*Vinícius G. de Oliveira, Fábio Y. Niizu e Fernando Basseto**

Capítulo I

Introdução

A Internet das Coisas (IoT – Internet of Things) pode ser definida como objetos de uso cotidiano, pessoal ou industrial, dotados de computação embarcada e unicamente identificados, os quais trocam dados entre si e também com pessoas por meio da Internet, permitindo a criação de serviços e experiências de uso adaptadas ao contexto. A IoT traz consigo a possibilidade de conectar o mundo físico e o digital das mais variadas formas e nenhum setor econômico estará imune ao seu impacto.

Para muitos analistas, a IoT pode ser considerada a base para uma nova revolução industrial – como foram a máquina a vapor, a eletricidade e a eletrônica. Inovações desta magnitude sempre resultam em grandes transformações sociais.

Assim, este artigo, que é o primeiro de uma série de seis, visa introduzir a temática da Internet das Coisas abordando o seu histórico, as tecnologias habilitadoras, os cenários de aplicações e perspectivas.

O nascimento da IoT

Ainda de uma forma utópica, quando ainda não existia tecnologia para viabilizar o conceito, Nikola Tesla, pai da corrente alternada, já trazia uma visão que corrobora com o preceito da IoT, conforme citação de 1926: *"Quando a tecnologia sem fio for perfeitamente aplicável, a Terra inteira será convertida em um imenso cérebro, o que de fato é, com todas as coisas sendo partículas de um todo real e rítmico"*.

Já em 1999 foi a primeira vez em que o termo foi utilizado, quando Kevin Ashton, profissional de RFID (Radio Frequency Identification), escreveu: *"Se tivéssemos computadores que soubessem tudo que há para saber sobre as coisas, usando o dado que eles coletaram sem a nossa ajuda, nós seríamos capazes de acompanhar e contabilizar tudo e assim reduzir enormemente o desperdício, a perda e o custo"*.

A evolução para a materialização da IoT passa pelos sistemas de comunicação máquina a máquina (M2M – Machine to Machine), em que duas ou mais máquinas se comunicam sem a necessidade de interação humana, e que teve início em aplicações como identificadores de chamada e sistemas SCADA *(Supervisory Control and Data Acquisition)*, em operação desde a década de 1960.

Contudo, as aplicações de M2M se limitam a resolver um problema bem caracterizado e específico (problem centric), sendo soluções verticalizadas. Dessa forma, em geral, têm como características a comunicação apenas entre dispositivos do mesmo tipo e a utilização de tecnologias proprietárias para a sua implementação.

Para que seja possível a evolução destas soluções M2M para IoT em toda a sua potencialidade, alguns requisitos básicos têm que ser atingidos:

O compartilhamento de recursos: um recurso deve ser concebido para atender a diversas aplicações e não para solucionar um único problema. Assim, a possibilidade do compartilhamento do recurso torna-se tão importante quanto as suas funcionalidades.

Liberdade na aplicação de dados: para que o compartilhamento de recursos ocorra devem ser estabelecidos mecanismos padronizados que possibilitem às aplicações o acesso aos dados, fomentando um ecossistema multi-vendor.

Cooperação entre todas as coisas: adicionalmente, com a possibilidade de comunicação direta entre diversos tipos de dispositivos e aplicações, por meio da troca de informações e comandos de atuação, será possível a interação mais rápida, autônoma e inteligente nos dispositivos de formas como não se imagina hoje.

Invisibilidade da tecnologia: todas estas características somadas propiciarão que o usuário final interaja com todos estes objetos sem se preocupar com a tecnologia embarcada, com a forma com que eles se comunicam ou com as complexidades por detrás da operação.

A terceira onda da Internet

Associando esta visão da evolução das coisas conectadas e suas aplicações com a evolução da Internet, assistimos à consolidação da chamada terceira onda da Internet.

A primeira onda se caracterizou pela comercialização do acesso à Internet, que permitiu que residências e negócios se

valessem de uma mesma infraestrutura global para a conexão de computadores. A segunda onda se constituiu a partir da conectividade e produção de conteúdo ao nível do indivíduo. Por sua vez, a terceira onda traz para o mundo virtual o mapeamento do mundo físico e a possibilidade de atuação neste, por meio do uso de incontáveis dispositivos conectados, conforme apresentado na Figura 1.

Uma nova onda da Internet se torna possível a partir do momento em que as tecnologias habilitadoras atingem grau de maturidade suficiente para a viabilidade comercial.

