Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications, 2018. Edition. 15.Vol: 04
https://www.itegam-jetia.org
ISSN ONLINE: 2447-0228
DOI: https://dx.doi.org/10.5935/2447-0228.20180066

Applications and Advantages of the Internet of Things (IoT) at Industry 4.0

Marcia M. Barreto Pinon[1], Thiago F. Dantas Tavares[2], Manoel H. R. Nascimento[3], Jorge de A. B. Junior[5], Vera L. de Souza Silva[6]

[1]Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica (FUCAPI). Coordenação de Graduação em Engenharia de Telecomunicações, Manaus – AM – Brasil
[3,4]Departamento de Pesquisa, Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM). Av. Joaquim Nabuco, Centro. Manaus-AM.

Email: marciabarreto2@gmail.com, hreys@bol.com.br, jorge.brito@itegam.org.br, t.felipe_dantas@hotmail.com, vera_souzas@hotmail.com

Received: July 15th, 2018.

Accepted: August 01th, 2018.

Published: September 30th, 2018.

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International
License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

ABSTRACT

This article describes the application and advantages of the Internet of Things *(IoT)*, most popularly called the Internet of Things or Objects in Industry 4.0. Currently the proliferation in the commercialization of intelligent objects with technology of sensing and communication is perceived. More and more people choose to use technology in their routine activities. A good example of this is the advance in the telecommunications sector, with the popularization of smartphones. Connectivity began to reach not only people but also objects, coming to the existence of more connected devices than the amount of human beings in the world. In this way IoT appears. However, this trend has not been limited only to the final products, it has gone further, it is revolutionizing manufacturing. This led to the Fourth Industrial Revolution, known as Industry 4.0, whose main characteristic is the use of IoT technology throughout the manufacturing environment, allowing the connectivity between devices in order to generate information that is useful for decision making in a remote, fast and safe, thereby creating the concept of intelligent factory.

Keywords: Internet of Things, Industry 4.0, Manufacturing .

Aplicações e vantagens da Internet of Things (IoT) Na Indústria 4.0

RESUMO

Este artigo descreve a aplicação e vantagens da *Internet of Things (IoT*), mais popularmente chamada de Internet das Coisas ou dos objetos na Indústria 4.0. Atualmente percebe-se a proliferação na comercialização de objetos inteligentes com tecnologia de sensoriamento e comunicação. Cada vez mais as pessoas optam por usar a tecnologia em suas atividades rotineiras. Um bom exemplo disso é o avanço no setor das telecomunicações, com a popularização dos smartphones. A conectividade passou a alcançar não somente as pessoas como também os objetos, chegando à existência de mais dispositivos conectados que a quantidade de seres humanos no mundo. Desta forma surge a *IoT*. Contudo, esta tendência não se limitou apenas aos produtos finais, foi mais além, está revolucionando a manufatura. Desta forma deu origem à Quarta Revolução Industrial, conhecida como Indústria 4.0, cuja principal característica é o uso da tecnologia da *IoT* em todo o ambiente fabril, permitindo a conectividades entre dispositivos de forma a gerar informações úteis ao processo decisório de forma remota, rápida e segura, criando com isso o conceito de fábrica inteligente.

Palavras-chaves: Internet das Coisas, Indústria 4.0, Manufatura.

I INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 é um conceito proposto e já utilizado recentemente que engloba as principais inovações tecnológicas dos campos de automação, controle e tecnologia da informação, aplicadas aos processos de manufatura. A partir de Sistemas Cyber-Físicos (CPS), *IoT*, e Internet dos Serviços, os processos de produção tendem a se tornar cada vez mais eficientes, autônomos e customizáveis [1].

A partir do uso destas tecnologias inicia-se um novo período no contexto das grandes revoluções industriais, com a implantação de fábricas inteligentes. Desta forma, tem-se a inovação no processo de manufatura, com impacto direto na redução de custos e qualidade dos produtos.

As três primeiras revoluções industriais trouxeram a produção em massa, as linhas de montagem, a eletricidade e a tecnologia da informação, elevando a renda dos trabalhadores e fazendo da competição tecnológica o cerne do desenvolvimento econômico. No entanto, a quarta revolução industrial, terá um impacto mais profundo e exponencial. Isto por que reúne algumas tecnologias, tais como Manufatura Aditiva (3D), IA, Biologia Sintética (SynBio), CPS e IoT, as quais permitem a fusão do mundo físico, digital e biológico [2].

