



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CECAU



FRANCYS TADEU RIBEIRO

INTERNET DAS COISAS: DA TEORIA À PRÁTICA.

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Ouro Preto, 2019

FRANCYS TADEU RIBEIRO

INTERNET DAS COISAS: DA TEORIA À PRÁTICA.

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Luciana Gomes Castanheira

Ouro Preto

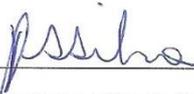
Escola de Minas – UFOP

Junho/2019

Monografia intitulada Internet das coisas: da teoria a prática defendida e aprovada, em 13 de Junho de 2019, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



Profa. Dra. Luciana Gomes Castanheira – Orientadora



Profa. Ms. Regiane Sousa e Silva de Ramalho – Professora Convidada



Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro – Professor Convidado

“A utopia está lá no horizonte. Me aproximo dois passos, ela se afasta dois passos. Caminho dez passos e o horizonte corre dez passos. Por mais que eu caminhe, jamais alcançarei. Para que serve a utopia? Serve para isso: para que eu não deixe de caminhar.”

Eduardo Galeano.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meus pais, Maria Auxiliadora dos Santos e Rubens Ribeiro, por não medirem esforços ao me apoiar e por terem acreditado em mim durante todos esses anos de graduação. Sem vocês, essa conquista não teria sido possível. Obrigado!

Aos meus irmãos republicanos e à eterna república Santuário, por todos os momentos indescritíveis de companheirismo e aprendizado que tive o prazer de viver na minha passagem por Ouro Preto.

Aos meus amigos de Belo Horizonte, Geraldo e Matheus, por terem mantido acesa a chama da amizade através da distância e do tempo.

À Ouro Preto e à “vida universitária”, por me mostrar que a vida é feita de infinitas possibilidades.

À UFOP e à Fundação Gorceix, seus professores e seus funcionários pelo ensino público, gratuito e de qualidade.

À Macrotec, pelo ótimo ambiente de trabalho e pela oportunidade de uma experiência profissional ímpar.

Aos amigos do curso de Engenharia de Controle e Automação, pela partilha do conhecimento e das horas de estudo.

Ao CAECA, pela oportunidade de trabalhar em prol da melhoria do curso para todos os estudantes.

RESUMO

Apesar da ideia de conectar múltiplos objetos a uma rede comum para que possam trocar dados entre si ter surgido nos anos 90, recebendo então o nome de Internet das Coisas, avanços tecnológicos recentes impulsionaram um aumento do interesse do público sobre o tema. Nesse contexto, buscou-se oferecer uma visão compreensiva sobre esse tema através do estudo da bibliografia de referência, explorando alguns aspectos teóricos sobre a natureza da IoT, como o estado da arte, os diferentes tipos de conceitos e definições que buscam analisá-la a partir de diferentes perspectivas, as tecnologias que permitem sua materialização e as possíveis aplicações práticas que surgem com essa materialização, como a Indústria 4.0, a *Smart Home*, o *Smart Car* e as aplicações na área de saúde. A seguir, foi desenvolvido um protótipo de aplicação prática de monitoramento remoto de um tanque baseada nos princípios da computação em nuvem através da utilização de um *gateway* conectado a um serviço *web*, com o objetivo de demonstrar a viabilidade de implementação de uma aplicação IoT no atual cenário industrial. Por fim, conclui-se que a materialização do conceito de IoT não seria possível sem avanços tecnológicos recentes e que a construção de soluções baseadas nos conceitos de IoT são atualmente viáveis, tanto técnica quanto financeiramente.

Palavras-Chave: Internet das Coisas, IoT, Tecnologia, Computação em Nuvem, *Gateway*, Indústria 4.0, *Smart Car*, *Smart Home*, Saúde.

ABSTRACT

Despite the idea of connecting multiple objects to a common network so that data can be exchanged between themselves have arisen in the 1990s, receiving then the name of Internet of Things, recent technological advances have boosted public interest in the subject. In this context, we sought to offer a comprehensive view on this topic through the study of the reference bibliography, exploring some theoretical aspects about the nature of IoT, such as the state of art, the different types of concepts and definitions that seek to analyze it from different perspectives, the technologies that allow its materialization and the possible practical applications that arise with this materialization, such as the Industry 4.0, the Smart Home, the Smart Car and the applications in healthcare. Next, a practical application prototype capable of remote monitoring a tank based on the principles of cloud computing was developed through the use of a gateway connected to a web service, in order to demonstrate the feasibility of implementing an IoT application in the current industrial scenario. Finally, it is concluded that the materialization of the IoT concept would not be possible without recent technological advances and that the construction of solutions based on IoT concepts are currently feasible, both technically and financially.

Keywords: Internet of Things, IoT, Technology, Cloud Computing, Gateway, Industry 4.0, Smart Car, Smart Home, Healthcare.

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

IoT – *Internet of Things* – Internet das Coisas

ARPANET – *Advanced Research Projects Agency Network* – Rede da Agência para Projetos de Pesquisa Avançada

DARPA – *Defense Advanced Research Projects Agency* – Agência de Projetos de Pesquisa Avançada de Defesa

MIT – *Massachusetts Institute of Technology* – Instituto de tecnologia de Massachusetts

RFID – *Radio Frequency Identification* – Identificação por radiofrequência

IIoT – *Industrial Internet of Things* – Internet das Coisas Industrial

IP – *Internet Protocol* – Protocolo de Internet

TCP – *Transmission Control Protocol* – Protocolo de Controle de Transmissão

TCP/IP – *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* – Protocolo de Controle de Transmissão/Protocolo de Internet

OSI – *Open System Interconnection* – Interconexão de Sistemas Abertos

IPv4 – *Internet Protocol version 4* – Protocolo de Internet versão 4

IPv6 – *Internet Protocol version 6* – Protocolo de Internet versão 6

PC – *Personal Computer* – Computador Pessoal

CIP – *Common Industrial Protocol* – Protocolo Industrial Comum

ODVA – *Open DeviceNet Vendors Association* – Associação Aberta de Vendedores de DeviceNet

OEM – *Original Equipment Manufacturer* – Fabricante de equipamento original

ECG – *Eletrocardiogram* – Eletrocardiograma

CLP – Controlador Lógico Programável

IHM – Interface Homem-Máquina

KPI – *Key Performance Indicator* – Indicador-chave de Desempenho

SD – *Secure Digital* – Digital Seguro

Vcc – Tensão em corrente contínua

USB – *Universal Serial Bus* – Porta Universal

I/O – *Inputs/Outputs* – Entradas/Saídas

VPN – *Virtual Private Network* – Rede Privada Virtual

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Redes com e sem fio permitindo a comunicação entre objetos.....	15
Figura 1.2 - Aumento do volume de pesquisas sobre IoT.....	16
Figura 1.3 - Ciclo de interesse de novas tecnologias.....	16
Figura 1.4 - Razão entre a população terrestre e o número de dispositivos conectados à internet.....	20
Figura 2.1 - Perspectivas sobre IoT e suas tecnologias.....	22
Figura 2.2 - Evolução da tecnologia sensorial.....	24
Figura 2.3 - Comparação entre as camadas do modelo OSI e de uma arquitetura baseada em TCP/IP.....	26
Figura 2.4 - Camadas de uma arquitetura baseada em TCP/IP	27
Figura 2.5 - Exemplo de comunicação bidirecional entre um computador e um dispositivo inteligente	28
Figura 2.6 - Camadas de uma arquitetura baseada em Ethernet/IP	29
Figura 2.7 - Utilização da nuvem para tratamento de dados	30
Figura 3.1 - Composição de um sistema ciberfísico.....	32
Figura 3.2 - Integração de diferentes setores da cadeia de produção, possibilitada pela IoT.....	33
Figura 3.3 - Divisões entre os principais setores do ramo da saúde.....	35
Figura 3.4 - Integração entre os principais setores do ramo da saúde.....	35
Figura 3.5 - Controle inteligente de administração de medicamentos anestésicos.....	36
Figura 3.6 - Funcionalidades permitidas ou aprimoradas através da IoT.....	37
Figura 3.7 - Exemplos de comunicação entre veículos e a infraestrutura rodoviárias.....	38

