camada na qual proporciona suporte às aplicações e aos seus procedimentos, como processamentos de dados; “*Network Layer*” está relacionada às redes, à conectividade e ao fluxo de dados e informações; “*Device layer*” diz respeito às coisas, aos dispositivos conectados e à interconectividade entre eles, assim como está relacionado às interfaces de interação e aos protocolos empregados (ITU, 2012).

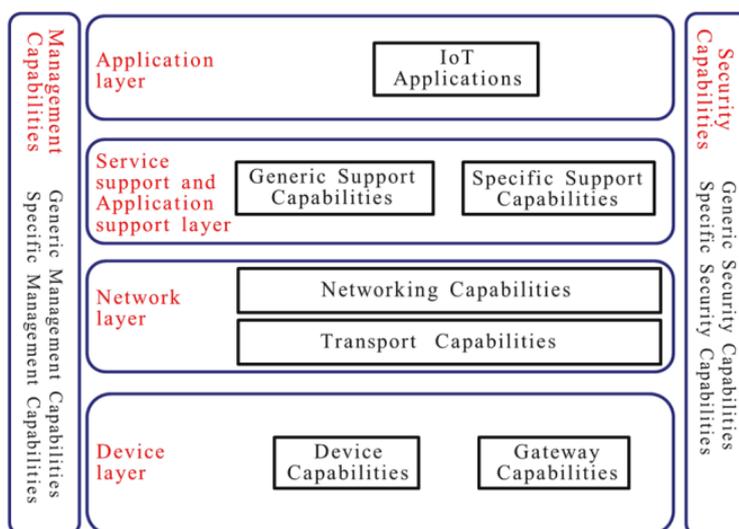


Figura 1. Modelo de Referência ITU

Fonte: Extraído de “*Overview of the Internet of things. Series Y: Global information infrastructure, internet protocol aspects and next-generation networks - Frameworks and functional architecture models*” de International Telecommunication Union, 2012, pg 13. Recuperado de <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11559-en?locatt=format:pdf&auth>.

O relatório proporciona, ainda, uma representação de como seria o ecossistema para modelos de negócio que atuassem nos diversos segmentos da IoT (ITU, 2012). A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** representa o modelo, ressaltando que não representa todos os possíveis papéis relevantes e relações que podem se manifestar.

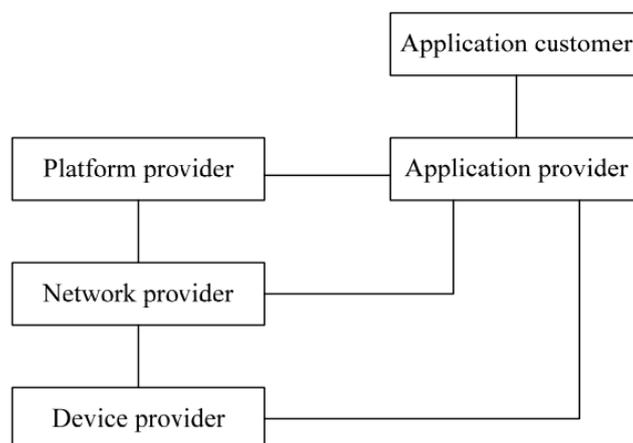


Figura 2. Ecossistema da IoT

Fonte: Extraído de “*Overview of the Internet of things. Series Y: Global information infrastructure, internet protocol aspects and next-generation networks - Frameworks and functional architecture models*” de International Telecommunication Union, 2012, pg 16. Recuperado de <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11559-en?locatt=format:pdf&auth>.

6 Os Principais Desenvolvedores

De acordo com Turck (2018), o mercado de IoT, assim como as empresas inseridas podem ser agrupadas em três grandes categorias:

- a) Aplicações: Que é subdividida em “Pessoal”, “Residencial”, “Veicular”, “Empresarial” e “Internet Industrial”;
- b) Plataformas: Sendo subdividida em “Software”, “Segurança”, “Conectividade”, “Analíticas”, “Desenvolvedoras”, “Pagamentos e dinheiro” e “3D”;
- c) Construção de blocos: Subdividida em “Hardware”, “Infraestrutura”, “Conectividade” e “Parcerias”.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta essas categorias. Nota-se a grande quantidade de empresas já existentes no mercado. De acordo com Williams (2017), em seu artigo “IoT Platforms Company List 2017 Update” da IOT Analytics, a quantidade de empresas que comercializam plataformas de IoT chegou a 450 (quatrocentos e cinquenta) em junho de 2017, um aumento de 25% (vinte e cinco por cento) em relação ao ano passado.