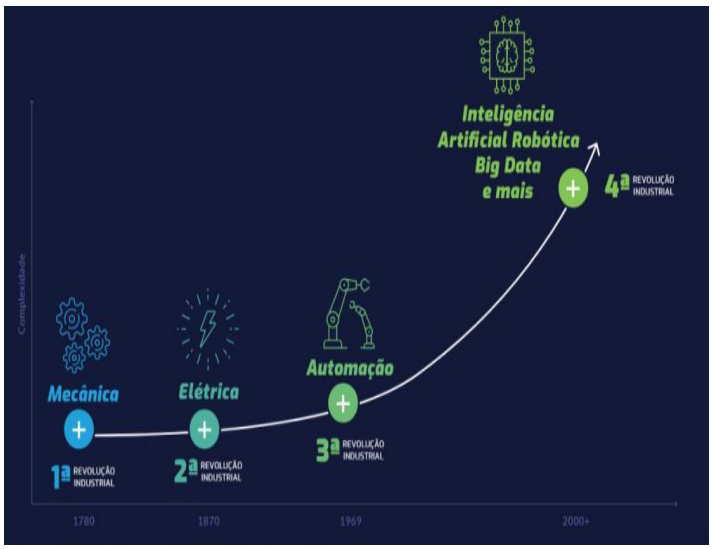

Figura 1: Processo Evolutivo da Revolução Industrial.
Fonte: [2].

Ao imaginar o contexto no qual uma fábrica está inserida é possível pensar em uma série de acontecimentos que podem afetar o processo produtivo, tais como: Fenômenos Naturais, a chuva que influencia a produção de matéria prima, causando alteração no valor final do produto; Sazonalidade do Mercado, a elevação de demanda inesperada, cujo fornecimento de insumos não está conseguindo suprir; Falha de planejamento, interrupções na produção para execução de manutenções corretivas, justo em momentos de grande demanda. Estas situações são bastante comuns em muitos setores da indústria e gerenciá-las é extremamente complexo [3].

Todos estes fatores impactam diretamente o processo produtivo, ditando ao final, alterações tanto nos preços quanto na oferta e qualidade dos produtos. Não obstante, também impactam na economia, visto que em caso de grandes prejuízos, uma das primeiras alternativas de redução de custo é a redução da folha de pagamento, consequentemente gerando desemprego.

Numa perspectiva positiva, questiona-se: E se esses acontecimentos pudessem ser, não só previstos, como também monitorados de forma integrada gerando dados que se comunicassem em tempo real a partir de um banco de dados único e, ao mesmo tempo, o alimentassem de novas informações? Mais ainda e se, baseado nestas informações fosse possível à criação de um padrão para tomada de decisões de forma automática e remota, utilizando a comunicação online entre dispositivos interconectados, responsáveis por monitorar esses eventos? A tendência tecnológica no ramo industrial que vem tornando este cenário possível é a indústria 4.0 [4].

A busca incansável por processos mais eficientes, mitigando impactos negativos e maximizando a cadeia de valor de qualquer segmento industrial, tem sido a mola propulsora para a indústria 4.0, conceito que surgiu na Alemanha, criado pelo governo com o objetivo de automatizar a manufatura, aumentando a produtividade e criando as fábricas inteligentes ou *smart manufacturing.*

A base que sustenta toda esta evolução no processo produtivo é a informação digital, pois a indústria 4.0 está diretamente ligada à coleta e análise de um volume considerável de dados, também chamado de *Big Data*. O tamanho é a principal definição de *Big Data*. A resposta está no número de fontes de dados independentes, cada uma com o potencial de interagir. O *Big* se refere à grande complexidade, e não ao grande volume. Naturalmente, conjuntos de dados valiosos e complexos desse tipo naturalmente tendem a crescer rapidamente e, assim, os dados grandes rapidamente se tornam realmente massivos [5].

A implantação da Indústria 4.0 necessita de uma infraestrutura tecnológica formada por sistemas físicos e virtuais. Estes sistemas operam com o apoio de *Big Data, Analytics*[1], robôs automatizados, simulações, manufatura avançada, realidade aumentada e o mais importante a *IoT*.

