

Universidade de Brasília  
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade  
Departamento de Economia

**Inácio Calache Cozendey**

**Coordenação no mercado da Internet das Coisas: Por que o mercado não  
deslanchou**

Brasília – DF

Março/2018

**Inácio Calache Cozendey**

**Coordenação no mercado da Internet das Coisas: Por que o mercado não  
deslanchou**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciências Econômicas da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Economia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Andrea Felipe Cabello

## TERMO DE APROVAÇÃO

### **Coordenação no mercado da Internet das Coisas: Por que o mercado não deslanchou**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de Mestre em Economia pelo Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de Brasília

Brasília – DF, 29 de março de 2018.

#### **BANCA EXAMINADORA**

---

Profª Drª. Andrea Felipe Cabello

---

Prof. Dr. Bernardo Pinheiro Machado Mueller

---

Prof. Dr. Antonio Nascimento Junior

## Dedicatória

*Aos meus pais que sempre me apoiaram e deram o melhor de si durante essa jornada, proporcionando a felicidade que todos deveriam ter.*

*Ao meu irmão, que por mais distante que esteja, sempre foi uma inspiração.*

*À minha namorada que me traz alegria e força para continuar traçando meu caminho.*

## Sumário

Introdução .....	7
Capitulo 1 – Serviços e Internet of Things (IoT) .....	9
1.1 Metodologia .....	9
1.2 Serviços e IoT .....	9
Capítulo 2 - Internet das Coisas .....	20
2.1 Service value.....	22
2.2 Plataformas .....	24
Capitulo 3 – Teoria dos Jogos e Monopólio. ....	30
3.1 Teoria dos Jogos e IoT .....	30
3.2 IoT e monopólio de plataforma.....	34
4. Conclusão .....	43
5. Referências Bibliográficas .....	46

## Resumo

A Internet das Coisas ou *Internet of Things* (IoT) ganhou grande relevância nos últimos anos por prometer avanços em produtividade e eficiência graças a novos avanços tecnológicos que permitiram incrementar objetos comuns com a computação. Contudo, barreiras ao desenvolvimento da IoT impedem que o mercado se desenvolva conforme o mesmo foi concebido. O seguinte trabalho analisa estruturas de mercado necessárias para que esse mercado se desenvolva apropriadamente, onde será visto que padrões comuns de comunicação e monopólio de plataforma são as melhores

**Palavras chave:** internet das coisas, estrutura de mercado, redes.

## Introdução

O termo Internet das Coisas, ou *Internet of Things* (IoT) foi cunhado pela primeira vez em 1999 por Kevin Ashton enquanto trabalhava com identificação por rádio frequência (RFID), se referindo a um meio padronizado pelo qual computadores compreendessem o mundo real. Isto significa que objetos físicos não sejam mais desconectados do mundo virtual. Porém somente uma década depois o termo ganharia mais interesse, graças a avanços tecnológicos que permitiram viabilizar o implante da computação em objetos que não possuíam tal capacidade. Isso permite que diversos serviços (manutenção, análise de dados via *big data*, aplicativos, software entre outros) sejam adicionados à objetos, agregando valor aos mesmos, muitas vezes se tornando o valor principal. Isto faz de sorte que, ao menos em parte, serviços tenham cada vez mais importância no comércio mundial, pois incorporam bens manufaturados e ao mesmo tempo dão suporte à produção, seja por logística ou meios de comunicação. Estima-se que 54% do comércio mundial já seja de serviços e que alcance a marca de 75% em 2025 (Arbache, 2014).

Porém, apesar desse cenário favorável ao desenvolvimento do mercado de IoT, ainda há diversas barreiras que impedem que o conceito original da IoT seja alcançado (Bandyopadhyay e Sem, 2011; Mattern e Floerkemeier, 2010; Macieira, 2016). Contudo, a literatura existente foca principalmente em aspectos técnicos como capacidade de funcionar em larga escala, consumo energético, infraestrutura de software para armazenar e organizar dados, segurança dos dados coletados e análise de dados entre outros. Não se observa na literatura uma análise de estrutura de mercado que permita identificar possíveis caminhos a serem tomados para que o mercado de IoT se desenvolva adequadamente.

Nesse sentido, este trabalho busca contribuir com a discussão analisando, a partir da literatura existente sobre serviços e IoT, porque o mercado ainda não alcançou o esperado pela ótica de estrutura de mercado. Apesar de haver uma literatura escassa sobre IoT no âmbito econômico, esta é utilizada para entender como o mercado funciona, e, baseado na literatura melhor estabelecida de externalidade de rede, qual a

estrutura necessária para sua evolução. Desta forma, em um primeiro capítulo será abordado a importância do mercado de serviços no valor agregado dos bens comercializados e como a IoT se beneficia da crescente incorporação de serviços nesses bens. Em um segundo capítulo, serão analisadas as capacidades ressaltadas na literatura da IoT, o que permite entender o funcionamento das novas tecnologias, e quais são seus principais entraves. Em um terceiro capítulo, baseado na literatura de redes, busca-se mostrar que o mercado de IoT difere da lógica tradicional de mercado. Apesar das empresas competirem nesse mercado, a cooperação para estabelecer protocolos padronizados de comunicação gera maior utilidade para as mesmas pois permite que o mercado funcione como foi concebido originalmente. Somado a isto, há incentivos para que exista uma única plataforma no mercado pois os ganhos de externalidade positiva de rede superam a perda de excedente gerado pela competição. Por fim, será apresentado a conclusão do trabalho.

## Capítulo 1 – Serviços e Internet of Things (IoT)

### 1.1 Metodologia

O trabalho utiliza dados da literatura de serviços no comércio mundial (Arbache, 2014; Gonzalez et al., 2015; Cernat e Kutlina-Dimitrova, 2014) além de dados extraídos da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) para mostrar como os serviços têm incorporado cada vez mais os bens comercializados. Os dados utilizados são fornecidos em valor adicionado, ou seja, são particularmente interessantes por mostrar o valor incorporado por diversas categorias, como por exemplo, serviços de tecnologia da informação, com alto valor agregado. A nomenclatura utilizada é da ISIC 3.0, onde a categoria 72 representa atividades computacionais e relacionadas ao mesmo, categoria 73 são inclusos pesquisas e desenvolvimento e, por fim a categoria 74 incorpora outras atividades de *business services*, isto é, atividades com destino empresarial e não ao consumidor final. O crescimento expressivo dessas categorias indica como serviços estão cada vez mais presentes nos bens comercializados, algo que é diretamente beneficiado por bens que incorporam a IoT.

Para entender a razão do mercado de IoT não ter se desenvolvido como concebido, é utilizada uma literatura mais técnica, baseada em Porter e Hepellman (2014). Por fim, é exemplificado por meio de teoria dos jogos (Carfi, 2015) como o mercado poderia superar barreiras ao seu desenvolvimento por meio da coopetição. Somado a isto é feito uma revisão da literatura de modelos de externalidade de redes e apresentado diversos modelos que sustentam o argumento de diminuição de plataformas no mercado para que o mesmo evolua (Casadesus-Masanell e Ruiz-Aliseda, 2009; Shy, 2000, Economides e Flyer, 1997).

### 1.2 Serviços e IoT

A IoT pode ser descrita de forma geral como sendo a interconexão em rede de objetos do dia a dia (Xia et al. 2012). Trata-se da incorporação, em objetos comuns que tradicionalmente não tem “inteligência própria”, de mini-computadores, com baixo custo e baixo gasto energético (Fleisch, 2010). Isso permite que estes se conectem com

outros objetos, e notadamente com a Internet, fornecendo dados sobre seu uso e permitindo que este seja mais variado, por meio da criação de softwares que adicionem funcionalidades ao mesmo.

A ideia de IoT não é algo tão recente. No início da década de 2000 já se falavam em termos parecidos como computação ubíqua ou ainda computação pervasiva, isto é a “onipresença” da informática. A definição ainda varia segundo autores, contudo, a União Internacional de Telecomunicações (UIT) define em ITU-T Y.2060 (2012, p. 1):

*“uma infraestrutura global para a sociedade da informação, fornecendo serviços avançados por meio da interconexão (física e virtual) de coisas baseadas em tecnologias interoperáveis de informação e comunicação, existentes e em desenvolvimento”.*

Todavia, foram nos anos mais recentes que o termo ganhou força, principalmente graças à diminuição de custos, tamanho e consumo de energia de hardware (Fleisch 2010), permitindo que aplicações de mercado fossem adotadas.

De fato, como indica a definição da UIT, a IoT permite que novos serviços sejam fornecidos graças a incorporação da computação em objetos que não possuíam essa capacidade. Isso gera alto valor agregado para esses bens, muitas vezes sendo o valor principal (Arbache, 2014). Devido a este valor agregado, os serviços passam a ter importância crescente na produção de bens e logo, no comércio. A IoT é um novo meio pelo qual pode-se criar e extrair esse valor agregado, sendo assim um mercado que merece particular atenção, devido à importância que os serviços exercem no comércio, como será analisado a seguir.

Serviços sempre estiveram embutidos ao longo da cadeia de valor manufatureira, dando suporte à produção, seja por diminuição de custos (por exemplo por meio de transporte, eficiência organizacional, contabilidade, advocacia etc.) ou ainda embutindo valor diretamente no produto final (por exemplo, temos softwares, aplicativos, design, pesquisa e desenvolvimento, serviços pós-venda etc.). Contudo, a utilização na manufatura desses serviços foi ganhando importância conforme o comércio se expandiu além das fronteiras nacionais. Novas tecnologias permitiram reduzir custos de transporte e mais à frente reduzir custos de comunicação.

Baldwin (2011) categoriza a evolução do comércio em três etapas conforme as novas tecnologias foram permitindo alcançar novos patamares comerciais. Antes da globalização começar, o comércio era feito primordialmente internamente devido à custos de transporte muito altos. Assim, distância era uma barreira, concentrando transações dentro das próprias fronteiras. Graças à revolução industrial e ao mesmo tempo retroalimentando-a, os custos de transporte foram decrescendo e novos mercados foram alcançados. Segundo O'Rourke (2000) essa aceleração da globalização começou em 1820 e Baldwin (2011, p. 4) o classifica de primeiro *unbundling*.

