

Um estudo exploratório do potencial de envolvimento da engenharia mecânica na dimensão da internet das coisas aplicada às cidades inteligentes

RESUMO

Tiago Silva

tiagosousabs@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0003-4939-1690>
Escola Politécnica de Pernambuco, Brasil

Wilson Sotero

wsotero@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0003-1923-642X>
Escola Politécnica de Pernambuco, Brasil

A diminuição do preço de sensores e de unidades de processamento, bem como a redução do custo de armazenamento na nuvem, impulsionaram a criação de um cenário favorável ao desenvolvimento tecnológico. Nesse contexto, surge a Internet das Coisas (IoT) conectando desde objetos simples do cotidiano a grandes máquinas industriais. Neste trabalho, buscou analisar-se o potencial de envolvimento da engenharia mecânica em tal contexto digital, apresentando diversas soluções de IoT que estão sendo utilizadas atualmente em vários ramos dessa engenharia. Analisou-se também a definição e as características das Cidades Inteligentes (Smart Cities) e foram mostradas algumas soluções de IoT compatíveis com essas cidades digitais.

PALAVRAS-CHAVE: engenharia mecânica; internet das coisas; cidades inteligentes.

INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (Internet of Things – IoT) representa uma revolução tecnológica mundial, que a cada dia mostra-se mais presente no cotidiano das pessoas. Trata-se, na verdade, do aprimoramento do uso da Internet, o qual permite que quaisquer elementos físicos como objetos, roupas, eletrodomésticos, veículos e até máquinas industriais, possam se conectar à rede mundial de computadores e interagir com outros dispositivos ou com pessoas. Tal interconectividade possibilita um melhor uso das informações que circulam nesse ambiente virtual e auxilia os usuários a tomarem decisões melhores.

Segundo a empresa de consultoria americana McKinsey & Company, a estimativa é que essa nova tecnologia disruptiva tenha o potencial de injetar um total de US\$ 11,1 trilhões na economia global até 2025 (MCKINSEY, 2015). Neste cenário, a IoT é capaz de abrir um leque de infinitas aplicações, em inúmeras áreas, como no agronegócio, na saúde, na indústria e nas cidades, inclusive surgindo oportunidades para as chamadas Smart Cities ou Cidades Inteligentes.

Nesse sentido, a Industrial Internet of Things (IIoT) – assim chamada a aplicação de IoT no âmbito das indústrias – vem gerando níveis nunca antes vistos de eficiência, produtividade e desempenho em várias empresas industriais, através da conexão de máquinas inteligentes, análises avançadas e trabalho colaborativo entre as pessoas. Dentre os ramos da engenharia mecânica envolvidos, destacam-se os setores automotivo, aeroespacial, naval, de elevadores e de climatização, os quais estão experimentando benefícios operacionais e financeiros relevantes.

Por outro lado, no contexto das Smart Cities, a implementação dessa tecnologia digital favorecerá os governos, os municípios e seus cidadãos, ajudando a melhorar a infraestrutura urbana, reduzindo o desperdício de recursos naturais e melhorando a mobilidade urbana, a segurança pública, a saúde pública e a prestação de serviços públicos.

É oportuno salientar que as aplicações de IoT, nos vários ramos da engenharia mecânica, também impulsionam a criação das Smart Cities, uma vez que a tecnologia, nesses casos, está sendo utilizada para otimizar o uso de recursos naturais e para melhorar a qualidade de vida de seus cidadãos, trazendo bem-estar à população.

Sendo assim, o objetivo deste artigo é promover um estudo exploratório do potencial de envolvimento da engenharia mecânica, nesse contexto digital, apontando aplicações e interações tecnológicas para vários ramos dessa engenharia, bem como analisar os conceitos tecnológicos de Internet das Coisas e de Cidades Inteligentes, além de mostrar as soluções de IoT aplicáveis a Smart Cities. A metodologia utilizada para a construção do artigo foi a de pesquisa bibliográfica, constituída principalmente pela análise de livros e artigos científicos recentes e relevantes para o estudo do tema proposto

INTERNET DAS COISAS

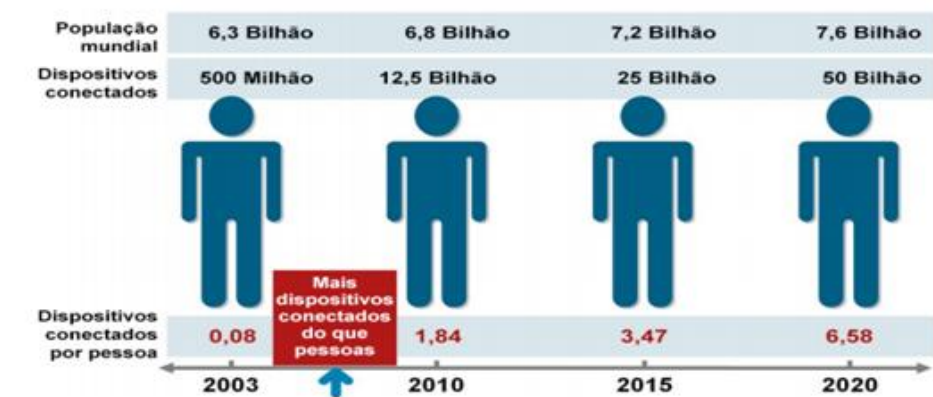
2.1 Conceito e origem

A expressão Internet of Things foi utilizada pela primeira vez em 1999 por Kevin Ashton (ASHTON, 2009) – tecnólogo britânico e pesquisador do MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts) – que, na época, era diretor executivo da Auto-ID Labs, um grupo de pesquisa cujo foco era o desenvolvimento de redes RFID (Comunicação por Radiofrequência). Essa tecnologia consiste em identificar e rastrear pequenos dispositivos denominados tags – etiquetas contendo chips de silício e antenas – através do uso de campos magnéticos. Nesse momento, o termo IoT foi usado para fazer a união entre dois conceitos emergentes naquela época: a tecnologia RFID e a Internet (ASHTON, 2009).