Figura 3.8 - Dispositivos de prevenção de colisões em veículos autônomos ou semiautônomos.....	39
Figura 3.9 - Arquitetura de uma casa inteligente baseada nos conceitos de IoT.....	40
Figura 4.1 - Características construtivas do <i>Flexy 205</i>	43
Figura 4.2 - Opções de módulos de expansão para o <i>Flexy 205</i>	44
Figura 4.3 - Esquema de conexão de dispositivos à internet utilizando o <i>Flexy</i>	44
Figura 4.4 - Interface do <i>software eCatcher</i>	45
Figura 4.5 - Interface do <i>software eBuddy</i>	45
Figura 4.6 - Interface <i>web</i> do <i>Flexy</i>	46
Figura 4.7 - Mensagem de alarme enviada por e-mail.....	47
Figura 4.8 - Equivalência entre as <i>tags</i> criadas para o <i>Flexy</i> e aquelas presentes na lógica do controlador.....	47
Figura 4.9 - <i>Dashboard</i> de monitoramento e controle de nível de um tanque.....	48
Figura 4.10 - Animações presentes na <i>dashboard</i>	49
Figura 4.11 - Alarme de nível do tanque.....	50
Figura 4.12 - Alarmes e acionamentos automáticos representados na <i>dashboard</i>	50
Figura 4.13 - Trecho da lógica de controle utilizada.....	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa do trabalho.	15
1.2	Objetivos.	17
1.3	Estado da Arte.	17
1.4	Metodologia	20
1.5	Estrutura do trabalho	20
2	CONCEITOS e TECNOLOGIAS.	21
2.1	Conceitos.....	21
2.2	Tecnologias	23
2.2.1	Aquisição de dados: Tecnologia Sensorial.	24
2.2.2	Transmissão de dados: O protocolo de internet (IP).....	25
2.2.3	Transmissão de dados: O suíte de protocolos TCP/IP.....	27
2.2.4	Transmissão de dados: O protocolo CIP (<i>Common Industrial Protocol</i>).....	28
2.2.5	Processamento e acesso remoto de dados: computação em nuvem.	29
3	APLICAÇÕES	32
3.1	Indústria 4.0	32
3.2	<i>Healthcare</i>	34
3.3	<i>Smart Car</i>	37
3.4	<i>Smart Home</i>	40
4	CONSTRUÇÃO DA APLICAÇÃO IIOT.	42
4.1	O <i>gateway</i> IIoT eWON Flexy 205	42
4.2	Conexão de um dispositivo à internet utilizando o Flexy 205	44

4.3	Criação de <i>tags</i> e alarmes.....	46
4.4	Criação de <i>Dashboards</i>	48
4.5	Demonstração: Controle remoto do nível de um tanque.....	48
5	CONCLUSÕES.	52
5.1	Considerações Finais.....	53
5.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1 INTRODUÇÃO

Ao ouvir a palavra tecnologia, é provável que a maioria das pessoas pense instantaneamente em *smartphones*, computadores, internet ou qualquer outra comodidade presente no dia a dia da vida contemporânea que foi desenvolvida ou aperfeiçoada nos últimos 50 anos, muitas vezes se esquecendo de outras descobertas mais básicas, porém de suma importância para que a humanidade chegasse ao nível de desenvolvimento científico atual.

Segundo Greengard (2015), é incrivelmente fácil ignorar o impacto total da tecnologia em nosso mundo. A roda tornou possível a locomoção e o transporte de materiais e pessoas, mudando todo o panorama mundial, desde a agricultura até a forma de governança política. A luz incandescente iluminou lares e negócios, eventualmente mudando a forma como arquitetos projetavam estruturas e possibilitando a construção de cidades.

Mark Weiser, que em 1991 era o diretor do laboratório de ciências da computação do centro de pesquisa de Palo Alto da empresa Xerox, elaborou uma teoria que afirmava que as tecnologias com impacto mais profundo na sociedade são aquelas que “desaparecem” de vista: elas se entrelaçam no tecido da vida cotidiana de forma tão ubíqua que se tornam indistinguíveis dessa vida.

Ele previu, em seu artigo intitulado “*The computer in the 21st century*”, que elementos especializados de *hardware* e *software*, conectados por fios, ondas de rádio ou infravermelho, futuramente seriam tão comuns no dia a dia da sociedade que ninguém mais iria reparar em sua presença ou considera-los como uma forma de tecnologia, assim como aconteceu com a escrita, definida por ele como talvez sendo a primeira forma de tecnologia da informação (WEISER, 1991). A figura 1.1 ilustra um exemplo de elementos interconectados da forma como foram imaginados por Weiser.

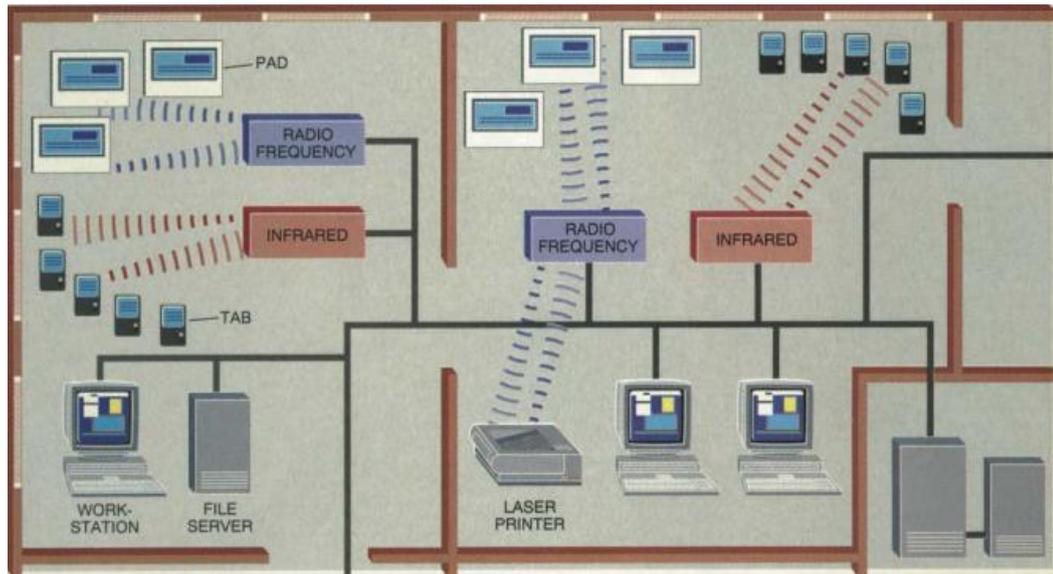


Figura 1.1–Redes com e sem fim permitindo a comunicação entre objetos.