*"Middle-income Britishers could, for example, afford to dine on bread baked with U.S. wheat while sipping tea brewed from Chinese leaves and sweetened with Jamaican sugar—all set on a tablecloth made of Indian cotton"*

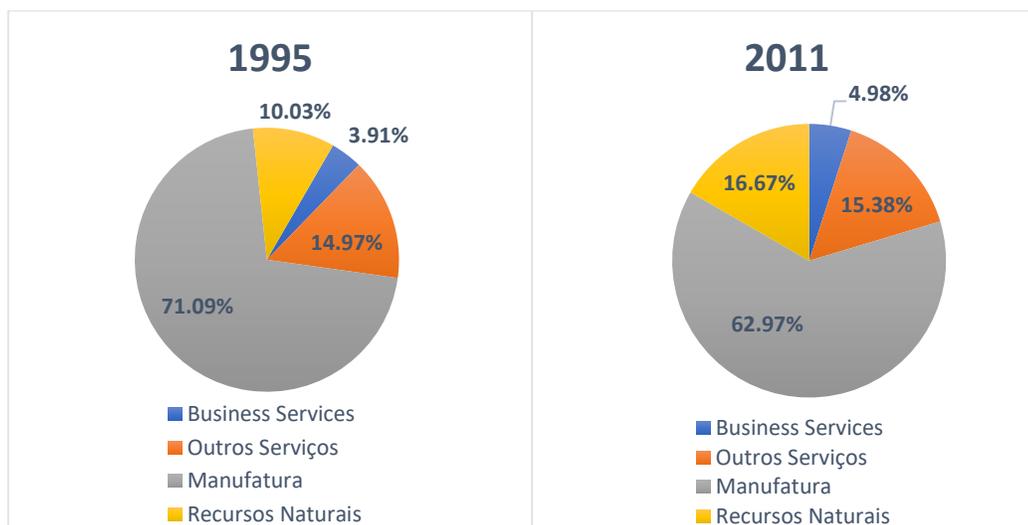
A seguinte aceleração da globalização ou ainda, segundo *unbundling* ocorre quando custos de comunicação começam a cair por volta de 1990. Apesar da diminuição de custos no transporte manufatureiro após 1820, os custos de comunicação ainda eram elevados demais, fazendo de sorte que o comércio ficasse concentrado entre países desenvolvidos, enquanto o resto do mundo ficou para trás, o que ficou conhecido como *The Great Divergence*. Quando novas tecnologias permitiram que custos de informação e comunicação caíssem drasticamente, notadamente com o advento da internet, foi possível comunicar-se com qualquer parte do mundo. Ideias, e não somente os produtos da manufatura, não se limitaram a ficar nos países beneficiados pelo primeiro *unbundling*. Isso permitiu que a produção se deslocasse para além das fronteiras nacionais, onde a mão de obra é menos custosa, junto com equipes de pessoas altamente qualificadas dos países desenvolvidos. Os moldes da competitividade industrial estavam cada vez menos delimitados por países, e sim pelas cadeias globais de valor. As tecnologias de informação e comunicação (TIC) aliaram assim a alta capacidade dos países ricos com a mão de obra barata, de sorte que alguns países menos ricos fossem beneficiados, seja pelo *know-how*, ou pelo grande aumento de demanda por insumos básicos.

O que é colocado em questão na literatura a partir deste ponto é se estamos entrando um terceiro *unbundling*. Como ressaltam Gonzalez *et al.* (2015), os dois primeiros *unbundlings* tratavam primordialmente de cadeias de valor manufatureira. Entretanto, recentemente tem-se observado um aumento expressivo da parcela de serviços na manufatura, que foi nomeado de “*servicification of manufacturing*”. Gereffi e Fernandez-Stark (2010) e Hernandez e Mulder (2014) mostram que houve um aumento dos serviços nas exportações. Países como a China, que foram amplamente beneficiados pelo segundo *unbundling*, com a chegada de empresas manufatureiras multinacionais em busca de mão de obra barata, são limitados a funções básicas na cadeia produtiva. O valor adicionado aos produtos é primordialmente de serviços e são produzidos nos países ricos como Estados Unidos e países da União Europeia, onde a mão de obra é mais qualificada.

A mensuração dos serviços em estatísticas tradicionais de crescimento e comércio podem ser distorcidas e subestimadas. Como indicam Cernat e Kutlina-Dimitrova (2014), estas estatísticas não incluem serviços que são comercializados por via de dois modos de comércio: quando empresas estabelecem presença física em outros países e quando trabalhadores atravessam a fronteira para prover algum serviço. Para corrigir esse erro de medida, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) juntamente com a Organização Mundial do Comércio (OMC) fornecem o TiVa – *Trade in Value Added*, isto é, o valor adicionado por cada país na produção de bem e serviço comercializados mundialmente.

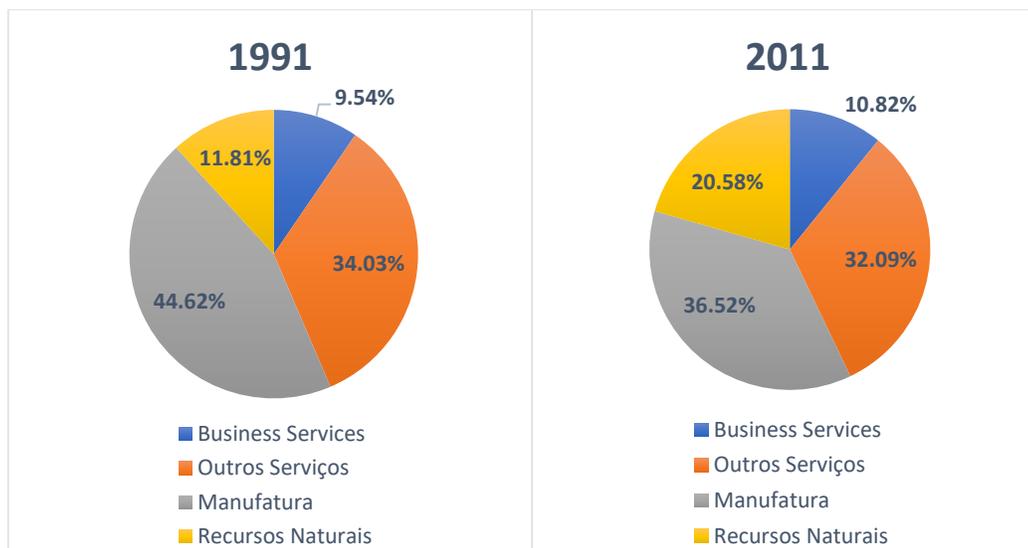
Quando medido em termos de valor adicionado, nota-se a importância dos serviços no comércio mundial. É importante efetuar a análise em termos de valor adicionado para saber a parcela que os serviços contribuem para a criação de valor. Nesse sentido, Arbache (2014) resalta que os serviços já contribuem com 54% do comércio internacional em valor adicionado e devem atingir por volta de 75% em 2025, enquanto em valores brutos representou 21% em 2014 segundo a UNCTAD (2015). A importância de se analisar o comércio em valor adicionado e não em exportações brutas pode ser visto a seguir no gráfico 1, que mostra as exportações brutas por setor e no gráfico 2, que mostra a participação dos setores em valor adicionado:

Gráfico 1 – Exportações brutas por setor



Fonte: Gonzalez et al. (2015)

Gráfico 2 – Participação dos setores em valor adicionado



Fonte: Gonzalez et al. (2015)

Os valores adicionados representam a contribuição de cada setor para a criação das exportações brutas e, como pode ser observado, os serviços têm um peso importante quando analisados desta forma. Enquanto os valores brutos somaram aproximadamente 20% tanto em 1995 como em 2011, esse valor mais do que dobra quando medido em valor adicionado.

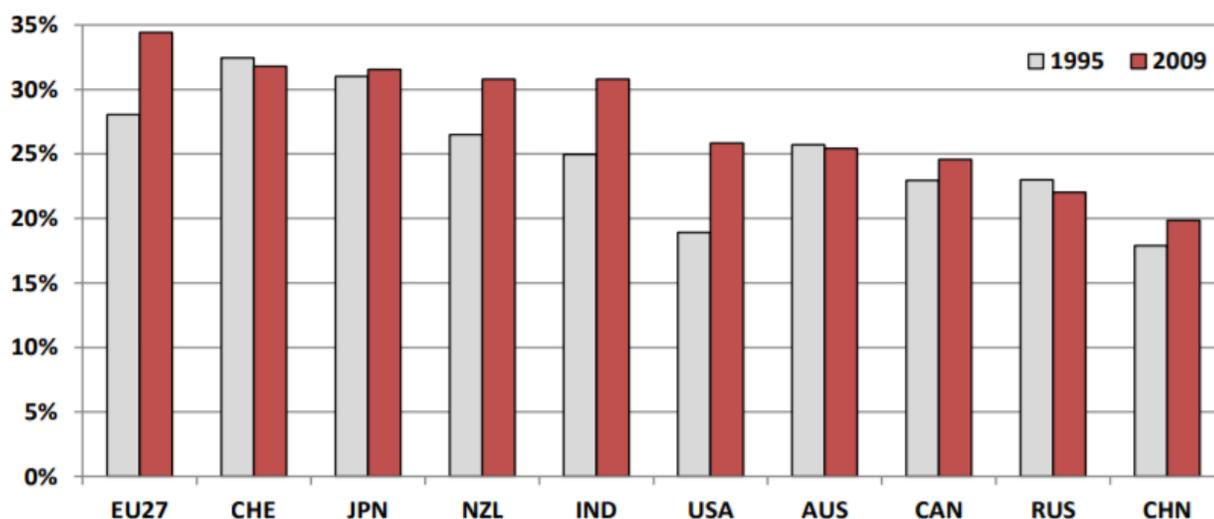
Cernat e Kutlina-Dimitrova (2014) chamam a atenção para o fato do comércio de serviços ser classificado em 4 modos segundo o Acordo Geral sobre o Comércio de Serviços (GATS), sendo os dois anteriormente mencionados nos problemas estatísticos e os outros dois incluem serviços que atravessam a fronteira (como, por exemplo, software enviado para outro país) e a travessia da fronteira como turista/estudante etc. Entretanto, serviços que são comercializados indiretamente por meio de bens manufaturados são ignorados. Alguns produtos manufaturados de alto valor adicionado não podem mais ser considerados bens no sentido tradicional, pois são compostos de interações complexas entre bens e serviços. Inovações na manufatura ocorrem em parte graças aos avanços em serviços como design, organização produtiva e software, e por outro lado, serviços evoluem graças a avanços na manufatura (como, por exemplo, um disco duro que permite a produção de serviços de design). Assim, o fluxo de tecnologia entre manufatura e serviços ofusca a fronteira entre os diferentes tipos de empresas (Stehrer R. et al, 2012). À exemplo disto, Arbache (2014) cita o *smartphone* Nokia N95 tendo o preço final composto por 18,6% a peças e montagem, enquanto 81,4% se refere a licenças, marketing, distribuição e comercialização. Em exemplo mais recente, a IHS Markit decompôs o custo de produção do Iphone 7, onde o custo de peças e mão de obra somaram U\$ 225 e vendido a U\$ 650.

Assim, os autores propõem uma nova categoria, o “modo 5” de comércio, que expõe a importância dos serviços que são incorporados em bens manufaturados. O termo “*servicification*” se refere ao constante aumento das compras, produção e vendas de serviços por parte da indústria manufatureira ao longo da cadeia de valor. O modo 5 de venda inclui serviços que são embutidos, ou seja, que não podem ser separados do processo produtivo de um bem manufaturado. São serviços de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), criação de software, consultoria, design e engenharia entre outros, que são fundamentais para a produção do bem, sendo incorporado ao mesmo.

No gráfico 3 abaixo, que mostra o “Modo 5” de exportação de serviços, está representado a participação do modo 5 em bens manufaturados, e como pode se perceber a parcela é bastante expressiva para os países representados. Os países europeus lideram com 34%, e o que é mais importante de se notar é o aumento que

tem ocorrido. Os países europeus tiveram um salto de 23% entre os dois períodos, enquanto o maior incremento foi dos Estados Unidos, com aumento de 37%.