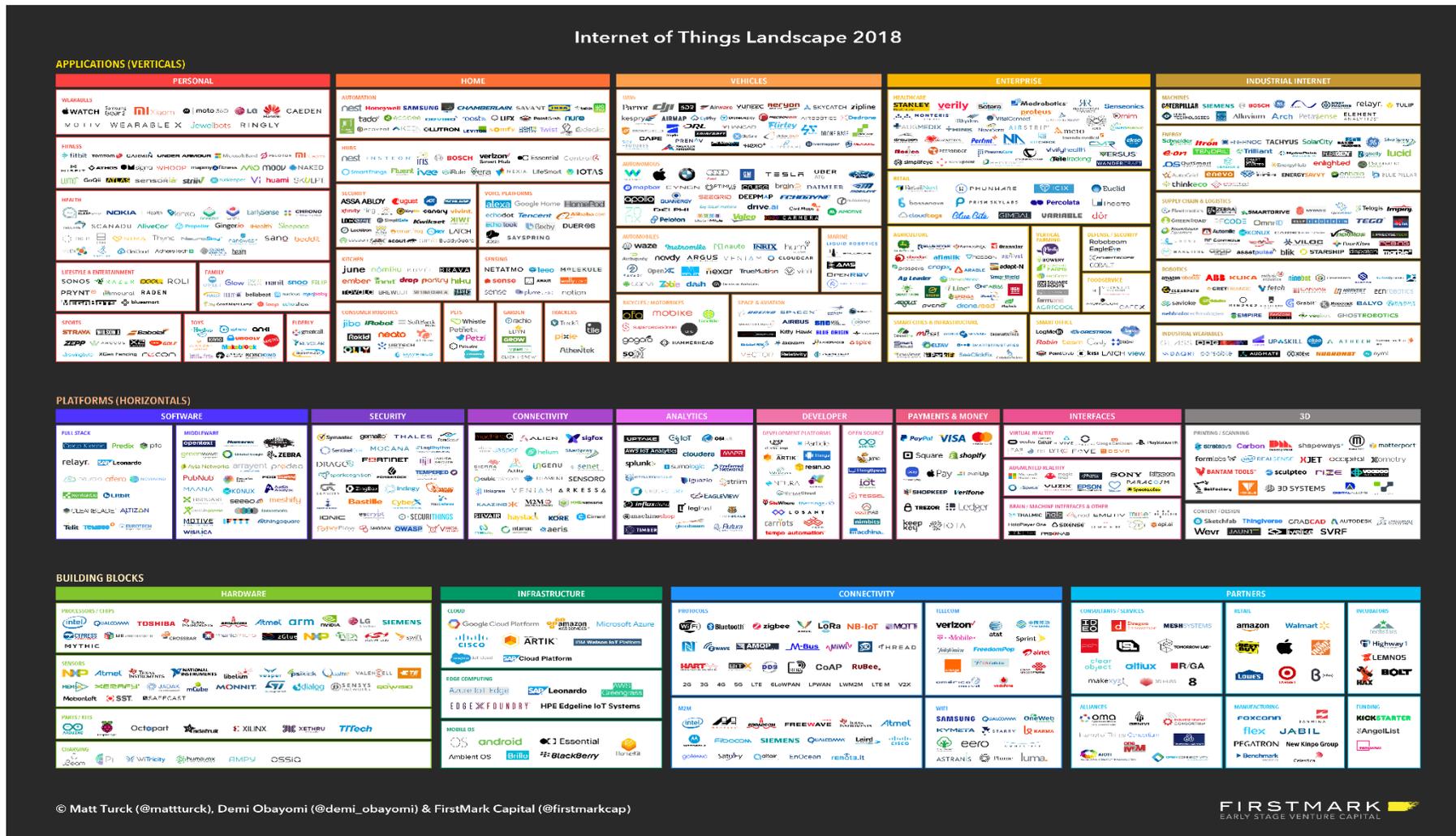


Figura 3. Panomarama da IoT em 2018
 Fonte: Extraído de “Internet of Things Landscape 2018” de Turck, 2018. Recuperado de <http://mattturck.com/wp-content/uploads/2018/01/Internet-of-Things-2018-1.png>.