Embora o termo não tenha sido mencionado até 1999, a IoT vem sendo desenvolvida a décadas. A primeira aplicação dessa tecnologia teria sido numa máquina de Coca Cola, na Universidade do Instituto Carnegie Mellon, no início da década de 80, e poderia informar o atual estado dessa máquina, bem como determinar se haveria ou não uma bebida fresca (COSTA, 2018).

Apesar disso, o período de nascimento da Internet das Coisas é considerado como sendo aquele entre os anos de 2008 e 2009, no qual o número de dispositivos conectados (smartphones, tablets e computadores) superou o número de habitantes da população mundial, conforme a Figura 1 (EVANS, 2011).

Figura 1 Evolução do número de dispositivos conectados à Internet



Fonte: EVANS (2011).

Não existe uma única definição para a expressão Internet das Coisas, pois o conceito depende de fatores como a área de conhecimento, o contexto da época e o interesse pessoal na forma de abordagem do tema.

É oportuno perceber que a IoT não é um produto, mas sim uma ideia. Para a União Internacional de Telecomunicações (UIT) – uma agência da ONU –, a IoT é uma infraestrutura global que oferece serviços avançados por meio da interconexão entre coisas físicas e virtuais, que possuam a capacidade de serem

identificadas e integradas em rede, através das Tecnologias de Informação e Comunicação (ITU, 2012). Além disso, tais coisas físicas têm a capacidade de sentir, ouvir e enxergar, por estarem equipadas com sensores de diversas naturezas

2.2 Requisitos camadas básicas e noção de funcionamento

Para que uma aplicação seja considerada como de IoT, é necessário que sejam cumpridos três requisitos básicos:

- Coleta de dados por sensores ou envio de comandos para atuadores;
- Conexão com uma rede fora do objeto;
- Análise de dados.

Apesar de existirem diferenças entre os modelos nas soluções de IoT, pode-se identificar três camadas básicas que constituem a essência de uma solução de IoT, conforme o Quadro 1:

Quadro 1 – Simplificação das camadas básicas de uma solução de IoT

Camada de Software	<u>Programação</u> Ex: Scratch, Ruby Java, Python, Pascal C, C++, Assembly
Camada de Comunicação	<u>Rede</u> Ex: Ethernet/ WiFi/ ZigBee BLE/ 4G-5G/ NFC/ LPWAN
Camada de Hardware	<u>Unidade de Processamento,</u> <u>Sensores, Atuadores</u> <u>Fonte de Alimentação</u>

Fonte: autoria própria.

Nesse sentido, pode-se detalhar essas camadas fundamentais de um sistema IoT:

• **Software:** é o conjunto de instruções que são dispostas numa linguagem de programação de alto ou baixo nível e que controlam a unidade de processamento. É responsável pela análise dos dados.

• **Tecnologia de Comunicação:** é a rede. Faz a conexão entre objetos inteligentes e servidores conectados à Internet. Permite ser utilizado com um dispositivo intermediário denominado gateway, a exemplo de um roteador;

• **Hardware:** é a parte física. Geralmente não se exige alto poder computacional. Pode ser constituído por uma placa de prototipagem eletrônica como o Arduino ou por um microcomputador como o Raspberry Pi, com sensores acoplados, que geram sensibilidade ao objeto, podendo dispor de atuadores programados para executar determinadas ações;

Um sistema de IoT funciona basicamente da seguinte forma: um objeto é equipado com todo o hardware descrito anteriormente. Programa-se, através de