Na primeira onda tivemos a confluência da evolução das redes óticas de alta capacidade com o computador pessoal e os softwares de uso amigável para o acesso às páginas HTML *(Hyper Text Markup Language)* via HTTP *(Hypertext Transfer Protocol).* Tecnologias como o WDM *(Wavelenght Division Multiplexing),* os amplificadores dopados a érbio *(EDFA – Erbium Doped Fiber Amplifier),* e navegadores com interface gráfica como o Mosaic possibilitaram a ampla adoção da

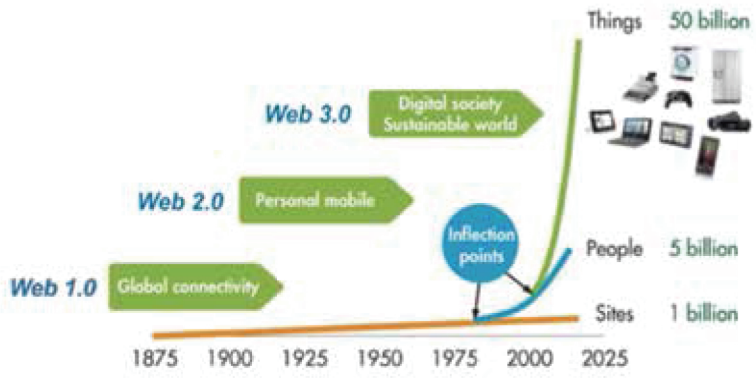

Figura 1 - Crescimento na quantidade de conexões de acordo com a evolução da Internet. Fonte: Electronic Design.

Internet pelas pessoas e empresas.

Na segunda onda, a evolução da microeletrônica e do software embarcado possibilitou o advento do smartphone, e novas tecnologias baseadas em webservices possibilitaram o surgimento das mídias sociais como *Twitter* e *Facebook.*

Tecnologias habilitadoras da IoT

Um número ainda maior de tecnologias são necessárias para viabilizar a adoção em ampla escala da IoT. A seguir apresentamos as mais significativas agrupadas nas temáticas de dispositivos, conectividade e computação.

Dispositivos: a evolução da microeletrônica permitiu a queda do custo dos microprocessadores de 32-bit, que já podem ser encontrados a menos de um dólar em alguns casos, e a criação dos SoC *(System on a Chip)* que congregam processamento, memórias voláteis e não voláteis e diversos periféricos em um mesmo componente integrado. Já o MEMS *(Microelectromechanical Systems)* possibilitou

o surgimento de sensores capazes de medir vibrações, deslocamentos, presença de gases, entre outros, com grande precisão e custos bastante acessíveis. Outra evolução significativa ocorreu nos *modems wireless* que tiveram grande redução do consumo energético e possibilitam que um dispositivo opere por até 10 anos sem a necessidade da troca da bateria, se valendo para tal de mecanismos como *sleep cycles*.

Conectividade: diferentemente da conectividade sem fio requerida para o acesso humano à Internet, que é focada no provimento de banda larga, a maioria dos cenários de IoT requer baixa capacidade de transmissão e maior alcance, além de baixo consumo energético, baixo custo e capacidade de atender centenas ou mesmo milhares de conexões em um único ponto de acesso. Para tanto, as principais tecnologias wireless de acesso ganharam novas versões aderentes a estes requisitos, como o WiFi 802.11ah, o *Bluetooth Low Energy*, e o IEEE 802.15.4g. Além disso, um novo grupo de tecnologias, definido como LPWA *(Low Power Wide Area)* surgiu especificamente para atender à IoT. Iniciativas como LoRa, Ingenu e Sigfox nasceram dentro deste contexto, se valendo de bandas não licenciadas do espectro de frequências para operar. Por sua vez, o 3GPP *(3rd Generation Partnership Project)*, órgão de padronização do 3G e 4G (e posteriormente o 5G), também lançou a sua versão de LPWA, com variantes como o LTE-M *(Long Term Evolution – Machine type communication)*, NB-IoT *(Narrow Band IoT)* e EC-GPRS *(Extended Coverage General Packet Radio Service)*, que utilizam a infraestrutura atual das redes celulares para também transportar o tráfego gerado pelos dispositivos conectados.