Fonte: WEISER, 1991

Esse conceito, onde máquinas trocam informações umas com as outras de forma independente, é análogo ao conceito de internet das coisas a ser estudado nesse trabalho.

Contudo, antes de definir precisamente o que é a *Internet of Things* (IoT) e entrar em detalhes de sua estrutura e suas aplicações, é necessário entender as motivações e objetivos de se realizar tal pesquisa, bem como conhecer a história de como chegamos até aqui, para um melhor entendimento dos motivos que estão levando empresas e governos a buscar a criação de um cenário onde a linha entre o mundo físico e o virtual irá se tornar cada vez mais tênue.

1.1 Justificativa do trabalho.

O tema *Internet of Things* foi escolhido para abordagem nesse trabalho devido a sua atualidade e relevância. Podemos ilustrar tal relevância através de duas imagens: a figura 1.2 mostra o notável aumento no volume de pesquisas no *google* pelo termo “*Internet of Things*” nos últimos anos.

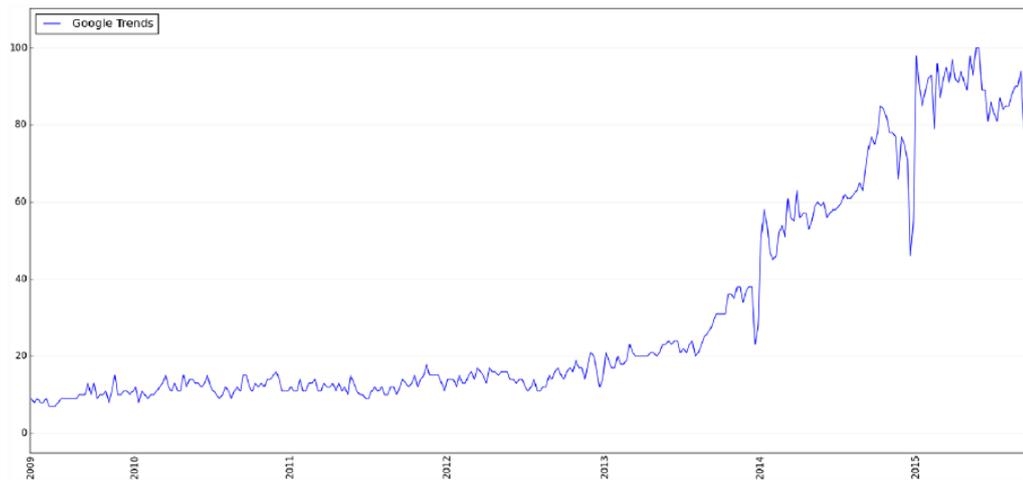


Figura 1.2 – Aumento do volume de pesquisas sobre IoT.

Fonte: BIAN et al, 2016.

Enquanto a figura 1.3 mostra uma análise do ciclo de interesse de tecnologias emergentes feito pela empresa Gartner Inc em 2017, que é uma forma de representar o ciclo de vida de uma nova tecnologia, desde seu surgimento até que alcance pleno patamar de produtividade. Esse relatório aponta que a IoT estava próxima de alcançar o pico das expectativas quanto a sua adoção em 2017 e também prevê que a tecnologia levará algo entre 2 a 5 anos, contados a partir da divulgação de tal estudo, para ser adotada em larga escala.

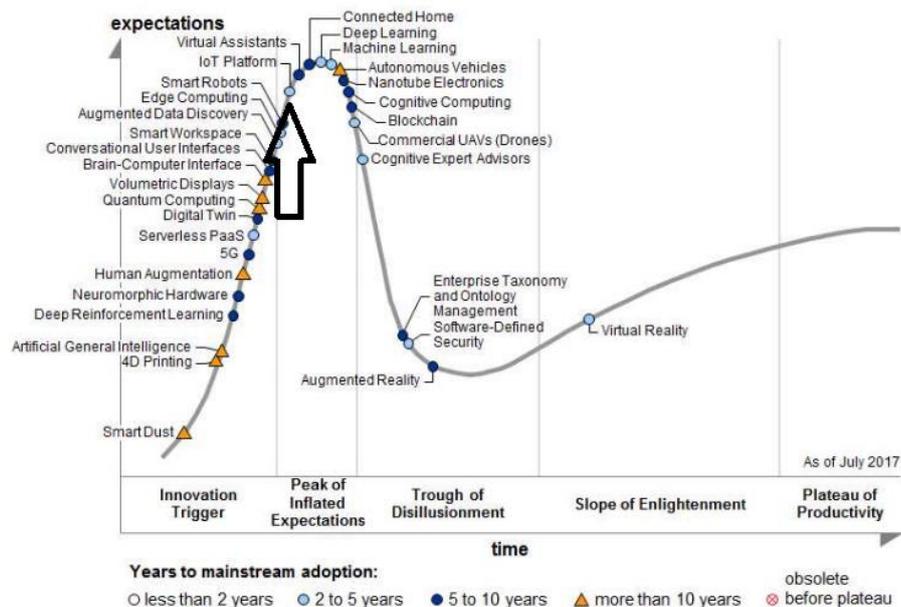


Figura 1.3 – Ciclo de interesse de novas tecnologias.

Fonte: MIRAZ et al, 2018.

1.2 Objetivos.

O objetivo desse trabalho é transmitir uma visão compreensiva do conceito de Internet das Coisas ao fazer um resumo teórico sobre o assunto e analisar o desenvolvimento de um protótipo de sistema de automação industrial conectado à internet.

1.3 Estado da Arte.

Na primeira metade do século 19 foram inventadas máquinas capazes de se comunicar através de sinais elétricos, com o objetivo de enviar e receber mensagens simples. Em 1816, o meteorologista inglês Francis Ronalds construiu o primeiro telegrafo elétrico funcional de que se tem notícia (RONALDS, 2016). O dispositivo usava sinais elétricos enviados através de cabos para transmitir mensagens de uma ponta à outra do jardim da casa de seu inventor, em Londres.

Apesar de controvérsias a respeito de quem realmente foi o primeiro inventor de um dispositivo capaz de transmitir sons de forma elétrica através de distâncias razoáveis, o escocês Alexander Graham Bell geralmente leva o crédito por ter sido o inventor do telefone, ao conseguir transmitir sua voz de forma clara através de dois cômodos adjacentes no dia 10 de março de 1876. (MACLEOD, 1999)

Esse aparelho, capaz de transmitir sons com clareza através de grandes distâncias, revolucionou a comunicação da época ao permitir conversas entre pessoas em diferentes localidades.