Em suma, este é o contexto no qual está inserida a Indústria 4.0: demanda por eficiência no processo produtivo, aliada às tecnologias disponíveis no mercado. Tudo isso objetivando a eficácia do processo e redução de custos.

Todas as tecnologias mencionadas possuem grande relevância dentro desta nova realidade no setor industrial, contudo o presente artigo tem como objetivo o estudo sobre a aplicação e vantagens da *IoT* para Indústria 4.0. Para tanto, estará organizado da seguinte forma: a seção 2 irá descrever o funcionamento da indústria 4.0, apresentando suas características principais e processo evolutivo. A seção 3 discorrerá sobre a *IoT*, apresentando detalhes sobre seu surgimento, funcionamento e aplicabilidade na indústria 4.0. Já a seção 4 expõe as aplicações, vantagens, perspectivas e desafios da Indústria 4.0 pós *IoT*. A seção 5 apresentará as conclusões da autora, seguidas das referências bibliográficas, seção 6.

II PROCESSO EVOLUTIVO DA INDÚSTRIA 1.0 À INDÚSTRIA 4.0

A Quarta Revolução Industrial, também denominada como "A Era do Conhecimento", foi antecedida por três outras revoluções que, acompanhando o contexto histórico, contribuíram para a evolução econômica do planeta.

Desde a Primeira Revolução Industrial o mundo tem buscado a melhoria contínua dos processos produtivos. Sua evolução histórica caminhou de mãos dadas com as descobertas científicas e avanços tecnológicos. A figura 2 apresenta em uma linha do tempo todas as Revoluções Industriais e as principais mudanças obtidas na constância de cada período.

[1] Inteligência analítica é um campo abrangente e multidimensional que se utiliza de técnicas matemáticas, estatísticas para encontrar padrões e conhecimento significativos em dados.

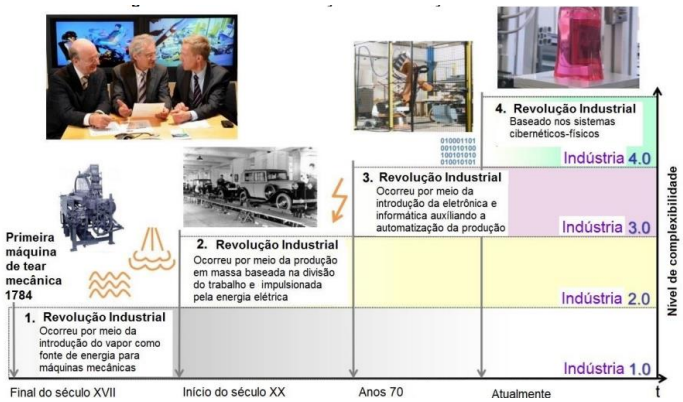

Figura 2: Da indústria 1.0 à indústria 4.0: Rumo à 4ª revolução industrial.
Fonte: Adaptado de [6].

Indústria 1.0. A primeira Revolução Industrial começou no Reino Unido no final do século XVIII e terminou em meados do século XIX. Representou a mudança de uma economia agrária, à base de artesanato, para uma economia liderada pela indústria e pela fabricação de máquinas com a introdução de métodos de produção mecânica e a aplicação de energia a vapor [7]. Durante o período da Primeira Revolução Industrial, houve o aprimoramento das máquinas a vapor, neste período a produção era mecanizada.

Indústria 2.0. A Segunda Revolução Industrial trouxe consigo a utilização do aço, da energia elétrica, motores elétricos e combustíveis fósseis Desta forma têm-se um dos primeiros relatos de esteiras transportadoras, por volta de 1870, época em que as máquinas elétricas começaram a ser utilizadas juntamente com a separação de operações, o que resultou nas fabricações em massa [8].

Indústria 3.0. A Terceira Revolução Indústrial, ficou conhecida como era da eletrônica, na qual as máquinas passaram a utilizar controladores lógicos programáveis (CLPs) para comandar máquinas que poderiam ser reprogramadas para novas funções de acordo com uma nova demanda. Essa fase teve início no final da década de 1960 e durante esse período também foi introduzida a tecnologia da informação nos processos de fabricação. Nesta fase os processos passaram a ser automatizados devido ao avanço da eletrônica e sistemas computadorizados e robóticos. Atualmente inicia-se a Quarta Revolução Industrial, cuja marca registrada são os CPS e a *IoT* [9].