Gráfico 3 – “Modo 5” de exportação de serviços



Fonte: Cernat e Kutlina-Dimitrova (2014)

Entre os serviços incluídos no modo 5, estão serviços que não geram valor diretamente *per se*, como serviços de transporte, logística, distribuição, telecomunicação, energia, seguros etc. Esses serviços são classificados por Arbache (2014) como serviços de custo, por não agregarem valor nos produtos via diferenciação e sim por diminuição de custos de produção. Somado a estes, serviços de valor entram na categoria e têm por característica a agregação de valor diretamente ao produto, por meio de diferenciação e customização. São serviços mais carregados em capital humano como pesquisa e desenvolvimento (P&D), design, consultorias de gestão, projetos de engenharia e arquitetura, produção de softwares, branding e marketing

Aqui adotaremos o significado de serviços de valor correspondendo aos *Knowledge-Intensive Business Services* (KIBS). Esta é uma categoria de *Business Services*, isto é, serviços que são comercializados entre empresas e não diretamente ao consumidor final e é a que tem maior aumento quando medido em termos de valor adicionado nas exportações (Gonzalez et al. 2015). A literatura diverge sobre a

definição de *Business services*, levando a valores diferentes dependendo do que é incorporado na categoria e da base de dados utilizada devido a agregações. Os serviços de valor compõem a categoria que mais cresce na área de serviços quando medido em valor adicionado (Arbache, 2014). Aqui será adotada a definição de KIBS de Stehrer et al. (2012), onde os autores incluem na categoria os serviços que compõem a nomenclatura NACE rev 1.1 (72) – computadores e categorias relacionadas, NACE rev 1.1 (73) – Pesquisa e Desenvolvimento e NACE rev. 1.1 (74.1-74.4) – outros *business services*. Contudo, houve uma revisão das classificações em 2008 (NACE rev. 2) e as categorias que melhor correspondem a estas são NACE rev. 2 (58-60) – Publicações, audiovisual, e transmissão, NACE rev. 2 (62-63) – Serviços de Informação e Tecnologia e NACE rev. 2 (M-N) – Atividades profissionais, científicas, técnicas e administrativas. Devido a agregações, estão incorporadas na secção M-N aluguéis de equipamentos. A Tabela 1 mostra a Participação em percentual do valor adicionado dos KIBS em toda economia de 2000 a 2015 para EU-15 e para os Estados Unidos.

Tabela 1 – Participação em % do VA dos KIBS em toda economia 2000-2015

		<b>2000</b>	<b>2015</b>	<b>%</b>
EU-15	58-60	1.39	1.18	-0.15
	62-63	1.76	2.38	36
	M-N	9.86	11.13	13
	Total	13	14.69	13

		<b>2000</b>	<b>2015</b>	<b>%</b>
EUA	58-60	4.4	4.1	-7
	62-63	1.4	2.1	55
	M-N	9.6	10.5	9
	Total	15.4	16.7	8

Fonte: EU KLEMS, Release 2017, elaboração própria.

Como pode se perceber pelas tabelas acima, em países avançados a parcela de KIBS na economia é relevante. Em particular a categoria de Serviços de Informação e Tecnologia (nova categoria de computadores e atividade relacionadas) vêm ganhando cada vez mais espaço em relação ao total, aumentando sua participação de 1.76% para 2.38% no grupo EU-15 e de 1.4% para 2.1% nos Estados Unidos, sendo a categoria

que mais cresceu em ambos os casos. A tabela 2 mostra a Participação em percentual do valor adicionado dos KIBS no comércio internacional de 2000 a 2011 nos Estados Unidos para o ISIC 3.0 72, 73-74.

Tabela 2 – Participação em % do VA dos KIBS no comércio 2000-2011

	ISIC 3.0	2000	2011	%
EUA	72	1.4%	1.9%	32%
	73-74	10.1%	11.1%	10%
	Total	11.5%	12.9%	12%

	ISIC 3.0	2000	2011	%
Japão	72	2.0%	2.6%	35%
	73-74	5.5%	5.9%	8%
	Total	7.4%	8.6%	15%

	ISIC 3.0	2000	2011	%
EU-15	72	1.9%	2.1%	15%
	73-74	8.1%	8.8%	9%
	Total	9.9%	10.9%	10%

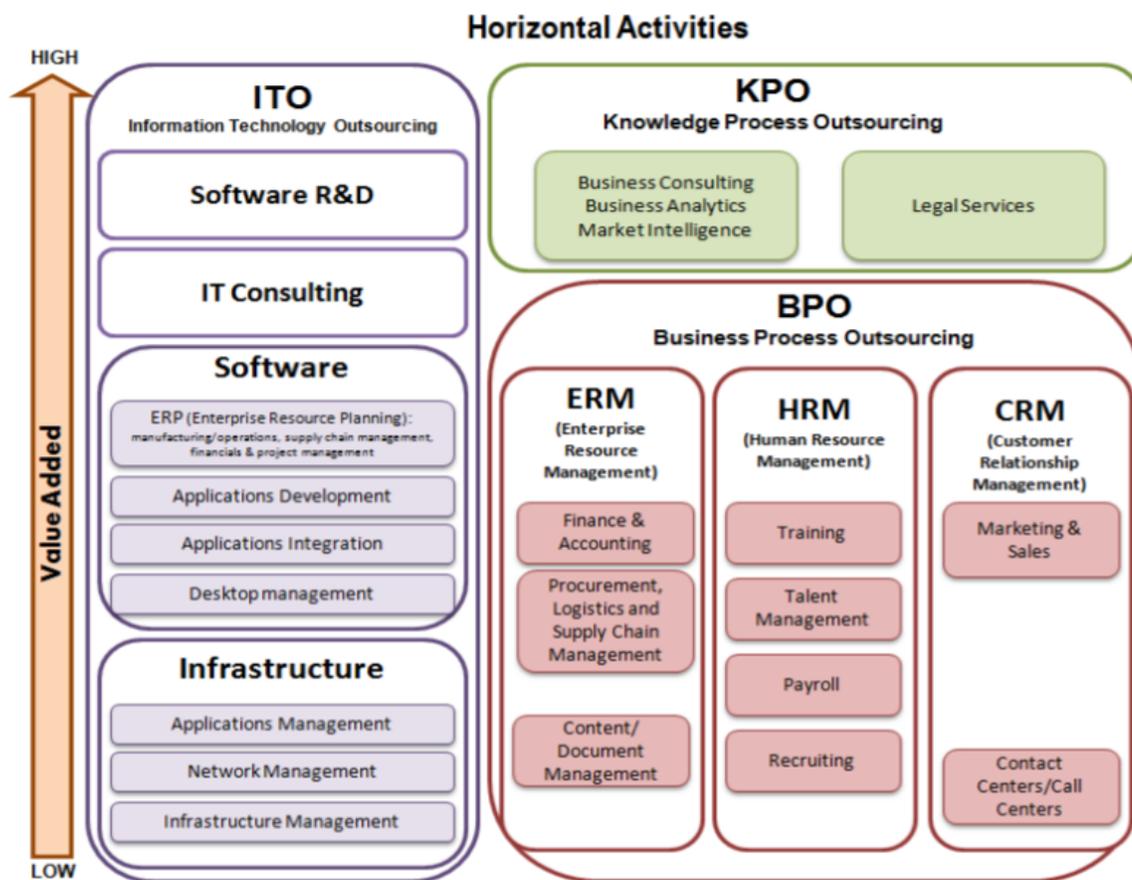
Fonte: TiVA Ocde, elaboração própria.

A participação dos KIBS no comércio, quando analisado em valores adicionados, também ressalta sua crescente importância. Novamente, a categoria de computadores e atividades relacionados se destaca com crescimento mais acentuado, com crescimento de 32%, 35% e 15% para os Estados-Unidos, Japão e EU-15, respectivamente.

Os KIBS são particularmente importantes pois são serviços que geram valor agregado aos produtos manufaturados. Por meio de diferenciação e customização esses serviços são de grande valor para se tornar competitivo, principalmente em mercados “*High Tech*”, isto é, mercados que utilizam amplamente a tecnologia como atributo principal. Isso pode ser percebido pela parcela de KIBS como insumos intermediários na manufatura *high-tech*. Utilizando tabelas de Input-Output da OCDE, podemos perceber que a parcela de insumos intermediários nesse tipo de indústria é

mais acentuada. Enquanto na manufatura toda a participação nos EUA em 2011 (último ano disponível) é de aproximadamente 8% (Categorias C15-C37), esse valor atinge 12% na manufatura de alta tecnologia (categoria C30-C33). Resultado similar encontramos para o Japão, onde a taxa passa de 4% para 6.5%, aproximadamente. Na figura 1 a seguir, pode-se perceber sua importância em relação a valor adicionado, em que a cadeia de valor adicionado de serviços offshore é descrita.

Figura 1 – Cadeia de Valor Adicionado de Serviços Offshore

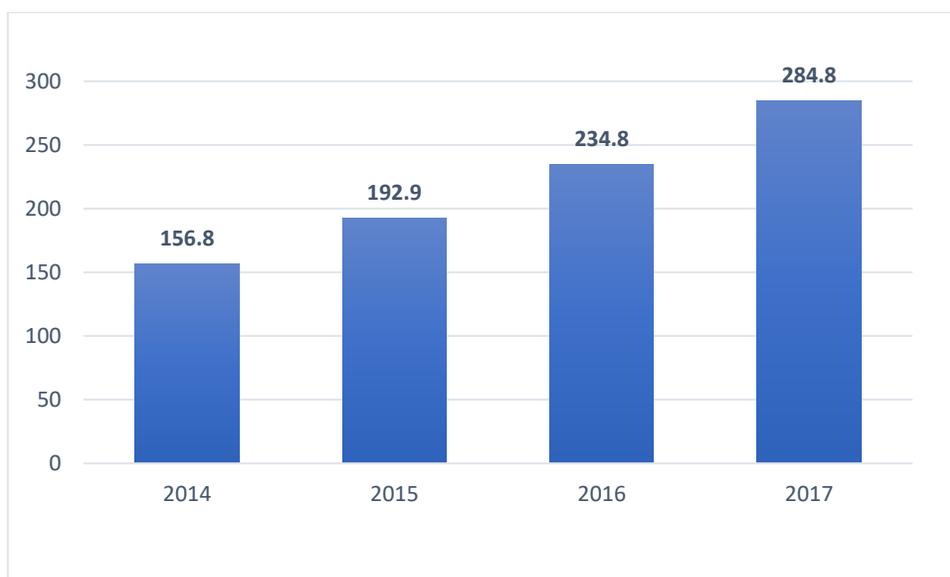


Fonte: CGGC, Duke University, The Offshore Services Value Chain, Banco Mundial

Percebe-se a importância que os serviços têm no comércio e em particular como serviços (KIBS) que são diretamente utilizados em produtos beneficiados pela IoT vêm ganhando importância em relação ao total de serviços devido ao fato da produção dos bens atualmente estarem incorporando cada vez mais estes serviços que são, em

muitos casos, a principal fonte de valor. O terceiro “*unbundling*” vai ser amplamente dependente desses serviços, e, em particular, aos relacionados à tecnologia da informação: sensores, software, conectividade, computação em nuvens e análise de dados entre outros. Abaixo, no gráfico 4, pode se observar a tendência crescente de gastos nesses tipos de serviços:

Gráfico 4 – Gastos projetados em serviços relacionado à Internet das Coisas 2014-2017 (em bilhões de US\$).



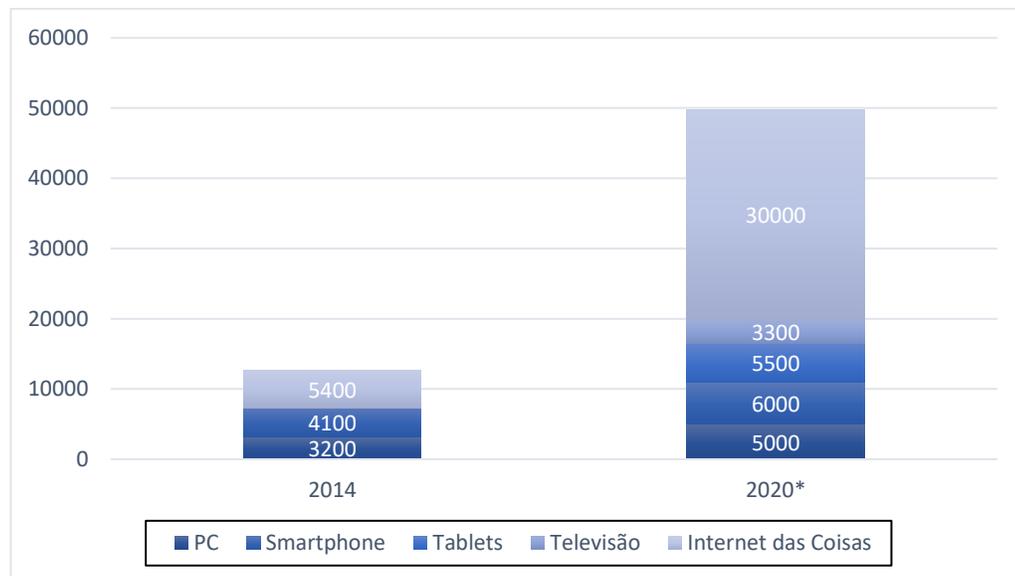
Fonte: Statista, 2016.