Computação: todos os dados gerados pelos bilhões de dispositivos devem ser armazenados e processados antes que as aplicações possam se valer dessas informações. Para tal, a evolução das tecnologias de armazenamento de dados, o constante aumento no poder dos processadores e as ferramentas de softwares para a gestão da computação elástica e em nuvem são importantes habilitadores para a realização da IoT. Igualmente, os avanços nas técnicas de aprendizagem de máquina *(Machine Learning)*, assim como novas arquiteturas de computadores voltadas para o processamento vetorial e paralelo, tem sido um dos principais fatores para o crescimento da IoT.

Cenários de aplicação

Um extenso estudo conduzido pelo McKinsey Global Institute estimou que até 2025, em nível global, a IoT trará um impacto econômico entre 3,9 a 11 trilhões de dólares anuais. Esta estimativa foi realizada através do mapeamento de mais de 150 casos de usos aplicados a diversos setores da economia.

Para um entendimento mais completo do potencial do IoT, apresentamos a seguir um agrupamento destes casos de uso em cenários de aplicações.

Produção: 28% do impacto virá de aplicações voltadas para a otimização da produção. Tais aplicações serão desenvolvidas visando atingir os mais variados ambientes, contribuindo desde a melhora nas colheitas por meio de soluções para agricultura de precisão, passando pelo ambiente fabril propriamente dito, o qual sozinho responderá por mais de 15% de todo o valor potencialmente capturado.

Digitalização: representando 14% do impacto da IoT, consiste em coletar e armazenar os dados de sensoriamento relacionados a um dado ativo, por exemplo, um motor elétrico, agrupando e organizando-os em uma série histórica. O conjunto destes dados representa digitalmente o ativo, contendo as condições pelo qual o mesmo foi submetido. Desta forma, técnicas de análise são aplicadas para pautar ações comumente divididas em dois grupos – manutenção e *design*.

Transporte: cerca de 14% do impacto se concentra em casos de uso relacionados ao transporte de pessoas ou cargas, sendo que 85% desse se divide em dois grupos distintos: mobilidade urbana (38,5%) e veículos autônomos (46,5%).

Logística: definida como o fluxo de coisas entre o ponto de origem e o ponto de consumo, em seus dois aspectos fundamentais - armazenagem e movimentação, aplicações para logística representam aproximadamente 12,5% do impacto total da IoT, sendo 60% deste para as aplicações voltadas para o controle de inventário e 40% para a gestão da movimentação dos materiais e produtos.

Saúde: com potencial para responder por quase 12% do valor que pode ser capturado pela IoT, deste, mais de 75% se deve a soluções para monitoração e tratamento de doenças, ao passo que o restante advém de aplicações voltadas a melhoria da qualidade de vida e bem-estar das pessoas, como por exemplo aplicações voltadas a monitoramento de execução de atividades físicas.

Recursos: Outro grande grupo de casos de uso para IoT, responsável por 10% do impacto, advém do monitoramento de dados ambientais, como qualidade do ar, geração de lixo e esgoto, além da otimização do consumo de energia elétrica e água.

Consumidor: esse agrupamento de casos de uso refere-se a aplicações voltadas ao consumidor em sentido amplo, respondendo por cerca de 5% do valor potencial da adoção de soluções para IoT. Tais aplicações vão desde promoções dentro de estabelecimentos comerciais até a otimização do layout de lojas com o objetivo de melhorar a experiência de compra.

Demais casos de usos somam 4% do impacto, alguns destes são: automação de tarefas domésticas, segurança predial e prevenção de desastres. A Figura 2 sumariza esses cenários de aplicações.

Perspectivas

A partir da evolução das tecnologias habilitadoras e da grande expectativa sobre o impacto econômico em praticamente todos os setores, surge a questão de quando e como tudo isso irá acontecer para que a sociedade usufrua de seus benefícios.

Esta expectativa, que também foi observada nas ondas anteriores da Internet, pode trazer consequências negativas. Por exemplo, a expectativa sobre o crescimento da Internet

no início dos anos 2000 gerou a chamada bolha da Internet. Startups com modelos de negócio ainda incipientes receberam aportes de capital ou foram adquiridas por valores muito superiores à sua capacidade de gerar retorno. Igualmente, os investimentos em infraestrutura foram exagerados, de forma que a demanda naquele momento não foi capaz de acompanhar o crescimento da oferta.

É necessário observar que toda transformação de grande porte possui fases de desenvolvimento que precisam ser percorridas até que os ganhos esperados se realizem. Durante esse processo também são endereçadas as questões que se configuram como barreiras que impedem a adoção rápida e massiva. No caso da IoT estas barreiras seriam questões como segurança, privacidade dos dados, padronização e interoperabilidade. A Figura 3 apresenta o modelo de três fases para o desenvolvimento da IoT.