Indústria 4.0. A Quarta Revolução Industrial surge em tempos de interligação entre mundos digitais, que permitem a rastreabilidade de quase tudo. Está baseada no uso de sistemas físico-cibernéticos, caracterizado pela integração e o controle remoto da produção, a partir de sensores e equipamentos conectados em rede [7].

Na indústria 4.0 a integração dos equipamentos é muito mais "natural". Linhas de produção cibernéticas se adaptam aos produtos que foram pedidos por clientes diretamente via internet sem interferência humana. Todos os equipamentos têm autonomia para tomarem "decisões" e pedirem ajuda por meio de redes sem fio gerando um organismo autossuficiente e sem planejamento detalhado, o que permite maior flexibilidade e adaptabilidade às demandas dos mercados.

Desta forma, o conceito "Indústria 4.0" surgiu em 2011, em uma publicação do governo alemão, como estratégia de alta tecnologia para 2020. Esta iniciativa tinha como objetivo fortalecer a competitividade da indústria manufatureira alemã [9].

Existem cinco princípios que irão definir os sistemas de produção da Indústria 4.0: 1. Capacidade de operação em tempo real, possibilitando decisões rápidas; 2. Virtualização, a proposta é a existência de uma cópia virtual das fábricas inteligentes, promovendo a rastreabilidade e monitoramento remoto dos processos por meio de sensores espalhados pela planta; 3. Descentralização, as decisões poderão ser tomadas a partir do cyber-físico sempre que necessário e em tempo real; 4. Orientação a serviços, ou seja, uso de arquitetura de software aliada ao *internet of Services*; e, 5. Modularidade, produção conforme a demanda [1].

Neste sentido, a Indústria 4.0 consiste na potencialização exponencial do uso de tecnologias digitais nos processos produtivos, quando comparada aos modelos antecessores, ou seja, as Indústrias 1.0, 2.0 e 3.0. Desta forma, possibilitando a interface do universo físico da produção e a conectividade em redes no ambiente virtual, garantindo melhorias tanto de desempenho quanto de custos de produção e qualidade dos produtos.

III INTERNET OF THINGS (IOT) E SUA APLICAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

O termo *IoT* remete à ideia de computação ubíqua, ou seja, modelo de computação que indica a tecnologia capaz de promover a interligação entre usuários móveis, onde por meio da Internet, os objetos deixam de ser estáticos, tornando-se dispositivos conectados [20].

A ideia central da *IoT* é a implantação de bilhões ou mesmo trilhões de objetos inteligentes capazes de sentir o ambiente circundante, transmitir e processar dados adquiridos e, em seguida, feedback para o meio ambiente.

Comumente se ouve falar que a *IoT* é uma tecnologia disruptiva, ou seja, que provoca uma ruptura com os padrões, modelos ou tecnologias já estabelecidos no mercado, não se limitando a um simples processo evolutivo de tecnologia já existente.

III.1 ARQUITETURA BÁSICA DA *IOT*

A arquitetura básica dos objetos conectados ou inteligentes possui quatro unidades: **Unidade de Processamento**, composta de uma memória interna para armazenamento de dados e programas, um micro controlador e um conversor analógico-digital para receber sinais dos sensores; **Unidade de Comunicação**, composta por pelo menos um canal de comunicação com ou sem fio; **Fonte de Energia**, para alimentação do objeto inteligente; e **Sensores (Atuadores)**, para captar informações do ambiente onde está o objeto [17].

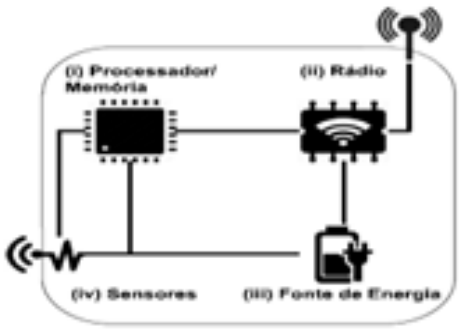

Figura 3: Arquitetura Básica dos Dispositivos
Fonte: [17].