Aqui são apresentadas quatro das instituições atuantes no mercado. São elas: Google LLC, Microsoft Corporation (MS), Amazon.com Incorporation, General Electric (GE) e International Business Machines Corporation (IBM), ordenadas de acordo os valores das marcas obtidos da Forbes (2018), como mencionado nos Procedimentos Metodológicos deste trabalho.

6.1 Google – US\$ 101,8 Bilhões

“Organizar as informações do mundo todo e torná-las universalmente acessíveis e úteis” essa é o propósito da Google, uma empresa pioneira na área de tecnologia, surgindo a partir da parceria entre Larry Page e Sergey Brin em uma garagem no subúrbio de Menlo Park, California. A organização foi fundada em 1998 e desde então tem impactado no mercado (Google, 2018b). Apresenta como principal solução relacionada a IoT o “*Google Cloud Plataform*” que consiste em uma infraestrutura nas nuvens, proporcionando processamento e análises de grandes volumes de dados, assim como *Machine Learning* (Google, 2018a). De acordo com o Panorama da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, o *Google Cloud Plataform* está categorizado como uma solução de “Construção de blocos” do tipo “Infraestrutura”.

6.2 MS – US\$ 87 Bilhões

Com o propósito de “empoderar cada pessoa e cada organização no planeta para realizar mais”, a Microsoft foi fundada em 1975 e conta com uma ampla variedade de soluções, sejam eles serviços, aplicações ou equipamentos (Microsoft, 2018a). Atualmente, a empresa apresenta diversas soluções relacionadas a IoT, como o conjunto de aplicações “Azure IoT Suite” e seus serviços como “Azure IoT Hub”, “Azure IoT Edge”, “Azure Machine Learning” e outros serviços dentro do Azure, além do “Microsoft IoT Center”, que representa uma solução Software-as-a-Service (SaaS) e o “Microsoft 10 IoT”, voltado para dispositivos smart (Microsoft, 2018b). O conjunto de soluções Azure está categorizado como solução de “Construção de blocos” do tipo “Infraestrutura” (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

6.3 Amazon – US\$54,1 Bilhões

Foi lançada com a missão de “ser a empresa mais centrada no cliente da Terra, onde os clientes podem encontrar e descobrir qualquer coisa que quiserem comprar on-line, além de se esforçar para oferecer a eles os preços mais baixos possíveis” em 1995 (AMAZON, 2018b). Sua solução de IoT é uma plataforma chamada “AWS IoT” que proporciona alguns serviços, como “AWS IoT Core”, uma plataforma nas nuvens para gerenciamento de dispositivos conectados; “AWS Greengrass”, um programa que controla as comunicações e os fluxos de dados entre os dispositivos; “AWS IoT Analytics”, para a execução de análises; além de outros serviços modulares (AMAZON, 2018a). A plataforma da Amazon está categorizada como solução de “Construção de blocos” do tipo “Parcerias”, como visível na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

6.4 GE – US\$ 37,9 Bilhões

Surgiu como um legado empreendedor de Thomas Edison na década de 1890, a GE atuou em diversos avanços tecnológicos ao longo das décadas, desde a comercialização de

lâmpadas de bulbo a soluções digitais (GE, 2018b). Sua atuação no panorama de IoT está na subcategoria “Internet Industrial” dentro de “Aplicações” (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). A aplicação ofertada pela GE é a plataforma de software “Predix Platform” que permite a coleta de dados e a integração de diversas aplicações industriais, além de proporcionar o desenvolvimento de ambientes industriais digitais para que os próprios clientes customizem ou criem aplicações específicas (GE, 2018a).