## Capítulo 2 - Internet das Coisas

Para entender a importância da IoT e como o mercado pode se desenvolver, é necessário avaliar quais são as capacidades dessa tecnologia e quais são seus entraves. A IoT ganhou particular importância devido à indústria que vê nas novas tecnologias uma evolução do modo como são produzidos os bens e serviços. A indústria já passou por diversas mudanças nos modos de produção, primeiramente com o motor a vapor, em seguida com a eletricidade e produção em massa, e mais recentemente com o avanço das tecnologias de informação e automação. Agora, o que se espera é que a Internet e objetos inteligentes deem um novo impulso para a produtividade (Chen, 2017).

O mercado de IoT se tornou tão relevante que a *International Data Corporation* (IDC) estima um tamanho de US\$ 7.1 trilhões até 2020. Esse tamanho faz sentido quando se pensa em sua capacidade de expansão. Enquanto tradicionalmente, computadores (e derivados, como tablets, *smartphones*, etc) são os nódulos finais da internet, a IoT permite uma expansão relevante dessa rede, pois objetos que antes não tinham capacidade de se conectar passam a fazê-lo. Em 2014, aproximadamente 7.3 bilhões de computadores e smartphones estavam conectados no mundo, e haviam 5.4 bilhões de objetos IoT. Esses números devem alcançar 12 bilhões e 30 bilhões respectivamente em 2020, enquanto os computadores menos que dobrarão, a IoT expandirá quase seis vezes seu tamanho (Statista, 2015). O Gráfico 5 mostra a evolução de objetos conectados globalmente.

Gráfico 5 – Número de objetos conectados globalmente (em milhões), 2014-2020.



Fonte: Statista, 2015

Com o avanço da computação na década de 1960, começam a emergir sistemas na manufatura onde as máquinas não estão mais isoladas, mas sim integradas em um sistema centralizado que permite o controle das mesmas. Segundo Chen (2017), a IoT abre as portas para grandes oportunidades no avanço dessa integração em direção a um patamar muito mais elevado, tornando a integração mais ampla, profunda e aberta. É graças à IoT que o sistema não se limita a lidar com máquinas e pode analisar grande quantidade de dados, informação e conhecimento em tempo real. A integração é feita ponta-a-ponta: máquinas agora se comunicam entre si diretamente e a integração “*product-to-service*” é possível permitindo que as condições de uso de um objeto sejam monitoradas pelo fabricante. A figura 2 mostra as novas tendências proporcionadas por essa integração.

Figura 2 - Novas tendências em sistemas manufatureiros



Fonte: Chen, 2017.

## 2.1 Service value

Andersson *et al.* (2015) destacam que a inovação na área de serviços requer a união de diversas áreas, desde produtos físicos, à áreas de conhecimento, e à ação de diversas indústrias, combinando o novo e o estabelecido, complementando ou substituindo antigos serviços. A IoT se encaixa particularmente bem nesse conceito, pois conecta diversas áreas de conhecimento, como tecnologias de informação e comunicação à manufatura. Em particular, tem a capacidade de conectar objetos físicos ao mundo digital, criando grande potencial para a inovação de novos serviços embutidos em objetos físicos. Aqui serão elencadas as capacidades da IoT, seguindo Porter e Heppelmann (2014)

### - Monitoramento

Graças ao desenvolvimento de sensores e captação de dados externa, a condição de uso de produtos “inteligentes” e conectados pode ser monitorada. Por meio da análise de dados, um usuário pode saber a performance de um produto em um dado momento. Nesse sentido, com o histórico da performance, as empresas podem entender melhor o funcionamento de um produto e aperfeiçoá-lo. Isto tem diversas implicações em áreas como *design* (reduzindo custos de engenharia e seus testes), segmentação de mercado (por padrões de consumo diversos) e serviços pós-venda (detectando mais rapidamente os problemas).

#### - Controle

Objetos podem ser controlados à distância via algoritmos nas “nuvens” computacionais ou incorporado nos mesmos. Esses algoritmos são regras que definem como um objeto deve se comportar em determinada situação (por exemplo, se a pressão aumentar demais, uma válvula se abre). Isso permite que a performance de produtos seja customizada a um grau não visto até então devido a custos elevados ou até mesmo não plausíveis. Somado a isto, o consumidor pode interagir com os objetos conforme suas necessidades e dos mais variados jeitos (por exemplo, controlar uma lâmpada via *smartphone* podendo ligá-la ou desligá-lo, piscar de certa cor e forma em caso de intrusos etc.)

#### - Otimização

Graças aos dois itens anteriores, monitoramento de dados e controle, é possível otimizar gastos de diversas áreas, seja de produção com gastos menores de energia, maior eficiência de motores de veículos e até menores gastos em habitações com gás, energia, água etc. Aqui também entra a capacidade de empresas oferecerem serviços de manutenção antecipada e possivelmente a distância, graças ao monitoramento em tempo real dos dados, cortando gastos de reparo.

#### -Autonomia

Combinando os três itens anteriores, objetos inteligentes podem passar a ter capacidade de autonomia em diversos níveis (desde aspiradores que funcionam sozinho como é o caso do Roomba, até níveis mais altos, como, por exemplo, carros autônomos). São objetos que processam dados e têm capacidade de tomar decisões por si só, como por exemplo fazer um autodiagnostico de necessidade de manutenção e efetuá-la. Este nível de capacidade permite ganhos de produtividade e redução de riscos em ambientes perigosos. Somado a isto, objetos autônomos têm ganhos expressivos de funcionalidade quando agem em sistemas. Pode-se pensar em carros autônomos interconectados, diminuindo drasticamente chances de acidentes, maior eficiência no trânsito etc.

## 2.2 Plataformas

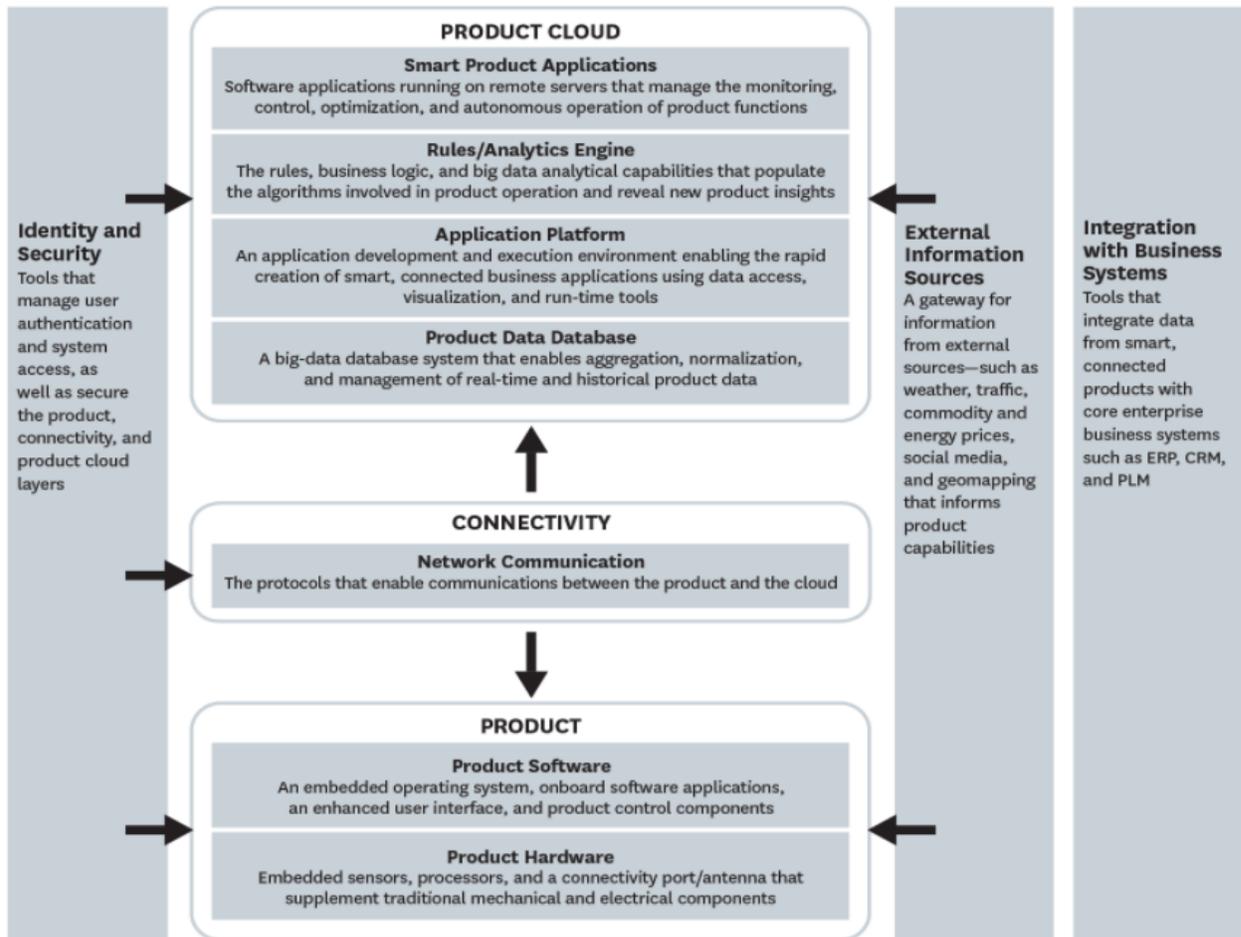
Para extrair o valor da IoT, é de grande utilidade ter uma plataforma na qual é possível desenvolver e gerir aplicativos, fazer análises e armazenar dados com segurança. Plataformas são úteis pois aglomeram diversas funcionalidades que facilitam o uso da IoT e diminuem seus custos, tanto para os desenvolvedores quanto para os usuários e gerenciadores. Elas servem de arcabouço para o desenvolvimento de aplicativos menores que permitem solucionar problemas comerciais, seja na área de organização, segurança, rastreamento, otimização de gastos e reparos entre outros. Um dos usos em particular trata da “indústria inteligente”, desenvolvendo sistemas produtivos inteligentes e mais conectados, o que é comumente nomeado de Indústria 4.0 (Wortmann *et al.* 2015).

Atualmente existem diversas plataformas de IoT. Devido ao fato de ser uma indústria muito recente e cada objeto ter uma funcionalidade particular, plataformas ainda não abrangem todo o escopo e muitas vezes são especializadas em determinada área. Plataformas são altamente rentáveis, com margens de lucro elevadas e costumam ter uma vida útil muito ampla, como por exemplo o Windows ou MAC OS X, já que não é muito comum que empresas e consumidores troquem de plataformas devido a um custo elevado de transição. Devido a isto e ao fato do mercado ser muito recente, diversas companhias (Microsoft, IBM, SAP, GE, Bosch, Siemens) estão desenvolvendo plataformas, buscando liderança no segmento, pois o seu sucesso depende amplamente da sua base de usuários e desenvolvedores, que devem criar aplicativos para as mesmas. Nesse sentido, haverá ganhadores e perdedores, e somente alguns poucos devem sobreviver, como visto em outros mercados onde há geralmente duas ou três plataformas líderes (Windows e MAC OS X; Android e iOS; iTunes e Spotify).