No início do século seguinte, em 1926, Nikola Tesla deu uma entrevista à revista *Colliers* onde previa, de certa forma, o surgimento de tecnologias sem fio que, quando aperfeiçoadas, “converteriam todo planeta Terra em um grande cérebro” e afirmava que “os instrumentos pelos quais seremos capazes de realizar tal feito serão incrivelmente simples se comparados ao telefone atual. Um homem será capaz até mesmo de carregar um no bolso de seu colete”. (COLLIERS, 1926)

Alguns anos mais tarde, em 1932, o filósofo Jay B. Nash (1932) afirmou em seu livro intitulado *Spectatoritis* que os avanços tecnológicos da época proporcionavam à sociedade uma oportunidade de criar um número sem precedentes de “escravos mecânicos” que se encarregariam das mais diversas tarefas, desde polir nossos sapatos e acender nossas luzes até “se sentar 24 horas por dia em nosso termostato, regulando o calor da casa” enquanto outro “ficaria encarregado, dia e noite, de gerenciar nossa geladeira automática”.

Seu livro, entretanto, não é um trabalho de engenharia e sim uma crítica filosófica ao modo como ele enxergava o desperdício desses avanços tecnológicos pelos norte-americanos da época, que os utilizavam para fins de entretenimento comercial ao invés de achar formas mais criativas de aplica-los à vida cotidiana.

Já na metade do século 20, no final dos anos 40, o engenheiro Joe Woodland concebeu e patenteou a ideia de um mecanismo simples que pudesse armazenar informações sobre um objeto. Ao desenhar linhas na areia de uma praia de Miami, Woodland teve o esboço da ideia do que viria a ser, décadas mais tarde, o código de barras. (WEIGHTMAN, 2015)

Essa invenção se relaciona com o conceito de IoT ao permitir que um objeto transmita diversos tipos de informações a seu respeito ao ser escaneado, como sua natureza, peso ou preço.

Surge nos anos 60 a rede precursora da internet, chamada *Advanced Research Projects Agency Network*, mais conhecida pela sua sigla ARPANET, sendo que a primeira mensagem transmitida através de dois computadores conectados à rede foi enviada em outubro de 1969. (LEINER et al., 1997)

Existem visões contraditórias para os motivos que levaram o departamento de defesa norte-americano a financiar o projeto através de uma de suas divisões, chamada DARPA: Stephen J. Lukasik (2011), diretor da DARPA entre 1967 e 1974 afirma que o principal motivo para a criação da rede foi o de explorar novas tecnologias computacionais com o objetivo de atender as necessidades militares dos Estados Unidos contra ataques nucleares, ou seja, prover uma forma de controle descentralizado dos arsenais nucleares norte-americanos afim de evitar a possibilidade de que um ataque nuclear eliminasse a capacidade retaliatória de seu país. Isso iria garantir a continuação da política de destruição mutuamente assegurada, que evitava que as duas superpotências da guerra fria entrassem em conflito direto.

A Internet Society nega, contudo, que esse tenha sido a real motivação de sua construção, preferindo uma explicação mais técnica, com ênfase na possibilidade dessa rede de fornecer a opção de compartilhamento de recursos computacionais. (LEINER et al., 1997)

Pouco mais de três anos depois, no dia 23 de janeiro de 1973, o inventor norte-americano Mario Cardullo (2003) recebeu a primeira patente para uma etiqueta de identificação por radiofrequência.

Essa tecnologia seria indicada no final dos anos 90, juntamente com a internet, como um dos principais avanços técnicos que permitiriam a criação de um mundo com objetos inteligentes e interconectados, no primeiro artigo a citar o termo “*Internet of Things*”.

Em 1982 surge um dos primeiros objetos não computacionais conectados à internet de que se tem notícia: uma máquina de venda de refrigerantes na Universidade de Pittsburgh, no estado norte-americano da Pennsylvania. Os estudantes de ciências da computação daquela universidade, cansados de ir até a máquina (que se encontrava no terceiro andar) e encontra-la vazia ou repleta de refrigerantes quentes, tiveram a ideia de modificar o aparelho, conectando-o à rede de computadores da universidade. (ORNES, 2016).

Dessa forma, poderiam ter certeza de que a máquina continha refrigerantes gelados virtualmente, sem ter de caminhar até o autômato.

A primeira vez em que o termo “*Internet of Things*” foi usado aconteceu em 1999 em uma apresentação ministrada por Kevin Ashton (2009), então diretor executivo do laboratório de identificação automática do MIT, para a empresa Procter & Gamble.

Nesse discurso, o autor ressaltava que a maioria dos dados presentes na internet até então haviam sido criados, capturados e inseridos naquela rede por seres humanos, que eram propensos a distrações ou erros.

Ao advogar o uso de tecnologia de identificação por radiofrequência associada à internet para o controle logístico da linha de suprimentos da companhia, Ashton aproveitou a oportunidade para divulgar sua teoria de que os dados obtidos acerca de um objeto seriam muito mais confiáveis se esse objeto pudesse adquirir tais dados por conta própria, através de sensores ou RFID.

Finalmente, podemos utilizar a definição da empresa Cisco, uma das líderes mundiais em soluções para redes e comunicação, para determinar o momento em que o termo IoT passa a existir de forma tangível, deixando de ser apenas um conceito abstrato.

De acordo com a companhia, 2009 pode ser considerado como o ano de nascimento da IoT, pois é nesse ano que o número de objetos conectados à rede ultrapassa, pela primeira vez, o número de seres humanos no planeta. (EVANS, 2011)

É importante ressaltar o papel da *Apple* na explosão do número de dispositivos conectados à rede. Em 2003, existia uma proporção de 0.08 dispositivos conectados à rede para cada pessoa

viva na Terra. Em 2009 essa proporção salta, como mostra a figura 1.4, para 1.84 dispositivos por pessoa, fortemente impulsionada pela relativa popularização de *tablets* e *smartphones* que teve início com a ideia inovadora de Steve Jobs, que anunciou seu aclamado Iphone no dia 9 de janeiro de 2007, na conferência Macworld. (EVANS, 2011)

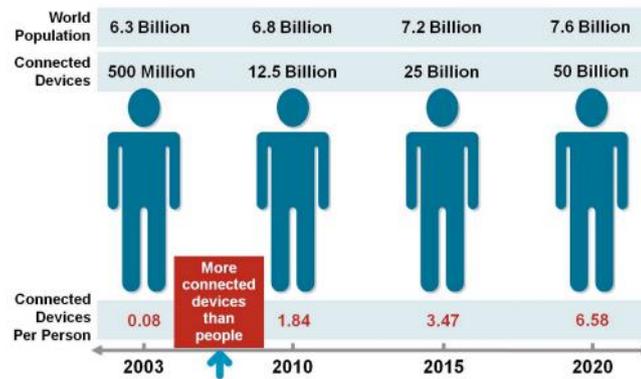


Figura 1.4–Razão entre a população terrestre e o número de dispositivos conectados à internet.

Fonte: EVANS, 2011

1.4 Metodologia

O processo de desenvolvimento do trabalho pode ser dividido em duas etapas principais: uma pesquisa teórica descritiva e o desenvolvimento de uma aplicação prática, sendo que na pesquisa teórica foi feito um estudo da bibliografia de referência consistente primariamente de livros e artigos científicos, com o objetivo de fornecer uma visão compreensiva sobre o tema. A etapa prática, por sua vez, foi desenvolvida construindo um protótipo condizente com a temática abordada na pesquisa teórica, exemplificando de forma mais evidente como as tecnologias citadas no estudo teórico podem ser transformadas em aplicações práticas viáveis.