6.5 IBM – US\$ 33,3 Bilhões

Emergida em 1911 como Computing- Tabulating- Recording Company (C-T-R), os integrantes da companhia já proporcionavam à sociedade inventos desde o final do século, como por exemplo, a invenção de equipamento capaz de calcular o preço de um item de acordo com o seu peso em 1885. A IBM sempre esteve atuante no desenvolvimento tecnológico do Século XX (IBM, 2018). Suas soluções relacionadas a IoT redundam do Watson, mais especificamente o “Watson IoT Platform” capaz de integrar soluções dentro das corporações (IBM, 2018b). O “Watson IoT Platform” está categorizado como “Construção de blocos” do tipo “Infraestrutura” (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

7 A sustentabilidade da tecnologia

O World Economic Forum (WEF) divulgou o relatório “Internet of Things Guidelines for Sustainability” em 2018 no qual compartilha sua visão sustentável, inclusiva e confiável do futuro digital (WEF, 2018). O relatório apresenta onze orientações (*guidelines*) para a IoT, categorizadas como:

- a) modelos de colaboração e alinhamento de incentivos;
- b) modelos de negócio e de investimentos; e
- c) mensuração de impacto (WEF, 2018).

Entre essas orientações, destacam-se três dentro da “Mensuração de impacto”, que segundo WEF (2018), são:

- a) orientação 9: Abraçar uma cultura de conscientização de sustentabilidade para responder à nova demanda geracional, aumentando a reputação da marca e atraindo os melhores talentos³;
- b) orientação 10: Adotar um modelo baseado nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU para avaliar potencial impacto e medir de resultados⁴; e
- c) orientação 11: Identificar potenciais ODS e alvos endereçáveis pelo seu projeto IoT e incorporá-los ao design comercial⁵.

As ODS representam dezessete metas estabelecidas pela ONU, estando representadas na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, na página seguinte. A orientação 9 diz respeito a criação de uma cultura que estimule a população com menos de trinta anos de idade, uma vez que esta é uma geração que busca reconhecimento, propósito e crescimento, logo, a criação de culturas organizacionais preocupadas com a sustentabilidade proporcionaria uma maior atração por jovens talentos para essas empresas. Já orientação 10 é estritamente focada no atingimento das ODS (WEF, 2018).

Segundo WEF (2018), dos 84% (oitenta e quatro por cento) das 643 (seiscentos e quarenta e três) implantações de IoT suportam ou tem o potencial para suportar os ODS. Entre esses, 75% (setenta e cinco por cento) dessas implantações são focadas precisamente, em ordem decrescente, nos ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura); ODS 11 (Cidades

e comunidades sustentáveis); ODS 7 (Energia acessível e limpa); ODS 3 (Boa saúde e bem-estar); e ODS 12 (Consumo e produção responsáveis). Já a orientação 11 está relacionada à necessidade da constante análise para que se possa criar a melhoria de projetos de implantação de IoT (WEF, 2018).



Figura 4. Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Fonte: Extraído de “*Internet of Things: Guidelines for Sustainability*” de World Economic Forum, 2018,

pg. 16. Recuperado de <http://www3.weforum.org/docs/loTGuidelinesforSustainability.pdf>.

8 Considerações Finais

As implicações da IoT são enormes, não imagináveis no desenvolver histórico computacional pré-1940s. Seus benefícios podem ser bruscamente resumidos em dois: Monitoramento em tempo real e aumento da conscientização situacional. Ao promover uma maior conscientização tanto aos sistemas de informação quanto para aos demais entes do ambiente criado (humanos, dispositivos e outras coisas), é possível identificar potenciais problemas, restrições, complicações no momento em que os primeiros indícios se manifestam, viabilizando assim a realização de ações preditivas dotadas de um mosaico de dados e informações de tamanho volume que essas mesmas ações terão, em sua formulação ou ideação, um viés dotado de criticidade e efetividade.

Com a automatização, essas ações também serão dotadas de uma maior agilidade. Talvez somente assim seja possível lidar com todo o complexo dinamismo do tecido social. Haverá, da mesma forma, uma maior conscientização quanto ao consumo de recursos naturais – também em tempo real – possibilitando um consumo não apenas mais responsável como cômico. Os desperdícios poderão ser efetivamente combatidos e os excedentes eficientemente realocados.