Para alcançar as capacidades previamente explicitadas, a produção de produtos inteligentes necessita de uma nova infraestrutura, principalmente nos bens manufaturados, que consistem de diversas camadas, e são denominadas de “*technology stacks*” (Porter e Heppelmann, 2014). Isso inclui hardware modificado, aplicativos de software, sistema operacional embutido nos produtos, sistema de rede

para comunicação com o objeto, uma nuvem computacional para receber e armazenar dados, além de uma plataforma para desenvolver os aplicativos. Entre todas as camadas, há ainda a necessidade manter os dados seguros. Essa relação é ilustrada na figura 3 abaixo:

Figura 3: Composição do funcionamento da IoT



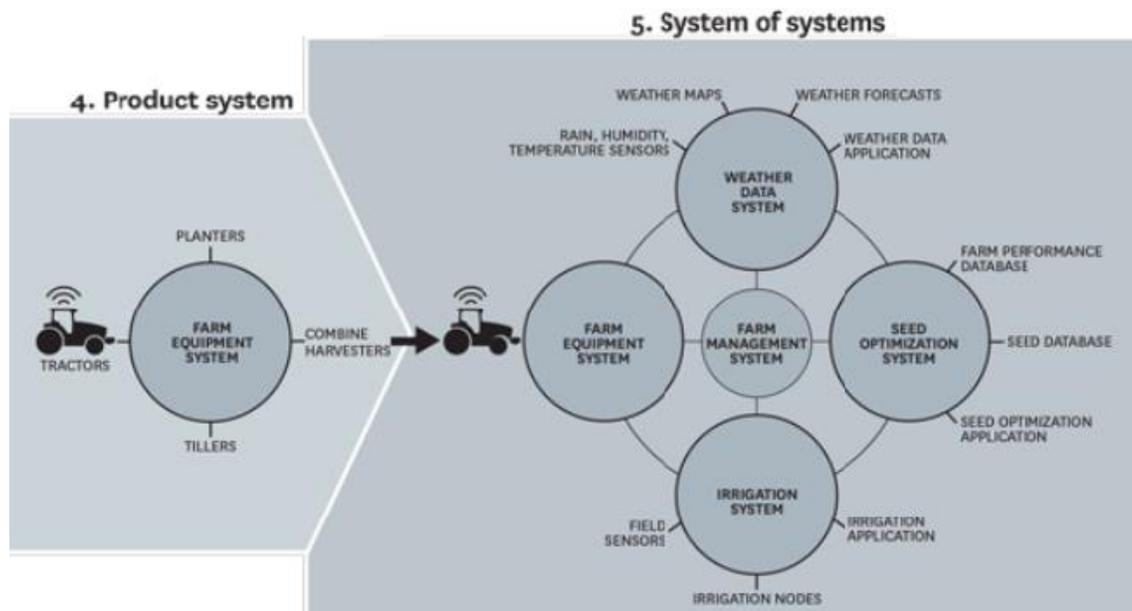
Fonte: Porter e Heppelmann, 2014

Desse modo, empresas devem decidir quais padrões adotar em dois níveis: entre conectividade (ou seja, qual protocolo será utilizado para fazer a comunicação entre aparelhos) e qual plataforma adotar. Isso afeta a capacidade que os produtos terão em se comunicar com outros aparelhos, assim como suas funcionalidades devido à plataforma escolhida.

Atualmente, ainda não há um padrão que permita a IoT alcançar seu potencial máximo (Bandyopadhyay e Sem, 2011; Mattern e Floerkemeier, 2010; Macieira, 2016). Em relação aos produtos, é necessário estabelecer uma padronização de comunicação (protocolos) para que a transferência de dados seja eficiente e segura, algo essencial para comunicação ponta-a-ponta. Apesar da possibilidade entre diversos aparelhos de se comunicarem, é necessário que os mesmos entendam as ações dos respectivos. Para tanto há necessidade que os softwares de comunicação sejam escritos sobre plataformas, isto é, sobre as mesmas bases de modo que as ações de um objeto seja entendido por toda a rede. De modo semelhante aos protocolos, diversas plataformas incompatíveis não permitem utilizar todo o potencial da computação inteligente (Chen, 2017). Como esclareceu o CEO da Samsung BK Yoon na *Consumer Electronic Show* (CES) de 2015, cada empresa que desenvolveu alguma plataforma pensou unicamente nos seus produtos, impedindo que se conectassem com diversos aparelhos produzidos por outras empresas.

Porter e Hepellmann (2014) elencam os diversos estágios que a IoT pode atingir, começando por deixar os produtos “inteligentes” (a categoria de monitoramento e análise de dados), em seguida o mesmo conecta-se a uma rede/nuvem com controle de certas funções/reparo a distância. Ilustrado na figura 4, encontram-se os últimos estágios: são sistemas do qual o produto pode fazer parte, sendo um sistema apenas do produto, da qual fazem parte outros bens diretamente relacionados ao mesmo e sistema de sistemas, que unifica diversos sistemas de produtos, transmitindo mais informações para otimizar o uso de cada produto.

Figura 4 – Sistemas em IoT



Fonte: Porter e Heppelmann, 2014

A adoção de um sistema fechado busca vender aos consumidores um pacote, onde uma empresa produz todos os equipamentos que são interconectados. Por outro lado, o sistema aberto permite que os consumidores possam escolher quais produtos farão parte do sistema, não sendo limitados aos de um mesmo fabricante. A vantagem do sistema fechado para a empresa é manter o controle de toda a estrutura e otimizar o funcionamento do conjunto de partes do sistema, aumentando seus lucros pela venda do pacote, ou ainda cedendo permissões para a integração de outros produtos/serviços dentro de seu sistema. Porém, Porter e Heppelmann (2014) ressaltam que esse cenário funciona melhor para companhias que tem uma posição fortemente dominante em um mercado, pois utilizam da sua posição para fornecer todos os equipamentos e funcionalidades necessárias, além de requerer um investimento inicial elevado. Por exemplo, a Phillips Healthcare e a GE Healthcare são competidoras no mercado de equipamentos médicos de imagem, e, caso uma delas fosse dominante no setor, poderia oferecer um sistema de gerenciamento de imagens somente para os hospitais que adotassem unicamente seus equipamentos. Isso não ocorre pois nenhuma das duas empresas tem poder de mercado suficiente para induzir hospitais a escolherem

somente uma das marcas, logo, os sistemas de imagem são compatíveis em ambos equipamentos, independente do produtor.

No sistema aberto, qualquer empresa/pessoa tem acesso para aprimorar o sistema, adicionando funcionalidades, desenvolvendo aplicativos, melhorando a integração o que pode levar a aumento de consumo, como foi o caso da lâmpada Phillips *Hue Smart* (Porter e Hepellmann, 2014). A Phillips liberou a codificação do programa, levando rapidamente ao desenvolvimento de novas funcionalidades para a lâmpada, que tinha algumas funções já incorporadas como mudança de cor e intensidade via *smartphone*. Em 2015 a Phillips alterou sua codificação e seus softwares deixaram de ser compatíveis com outras lâmpadas (padrão Zigbee), porém devido à grande reação de clientes a Phillips voltou atrás alguns dias depois.

Conforme a tecnologia da IoT evolui, e padrões de comunicação vão sendo estabelecidos, se torna mais difícil para empresas terem poder suficiente para controlarem sistemas, e, principalmente, sistemas de sistemas. Além de requerer um amplo domínio de todas as áreas envolvidas, as opções de consumo se tornam muito limitadas, o que leva à resistência dos consumidores em adotar todo o sistema para suas necessidades. Devido a isto, algumas empresas buscam um meio termo onde mantêm privadas as funcionalidades dos produtos, porém com compatibilidade de produtos de outras marcas.

Em um aspecto mais individual, produtos com capacidade de conexão estão sujeitos a constantes atualizações via software, e, graças ao mesmo, diversos serviços podem ser adicionados. Enquanto produtos desconectados não tinham a capacidade de se atualizar, o mesmo não é o caso com a IoT. Empresas devem observar, ao fazer a escolha de incompatibilidade (principalmente de plataforma), os riscos que a mesma corre ao deixar seu produto vulnerável a falta de atualização. O fato de haver plataformas abertas ao público para outros produtos competidores faz com que o desenvolvimento de funcionalidades, serviços, aplicativos extras para um produto ocorra muito mais rápido que em um sistema fechado. A Apple durante muito tempo recusava em suas plataformas (iOS e MAC OS) produtos da Microsoft como Word, Excel e PowerPoint, contudo a pressão dos consumidores por esses produtos é

significante, o que fez a empresa aceitar os produtos e criar compatibilidade de seus programas de edição com os da Microsoft. Outros produtos, como AutoCad, também ficaram muitos anos sem compatibilidade com MAC OS, e recentemente ganharam versões para este, algo que a Apple queria (WallStreet Journal, 2011), já que é um programa amplamente utilizado.

Percebe-se, portanto, que há dois aspectos importantes que constituem entraves ao desenvolvimento do mercado de IoT. São estes: a falta de padronização do protocolo de comunicação entre os objetos inteligentes e a grande quantidade de plataformas que cada empresa criou para conseguir uma fatia de mercado. Veremos a seguir quais são possíveis soluções para esses problemas, procurando a melhor solução para ambos.

## Capítulo 3 – Teoria dos Jogos e Monopólio.

Como mencionado anteriormente, o mercado da Internet das Coisas ainda está longe de alcançar seu potencial máximo (Bandyopadhyay e Sem, 2011; Mattern e Floerkemeier, 2010; Macieira, 2016). Atualmente, o mercado de IoT é segmentado, onde a maioria dos produtos considerados inteligentes têm um aplicativo próprio onde é possível controlá-lo. O que se deseja alcançar com a IoT é que esse mesmo produto consiga se comunicar com outros produtos inteligentes, criando assim uma rede, independente do fabricante (e.g. a luz da sala de comer ligar quando o micro-ondas terminar de aquecer/cozinhar).

Contudo, para a criação de uma rede que permita a comunicação dos diversos objetos entre si, é necessário que protocolos comuns de comunicação sejam utilizados pelos diversos produtores. Individualmente, o incentivo de adotar um padrão de comunicação próprio da firma para seus produtos pode parecer mais atraente, pois assim tem maior controle e liberdade de escolha, podendo se aperfeiçoar no modelo que for mais conveniente. Porém, a falta de um único padrão a ser adotado entre as empresas gera um problema maior quando se analisa o conjunto da indústria. Os diversos protocolos utilizados impedem que um produto reconheça o que é o outro produto. Um micro-ondas inteligente por exemplo não conseguiria reconhecer que o outro objeto conectado na rede se trata de uma lâmpada. Esse problema inviabiliza que o mercado da IoT alcance o potencial máximo que mencionamos previamente, pois assim não é possível criar uma rede onde todos os objetos consigam se comunicar, independente de fabricantes. Isto tem um custo alto em relação a utilidade dos objetos, que, apesar de serem supostamente “inteligentes” agregam muito menos valor ao consumidor do que se esta rede existisse.

### 3.1 Teoria dos Jogos e IoT

Nalebuff e Bradenburger (1997), quando tratam de negócios (*business*) entre firmas como um jogo (no âmbito da teoria dos jogos), argumentam que não se deve pensar em jogos de soma-zero. Na relação entre firmas, não é necessário que uma perca para a outra ganhar, é o caso, por exemplo, da Microsoft e Intel que produzem

bens complementares, onde o sucesso da primeira não gerou prejuízo para a segunda (ou vice-versa), pelo contrário, as vendas se complementavam. Tampouco se trata de um jogo com regras rígidas, e sim um jogo dinâmico onde a ação de um jogador pode mudar o cenário do jogo. Cada jogador no jogo tem um valor adicionado que não necessariamente é fixo. A ação de outros jogadores pode mudar esse valor, dependendo das suas ações.