1.5 Estrutura do trabalho

O primeiro capítulo do trabalho apresenta um resumo da história que levou até o surgimento da Internet das Coisas. O segundo capítulo consiste em um estudo da bibliografia para fins de compreensão da Internet das Coisas, apresentando uma ampla visão sobre os seus principais conceitos, bem como sobre as tecnologias que a viabilizam. O terceiro capítulo conta com exemplos de aplicações desse conceito em diferentes segmentos da sociedade civil. O quarto capítulo descreve como se deu a construção de um protótipo de simulação de controle remoto do nível de um tanque utilizando um *gateway* e um controlador lógico programável. O quinto capítulo mostra as conclusões obtidas ao longo do estudo teórico e da elaboração do projeto prático.

2 CONCEITOS e TECNOLOGIAS.

2.1 Conceitos

A funcionalidade básica por trás da ideia de *IoT* é a de permitir a troca autônoma de informações úteis entre diferentes dispositivos com capacidade embutida de comunicação em rede. Essas informações são obtidas, via de regra, através de sensores também embutidos nos dispositivos e podem ser utilizadas tanto para a tomada de decisões autônomas pelos próprios aparelhos, através de controladores e atuadores, quanto para auxiliar um ser humano a fazer escolhas mais bem informadas com ajuda dos dados disponibilizados pelo próprio dispositivo.

O fato desses dados serem coletados por equipamentos eletrônicos e não por um ser humano apresenta algumas vantagens, como o aumento da velocidade e da frequência com o qual esses dados podem ser obtidos e a melhora da confiabilidade dos mesmos. Vantagens semelhantes podem ser observadas ao realizar a troca desses dados através da internet e não através de operadores humanos.

Ainda não existe um consenso entre estudiosos do tema a respeito de uma definição única e universal sobre o que representa exatamente o conceito de Internet das Coisas. Por ser um conceito relativamente novo e emergente, diferentes pesquisadores tem diferentes visões sobre sua exata natureza.

Segundo Atzori (2010) outra razão para a heterogeneidade de definições sobre a Internet das Coisas advém do próprio nome dessa rede, que é composto de dois termos: “Internet” e “Coisas”. Essa dualidade gera a possibilidade de desenvolver conceitos sobre essa rede através de diferentes perspectivas. O primeiro termo tende a induzir uma visão focada em características de rede, como a questão de protocolos, segurança e arquitetura, enquanto o último move o foco de estudos para os próprios objetos inteligentes, no que diz respeito ao desafio de integra-los em uma rede comum e à sua capacidade de interagir com outros objetos, com seres humanos e com os ambientes que os cercam.

Existe ainda uma outra perspectiva, chamada de “perspectiva semântica”, que analisa esse conceito através do seu significado mais clássico, que afirma que a Internet das Coisas se traduz em uma rede mundial de objetos interconectados, onde essa conexão se baseia em protocolos de comunicação e onde cada objeto tem um endereço único. Na figura 2.1, as principais tecnologias e conceitos que compõem a IoT encontram-se agrupados de acordo com a perspectiva da qual fazem parte. (ATZORI et al., 2010)

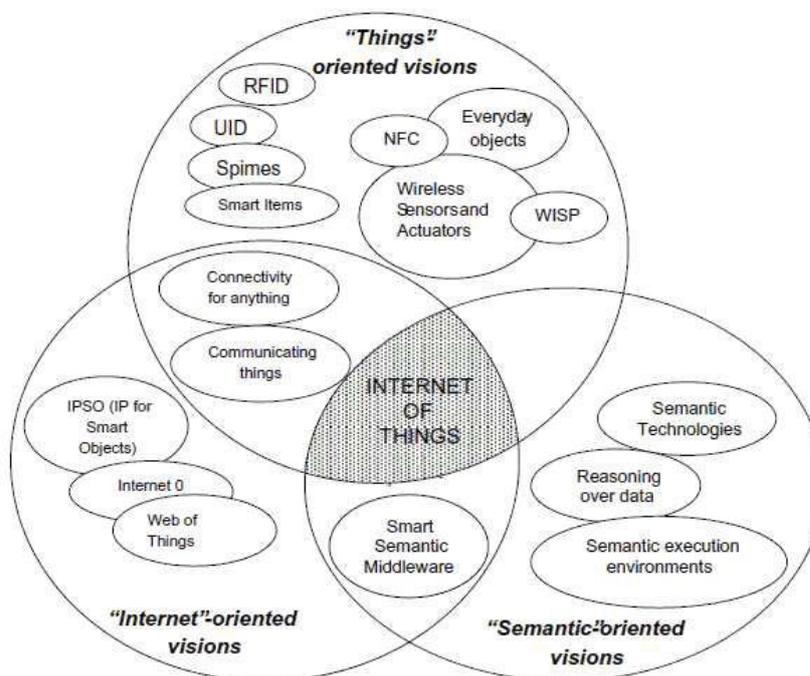


Figura 2.1–Perspectivas sobre IoT e suas tecnologias

Fonte: ATZORI et al, 2010

Essas diferentes perspectivas dão origem a várias definições que são bastante úteis no que tange a fornecer diversos pontos de vista a respeito da IoT. Ao analisar e compreender diferentes visões sobre a IoT, abre-se um novo leque de possibilidades a respeito de como podemos aplicá-la, quais problemas podem surgir em uma possível tentativa de implementação e qual seria a melhor solução para esses problemas.

Segundo Uckelmann (2011), uma abordagem minimalista com objetivo de formar uma definição pode se referir às coisas, à internet e à conexão que os une. As coisas são classificadas como qualquer objeto físico identificável, independente da tecnologia utilizada para sua identificação ou para prover informações sobre o status do objeto e do ambiente que o cerca. Nesse caso, internet se refere a qualquer rede que extrapole o escopo de um extranet, onde o acesso às informações ali guardadas será disponibilizado para mais pessoas do que apenas um pequeno grupo ou empresa.

Essa visão pode ser explicada em mais detalhes ao analisar a conexão citada no parágrafo anterior, definindo a futura Internet das Coisas como a rede que une objetos com identificação

única à sua representação virtual na internet, onde essa representação contém informações adicionais sobre sua identidade, status, localização ou qualquer outra informação relevante social ou corporativamente, onde o retorno gerado por essa informação (seja ele financeiro ou social) seja maior que o custo para obtê-la e onde essa informação seja acessível à usuários que não sejam pré-definidos. Essas informações poderão então ser acessadas em quantidade, condição, tempo e em lugares apropriados, por um preço justo. A Internet das Coisas, segundo essa definição, não é um sinônimo de computação ubíqua, de tecnologia da comunicação, de endereços de IP, de dispositivos embutidos, de suas aplicações ou da internet comum. Ela, na verdade, combina aspectos e tecnologias de todos esses conceitos para formar um paradigma completamente novo.