No entanto, o atual desenvolvimento tecnológico ainda não proporciona implantações de IoT tão extensas quanto as idealizadas por pesquisadores. Os próprios fundamentos da IoT apresentados pela ITU (2012) ainda são desafios a serem superados. Talvez, entre todos os fundamentos, aquele que possa apresentar um desenvolvimento mais problemático seja a interconectividade, uma vez que demandará esforços conjuntos das esferas privadas e governamentais na tentativa de criar políticas e protocolos de interoperabilidade.

A latência da elaboração de políticas públicas pode representar um grande entrave. No caso do Brasil, o Sistema Bicameral composto pelas Casas Alta e Baixa e toda a complexidade operacional característica do sistema federativo brasileiro e de seus arranjos institucionais podem retardar as implantações de IoT no país

De toda forma, a IoT representa um conjunto amplo e misto de tecnologias diversas, cuja a discussão ainda demanda um maior aprofundamento em virtude de toda a pluralidade existente a cerca do tema.

Notas de Conteúdo

¹ O livro atua como fundamento teórico para as discussões referentes a assuntos múltiplos, desde os servomecanismos à Inteligência Artificial (IA), realizando sugestões de investigações proveitosas, associando a Psicopatologia ao uso de cibernéticos, por exemplo, sob a ótica de uma analogia paralela entre o cérebro e um computador.

² “*the threat and promise of laborless machines is closer than ever*” (FORTUNE, 1946 apud RIFKIN, 1995, pg.66, tradução nossa).

³ “*Embrace a sustainability awareness culture to respond to new generational demand, enhancing brand reputation and attracting top talent*” (WEF, 2018, pg. 4, tradução nossa).

⁴ “*Adopt a framework based on the UN Sustainable Development Goals to evaluate potential impact and measure results*” (WEF, 2018, pg. 4, tradução nossa).

⁵ “*Identify potential Sustainable Development Goals and targets addressable by your IoT project and incorporate them into the commercial design*” (WEF, 2018, pg. 4, tradução nossa).

Referências

- AMAZON. (2018a). AWS IoT. Recuperado 2 de fevereiro de 2018, de https://aws.amazon.com/iot/?nc1=f_ls
- AMAZON. (2018b). Working at Amazon. Recuperado 2 de fevereiro de 2018, de <https://www.amazon.jobs/working/working-amazon>
- BARNAGHI, P., WANG, W., HENSON, C., & TAYLOR, K. (2012). Semantics for the Internet of Things. *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, 8(1), 1–21. <https://doi.org/10.4018/jswis.2012010101>
- BENNETT, S. (1993). *A History of Control Engineering 1930-1955. IEE CONTROL ENGINEERING SERIES 47* (Vol. 8). London: Peter Peregrinus Ltd.
- BENNETT, S. (1996). A brief history of automatic control. *Control Systems, IEEE*, 16(3), 17–25. <https://doi.org/10.1109/37.506394>
- CAMINER, D. (2001). Putting computers to work [Lyons Electronic Office]. *IEE Review*, 47(5), 27–29. <https://doi.org/10.1049/ir:20010504>
- CAMPBELL-KELLY, M., ASPRAY, W., ENSMINGER, N., & YOST, J. R. (2014). *Computer: A History of the Information Machine* (3^o ed). Boulder: Westview Press.
- DIEBOLD, J. (1952). *Automation: The Advent of the Automatic Factory*. Nova Iorque: Van Nostrand.
- DRUCKER, P. F. (2007). *The Practice of Management*. Oxford: Butterworth-Heinemann.