Os autores classificam os jogadores em quatro categorias diferentes: complementares, competidores, fornecedores e consumidores. A primeira categoria representa o exemplo dado anteriormente entre Microsoft e Intel, onde os chips da Intel permitem que o Windows funcione melhor. Pode-se ainda citar o caso dos primeiros carros a serem construídos: as montadoras se uniram com fornecedores para subsidiar a construção de estradas, pois sabiam que assim venderiam mais carros. Assim, um jogador é complementar caso os consumidores valorizem mais seu produto quando é utilizado conjuntamente com o produto desse jogador. Por outro lado, um competidor é um jogador que ao oferecer seu produto, gera uma utilidade menor do seu produto para o consumidor.

Consumidores têm diversos fornecedores, e isto pode ser positivo ou negativo para o fornecedor. Quando o produto de um terceiro fornecedor agregar mais valor ao seu produto, então esse fornecedor é complementar. Em caso contrário, ele será um competidor. As firmas precisam adotar estratégias. Pode-se pensar no caso da empresa Tesla, montadora de carros elétricos. A indústria de carros elétricos ainda é muito dependente de incentivos fiscais governamentais para competir com carros à combustão. A Tesla sabe que para competir com os carros a combustão, é necessário diminuir os custos de produção de baterias e melhorar sua qualidade, áreas que a montadora investe constantemente. A mesma utiliza baterias produzidas pela Panasonic, e mantém parcerias estratégicas no setor elétrico. A empresa terminou de produzir no final de 2017 a maior bateria do mundo no sul da Austrália, para armazenar energia e liberá-la em caso de falta de energia para as cidades próximas. Esse tipo de estratégia busca gerar demanda por baterias a base de lítio, incentivando competitividade entre companhias produtoras de baterias para que seu custo diminua.

Nalebuff e Bradenburger (1997) argumentam que a estratégia de negócio era de “*stick to your knitting*” porém isso não é possível se “não há demanda suficiente por casacos”. Citam ainda como exemplo, a *Carnival Cruise Lines* que criou uma companhia aérea *Carnival Air* somente para forçar companhias aéreas a reduzirem seus preços para a Flórida, de onde partiam suas embarcações. Quando uma empresa diminui o preço de um produto individualmente, a mesma busca compensar a redução de retorno marginal expandindo suas fatias de mercado. O oposto vale para produtos complementares. A tendência é de estabelecer preços altos demais, tornando um “pacote” (como a tarifa aérea mais a tarifa da embarcação) caro demais para o consumidor. Assim os autores argumentam que é mais interessante nesse caso que haja um acordo entre firmas complementares em abaixar seus preços. Nessa situação, um monopólio que estabelecesse os preços de ambos os produtos complementares engendraria em maior lucro e ao mesmo tempo menor preço para o consumidor. Assim, a coordenação entre as empresas é fundamental para atingir um melhor equilíbrio tanto para as empresas quanto para os consumidores, pois em caso contrário se torna inviável para diversos consumidores adotarem o pacote como um todo, o que diminui tanto o mercado da aviação, quanto o de cruzeiros.

No caso da IoT, o problema vai além. A falta de coordenação entre as empresas inviabiliza a IoT como ela foi originalmente imaginada, para extrair seu valor máximo. As empresas que podem ser beneficiadas com essa tecnologia abrangem os mais diversos setores da economia, dado sua capacidade de tornar objetos comuns em objetos conectados. Assim, não somente empresas complementares, mas também empresas competidoras deveriam se coordenar para que seja estabelecido um padrão de comunicação entre os diversos produtos, tornando o conceito de IoT em algo plausível. Assim como o caso da Tesla que se preocupa em investir na área de baterias para indiretamente fazer o mercado de carros elétricos crescer, as empresas que têm interesse em explorar o potencial da IoT deveriam se unir para que esse mercado se desenvolva, e, ao mesmo tempo, ganhar uma fatia de seu mercado. Em determinado ponto, a não adoção do padrão adotado por um mínimo de empresas que tenham interesse em alavancar esse mercado pode tornar o seu produto obsoleto e não

competitivo, principalmente se o padrão estiver sendo adotado pelas maiores empresas no ramo.

Nalebuff e Bradenburger (1995) cunham o termo coopetição para se referir a relações entre firmas que envolvam tanto competição quanto cooperação. Para os autores, contrário ao que é comumente imaginado ao se referir aos termos, não se trata necessariamente de relações antagônicas. Os mesmos se utilizam de teoria dos jogos para exemplificar como cooperação e competição podem ser estratégias utilizadas pelas firmas simultaneamente para atingirem seus objetivos.

Carfi (2015), baseado no artigo seminal de Nalebuff e Bradenburger (1995), propõe como a coopetitividade de um setor pode ser analisada utilizando-se de teoria dos jogos. Para o autor, um jogo de dois jogadores pode ser representado por duas matrizes em sua forma normal (*normal-form game*). Assim como argumentamos, para extrair o potencial da IoT é necessário que as firmas cooperem para que um padrão de comunicação seja adotado e os diversos produtos possam se comunicar. Por outro lado, a essa cooperação não impede as firmas de competirem por outras frentes, como por exemplo funcionalidade de seus produtos. Suponha o caso de duas firmas, onde estas podem criar um padrão único conjuntamente, o que garantiria um novo mercado para seus produtos, ou então competir e impedir que esse novo mercado exista. O exemplo seguinte representa o cenário e é comumente conhecido como dilema dos prisioneiros:

Figura 5- Estratégia X: Exemplo de equilíbrio subótimo (não-cooperativo).

		Firma B	
		Cooperação	Competição
Firma A	Cooperação	(10,10)	(1,15)
	Competição	(15,1)	(5,5)

Os valores representam os *payoffs* das firmas A e B respectivamente. Aqui o único equilíbrio de Nash é o de ambas escolherem competir, o que não é

surpreendente. Individualmente cada firma prefere se especializar em um produto ao qual acredite ter vantagem em utilizar, seja por custo financeiro, custo de aprendizagem, vantagem no mercado etc. Porém claramente a cooperação seria um resultado melhor para ambas. Trata-se de um problema de coordenação, e é o que se observa até então no mercado da IoT, onde a falta de cooperação entre empresas age como uma barreira para que esse mercado se desenvolva satisfatoriamente, pois impede que produtos de diferentes marcas possam se comunicar. Ao mesmo tempo as firmas podem escolher outra estratégia quando se trata de diferenciação de produtos como no exemplo a seguir

Figura 6 – Estratégia Y: Exemplo de equilíbrio competitivo

		<b>Firma B</b>	
		Cooperação	Competição
<b>Firma A</b>	Cooperação	(5,5)	(1,15)
	Competição	(15,1)	(10,10)

As estratégias X e Y não são excludentes, podendo ser adotadas ao mesmo tempo e retirando o valor máximo possível das mesmas. Não necessariamente todas as firmas observam a situação de mesma maneira. Porém a partir do momento que um primeiro grupo de firmas decide aproveitar essa situação, e caso tenham poder econômico relevante conjuntamente em relação às que decidiram não cooperar, estas têm a vantagem de decidir os rumos dessa cooperação. Somado a isto, e mais importante, as firmas que decidiram não cooperar estarão sujeitas a fornecer produtos obsoletos, pois não terão as vantagens que os produtos competidores têm. Assim, o grupo de firmas que tomou a iniciativa exerce pressão sobre as demais a cooperarem, além de terem vantagens competitivas de seus produtos e dos rumos que a padronização acontecerá.

### 3.2 IoT e monopólio de plataforma

Indústrias de rede são nomeadas assim por terem como característica fundamental efeitos de rede. Efeitos de rede são definidos por, tudo o mais sendo

constante, uma propensão crescente a pagar por um produto conforme mais unidades do mesmo são vendidas. Contudo esse ciclo positivo de *feedback* é decrescente conforme a rede aumenta de tamanho (Economides, 2006). Shy (2000) cita por exemplo telefonia, internet, hardware de computação, software de computação, música, vídeo games, telecomunicação (e-mail, WhatsApp etc), linhas aéreas, mercado de crédito e débito etc.

A IoT permite que objetos ganhem poder computacional, e graças a diversos serviços desenvolvidos para extrair valor desse novo potencial, se comunicarem com outros objetos. Assim como para computadores pessoais, existem efeitos de rede indiretos que surgem e engendram em externalidades de consumo. Por exemplo, um agente interessado em comprar um computador terá interesse em saber se há muitas pessoas comprando esse produto, pois a quantidade de software ofertada para esse tipo de hardware será uma função crescente da quantidade vendida do mesmo (Katz e Shapiro, 1985). Externalidades do efeito de redes surgem tradicionalmente quando um usuário consegue se conectar a mais usuários se a rede é maior. Assim, a utilidade de um objeto que é beneficiado pela IoT depende da quantidade de consumidores que fazem parte da mesma rede.

Shy (2000) propõe um modelo simples onde é possível entender melhor e analisar os efeitos de rede sobre aspectos importantes como lucro das firmas e bem-estar do consumidor em um ambiente competitivo. Suponha duas marcas competidoras A e B, onde  $n_A^0$  e  $n_B^0$  são os números de consumidores que já compraram A ou B.  $n_A$  e  $n_B$  são novos consumidores e  $n_A + n_B = n$ . Cada unidade de A e B custa  $P_A$  e  $P_B$  respectivamente. Os consumidores são indexados por  $x$  em  $[0,1]$  de acordo com sua preferência pela marca B e assume-se diferenciação suficiente ( $\delta \geq 4\alpha n/3$ ). Defina-se a utilidade de  $x$  como:

$$U_x \stackrel{\text{def}}{=} \begin{cases} \alpha(n_A^0 + n_A) - \delta x - p_A & \text{Comprador marca A} \\ \alpha(n_B^0 + n_B) - \delta(1 - x) - p_B & \text{Comprador marca B} \end{cases}$$

onde  $\alpha > 0$  é a intensidade do efeito de rede e  $\delta$  mede o grau de diferenciação entre as marcas. Um consumidor  $\hat{x}$  indiferente é caracterizado por:

$$\alpha(n_A^0 + n_A) - \tau\hat{x} - p_A = \alpha(n_B^0 + n_B) - \tau(1 - \hat{x}) - p_B$$

$$\hat{x} = \frac{\alpha(n_A + n_A^0 - n_B - n_B^0) + \delta - p_A + p_B}{2\delta}$$

e logo,

Pode-se substituir  $n_A = nx$  e  $n_B = n(1 - x)$  o que resulta em:

$$\hat{x} = \frac{\alpha(nx + n_A^0 - n(1 - x) - n_B^0) + \delta - p_A + p_B}{2\delta}$$

$$\hat{x} = \frac{\alpha(n_A^0 - n_B^0 - n) + \delta - p_A + p_B}{2(\delta - \alpha n)}$$

e então,

As firmas resolvem o problema *à la Bertrand*, procurando equilíbrio para  $P_A$  e  $P_B$  :

$$\max_{P_A} \pi_A = p_A n \hat{x} = p_A n \frac{\alpha(n_A^0 - n_B^0 - n) + \delta - p_A + p_B}{2(\delta - \alpha n)}$$

$$\max_{P_B} \pi_B = p_B n (1 - \hat{x}) = p_B n \left[ 1 - \frac{\alpha(n_A^0 - n_B^0 - n) + \delta - p_A + p_B}{2(\delta - \alpha n)} \right]$$

Assim as funções-resposta de  $P_A$  e  $P_B$  são dadas por:

$$p_A = R_A(p_B) = \frac{\alpha(n_A^0 - n_B^0 - n) + \delta + p_B}{2}$$

$$p_B = R_B(p_A) = \frac{\alpha(n_B^0 - n_A^0 - n) + \delta + p_A}{2}$$

Substituindo obtém-se:

$$p_A = \frac{3\delta + \alpha(n_A^0 - n_B^0 - 3n)}{3} \quad p_B = \frac{3\delta + \alpha(n_B^0 - n_A^0 - 3n)}{3}$$

Percebe-se que o preço de equilíbrio aumenta conforme a sua base de consumidores aumenta também e decresce conforme a base de consumidores do competidor aumenta. Isto significa que o lucro da firma em equilíbrio aumentará conforme sua base de consumidores aumenta e diminui caso a do competidor aumente. Contudo, ao observar o bem-estar do consumidor, percebe-se que este está melhor ainda que o preço tenha aumentando. Para um consumidor de valor “ $x$ ” baixo que compra o bem A, tem-se que:

$$U_x^A = \alpha \left[ n_A^0 + n \frac{\alpha(n_A^0 - n_B^0 - 3n) + 3\delta}{6(\delta - \alpha n)} \right] - \delta x - \frac{3\delta + \alpha(n_A^0 - n_B^0 - 3n)}{3}$$

$$\frac{dU_x^A}{dn_A^0} = \frac{\alpha(4\delta - 3\alpha n)}{6(\delta - \alpha n)} \geq 0 \iff \delta \geq \frac{3\alpha n}{4}$$

onde

Logo, apesar do aumento de preço, os consumidores de A estarão sempre melhor com um aumento da base de consumidores da mesma marca pois foi assumido que  $\delta \geq 4\alpha n/3$ . Isto significa que o efeito de rede domina o efeito-preço. Essa conclusão dá a intuição da razão de mercados com externalidades de rede não maximizarem o bem-estar social sob competição perfeita, já que o aumento da rede é benéfico para o consumidor também.