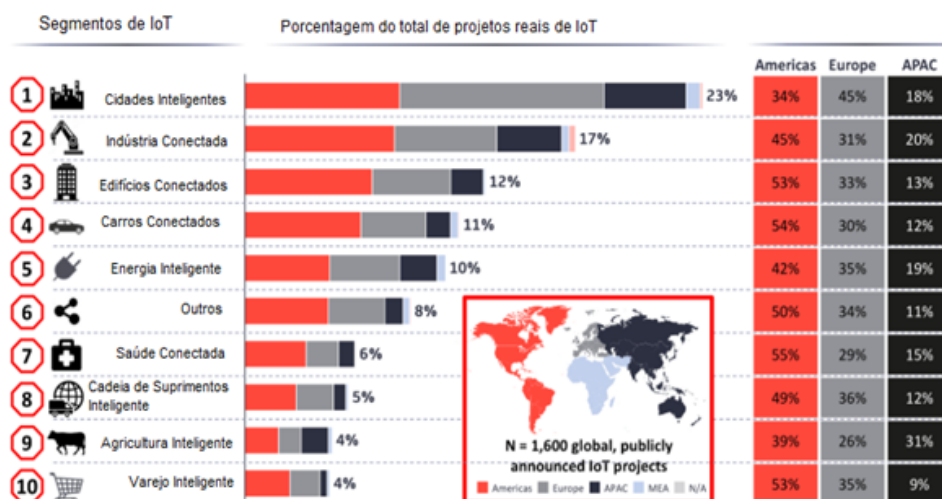
software, para que os sensores capturem algum tipo de dado do meio externo, como temperatura, pressão, presença, umidade, gás, luminosidade, etc. Em seguida, o dado coletado é transmitido para um servidor conectado à Internet, através de um protocolo de comunicação. Esse servidor armazena uma grande quantidade de dados – denominada Big Data – e, para que seja feita uma análise avançada desses inputs, utiliza-se alguma plataforma de IoT, transformando tais dados coletados em informações úteis. Essas informações servirão como diretrizes, para que usuários tomem decisões eficazes.

Portanto, IoT não significa apenas conectar “coisas” à Internet, é muito mais do que isso. É também torná-las inteligente, capazes de coletar e processar informações do ambiente ou das redes a que estão conectadas (OLIVEIRA, 2017).

2.3 Principais aplicações

A empresa IoT Analytics – líder em análise e pesquisa de mercado de Internet das Coisas – montou um ranking dos principais segmentos dessa revolução tecnológica em 2018 com base em 1.600 projetos reais de IoT, realizados em diversas regiões do mundo (IOT ANALYTICS, 2018), conforme a Figura 2.

Figura 2 – Principais segmentos de IoT em 2018



Fonte: adaptado de IOT ANALYTICS (2018)

Nesse momento, é oportuno destacar os segmentos relacionados à engenharia mecânica e as oportunidades trazidas pela aplicação de IoT (este tema será aprofundado posteriormente neste artigo):

Nesse momento, é oportuno destacar os segmentos relacionados à engenharia mecânica e as oportunidades trazidas pela aplicação de IoT (este tema será aprofundado posteriormente neste artigo):

- Indústrias conectadas: gestão do estoque – uso de RFID para a rastreabilidade de produtos; manutenção preditiva – a partir dos dados coletados por sensores instalados nos equipamentos; aperfeiçoamento do projeto dos produtos – através das informações de log da interface homem máquina coletadas por sensores instalados na máquina; integração de plantas produtivas – através de dados coletados por máquinas e pelos próprios funcionários – utilizando tags, para redesenhar a planta industrial com o intuito de melhorar o fluxo dos processos, gerando melhor desempenho (BRASIL, 2017);

- Edifícios conectados: automação de instalações para reduzir custos de energia; segurança dos edifícios; aquecimento, ventilação e ar condicionado, uma plataforma de IoT pode controlar tais sistemas, além de também poder controlar painéis solares e aquecedores de água;

- Carros conectados: para diagnóstico de veículos, os sensores captam panes mecânicas e as reportam para o smartphone do condutor; modelos de precificação dinâmica, índices de seguros personalizados a partir de dados, como velocidade usual do condutor;

- Energia inteligente: sistema inteligente de energia que abrange instalações, subestações, distribuição automática de energia e medições remotas de relógios residenciais através de sensores instalados na rede coletando dados e os enviando para uma central de análises avançadas.

3. CIDADES INTELIGENTES

3.1 Conceito e características

Cinquenta e cinco por cento da população mundial vive em áreas urbanas, e a estimativa é que essa quantidade aumente ainda mais nas próximas décadas (DESA, 2018). Areladas a esse crescimento urbano populacional, surgem consequências negativas nas cidades, como o congestionamento do tráfego, o aumento nos índices de poluição do ar com a maior emissão de gases poluentes por automóveis, a maior geração de resíduos sólidos, uso descontrolado dos recursos naturais, bem como problemas de infraestrutura urbana.

Uma estratégia em desenvolvimento, que servirá para atenuar tais problemas urbanos consiste na construção das chamadas Smart Cities. Nessas cidades futuristas, aplica-se o fundamento da utilização de tecnologias (a principal delas é a IoT) em prol da melhoria da qualidade de vida dos cidadãos e do aumento da eficiência no uso dos recursos naturais.

Muitas cidades se autodenominam como inteligentes, não havendo, contudo, um consenso quanto ao momento exato em que uma cidade se torna uma Smart City. É um conceito novo e muito amplo que sofreu diversas transformações no decorrer dos anos.

A ONU, através da UIT, definiu a Cidade Inteligente (CI), como sendo uma cidade inovadora que utiliza as tecnologias de informação e comunicação e outros meios para melhorar a qualidade de vida, a eficiência da prestação dos serviços públicos e a competitividade econômica, ao mesmo tempo em que garante o atendimento das gerações atuais e futuras em relação aos aspectos ambientais, econômicos e sociais (ITU, 2015).

Uma CI consegue integrar suas diferentes áreas usando sensores, dispositivos inteligentes, redes de comunicação de banda larga, computação em nuvem e softwares para análise dos dados coletados. Tal conjunto de dados (Big Data) gera informações úteis que permitem aplicar o conhecimento para apoiar o processo de tomada de decisões pelos governantes e oferecer uma maior qualidade de vida aos cidadãos.