A Figura 3 evidencia a necessidade de uma fonte de energia, normalmente objetos inteligentes são alimentados por baterias carregáveis ou não, embora não sejam as mais adequadas para a tarefa. Isto porque, em geral, os dispositivos estão em locais de difícil acesso ou simplesmente não é desejável manipulá-los fisicamente para substituir as baterias, por isso o *hardware* e o *software* devem ser projetados para estender ao máximo a vida útil desses dispositivos [14].

Uma possível estratégia para mitigar o problema da energia é fazer uso da técnica de colheita de energia [16]. A ideia é captar e armazenar energia de fontes externas ao dispositivo, tais como energia solar, térmica, eólica e cinética, convertendo-as em energia elétrica e armazená-la em uma bateria recarregável [11].

Para que seja possível conectar bilhões de objetos à Internet, é necessária uma arquitetura inteligente [1].

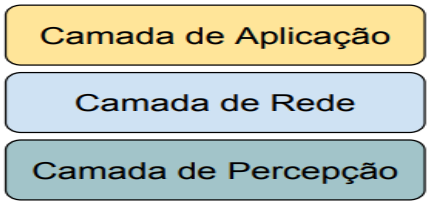

Figura 4: Arquitetura para *IoT*
Fonte: [17].

A figura 4 demonstra o modelo básico de arquitetura apresentada em três camadas. A primeira é responsável pela percepção dos objetos inteligentes, trata-se dos objetos físicos, os quais utilizam sensores para coletarem e processarem informações. Em seguida vem a camada de rede, as abstrações das tecnologias de comunicação, serviços de gerenciamento, roteamento e identificação devem ser realizados. A camada de aplicação é responsável por prover serviços para os clientes. Por exemplo, uma aplicação solicita medições de temperatura e umidade para clientes que requisitam estas informações [17].

III.2 PROBLEMAS NOS DADOS PROVENIENTES DOS SENSORES DE IOT

Visando o entendimento sobre quais os problemas que podem ocorrer com os dados obtidos pelos sensores *IoT* [10] definiram uma classificação partindo de problemas básicos relativos aos aspectos dos dados, como segue:

Imperfeição: ocorre quando por alguma razão há imprecisão nas informações obtidas do ambiente pelos sensores, quer seja por problemas nas leituras devido a falhas de hardware ou calibragem dos sensores ou por interferências de ruídos ou posicionamento inadequado destes;

Inconsistência: são causados geralmente por dados fora de sequência, isto é, a ordem em que foram armazenados ou temporalmente demarcados difere da real ordem de ocorrência no mundo físico; presença de *outliers* nos dados, que é quando uma informação difere absurdamente na sua série histórica; e, dados conflitantes, quando diferentes sensores mensuram um mesmo fenômeno e os dados obtidos são diferentes, desta forma, gerando dúvida sobre qual sensor seria mais confiável;

Discrepância: ocorre geralmente quando se utiliza tipos diferentes de sensores, são utilizados para coletar dados sobre um mesmo fenômeno [19].

IV APLICAÇÕES

Não há um limitador para aplicação da *IoT*, em um contexto mais amplo da sociedade, visto que é uma tecnologia passível de utilização em praticamente todos os setores. Sua amplitude de alcance vai do uso doméstico das simples atividades domésticas, como objetos eletrônicos a serviços de utilidade pública, como sistemas de vigilância, serviços hospitalares, entre outros. Contudo, é na indústria que esta tecnologia encontra um território vasto de atuação, pois promove não apenas melhorias, mas uma verdadeira revolução no jeito de manufaturar produtos, melhorando a eficiência operacional no ambiente fabril, sendo necessário o emprego de melhores práticas em toda a cadeia de valor (tecnologia atualizada de produtos, equipamentos de produção, abordagem de venda, soluções de TI, gestão da cadeia de suprimentos etc.), desta forma gerando redução de custos e aumento de produtividade [15].

IV.1 VANTAGENS

São inúmeros os ganhos para manufatura, devido à otimização de várias operações, tais como melhor planejamento de manutenção preventiva, redução de acidentes de trabalho, melhor gestão da cadeia de suprimentos, com isso o setor pode alcançar um valor mundial de US$ 1,2 trilhões a US$ 3,7 trilhões por ano em 2025 [12].