Este modelo também é válido para analisar o desenvolvimento das duas ondas anteriores. Na primeira fase é estabelecida a infraestrutura que suportará as aplicações. Por esse motivo, empresas de equipamentos de rede, como Cisco e Juniper, foram os principais atores no desenvolvimento da Internet comercial entre meados das décadas de 1990 e 2000. No caso da segunda onda, os fabricantes de smartphones, como Apple e Samsung predominaram.

Já na segunda fase o foco está na organização lógica, como a localização e o acesso aos dados, o controle dos usuários, os modelos analíticos, a segurança, entre outras. Na primeira onda foi nesta fase que emergiu a Google e, na segunda onda, o Facebook.

Por fim, na terceira fase surgem os chamados negócios adjacentes, ou seja, as aplicações que a partir desta infraestrutura física e organização lógica desenvolvem novos mercados. No caso da primeira onda podemos utilizar como exemplo o Netlfix, e, na segunda, o Uber.

A Internet das Coisas encontra-se na transição da primeira para a segunda fase. Desta forma, as empresas que atuam em infraestrutura, como a Sigfox e ARM, são as mais notórias, enquanto aquelas focadas na organização lógica, como a Amazon com sua plataforma IoT AWS

Figura 2 – Os cenários de aplicação e seu potencial de impacto.

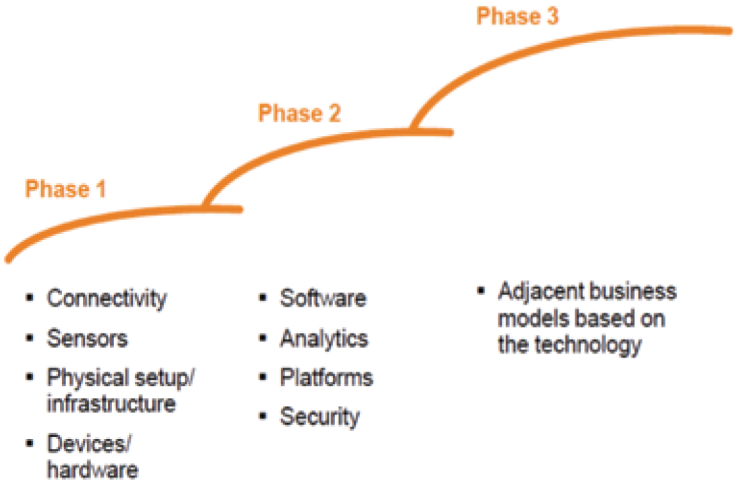

Figura 3 – As fases do desenvolvimento da IoT.

começam a ganhar espaço. Contudo, ainda não é possível identificar os negócios adjacentes que surgirão, o que mostra que as grandes oportunidades da IoT ainda estão para nascer.

Assim, nas próximas cinco edições da revista, os profissionais do CPqD irão tratar com detalhes os temas em IoT que representam grandes oportunidades a serem exploradas dentro do setor elétrico, a começar pela Smart Grid, passando também pelos lares inteligentes, carros inteligentes e a nova era da indústria. O último artigo fechará a série com insights sobre modelos de negócio e geração de valor.

Referências

- *Wikiquote*
- *RFID Journal*
- *Electronic Design*
- *The Internet of Things: mapping the value beyond the hype – June 2015.*
- *McKinsey Global Institute*

**Vinícius Garcia de Oliveira é engenheiro eletricista com especialização em Telecomunicações, mestrado em Engenharia Elétrica e MBA em marketing. Desde 2015, tem se dedicado a participar e palestrar em eventos que debatam a temática Internet das Coisas no Brasil. Atualmente, é o líder de tecnologia do estudo nacional em IoT coordenado pelo BNDES e MCTIC.*

Fabio Yuasa Niizu possui graduação em Engenharia de Computação pela Universidade Estadual de Campinas (2001) e MBA em Gestão Estratégica em Marketing pela ESAMC (2012). Atua com pesquisa e desenvolvimento desde 1994, quando trabalhou em projetos na área de instrumentação no IPT. Atualmente, trabalha na Fundação CPqD.

Fernando Basseto é engenheiro eletricista, com especialização e mestrado em Engenharia Elétrica pela Unicamp. Atua como consultor especialista em regulamentação de telecomunicações na Fundação CPqD.

CONTINUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO
Acompanhe todos os artigos deste fascículo em www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e outros comentários podem ser encaminhados para redacao@atitudeeditorial.com.br