Outra definição importante, que analisa a IoT através de uma perspectiva não citada por Atzori, leva em conta as oportunidades de oferta de serviços que surgem quanto passamos a conectar dispositivos à rede de forma universal. Quando esse processo de conexão já se encontrar em um estágio avançado de implementação, passaremos a viver em um mundo onde objetos físicos estarão completamente integrados à rede de informações. Será possível então criar serviços que interagem com esses objetos inteligentes através da internet, que terão a capacidade de consultar seu status ou qualquer outra informação associada a eles, levando em conta questões de segurança e privacidade. (WEBER et al., 2010). Essa visão é reforçada por Cuno Pfister (2011), que argumenta que a principal funcionalidade da Internet das Coisas é a de permitir a criação de serviços web que tem a capacidade de medir e manipular propriedades físicas. Dessa forma, a IoT pode ser definida como um conjunto desses serviços *web*.

Existem também formas mais simples e objetivas de definir a Internet das Coisas baseadas na perspectiva semântica citada anteriormente, que são uteis para dar informações de caráter introdutório ao apresentar essas tecnologias a um público menos versado em conhecimentos técnicos da área, fazendo com que o primeiro contato dessas pessoas com a nova tecnologia ocorra da forma mais suave possível. Um desses conceitos vem do próprio Pfister, que define a Internet das Coisas como uma rede global de computadores, sensores e atuadores conectados através de protocolos de internet.

2.2 Tecnologias

A criação do conceito de Internet das Coisas teve início com membros da comunidade RFID, que faziam uma referência à possibilidade de descobrir informações sobre um objeto etiquetado

através do acesso a um endereço de internet ou uma entrada de banco de dados. (MADAKAM et al; 2015)

Com o passar do tempo, porém, várias outras tecnologias têm se mostrado essenciais para o desenvolvimento e a materialização desse conceito. Podemos dividir essas tecnologias em subgrupos, de acordo com a etapa do processo de tratamento de dados pelas quais cada avanço tecnológico é responsável: aquisição, transmissão ou processamento e acesso remoto de dados.

2.2.1 Aquisição de dados: Tecnologia Sensorial.

A tendência de avanço tecnológico dos sensores e da instrumentação caminha em direção à criação de dispositivos inteligentes, sendo que o foco desses avanços se baseia em desenvolver equipamentos com uma maior performance, maior capacidade de integração e possibilidade de detecção de vários parâmetros distintos.

Esse avanço no ramo da tecnologia sensorial pode ser compreendido de forma mais ampla a partir de uma análise do histórico de desenvolvimento desses sensores que, de forma similar as quatro fases da revolução industrial, também passaram por quatro fases de desenvolvimento bem definidas, como mostra a figura 2.2. (SCHÜTZE et al; 2018)

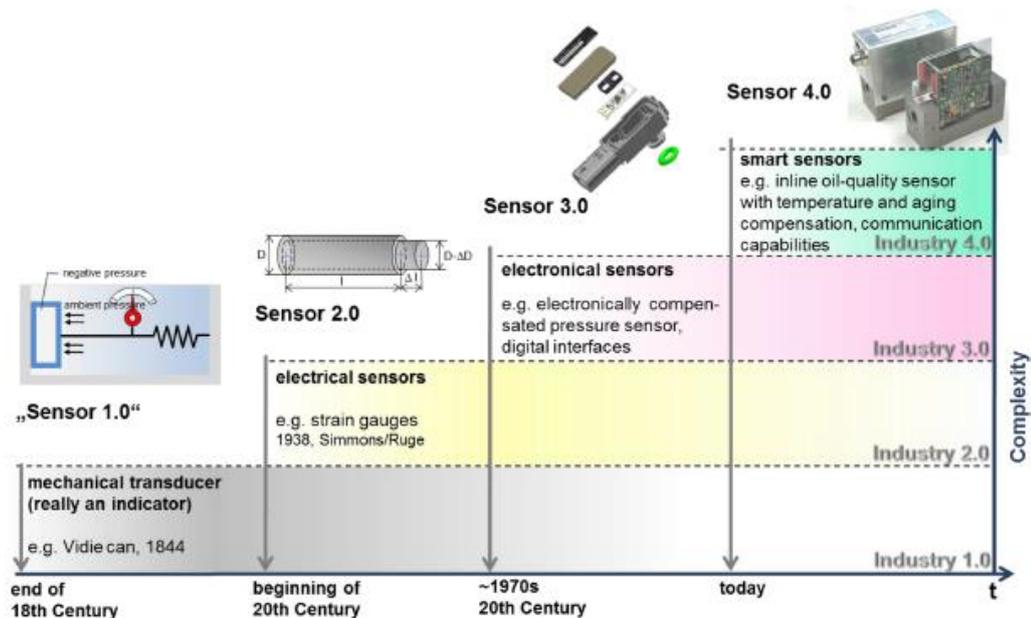


Figura 2.2 – Evolução da tecnologia sensorial

Fonte: SCHÜTZE et al, 2018

A primeira leva de sensores eram dispositivos mecânicos que tinham apenas a capacidade de indicar certas grandezas, sem capacidade de gerar um sinal de saída. A segunda e terceira geração se relacionam, respectivamente, com o surgimento de sensores elétricos e eletrônicos, que geram sinais de saída e, no caso dos sensores eletrônicos, possuem interfaces digitais para visualização e configuração. Finalmente, surge a nomenclatura de sensores inteligentes para descrever a quarta geração de sensores.

A aplicação do conceito de IoT, principalmente da sua vertente industrial (a IIoT ou Indústria 4.0) não seria possível sem os sensores de quarta geração, que geram dados e suportam funcionalidade complexas, que vão desde o auto monitoramento e a autoconfiguração até o monitoramento de condições de processos complexos, o que fornece capacidades preditivas a esses processos. (SCHÜTZE et al; 2018)

2.2.2 Transmissão de dados: O protocolo de internet (IP)

Um protocolo, segundo Elias e Lobato (2013) é “um conjunto de regras que controla a interação de duas máquinas ou dois processos semelhantes”. Os autores afirmam que para que a comunicação entre dois computadores possa ocorrer eles devem usar o mesmo protocolo, do contrário um computador seria incapaz de replicar, em seu formato original, uma sequência de bits recebida de outra máquina.

O protocolo de internet (IP, na sua sigla em inglês), fornece um serviço de datagramas, do qual todos os outros protocolos pertencentes às camadas de rede e transporte do suíte de protocolos TCP/IP dependem para transmitir partes de seus dados. Uma comparação entre as camadas do modelo OSI e de uma arquitetura baseada em TCP/IP é apresentada na figura 2.3 para melhor compreensão da divisão em camadas de uma rede computacional. (ELIAS et al; 2013)