Apesar da dificuldade de consolidar todas as peculiaridades, em uma única definição, de acordo com um estudo feito para estruturar um ranking de CIs na Europa, observou-se seis características presentes em uma Smart City: economia inteligente, estilo de vida inteligente, governo inteligente, meio ambiente inteligente, mobilidade inteligente e população inteligente (GIFFINGER, 2007). Concluiu-se que cada uma dessas características poderia ser desdobrada em quatro fatores, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – Características e fatores de uma Cidade Inteligente

Economia Inteligente	Estilo de Vida Inteligente	Governo Inteligente	Meio Ambiente Inteligente	Mobilidade Inteligente	População Inteligente
Empreendedorismo	Cultura	Políticas Públicas Eficientes	Sustentabilidade	Acessibilidade	Capacitação
Rentabilidade	Educação	Transparência	Renovabilidade	Sustentabilidade	Colaboração
Inovação	Saúde	Planejamento	Eficiência Energética	Integração	Pluralidade
Produtividade	Moradia	Democracia Digital	Gestão de recursos hídricos	Infraestrutura de TIC	Participação na vida política

Fonte: elaborado pelo autor

3.2 Principais soluções de IoT em Smart Cities

A aplicação de IoT, no contexto das Smart Cities, oferece inúmeros benefícios aos cidadãos e aos governos locais. Conforme o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico Social (BNDES), estima-se que a IoT nesse contexto tenha o potencial de gerar um impacto econômico mundial de US\$ 1,7 trilhão em 2025 (DESA, 2018). Nesse sentido, destacam-se cinco principais eixos, os quais foram identificados como os de maior relevância para aplicação de IoT nos municípios. São eles: eficiência energética, mobilidade, saneamento, segurança pública e saúde (BRASIL, 2018).

A seguir, são apresentadas as principais soluções de IoT no ambiente das CIs, destacando alguns exemplos de cidades que tiveram sucesso na implementação de tais soluções.

3.2.1 Controle de tráfego centralizado

As variações do trânsito ao longo do dia dão origem a restrições nos cruzamentos. Tais situações são passíveis de serem minimizadas ou evitadas, com o uso de soluções de IoT.

O controle do tráfego pode desfrutar de sensores magnéticos, câmeras de monitoramento e semáforos inteligentes, que irão detectar o fluxo tanto de veículos, como de pedestres nas vias. Essas informações captadas são utilizadas para auxiliar as controladoras semaforicas, nas tomadas de decisão quanto à temporização, e também são transmitidas para a aplicação centralizada no data center. A controladora deverá permitir a abertura do semáforo, para priorizar a passagem de veículos públicos críticos, como ambulâncias e viaturas policiais. Para isso, estes veículos devem ser dotados de smart tags, como beacons BLE (Bluetooth Low Energy), que são captados por interface de rede sem fio local, para o tratamento imediato na própria via (BRASIL, 2018).

Através dessas soluções, pode-se conseguir reduzir o consumo de combustível e o tempo de deslocamento, além de diminuir a geração de gases poluentes na atmosfera.

Um exemplo prático de sucesso é o da cidade de Santander, Espanha. Colocaram-se mais de 200 sensores sob o asfalto para medir a intensidade do tráfego de veículos. Também foram dispostos sensores dinâmicos, que são instalados em ônibus, táxis e viaturas policiais. As informações ficam disponíveis para os cidadãos por meio de sites e aplicativos móveis, para que escolham a melhor alternativa para seus destinos, reduzindo os tempos de viagens, os engarrafamentos e a emissão de CO₂ para a atmosfera (BOUSKELA, M., et al 2018).

3.2.2 Monitoramento de crimes por sensores

O principal objetivo das soluções de IoT nessa aplicação é aumentar a capacidade de vigilância e monitoramento dos ambientes urbanos, a fim de mitigar situações de riscos à segurança dos cidadãos.

Um bom exemplo disso é a instalação de sensores de áudio, para detectar tiros ou explosões, com notificação imediata à polícia, para que sua ação policial seja a mais célere possível.

Nesse contexto, cabe citar a cidade de Nova Iorque (EUA), que começou a usar, em 2015, um sistema de detecção que identifica o local de um tiroteio e envia a informação para o departamento de polícia em tempo real (BRASIL, 2018).

3.2.3 Lixeiras inteligentes

Através do uso de aplicações de IoT, pretende-se aumentar a eficiência do sistema de gerenciamento da limpeza urbana, amenizando as consequências negativas originadas pela maior geração de lixo devido ao crescimento urbano acelerado, nas últimas décadas.

Um exemplo notório para essa aplicação é o da cidade de Itu, localizada no interior do estado de São Paulo (SP). Por meio de uma parceria público-privada vigente até 2041, foi implementado um sistema inteligente de coleta de resíduos, com 3.300 contêineres distribuídos pela cidade. Tais contêineres contêm sensores que alertam quando estão atingindo o seu volume máximo. Eles também estão conectados a um sistema de monitoramento, que indica a necessidade de reparos ou substituições nesses equipamentos (BRASIL, 2018).