- FORBES. (2018). The World's Most Valuable Brands. Recuperado 28 de janeiro de 2018, de <https://www.forbes.com/powerful-brands/list/#tab:rank>
- GENERAL ELECTRIC. (2018a). Predix Platform: The Foundation for Digital Industrial Applications. Recuperado 2 de fevereiro de 2018, de <https://www.ge.com/digital/predix-platform-foundation-digital-industrial-applications>
- GENERAL ELECTRIC. (2018b). Transformation. Recuperado 2 de fevereiro de 2018, de <https://www.ge.com/transformation/>
- GERSHENFELD, N. A. (1999). *When Things Start to Think*. New York: Henry Holt and Company.
- GOOGLE. (2018A). GOOGLE Cloud Platform. Recuperado 2 de fevereiro de 2018, de <https://cloud.google.com/solutions/iot/?hl=us-en>
- GOOGLE. (2018b). Our Company. Recuperado 2 de fevereiro de 2018, de <https://www.google.com/intl/en/about/>
- HAIGH, T. (2001). Inventing Information Systems: The Systems Men and the Computer, 1950–1968. *Business History Review*, 75(1), 15–61. <https://doi.org/10.2307/3116556>
- HAIGH, T. (2011). The history of information technology. *Annual Review of Information Science and Technology*, 45, 431–487. <https://doi.org/10.1002/aris.2011.1440450116>
- INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION. (2018a). Chronological History of IBM. Recuperado 2 de fevereiro de 2018, de https://www-03.ibm.com/ibm/history/history/history_intro.html
- INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION. (2018b). The Internet of Things becomes the Internet that thinks with Watson IoT. Recuperado 2 de fevereiro de 2018, de <https://www.ibm.com/internet-of-things>
- INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. (2012). *Overview of the Internet of things. Series Y: Global information infrastructure, internet protocol aspects and next-generation networks - Frameworks and functional architecture models*. Recuperado de <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11559-en?locatt=format:pdf&auth>
- MADAKAM, S., RAMASWAMY, R., & TRIPATHI, S. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*, 3(5), 164–173. <https://doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>
- MATTERN, F., & FLOERKEMEIER, C. (2010). From the Internet of Computers to the Internet of Things. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 6462 LNCS, p. 242–259). https://doi.org/10.1007/978-3-642-17226-7_15
- MICROSOFT. (2018a). About Microsoft. Recuperado 2 de fevereiro de 2018, de <https://www.microsoft.com/en-us/about>
- MICROSOFT. (2018b). Internet of Things. Recuperado 2 de fevereiro de 2018, de <https://www.microsoft.com/en-us/internet-of-things/>
- NOBLE, D. F. (2011). *Forces of Production: A Social History of Industrial Automation*. New Jersey: Transaction Publishers.
- RAJI, R. S. (1994). Smart networks for control. *IEEE Spectrum*, 31(6), 49–55. <https://doi.org/10.1109/6.284793>

- RIFKIN, J. (1995). *The End of Work: The Decline of the Global Labour Force and the Dawn of the Post- Market Era (A Summary)*. New York: G. P. Putnam's Sons.
- SARMA, S., BROCK, D., & ASHTON, K. (2000). The Networked Physical World Proposals for Engineering the Next Generation of Computing, Commerce & Automatic-Identification. *Auto-ID Center White Paper MIT- ...*, 1–16. Recuperado de https://pdfs.semanticscholar.org/88b4/a255082d91b3c88261976c85a24f2f92c5c3.pdf?_ga=2.228624341.832204665.1517688888-39625601.1517688888
- SHANNON, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3), 379–423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- THE “ONLY” COKE MACHINE ON THE INTERNET. (1982). Recuperado 1 de janeiro de 2017, de https://www.cs.cmu.edu/~coke/history_long.txt
- TURCK, M. (2018). Growing Pains: The 2018 Internet of Things Landscape. Recuperado 1 de janeiro de 2018, de <http://mattturck.com/iot2018/>
- WEISER, M. (1991). The Computer for the 21st Century. *Scientific American*, 265(3), 94–104. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0991-94>
- WIENER, N. (1961). *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine* (2^o ed). The MIT Press.
- WILLIAMS, Z. D. (2017). IoT Platforms Company List 2017 Update. Recuperado 31 de janeiro de 2018, de <https://iot-analytics.com/iot-platforms-company-list-2017-update/>
- WORLD ECONOMIC FORUM. (2018). *Internet of Things: Guidelines for Sustainability*. Geneva. Recuperado 2 de fevereiro de 2018, de <http://www3.weforum.org/docs/IoTGuidelinesforSustainability.pdf>
- ZHUGE, H. (2004). Future Interconnection Environment – Dream, Principle, Challenge and Practice. In Q. Li, G. Wang, & L. Feng (Orgs.), *Advances in Web-Age Information Management: 5th International Conference* (p. 13–22). Dalian: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-27772-9_2