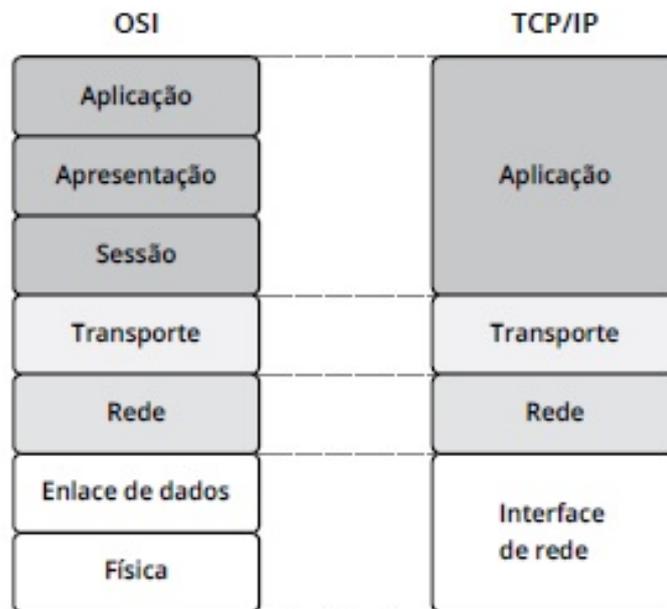


Figura 2.3 – Comparação entre as camadas do modelo OSI e de uma arquitetura baseada em TCP/IP

Fonte: ELIAS et al, 2018

Segundo Gilchrist (2016) o endereçamento no protocolo de internet funciona basicamente designando um endereço de IP distinto para cada nó ou *host* em uma rede, para que o mesmo atue como um identificador único do dispositivo naquela rede. Um host representa qualquer dispositivo que requer a capacidade de conexão e comunicação com outros hosts através de uma rede. Esses dispositivos podem ser computadores, impressoras, smartphones, tablets, e até mesmo televisões ou geladeiras. Uma rede é um conjunto de dois ou mais hosts que se conectam utilizando um protocolo de comunicação comum.

Atualmente existem duas versões desse protocolo: IPv4 e IPv6. As duas apresentam algumas diferenças, como o fato de que cada um deles define um endereço de IP de forma diferente, sendo que a maior diferença está na quantidade de endereços disponíveis para utilização. Enquanto o protocolo IPv4 permite o endereçamento de até 4.3 bilhões de dispositivos, no protocolo IPv6 esse número cresce para assustadores 85 trilhões de endereços. (MADAKAM et al; 2016)

Como vimos anteriormente, o número de dispositivos conectados à rede já ultrapassou a marca de dispositivos suportados pelo protocolo IPv4, portanto é seguro concluir que a IoT deverá se apoiar no protocolo IPv6 para que se torne uma rede de dispositivos verdadeiramente global.

2.2.3 Transmissão de dados: O suíte de protocolos TCP/IP

Existe um outro protocolo que é responsável por garantir a entrega dos datagramas disponibilizados pelo protocolo de internet de forma confiável. Esse protocolo se chama TCP, ou “*Transmission Control Protocol*” na sigla em inglês. A combinação do protocolo IP com o TCP compõe os principais elementos que formam um suíte de protocolos em forma de pilha conhecido como TCP/IP, como mostrado na figura 2.4. (ELIAS et al; 2013)



Figura 2.4 – Camadas de uma arquitetura baseada em TCP/IP

Fonte: ELIAS et al, 2018

Esse suíte é visto por Pfister (2011) como fundamental para a comunicação entre computadores e dispositivos dotados de sensores, um dos tipos de comunicação mais comuns no âmbito da IoT, por permitir a transferência bidirecional do fluxo de *bytes* entre dois computadores. Através do TCP/IP o dispositivo da figura 2.5 pode, por exemplo, transmitir periodicamente medições de temperatura a um programa que esteja rodando em um PC.

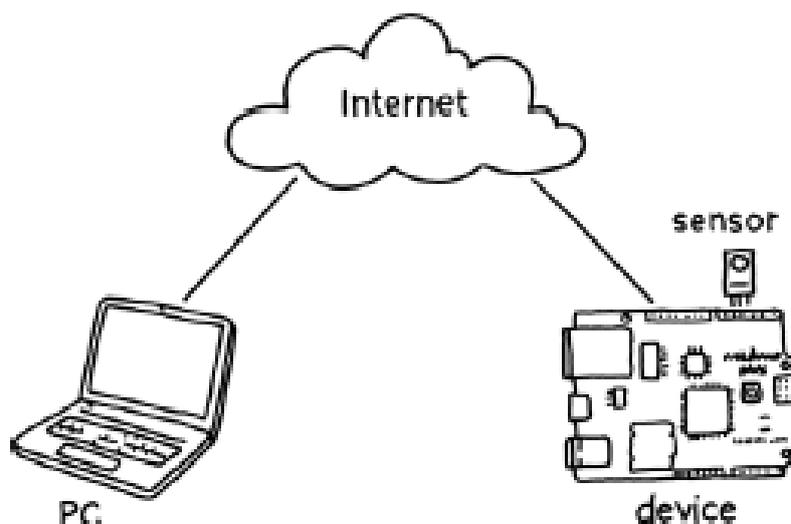


Figura 2.5 – Exemplo de comunicação bidirecional entre um computador e um dispositivo inteligente.

Fonte: PFISTER, 2011

2.2.4 Transmissão de dados: O protocolo CIP (*Common Industrial Protocol*)

As redes utilizadas em processos industriais e de manufatura costumavam ter como foco a performance em certas aplicações, principalmente de controle, obtenção de informações e segurança. Apesar de cumprir bem o papel para o qual essas redes foram desenvolvidas, elas falhavam na questão da conectividade: as companhias geralmente se viam obrigadas a implementar diversas redes diferentes para aplicações diferentes dentro do mesmo ambiente industrial com objetivo de obter um processo confiável, eficiente e rentável. (SCHIFFER, 2016)

Essas redes, na maioria das vezes, não tinham capacidade de trocar informações entre si, o que passou a ser considerado um problema quando as empresas começaram a buscar uma maior capacidade de integração entre os diferentes níveis hierárquicos do seu processo produtivo, o que é inclusive uma das características da IoT quando aplicada ao ramo industrial.

A solução para essa questão veio com o desenvolvimento do CIP (*Common Industrial Protocol*, na sigla em inglês). Esse protocolo, desenvolvido pela ODVA, permite ao usuário coletar informações sobre as diversas aplicações no âmbito da automação industrial e integrar essas aplicações tanto a redes ethernet corporativas quanto à internet em geral, trabalhando nas camadas de aplicação, apresentação e sessão do modelo OSI e possibilitando a comunicação com vários tipos de dispositivos de automação industrial, como inversores de frequência, entradas e saídas discretas e controladores. (LUGLI, 2007).

Existem vários protocolos industriais que utilizam o protocolo CIP, entre eles o DeviceNet, o ControlNet e o Ethernet/IP, sendo que o último é baseado no padrão IEEE 802.3 em suas camadas inferiores (como mostrado na figura 2.6) e, por ser aberto para desenvolvimento de aplicações por qualquer fabricante, é o protocolo mais utilizado dentro da rede Ethernet no âmbito industrial. (MORAES et al, 2012). Também por esses motivos, esse será o protocolo utilizado na aplicação apresentada nesse estudo.