Há que se destacar novamente a cidade de Santander, Espanha. O projeto nessa cidade abrange a implementação de uma solução de tecnologia completa, incluindo sensores de volume, de odor e de emissão de gases instalados nas lixeiras, tags de radiofrequência (RFID), comunicação por campo de proximidade (CCP) nos caminhões de coleta e aplicações móveis que auxiliam o trabalho de coleta e manutenção, além de um software para monitorar e gerenciar de modo unificado as operações (BOUSKELA, M., et al 2018).

3.2.4 Smart Grid

O termo rede de energia inteligente (Smart Grid) se refere à utilização de IoT e de outras tecnologias, para aumentar a eficiência energética, bem como a confiabilidade, a segurança e a sustentabilidade do sistema elétrico.

Nessa nova rede, o fluxo de energia elétrica se dá de forma bidirecional, ou seja, a energia além de transmitida pela distribuidora, poderá também ser gerada e integrada às redes elétricas a partir das unidades consumidoras (CEMIG, 2012). Essa geração se dá, por exemplo, pela instalação de painéis fotovoltaicos nas residências.

Por meio de sensores magnéticos instalados na rede e medidores inteligentes, a distribuidora saberá, em tempo real e remotamente, a quantidade exata consumida e a qualidade da energia em cada unidade consumidora.

Assim, destaca-se a cidade de São Luís do Paraitinga (SP), na qual foi instalada uma rede com sensores que alertam sobre a falta de energia e variações na tensão (BRASIL, 2018). Aliada a essa rede, foram dispostos 6.000 medidores inteligentes residenciais, que permitem a teleoperação e a gestão detalhada do consumo de energia elétrica. O projeto também implantou placas fotovoltaicas, que transformam luz solar em energia elétrica em residências e prédios públicos (BRASIL, 2018).

3.2.5 Smart Parking

A solução de estacionamento inteligente (Smart Parking) combina todos os aspectos de gerenciamento de gateways estacionamentos num único sistema integrado, desde os sensores para detectar veículos, de comunicação, painéis informatizados, aplicativos para condutores e um sistema de gestão de estacionamento eficiente (PINTO, 2017). Tudo isso resulta na diminuição do congestionamento e da poluição e na melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

Em Londres, na região de Westminster, uma Interface de Programação de Aplicações (API) fornece, em tempo real, dados de mais de 3.000 vagas de

estacionamento ao redor de West End e, também dados sobre mais de 40.000 vagas de estacionamento dentro da cidade (BRASIL, 2018).

Já em São Francisco (EUA), foram instalados parquímetros inteligentes que ajustam o preço de forma dinâmica, em sintonia com a demanda por vagas. Preços definidos por demanda estimulam motoristas a estacionarem em áreas de garagens pouco utilizadas, reduzindo-se a demanda em regiões altamente congestionadas (BRASIL, 2018).

3.2.6 Iluminação pública inteligente

Em 2014, a cidade de San Diego tornou-se a primeira dos EUA a utilizar lâmpadas LED inteligentes, na iluminação pública. Os postes foram equipados com sensores fotoelétricos, transmissores sem fio e microprocessadores, formando uma rede capaz de fornecer informação em tempo real, sobre o consumo de energia nas regiões da cidade (BOUSKELA, M., et al 2018).

Além disso, esse sistema identifica defeitos nessas lâmpadas LED inteligentes e promove imediata notificação à equipe técnica responsável. Através dos dispositivos instalados, as luzes dos postes acendem e apagam de modo automático, de acordo com as necessidades, como a presença de pedestres e veículos ou com a luz ambiente.

4. O ENVOLVIMENTO DA ENGENHARIA MECÂNICA NESSE CONTEXTO TECNOLÓGICO

A Internet Industrial (IIoT) baseia-se na ideia da implementação de sensores nas máquinas industriais, os quais coletam dados e os enviam para algum servidor, conectado à Internet. Análises cada vez mais avançadas estão sendo utilizadas para obter informações úteis a partir desses dados, criando conhecimento. A utilização efetiva do conhecimento é chamada de sabedoria, a qual, quando utilizada, gera produtividade e eficiência para diversos ramos da engenharia mecânica.

Com a IoT, a manutenção está deixando de ser preventiva ou corretiva, para se transformar numa manutenção cada vez mais preditiva. Ou seja, os sensores reportam informações sobre o atual estado das máquinas e dos equipamentos mecânicos, em tempo real, para que se tome providências exatas e efetivas, reduzindo conseqüentemente os custos operacionais.

Na verdade, os sensores eletrônicos já existem há muito tempo. O que mudou e tornou viável a implementação da IoT foi a queda no preço desses equipamentos sensoriais, conforme a Figura 3. E não foram só os sensores que se tornaram mais baratos, as unidades de processamento também. Além disso, houve uma redução no custo de armazenamento de dados na Internet. Todos esses fatores criaram um cenário tecnológico favorável à implementação da IoT.

Figura 3 – Redução do custo médio dos sensores



Fonte: adaptado de THE ATLAS (2017)

A engenharia mecânica certamente aproveitará esse cenário digital favorável, para a melhoria dos projetos, dos processos e dos produtos, dentro do ambiente industrial. A seguir, são apresentados exemplos de aplicações tecnológicas inovadoras, em alguns setores da engenharia mecânica que estão usando IoT.