Os produtos beneficiados pela computação ganham então o benefício do efeito de rede, onde o aumento da base de consumidores de um produto gera maior incentivo ao consumidor em adquiri-lo, pois deste modo existirão mais serviços desenvolvidos para o mesmo, como por exemplo aplicativos e softwares. Percebe-se que esse tipo de mercado é marcado por complementaridades. Alguns aspectos afetam essa capacidade, como por exemplo a compatibilidade de produtos. As firmas devem decidir se tornam seus produtos compatíveis com os demais (quando possível) para extrair

valor do efeito de rede. Compatibilidade com competidores assegura um mercado maior e logo maior valor pode ser extraído do efeito de rede. Por outro lado, a compatibilidade torna o produto um substituto mais próximo do concorrente, a firma deve então avaliar essas opções. Apesar do efeito de rede, há situações em que é mais vantajoso para a firma fazer seu produto incompatível. Isto pode ser devido a um desejo de manter uma diferenciação de produto quando a incompatibilidade pode ser assegurada pela empresa. Normalmente isso é possível quando há uma posição dominante da empresa no mercado, com largas fatias de mercado. Somado a diferenciação de produto, uma rede maior gera mais vendas de produtos complementares para esta rede, o que cria um ciclo virtuoso para a empresa dominante, garantindo ainda mais vendas. Já firmas dotadas de redes pequenas são complementadas com poucos produtos, o que cria um ciclo vicioso, de ainda menos vendas (Economides, 2006).

Nesse sentido, há um forte incentivo para que os bens beneficiados pela IoT sejam compatíveis uns com os outros, pois somente assim esse mercado poderá se desenvolver, como visto no jogo apresentado na seção anterior. Entretanto, no âmbito das plataformas que servem de apoio aos desenvolvedores de softwares, percebe-se que não há nenhum movimento em direção a unificação de uma única plataforma. Existem diversas plataformas incompatíveis entre si de empresas diferentes (McKinsey 2017), onde, em geral, são elaboradas voltadas para mercados específicos.

Quando empresas decidem introduzir um novo produto no mercado, estas devem decidir se irão comercializar um produto que é compatível com outros já existentes ou não. Essa decisão não é aleatória. Vários estudos já analisaram diversos aspectos que influenciam essa decisão. Katz e Shapiro (1992) e Regibeau e Rockett (1996) mostram que a firma que introduz um novo produto no mercado, onde há externalidades positivas de rede, prefere incompatibilidade caso seja um mercado com potencial elevado de expansão, pois isso garantiria fatias maiores de mercado e logo uma base de consumidores maior. Aspectos de custos produtivos também influenciam: Katz e Shapiro (1986) mostram que quando uma firma introduz uma tecnologia nova e superior, com custos decrescentes de produção em relação ao existente, buscam a incompatibilidade para aproveitar os retornos crescente de escala. Farrell et al. (1998)

também discutem como a posição estratégica em relação aos custos produtivos levam a diferentes decisões em relação a compatibilidade. Ainda, Economides (1991) relata como empresas com grande demanda preferem incompatibilidade, enquanto empresas com demanda menor preferem o oposto. Isso se deve ao fato de empresas pequenas usufruírem da demanda existente pelo produto da empresa com maior base de consumidores. Por último, a decisão de compatibilidade ainda pode ser feita para dar sinal ao mercado sobre a qualidade de um produto. Jeong Yoo (2000) argumenta que a escolha de incompatibilidade pode ser uma decisão para afirmar que é um produto de alta qualidade enquanto a compatibilidade seria o oposto.

Economides e Flyer (1997) analisam essas estruturas de mercados onde há externalidades de rede por meio de um modelo similar ao apresentado no início da seção, porém incorporando o fato das empresas produzirem produtos compatíveis ou incompatíveis e analisando o bem-estar dos produtores e consumidores dependendo do equilíbrio atingido. Os autores mostram que diversas vezes o equilíbrio é assimétrico, isto é, produzem quantidades diferentes. Sob incompatibilidade existe um equilíbrio onde uma empresa domina o mercado. A razão para tal equilíbrio existir é que, sob externalidades de rede, o preço, a quantidade vendida e o lucro variam fortemente, fato que se deve em grande parte ao fato da entrada de novos competidores no mercado ter pouco impacto nessas variáveis quando as externalidades são fortes. Economides e Flyer (1997) apresentam por meio de seu modelo o Índice Herfindahl-Hirschman (HHI) para diferentes intensidades de externalidade de rede marginal ( $1/k$ ) e diferentes números de firmas sob incompatibilidade, onde um valor baixo de “ $k$ ”, representa uma alta externalidade de rede. O HHI mede a concentração de um determinado mercado.

Tabela 3 – Índice Herfindahl-Hirschman (HHI) para diferentes intensidades de externalidade de rede marginal (1/k).

		Intensidade da externalidade de rede marginal 1/k				
		$\infty$	2	1	0.5	0.2
Número de Firmas	3	.510	.415	.363	.339	.334
	5	.470	.331	.248	.207	.201
	10	.464	.287	.172	.106	.100

Fonte: Economides e Flyer (1997)

Percebe-se que para intensidades altas da externalidade de rede marginal (“k” baixo), o índice tem queda muito inferior (.510 para .464) do que para “k” alto (.334 para .100), conforme aumenta o número de firmas no mercado. Isso se deve ao fato de quanto mais intenso forem as externalidades de rede marginal, menos impacto sobre preço e quantidade produzida uma nova firma competidora terá sobre as que já possuem redes de consumidores (fatias de mercado) maiores. Isso gera um forte incentivo a buscar a liderança nesse tipo de mercado com um produto incompatível com os demais, algo que se observa em diversos mercados de plataformas digitais.

Contudo, isso não significa que o excedente total diminui. Plataformas são mercados de externalidade de rede, isso significa que um maior número das mesmas pode levar a uma diminuição de excedente do consumidor e logo excedente total. Isso se deve ao fato de um acréscimo no número de plataformas levar a uma diminuição da produção de plataformas que já estavam no mercado, levando consumidores a terem um menor excedente pois a rede diminui e há perdas de externalidade dentro da plataforma, apesar de uma possível diminuição de preço (de mesma forma que mostramos no modelo de (Shy, 2000)). O ganho de excedente dos consumidores de novas plataformas não compensa a perda do excedente das plataformas maiores pois a externalidade gerada pelas plataformas pequenas é muito menor. Assim os autores argumentam que sob incompatibilidade, o monopólio gera o maior excedente total.

Casadesus-Masanell e Ruiz-Aliseda (2009) também apresentam um modelo para “two-sided markets” isto é, mercados onde a plataforma consegue cobrar tanto o consumidor final, quanto o que usa a plataforma para vender algum produto (como, por

exemplo, desenvolvedores de aplicativos e usuários). Os autores incorporam no modelo características desse tipo de mercado não exploradas nos modelos anteriores, como por exemplo o fato de um número maior de usuários pressionar desenvolvedores a adotarem essa plataforma. Os autores também concluem que uma plataforma incompatível que domine o mercado pode gerar o maior bem-estar social em casos onde a diferenciação entre as plataformas é baixa e exista uma “ameaça crível” de entrada concorrente. Plataformas homogêneas compatíveis competem em um único equilíbrio que é simétrico (mesmos preços de acesso à plataforma). Esse equilíbrio gera maior utilidade para o consumidor por atender melhor suas preferências e terem um maior número de desenvolvedores que adotam as plataformas (a competição entre plataformas força a adotarem o preço de entrada dos desenvolvedores igual ao seu custo marginal, incentivando a entrada dos mesmos). Porém, observa-se que os mercados de plataformas digitais são dominados em geral por uma ou duas plataformas. Para plataformas incompatíveis, equilíbrios assimétricos podem existir. Em um mercado dominado por uma plataforma incompatível, usuários que tenham preferências mais “afastadas” terão menor utilidade. Porém, quanto menos diferenciadas horizontalmente forem as plataformas na visão dos usuários, menor será o impacto. Apesar de plataformas compatíveis fornecerem o maior bem-estar social, no caso de plataformas incompatíveis é preferível que haja um monopólio pois assim haverá um maior número de desenvolvedores em uma única plataforma e maior externalidade de rede atingida

Atualmente, o mercado de plataformas de IoT é caracterizado por ter muitas plataformas, incompatíveis entre si. Ainda não existe uma plataforma “*one-size-fit-all*”, de sorte que muitas sejam desenvolvidas para dar suporte a indústrias específicas, como eletrodomésticos, manufatura, realidade aumentada, medicina (saúde) etc. Apesar das diferenças entre plataformas, essas são diferenças superficiais, onde a tecnologia subjacente é essencialmente a mesma. Trata-se de uma diferenciação de plataforma, em grosso modo, vertical, onde diferentes aplicativos e softwares foram desenvolvidos para atender nichos específicos. Deste modo, a diferenciação horizontal mencionada no parágrafo anterior é baixa, de modo a obter um bem-estar social maior, garantindo externalidade de rede maior para os usuários finais, enquanto os

desenvolvedores incorrerão custos menor para desenvolver aplicativos, tendo que aprender a codificar em uma única plataforma e não diversas.

A rede conjunta de desenvolvedores e usuários sendo maior permite que o mercado da Internet das Coisas se desenvolva mais rapidamente. Por um lado, usuários atingem externalidade de rede maior devido ao maior número de usuários, e, ao mesmo tempo, incorrem em um menor risco pois diversas plataformas que existem hoje em dia deixarão de existir em um mercado onde se tornar o maior é altamente lucrativo. Graças a fusões e aquisições, diversas dessas plataformas não existirão mais ou não suportarão a concorrência. Por outro lado, os desenvolvedores incorrem em um custo fixo inicial de aprendizagem muito menor ao ter que aprender a codificar uma única plataforma. Somado a isto, existe externalidade de rede positiva intra-desenvolvedores que não é considerada no modelo de Masanel e Aliseda (2009), onde estes assumem somente os efeitos da competição entre os mesmos e não o fato de haver mais desenvolvedores reduzir custos de aprendizagem.