A conectividade inteligente e análises com base em *IoT* são vistos como fatores fundamentais para a indústria futura. Por um lado, esta transformação facilita a flexibilidade, particularmente no que diz respeito à elevada geração de dados e informações. Por outro lado, também permite a entrega de produtos com uma melhor qualidade, ao mesmo ou menor custo, aproveitando os dados recolhidos pelos diferentes elementos de uma linha de montagem ligados. Além disso, os dados recolhidos traz transparência sobre as operações das máquinas, os materiais utilizados, a logística de instalações, e até mesmo sobre os operadores humanos [4].

A *IoT* na indústria, com sua rede de objetos físicos, sistemas, plataformas e aplicativos com tecnologia embarcada nos setores da indústria, gerará um número cada vez maior de dispositivos conectados possibilitando a comunicação e a integração de sistemas e controles e permitindo respostas e tomadas de decisão em tempo real. Dessa forma, a *IoT* torna-se um pré-requisito para a indústria 4.0 [6].

É inegável que o campo de aplicação da *IoT* na indústria 4.0 é amplo e os seus efeitos ainda não foram totalmente mensurados, entretanto é fato que o impacto é forte a ponto de esse movimento ter recebido o nome de Quarta Revolução Industrial.

IV.2 PERSPECTIVAS E DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0 PÓS *IOT*

A implacável expansão da tecnologia da Internet de hoje está impulsionando processos de automação para a quarta revolução industrial [18]. Desta forma, a Indústria 4.0 tem como princípios norteadores a busca por interfaces entre equipamentos, o meio físico, os acontecimentos que impactam na produção, tais como informações comerciais e de mercado e até mesmo políticas. Tudo de forma lógica e organizada a ponto de permitir a correta interpretação dos dados para que seja possível a criação de

informações úteis a decisões rápidas e seguras sobre diversos aspectos do processo, desde o planejamento de manutenções até a necessidade de substituição de peças e máquinas ou mesmo o time adequado para aquisição de matéria prima.

Com o uso da IoT, torna-se possível a virtualização, descentralização e informações em tempo real das operações. Desta forma, identificam-se, cinco tendências para o futuro da produção industrial: 1. A ubiquidade da TI, que é fato de estar ou existir concomitantemente em todos os lugares; 2. A confiança em modelagem e simulações virtuais nos processos de manufatura espera-se com isso melhorar o planejamento dentro das fábricas em função da possibilidade de poder simular previamente situações para observar o comportamento da produção frente a determinadas dificuldades, desta forma antecipando a solução de vários problemas; 3. A inovação na gestão da cadeia de suprimentos, que basicamente poderá ser feita de forma mais eficaz, pois utilizará séries históricas e a interface de informações sobre fornecedores e logística para melhorar o planejamento de suas operações; 4. A flexibilidade na produção para atender as necessidades do consumidor, por meio do uso de informações sobre as tendências do mercado consumidor a serviço da indústria; e, 5. A produção sustentável, o meio ambiente é uma preocupação mundial, de forma que várias iniciativas da Indústria 4.0 podem auxiliar neste quesito, dentre eles destaca-se o uso de baterias recarregáveis por meio de energia solar [9].

A expectativa é que as empresas que não adotarem as tecnologias digitais tenham muita dificuldade de se manterem competitivas e, consequentemente, prevalecerem no mercado [5].

V CONCLUSÃO

A Indústria 4.0 foi antecedida por três Revoluções Industriais ao longo da história. Todas estas Revoluções foram sustentadas por avanços que impulsionaram o aprimoramento do processo de manufatura de forma a torná-lo continuamente mais eficiente, promovendo o crescimento econômico e a majoração dos lucros.

Com o advento da internet, o mundo presenciou uma corrida acirrada ruma à conectividade entre as pessoas. Houve avanços em diversos setores, dentre eles o campo das telecomunicações, com a criação dos smartphones.

A este respeito uma pesquisa do Senso norte americano revelou que em 2003, havia aproximadamente 6,3 bilhões de pessoas vivendo no planeta e 500 milhões de dispositivos conectados à Internet, ou seja, menos de um (0,08) dispositivo por pessoa. Cabe ressaltar que em 2003, considerando a definição do Cisco IBSG, ainda não existia a *IoT*, visto que o número de dispositivos conectados à internet era menor que o número de pessoas conectadas [3].