4.1 SETOR AUTOMOTIVO

A Gartner – empresa de consultoria americana – estimou que, cerca de vinte por cento dos veículos do mundo inteiro, terão alguma forma de conexão de rede sem fio até 2020, totalizando mais de 250 milhões de veículos conectados (BOUSKELA, M., *et al* 2018). Essa interconectividade no setor automotivo trará uma série de benefícios para todas as partes interessadas, desde o consumidor, até os fornecedores dos mais variados níveis das montadoras.

Os motoristas não só querem que seus veículos funcionem sem falhas, como também que sejam atualizados com novos recursos enquanto estiverem em uso. A engenharia de produtos automotivos deve se adaptar às novas tecnologias, caso elas queiram se manter competitivas no mercado e melhorar a experiência com seus clientes.

Os engenheiros sempre precisaram esperar meses após o lançamento de um veículo, para obter uma base de dados contendo informações sobre seu funcionamento. Com a IoT, essas lacunas de tempo estão se reduzindo. Os sistemas de sensores, instalados nos carros, podem ser acessados em tempo real por meio de plataformas de IoT e, com a conectividade do veículo à nuvem, é permitida a integração dos sistemas de engenharia. Sendo assim, a engenharia mecânica obtém dados precisos dos veículos, tão logo começam a trafegar nas ruas, podendo analisá-los e realizar um diagnóstico, antes que esses problemas surjam nas concessionárias.

Além disso, os profissionais de engenharia podem atualizar remotamente o software específico do automóvel. Os problemas de manutenção são reparados por meio de uma atualização desse software e resolvidos, por exemplo, com o veículo na garagem durante à noite.

E ainda, tais atualizações podem liberar recursos ao automóvel. Foi o que aconteceu em setembro de 2017 na Flórida (EUA), quando a Tesla, para dar suporte aos proprietários dos veículos da sua marca a escaparem do furacão Irma, aumentou a autonomia de energia dos modelos S e X, por meio de uma atualização que liberava vinte por cento de bateria extra (ALECRIM, 2017).

Apesar das várias possibilidades de aplicação de tecnologia digital, no setor automotivo, existe uma que chama a atenção do mundo inteiro e que é alvo de muitas controvérsias: o carro autônomo. Considerado como uma grande plataforma de IoT, há quem o enxergue como ameaça à humanidade e quem o veja como solução para a eliminação dos acidentes causados por falhas humanas.

Existem três tipos de sensores essenciais em veículos autônomos: o *Radar*, o *Sonar* e o *Lidar*. Esses três sensores funcionam basicamente da mesma maneira: eles emitem um sinal (em forma de rádio, ultrassom ou laser, respectivamente) que pode ser refletido, caso haja algum obstáculo perto do veículo. Quando ocorre a reflexão, o sensor procede à detecção do objeto. Além disso, esses veículos podem ser equipados com câmeras inteligentes, GPS, acelerômetro, odômetro e redes de comunicação entre veículos, dentre outras tecnologias (UDACITY, 2018).

Atualmente, existe uma disputa sem precedentes entre gigantes das indústrias tecnológicas e automotivas no desenvolvimento de carros totalmente autônomos. A Waymo, braço da Google nesse projeto, realizou uma parceria com a Jaguar para criar o primeiro veículo elétrico *premium* do mundo: o Jaguar I-Pace. A fase de testes realiza-se ainda em 2018, com a ideia de colocá-lo à venda ao público nos próximos anos (WAYMO, 2018).

4.2 Setor aeroespacial

As aplicações de IoT no setor aeroespacial estão trazendo benefícios para a indústria de aviação civil, principalmente na área de manutenção, reparo e revisão de aeronaves.

Empresas de manutenção de aeronaves, nos Emirados Árabes Unidos, usam sensores inteligentes de IoT e análise de dados, para permitir maior eficiência e menor tempo de inatividade para frotas aéreas (GROKHOVSKAYA, 2018). O tempo da aeronave em solo é um fator crucial, pois cada segundo que o avião não está voando representa perda de dinheiro para as companhias aéreas. O uso de dados de IoT garante que nenhuma frota esteja em inatividade, por um período significativo de tempo. Durante o voo, a aeronave se comunica com a equipe de mecânica e, quando o avião pousar, eles já terão conhecimento dos problemas mecânicos detectados.

4.3 Setor naval

O setor naval tem uma vantagem sobre muitos outros setores, quando se trata de implementação das soluções de IoT. Durante décadas, os navios transportaram uma infinidade de sensores a bordo, coletando dados que, até recentemente, não eram utilizados e analisados na otimização de operações marítimas.

A IoT tem auxiliado a indústria naval, no sentido de permitir uma manutenção mais eficiente dos navios e plataformas. Por meio da coleta e envio de dados, através de sensores inteligentes, para um servidor que realizará uma análise avançada desses dados, é possível que a embarcação antecipe problemas mecânicos que poderiam ocorrer. Numa operação de óleo e gás, por exemplo, os profissionais envolvidos coletam dados como a temperatura, vazão e pressão dos postos, bem como, das operações dos motores, do consumo e do nível de combustível (KNEBEL, 2016). Todos esses dados são obtidos, enviados e analisados por engenheiros e outros especialistas, para guiar futuras tomadas de decisões no sentido de obter uma melhor eficiência operacional do navio.