Assim, a premissa de haver um mercado de IoT mais conectado, de modo que os mais diversos objetos funcionem entre si é acelerado, primeiramente, graças a uma coordenação entre as diversas empresas interessadas em adotar um protocolo comum de comunicação entre os diversos objetos. Para que o mercado se desenvolva do jeito que foi concebido, é mais interessante que os objetos tenham maior facilidade em se comunicar e para tanto a coordenação entre as mesmas gera maior valor. Em seguida, a redução da quantidade de plataformas é necessária para garantir maior externalidade de rede engendrando em um maior bem-estar e acelerar o desenvolvimento das capacidades da IoT graças ao desenvolvimento mais acentuado de aplicativos e software necessário para resolver problemas.

#### 4. Conclusão

A IoT é um mercado que ganhou muita atenção nos últimos 10 anos, pois promete ganhos expressivos de produtividade na indústria, além de ter uma utilidade alta para consumidores finais em aplicações como acessórios para o lar. Contudo, apesar do cenário favorável a essa tecnologia, onde os serviços são cada vez mais requisitados e há a possibilidade de incorporá-los em bens graças a avanços tecnológicos na área da computação, percebe-se que o mercado ainda não atingiu o que foi originalmente concebido. A IoT foi pensada como uma rede de objetos conectados fisicamente e virtualmente, o que permitiria que objetos e pessoas tomassem decisões em tempo real ao analisar tanto suas condições de funcionamento quanto a de outros objetos, agregando diversos novos serviços (monitoramento, controle, otimização e autonomia) aos mesmos. Porém, apesar de serviços estarem crescendo cada vez mais no comércio mundial, o mercado de IoT ainda encontra diversas barreiras que impedem seu desenvolvimento.

A literatura existente sobre IoT aborda principalmente barreiras de cunho tecnológico, porém não aborda questões de estrutura de mercado necessárias para êxito dessa nova tecnologia. Por meio da literatura de IoT foram esclarecidos como a tecnologia e o seu mercado funcionam, onde percebe-se que, por se tratar de uma tecnologia que permite diversos objetos se interconectarem, sistemas são criados para funcionar conjuntamente, o que reduz a capacidade de uma firma atuar sozinha. Isso se deve ao fato de se tratar de um mercado onde há externalidades positivas de rede, onde uma rede maior de objetos vendidos garante maior utilidade ao consumidor e logo propensão a adquirir o mesmo. Ao mesmo tempo, isso engendra em maior desenvolvimento de produtos complementares, criando um ciclo virtuoso, já que assim novos sistemas surgem garantindo novamente maior utilidade ao consumidor.

Todavia, a falta de padronização de protocolo utilizado entre as diversas empresas, assim como a enorme quantidade de plataformas existentes no mercado, impede que a IoT alcance esse patamar de interconexão. Nesse sentido, apesar das empresas competirem a nível de produto, se as mesmas desejam que o mercado de

IoT evolua, o melhor equilíbrio para estas é cooperar para que seja estabelecido um padrão de comunicação estabelecendo um protocolo a ser seguido, garantindo que objetos de diversas empresas possam comunicar entre si. Somado a isto, o grande número de plataformas gera menor bem-estar social pois, apesar de atender mais especificamente as preferências dos consumidores, isto não compensa os ganhos de efeito de rede.

Desse modo, é mais interessante que uma única plataforma com ameaças críveis de entrada concorrente no mercado consiga englobar os diversos segmentos do mercado, permitindo que custos de desenvolvimento de software/aplicativos decresçam e ganhos de efeito de rede sejam mais significantes do que em um mercado fragmentado. Atingir um domínio de mercado de plataforma de IoT por um número pequeno de empresas poderá ser um processo lento devido a fatores como alta lucratividade das mesmas e segmentação do mercado, que engloba potencialmente qualquer objeto. Desse modo, fusões e aquisições serão necessárias para que o mercado se concentre e forneça serviços satisfatórios e competitivos nos diversos segmentos.

Atualmente, grandes empresas do mercado da computação começaram a se organizar para estabelecer protocolos comuns de comunicação, para se aproximar da visão original da IoT. Empresas como Samsung, Microsoft, Intel, Cisco, Qualcomm, LG entre outras lideram a *Open Connectivity Foundation*, grupo dedicado a estabelecer os padrões de comunicação da IoT. Apesar da pressão que o grupo faz para estabelecer padrões, empresas grandes suficientes podem preferir manter padrões específicos para seus produtos que impeçam a conexão com os demais para forçar o consumidor a adquirir seus produtos em conjunto, diminuindo o ritmo de evolução da IoT. Dessa forma um caminho a ser explorado é como a estrutura de mercado pode afetar as demais empresas a adotarem um padrão comum de comunicação.

A regulação do mercado de IoT por governos poderia, em tese, acelerar o processo de adoção de padrões comuns de comunicação. Porém, ao estabelecer o padrão a ser seguido pode dar vantagem a certas companhias, e mais importante, escolher um padrão que não seja o melhor para o desenvolvimento da IoT. A adoção

de uma regulação em fases iniciais da IoT pode ter efeito contrário ao esperado, devido a burocracia e falta de entendimento técnico. Por outro lado, questões de segurança importantes surgem quando objetos comuns são capazes de se conectar a internet, permitindo que estes sejam controlados à distância. Desse modo, padrões de segurança serão necessários, algo que as próprias empresas terão interesse em adotar.

## 5. Referências Bibliográficas

ARBACHE, J., Serviços e Competitividade Industrial no Brasil. **Confederação Nacional da Indústria**, 2014. Disponível em:

[http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo\\_24/2014/12/09/517/ServioseCompetitividadeIndustrialnoBrasil.pdf](http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_24/2014/12/09/517/ServioseCompetitividadeIndustrialnoBrasil.pdf). Acessado em 18 fev.2018.

BALDWIN, R., The great Convergence. **Harvard University Press**. p. 1-10, 2011.

BANDYOPADHYAY, D., SEN, J. Internet of Things: applications and challenges in technology and standardization. **Wireless Personal Communications**, 58(1), 49–69, 2011.

CARFI, D., MAHITO, O., Co-opetition and Game Theory. **Journal of Applied Economic Sciences**. v. 9(3(29)): 458-469, 2014.

CASADESUS-MASANELL, R., RUIS-ALISEDA, F., Platform Competition, Compatibility, and Social Efficiency, **Harvard Business School**, Working Paper 09-058, 2009.

CERNAT, L., KUTLINA-DIMITROVA, Z. Thinking in a Box: A Mode 5 Approach to Service Trade. **Chief Economist Note, European Union**, 2014.

CHEN, Y., Integrated and Intelligent Manufacturing: Perspectives and Enablers. **Engineering**. v.3(5), pp.588-595, 2017.

CLARK, D. Autodesk Adopts Apple App Store for Mac Software, **The Wall Street Journal**. Disponível em: <https://blogs.wsj.com/digits/2011/08/16/autodesk-adopts-apple-app-store-for-mac-software/> Acessado em 10 fe.v 2018.

ECONOMIDES N., Network Economics - Networks, Telecommunications Economics, and Digital Convergence. **New York University**, 2006.

ECONOMIDES, N., Compatibility and Market Structure, **New York University**, 1991.

ECONOMIDES, N., FLYER ,F., Compatibility and Market Structure for Network Goods. **New York University**, 1997.

FARRELL, J. MONROE, K. SALONER, G., The Vertical Organization of Industry: Systems Competition versus Component Competition, v. 7, Issue 2 Pages: 143-326, 1998.

FERNANDEZ-STAR, K., BAMBER, P., GEREFFI, G., The Offshore Services Value Chain, **Duke CGGC, Banco Mundial**, 2011.

FLEISCH, E., What is the Internet of Things? An Economic Perspective. **Auto-ID Labs White Paper**, n. WP-BIZAPP-053, 2010.

GEREFFI, G., FERNANDEZ-STARK, K. The Global Apparel Value Chain, Trade and the Crisis, **The World Bank: Policy Research Working Paper**. n. 5281, 2010.

HERNÁNDEZ, R. A., MARTÍNEZ-PIVA J.M. AND MULDER, N. Global Value Chains and World Trade: Prospects and Challenges for Latin America. **Economic Commission for Latin America and the Caribbeans**, 2014.

JAGER, K. Growth and Productivity Accounts. **EU KLEMS**, 2017 Release. Disponível em [http://www.euklems.net/TCB/2017/Methology\\_EU%20KLEMS\\_2017.pdf](http://www.euklems.net/TCB/2017/Methology_EU%20KLEMS_2017.pdf). Acessado em 20 jan. 2018.

JEONG-YOO, K. Product Compatibility And Technological Innovation. **International Economic Journal**, v. 14, n. 3, pp. 87-100(14), 2000.

KATZ, M., SHAPIRO, C. Product Introduction with Network Externalities, **Journal of Industrial Economics** v. 40, issue 1, 55-83, 1992

KATZ, M., SHAPIRO, C. Technology Adoption in the Presence of Network Externalities, **Journal of Political Economy**, v. 94, issue 4, 822-41, 1986.

LAMARE, E., MAY, B., Making sense of Internet of Things platforms. **McKinsey&Company**. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/making-sense-of-internet-of-things-platforms>.

Acessado em 17 jan. 2018.

LOPEZ GONZALEZ, J., MELICIANI, V., SAVONA, M., When Linder Meets Hirschman: Inter-Industry Linkages and Global Value Chains in Business Services. **SWPS 2015-20**. 2015

MATTERN, F., FLOERKEMEIER, C. From the Internet of Computers to the Internet of Things. Em SACHS, K., PETROV, I., GUERRERO, P., **From active data management to event-based systems and more, lecture notes in computer science** v. 6462, pp. 242–259, 2010.

NALEBUFF, B., BRANDENBURGER, A. Co-opetition: Competitive and cooperative business strategies for the digital economy", **Strategy & Leadership**, v. 25 Iss 6 pp. 28 – 33, 1997.

NALEBUFF, B., BRANDENBURGER, A., The right game: Use game theory to shape strategy. **Harvard Business Review**, v. 73(4), 1995.

O'ROURKE, K., When Did Globalization Begin?. **Nber Working Paper Series**. n. 7632, 2000.

PER, A, LARS-GUNNAR, M., Service innovations enabled by the “internet of things”, **IMP Journal**, v. 9 Issue: 1, pp.85-106, 2015.

PORTER, M., HEPPELMANN, J., How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. **Harvard Business Review**. Disponível em: <https://hbr.org/2014/11/how-smart-connected-products-are-transforming-competition>. Acessado em 15 fev. 2018.

REGIBEAU, P., ROCKETT, K. "The timing of product introduction and the credibility of compatibility decisions," **International Journal of Industrial**, v. 14(6), pages 801-823, 1996.

SERIES Y, Overview of the Internet of Things, **União Internacional de Telecomunicações**, ITU-T Y.2060, 2012. Disponível em: <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=y.2060>. Acessado em 5 mar. 2018.

SHY, O. The Economics of Network Industries, **University of Haifa**, Lecture Notes, 2000.

STATISTA, Global figure of connected devices 2014-2020. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/512650/worldwide-connected-devices-amount/>. Acesso em 20 abr. 2018.

STHRER, R., BIEGE, S., BOROWIECKI, M., DACHS, B., FRANCOIS, J., HANZL-WEISS, D., HAUKNES, J., JÄGER, A., KNELL, M., LAY, G., PINDYUK, O. AND SCHARTINGER, D., Convergence of Knowledge-intensive Sectors and the EU's External Competitiveness, **WIIW Research Report**, n. 377, 2012.

WORTMANN, F., FLÜCHTER, K., Internet of Things - Technology and Value Added, **Business & Information Systems Engineering**: v. 57: Iss. 3, 221-224, 2015.

XIA, F., YANG, L., WANG, L. VINEL, A., Editorial Internet of things. **International Journal Of Communication Systems**, v. 25, pp.1101-1102, 2012.