O crescimento explosivo de smartphones e tablets levou o número de dispositivos conectados à Internet até 12,5 bilhões em 2010, à medida que a população humana chegou a 6,8 bilhões, tornando o número de dispositivos conectados por pessoa superior a 1 (exatamente 1,84) pela primeira vez na história (Cisco, 2011). Estudos mais refinados estimam que a *IoT* surgiu entre 2008 e 2009, quando registrou-se mais dispositivos conectados do que pessoas.

Contudo, a conectividade não se limitou às telecomunicações. Foi mais além, passou a conectar outros tipos de dispositivos, como carros, eletrodomésticos, entre outros. Desta maneira, a *IoT* representou um grande salto na capacidade de coletar, analisar e distribuir dados, possibilitando a transformação de dados em informações, conhecimento e, por fim, sabedoria.

Partindo deste princípio, a *IoT* passou a ser difundida para diversos segmentos, dentre eles o da manufatura, onde promoveu mais que uma evolução, promoveu a Quarta Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0, cuja aplicação e vantagens foram abordadas neste artigo.

No tocante à aplicabilidade da *IoT*, a grande novidade para o ambiente fabril foi a conectividade, ou seja, a possibilidade do uso de dispositivos conectados entre si gerando informações úteis e relevantes para processos decisórios remotos e automáticos. Isto representa a digitalização de toda a fábrica. Desta forma permitindo o uso desta tecnologia em todo o processo de manufatura, de forma a torna-lo mais autônomo.

Com isso são inúmeras as vantagens proporcionadas pelo uso da *IoT* no processo de manufatura, uma vez que o planejamento e o controle da produção passarão a ocorrer em tempo real, baseados nas informações obtidas dos próprios equipamentos que estarão coletando e analisando dados como tempo de produção, estoque, necessidade de manutenção e mais uma infinidades de variáveis que possibilitarão às próprias máquinas decidir a hora de aumentar ou reduzir a produção e ligar ou desligar.

Toda esta inovação tem como resultado final a redução de custos, não somente porque as fábricas inteligentes demandam redução de mão-de-obra em relação às convencionais, mas também porque esta tecnologia possibilita a redução das perdas na produção por falta de qualidade, evita as paradas na linha de produção por falhas no planejamento da manutenção preventiva, além de possibilitar a economia de energia.

Para muitos o desemprego poderá ser um dos efeitos negativos da Indústria 4.0. Entretanto, sempre que uma tecnologia surge revolucionando um segmento da economia ela trás consigo a possibilidade da criação de novos empregos, novas carreiras, desta forma permitindo que os impactos negativos possam ser reparados. Outra compensação importante do uso da *IoT* na manufatura é a sustentabilidade. Uma vez que esta tecnologia tende a buscar meios inteligentes de consumo de energia, permitindo com isso a preservação do meio ambiente.

VI REFERÊNCIA

[1] Silveira, Cristiano Bertulucci. **O que é Indústria 4.0 e Como Ela Vai Impactar o Mundo. 2018.** Disponível em: http://www.citisystems.com.br/industria-4-0/. Acesso em: 12 de Set. de 2018.

[2] Brasil, Ministério da Indústria, Comércio e Serviços. **Agenda Brasileira para Indústria 4.0. Brasília: 2018.** Disponível em: http://www.industria40.gov.br/. Acesso em: 12 de Set. de 2018.

[3] Census 2010. U.S. **Department of Commerce Economics and Statistics Administration U.S. CENSUS BUREAU** census.gov. Disponível em: https://www.census.gov/prod/cen2010/cph-2-1.pdf. Acesso em 14 de Set. de 2018.

[4] D. A. Chekired, L. Khoukhi and H. T. Mouftah, **"Industrial *IoT* Data Scheduling based on Hierarchical Fog Computing: A key for Enabling Smart Factory,"** in *IEEE Transactions on*

Industrial Informatics. doi: 10.1109/TII.2018.2843802 keywords: {Servers;Cloud computing;Computer architecture;Delays;Computational modeling;Internet of Things;Edge computing;Industrial IoT;hierarchical fog architecture;priority queuing;linear optimization}.

[5] MIKE 2.0, **Método para um Ambiente de Conhecimento Integrado, Big Data Definition.** 2018. Disponível em: http://mike2.openmethodology.org/wiki/Big_Data_Definition. Acesso em: 10 de Set. de 2018.