Em janeiro desse ano, o Porto de Roterdã, o maior porto de embarque da Europa, anunciou uma parceria com a IBM que visa transformá-lo num porto de embarque inteligente (TECHREPUBLIC, 2018). O porto utilizará sensores de IoT, que coletarão dados meteorológicos, de água e de comunicações, inteligência artificial e *Big Data* para se tornar mais eficiente e econômico. Os dados, coletados pelos sensores, fornecerão informações sobre as atividades do porto e poderão ajudar os funcionários a reduzir o tempo de espera, selecionando os melhores horários de entrada e saída dos navios de carga. As empresas de transporte e o porto poderão economizar até US\$ 80,000 por hora, com as mudanças tecnológicas totalmente implementadas (TECHREPUBLIC, 2018).

4.4 Setor de elevadores

Nesse setor, o uso de IoT novamente se destaca para o envolvimento da engenharia mecânica, nas áreas de manutenção preditiva e reparo de equipamentos. As soluções tecnológicas buscam reduzir, significativamente, o número de paralisações e estender o ciclo de vida dos sistemas.

Destaca-se a parceria realizada entre o grupo industrial ThyssenKrupp e a Microsoft, que resultou na solução preditiva MAX (THYSSENKRUPP, 2016). Esse sistema tecnológico possibilita que os elevadores informem aos técnicos dados de necessidades preventivas, incluindo substituição de componentes, manutenção preditiva de sistema e identificação de reparos em tempo real. Com o MAX, os dados dos elevadores conectados são enviados à plataforma em nuvem do Microsoft Azure, na qual um algoritmo calcula o tempo de vida útil remanescente de componentes e sistemas chaves, em cada elevador (THYSSENKRUPP, 2016).

4.5 Setor de climatização

A utilização de IoT nesse setor traz benefícios como a redução de custos com manutenção, monitoramento em tempo real dos equipamentos e eficiência energética.

Por exemplo, a aplicação IoT em ar condicionado pode fornecer informações ao celular do técnico sobre a temperatura do condensador. Uma temperatura mais

alta significa que o aparelho pode estar sujo e necessitando de manutenção naquele exato momento (HENHCAV, 2016).

Em um outro caso, câmeras de monitoramento num shopping oferecem a contagem de pessoas que entram e saem, possibilitando a otimização em tempo real da refrigeração e da ventilação. Juntando as informações cedidas pelos dispositivos, com as conseguidas através da análise de eventos, a exemplo de padrões do fluxo de pessoas, o sistema ainda coletará dados de sites de meteorologia e, a partir desse conjunto de informações, calculará e comandará automaticamente a configuração ótima dos equipamentos de refrigeração (MORATA, 2017).

5. CONCLUSÕES

Pelo exposto, é possível concluir que atualmente o envolvimento da engenharia mecânica com a Internet das Coisas está cada vez maior, principalmente nas aplicações com o intuito de se realizar manutenção preventiva, preditiva e corretiva como também para monitoramento em tempo real de ativos como máquinas e equipamentos mecânicos.

A aplicação de IoT, nos diversos setores da engenharia mecânica, traz benefícios como redução de custos, otimização dos processos e melhoria da eficiência operacional, diminuindo substancialmente a necessidade de interação do homem com as máquinas.

A IoT é realmente uma ferramenta tecnológica extremamente poderosa, que revolucionará tudo que está ao nosso redor, desde objetos mais simples, passando por processos e produtos industriais, podendo alterar, até mesmo, infraestruturas de grandes cidades pelo mundo.

Por fim, é oportuno ressaltar que as aplicações de IoT nos setores da engenharia mecânica, a exemplo do automotivo, aeroespacial, naval, de elevadores e de climatização, impulsionam a criação de *Smart Cities*, uma vez que a tecnologia, nesses casos, está sendo utilizada para melhorar a qualidade de vida de seus cidadãos.

An exploratory study of the potential involvement of mechanical engineering in the dimension of the internet of things applied to smart cities

ABSTRACT

The decrease in the price of sensors and processing units, as well as the reduce of storage's cost in the cloud boosted the creation of a favorable technology scenario. In this context, the Internet of Things (IoT) emerges, connecting from simple daily objects to large industrial machines. In this work, mechanical engineering involvement potential was analyzed in such digital context, presenting several IoT solutions applicable in several branches of this engineering. The definition and characteristics of Smart Cities and some technological solutions compatible with these futuristic cities were also analyzed.

KEYWORDS: mechanical engineering; internet of things; smart cities.

REFERÊNCIAS

ALECRIM, E. Tesla aumenta autonomia de alguns veículos para ajudar quem foge do furacão Irma. 2017. Disponível em: < <https://tecnoblog.net/223135/tesla-model-s-x-furacao-irma/> >. Acesso em: 23/05/2018.

ASHTON, K. That 'Internet of Things' thing. RFID Journal, v. 22, n. 7, p. 97–114, 22 jun. 2009.

BOUSKELA, M. et al. Caminho para as Smart Cities: da Gestão Tradicional para a Cidade Inteligente. 148f. Monografia do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), 2016.

BRASIL. Relatório de Aprofundamento das Verticais – Ambiente de Cidades. 68f. Monografia do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), em parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), 2017.