[6] Wahlster, Wolfgang. **Industrie 4.0: *Cyber-Physical Production Systems for Mass Customization*. 2016.** Disponível em: http://www.dfki.de/wwdata/German-Czech_Workshop_on_Industrie_4.0_Prague_11_04_16/Industrie_4_0_Cyber-Physical_Production_Systems_for_Mass_Customizations.pdf. Acesso em: 06 de Set. 2018.

[7] Deloitte, Touche Tohmatsu Limited. **Industry 4.0 Challanges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies.** 24 de outubro de 2014. Disponível em: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf. Acesso em: 17 dez. 2015.

[8] Kagermann, Henning. **Indústria 4.0 na região: Henning Kagermann fala na primeira conferência do setor em Brandemburgo.** 2013. Disponível em: https://www.acatech.de/allgemein/industrie-4-0-in-die-region-henning-kagermann-spricht-auf-der-ersten-industriekonferenz-brandenburg/. Acesso em: 12 de Set. de 2018.

[9] Tropia, Célio Eduardo Zacharias; Silva, Pedro Paulo; Dias, Ana Valéria. **Indústria 4.0: Uma Caracterização do Sistema de Produção**. 2017.

[10] Khaleghi, B., Khamis, A., Karray, F. O., and Razavi, S. N. (2013). **Multisensor data fusion: A review of the state-of-the-art**. Information Fusion, 14(1):28–44.

[11] [Liu et al. 2013] Liu, V., Parks, A., Talla, V., Gollakota, S., Wetherall, D., and Smith, J. R. (2013). **Ambient backscatter: wireless communication out of thin air. ACM SIGCOMM Computer Communication Review**, 43(4):39–50.

[12] McKinsey Global Institute. **The Internet Of Things: Mapping The Value Beyond The Hype.** Junho, 2015. Disponível em: https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/The-Internet-of-things-Mapping-the-value-beyond-the-hype.ashx. Acesso em: 01 de Set. 2018.

[13] Oikonomou, George. RERUM (2015). **Advanced techniques to increase the lifetime of smart objects and ensure low power network operation.** RERUM. Disponível em: https://cordis.europa.eu/docs/projects/cnect/4/609094/080/deliverables/001-RERUMdeliverableD42Ares20153669911.pdf. Acesso em: 12 de Set. 2018.

[14] Porter, M., & Heppelmann, J. (2014). **How smart, connected products are transforming competition. Harvard Business Review.** Disponível em: https://hbr.org/2014/11/how-smart-connected-products-are-transforming-competition. Acesso em: 09 de Set. de 2018.

[15] Ramos, H. S., Oliveira, E. M. R., Boukerche, A., Frery, A. C., & Loureiro, A. A. F. (2012). **Characterization and mitigation of the energy hole problem of many-to-one communication in Wireless Sensor Networks**. IEEE. 2012. International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC). doi:10.1109/iccnc.2012.6167567.

[16] Santos, Bruno P.; Silva, Lucas A. M. ; Celes, Clayson S. F. S.; Neto, João B. Borges; Peres, Bruna S.; Vieira, Marcos Augusto M.; Vieira, Luiz Filipe M.; Goussevskaia, Olga N. e Antonio A. F. Loureiro. **Internet das Coisas: da Teoria à Pratica**. (2016).

[17] Sherazi, H.H.R. & Ali Imran, Muhammad & Grieco, Luigi & Boggia, Gennaro. (2018). **Energy Harvesting in LoRaWAN: A Cost Analysis for the Industry 4.0.** IEEE Communications Letters. X. 1-4.

[18] Silva, T., Vaz De Melo, P., Almeida, J., and Loureiro, A. (2014). **Large-scale study of city dynamics and urban social behavior using participatory sensing. Wireless Communications**, IEEE, 21(1):42–51.

[19] Sisinni, Emiliano (IEEE); Saifullah, Abusayeed (IEEE); Han, Song (IEEE); Jennehag, Ulf (IEEE) and Gidlund, Mikael (IEEE). **Industrial Internet of Things: Challenges, Opportunities, and Directions.** Abril de 2018.

[20] Zhou, K., Taigang Liu, & Lifeng Zhou. (2015). ***Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges*.** IEEE. 2015 12th *International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD).* doi:10.1109/fskd.2015.7382284.