BRASIL. Cartilha das Cidades. Estudo “Internet das Coisas: Um Plano de Ação para o Brasil. 64f. Monografia do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), em parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), 2018.

CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais). Redes Inteligentes / Smart Grid 2012. Disponível em: < http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/Redes_Inteligentes/Paginas/as_redes_inteligentes.aspx >. Acesso em: 15/05/2018.

COSTA, P. M. B. Marcelo. Sistema de Internet das Coisas para o Apoio aos Cuidados de Saúde da População Idosa. 106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Informática). Departamento de Informática, Universidade de Évora (Portugal), 2018.

EVANS, D. A Internet das Coisas: como a próxima evolução da Internet está mudando tudo. White Paper, CISCO (Internet Business Solutions Group - IBSG), 2011. Disponível em: < https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/executives/pdf/internet_of_things_iiot_ibsg_0411final.pdf >. Acesso em: 08/04/2018.

DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs). The 2018 Revision of the World Urbanization Prospects. Disponível em: < <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf> > Acesso em: 16/05/2018.

GIFFINGER, R. et al. Smart cities – Ranking of European medium-sized cities. 2007. Disponível em: < http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf >. Acesso em: 02/05/2018.

GROKHOVSKAYA, V. 3 Ways IoT is Transforming Aircraft Maintenance. Disponível em:< <https://www.rtinsights.com/3-ways-iot-is-transforming-aircraft-maintenance/> >. Acesso em: 26/05/2018.

HENHCAV. Tendências para o ramo de ar condicionado e refrigeração, 2016. Disponível em:< <http://www.arcondicionado.refrigeracao.net/tendencias-para-o-ramo-de-ar-condicionado-e-refrigeracao/> >. Acesso em: 30/05/2018.

IOT-ANALYTICS, The Top 10 IoT Segments in 2018 – based on 1,600 real IoT projects. Disponível em: < <https://iot-analytics.com/top-10-iot-segments-2018-real-iot-projects/> >. Acesso em: 10/05/2018.

ITU (International Telecommunication Union). Focus Group on Smart Sustainable Cities. Disponível em: < <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Pages/default.aspx> > Acesso em: 01/05/2018.

ITU (International Telecommunication Union). Recommendation T Y.2060, 2012. Disponível em: < <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I> >. Acesso em: 10/04/2018.

KNEBEL, P. A transformação digital chega à indústria marítima:< http://www.jornaldocomercio.com/_conteudo/2016/09/cadernos/jc_logistica/519345-a-transformacao-digital-chega-a-industria-maritima.html >. Acesso em: 27/05/2018

MCKINSEY (McKinsey & Company). Unlocking the potential of the Internet of Things. Disponível em:< <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world> >. Acesso em: 14/05/2018.

MORATA, A. Internet das Coisas e Climatização: Da Automação à Inteligência:< <http://www.revistavarejobrasil.com.br/internet-das-coisas-e-climatizacao-da-automacao-a-inteligencia/> >. Acesso em: 30/05/2018.

OLIVEIRA, S. Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi (versão em português). São Paulo: Novatec Editora Ltda. 2017. 240 p.

PINTO, M. R. Internet das Coisas, Cidades Inteligentes e Mobilidade Urbana: um Estudo de Caso sobre os Smart Parkings em Vias Públicas e os Impactos na Qualidade de Vida da População. 65f. Trabalho de conclusão do curso superior de Tecnologia em Sistema da Computação. Universidade Federal Fluminense (Niterói, RJ), 2017.

TECHREPUBLIC. IBM partnership aims to create smart shipping port with IoT sensors, AI, Big Data. 2018. Disponível em: < <https://www.techrepublic.com/article/ibm-partnership-aims-to-create-smart-shipping-port-with-iot-sensors-ai-big-data/> >. Acesso em: 27/05/2018.

THE ATLAS. The average cost of IoT sensors is falling. Disponível em:< <http://www.theatlas.com/charts/BJsmCFAI> pdf?sequence=12&isAllowed=y >. Acesso em: 13/05/2018.

THYSSENKRUPP. MAX: uma verdadeira revolução na prestação de serviço em elevadores. Disponível em:< <http://www.thyssenkruppelevadores.com.br/blog/estamos-levando-a-industria-de-elevadores-para-a-era-digital-apresentamos-o-max-uma-verdadeira-revolucao-na-prestacao-de-servico-em-elevadores/> >. Acesso em: 27/05/2018.

UDACITY. Carros autônomos: entenda o funcionamento e a construção do transporte do futuro. Disponível em: < <https://br.udacity.com/blog/post/carros-autonomos-funcionamento> >. Acesso em: 24/05/2018.

WAYMO. We're building the world's most experienced driver. Disponível em:< <https://waymo.com> >. Acesso em: 24/05/2018.

Recebido: 2018-06-26..

Aprovado: 2022-07-26.

DOI: 103895/recit. V14n33.8491

Como citar: SILVA.,T. SOTERO W. Um estudo exploratório do potencial de envolvimento da engenharia mecânica na dimensão da internet das coisas aplicada às cidades inteligentes. R. Eletr. Cient. Inov. Tecnol, Medianeira, v. 14. n. 32, p. 1- 19, jan/abr, 2023 Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/recit>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Tiago Silva.

R. Benfica, 455 - Madalena, Recife - PE, 50720-001

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0 Internacional.