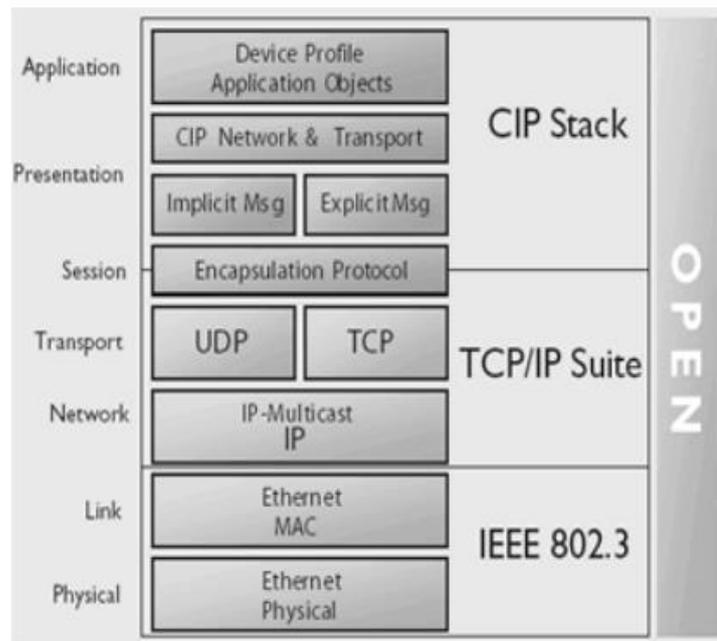


Figura 2.6 – Camadas de uma arquitetura baseada em Ethernet/IP

Fonte: LUGLI, 2007

2.2.5 Processamento e acesso remoto de dados: computação em nuvem.

Apesar do termo “computação em nuvem” ter amplo uso e ser definido de forma diferente dependendo da situação e do contexto, ele geralmente se refere a um ambiente de computação distribuída onde várias unidades de processamento e armazenamento se combinam para operar em conjunto através de uma rede, como a internet. (GREENGARD, 2015)

Ainda segundo Greengard, essa tecnologia é fundamental para a materialização do conceito de IoT, pois seria impossível armazenar e processar a enorme quantidade de dados provenientes de bilhões de dispositivos conectados à uma rede utilizando o *hardware* de apenas um servidor

computacional. Além disso, como mostra a figura 2.7, ela permite a utilização de recursos analíticos sem que os mesmos estejam instalados no hardware presente em uma determinada localidade, o que abre um novo leque de possibilidades para o tratamento dos dados adquiridos. (GENG, 2017)

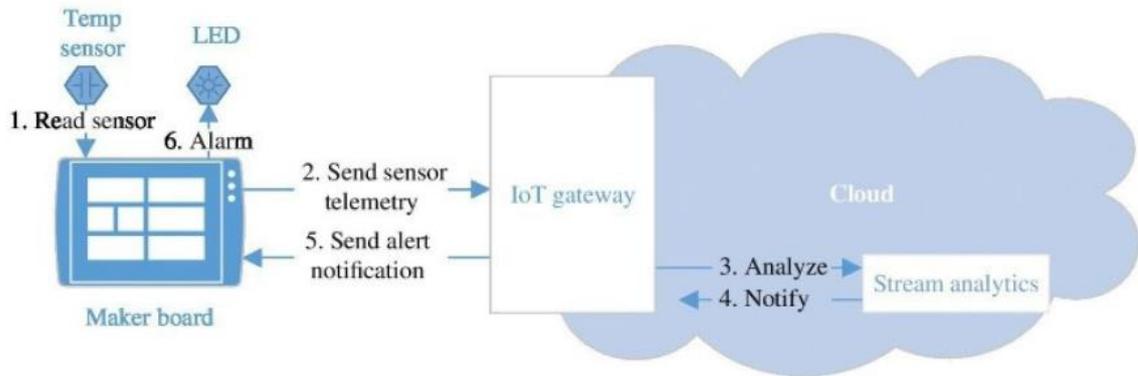


Figura 2.7 – Utilização da nuvem para tratamento de dados.

Fonte: GENG, 2017

Outra funcionalidade importante da IoT fornecida pela computação em nuvem é a capacidade de acesso remoto às informações. Através dessa ferramenta, novas formas de fazer negócios surgem, como por exemplo os conceitos de “*as-a-service*” e de manutenção preditiva e remota de equipamentos, ambos muitos utilizados por fabricantes de equipamentos originais (OEM’s, na sigla em inglês). (GILCHRIST, 2016).

Um modelo de negócios “*as-a-service*” é aquele onde uma companhia pode monitorar à distância a frequência de utilização (em ambientes domésticos) ou a produtividade (em ambientes industriais) dos produtos ofertados por ela e definir preços baseada nessas variáveis. (GILCHRIST, 2016)

Essa oferta é, muitas vezes, mais atrativa para o cliente, pois permite que o mesmo pague apenas pelo tempo que realmente usufruir de um determinado produto e, no caso de aplicações industriais, permite que quedas na demanda não se traduzam em investimento perdido, fornecendo maior dinamismo à produção e diminuindo riscos inerentes à aquisição de novas tecnologias, dando a essas companhias uma vantagem competitiva em relação àquelas que não adotarem esse modelo de negócios. (GREENGARD, 2015)

No caso da manutenção, o acesso remoto a informações sobre o funcionamento e as falhas apresentadas por um equipamento poupam tempo e recursos de diversas formas: um funcionário especializado não precisa se deslocar até o ambiente físico onde o equipamento se encontra para fazer o diagnóstico do problema, podendo identificar o problema e dar instruções para funcionários que já estejam na planta para que a falha seja reparada sem a necessidade de uma visita ao local e, caso o problema seja complexo a ponto de demandar uma visita de pessoal externo, esses técnicos podem se deslocar até o ambiente com todas as ferramentas necessárias para a manutenção, quase eliminando a necessidade de múltiplas viagens. (WANG et al, 2006)

Outro ponto especialmente atrativo é a capacidade de prever falhas, que é útil para otimizar a utilização de recursos de uma indústria ao diminuir o tempo em que um determinado equipamento encontra-se ocioso, a espera de manutenção, permitindo o agendamento dessa manutenção para períodos de menor demanda. A manutenção preditiva ainda reduz custos por ser, via de regra, mais barata em termos de custo de peças e de mão de obra do que a manutenção corretiva. (GENG, 2017)

3 APLICAÇÕES

3.1 Indústria 4.0

A Indústria 4.0 é o termo utilizado, segundo a Confederação Nacional da Indústria (2016), para definir o modo de produção que surge quando passamos a integrar e monitorar um determinado processo industrial através da conexão em rede de múltiplos equipamentos dotados de sensores. Nessa visão, os mundos físicos e virtuais do processo de manufatura irão se fundir, formando um sistema ciberfísico, como mostra a figura 3.1.



Figura 3.1 – Composição de um sistema ciberfísico.

Fonte: CNI, 2016

Apesar do termo “Indústria 4.0” poder ser utilizado corretamente para descrever a aplicação dos conceitos de IoT a diferentes setores da atividade industrial, esse termo é geralmente utilizado para descrever a aplicação desses conceitos no contexto da manufatura de bens de consumo, sendo que a fábrica inteligente pode ser considerada o coração da Indústria 4.0 em termos conceituais. (GILCHRIST; 2016)

Essas fábricas têm potencial para trabalhar de forma muito mais eficiente do ponto de vista operacional, pois os dados coletados do chão de fábrica podem ser utilizados para identificar e reduzir gargalos da produção, identificar padrões de consumo de energia para auxiliar na elaboração de práticas de economia de energia e, como será apresentado na construção do protótipo prático, ajudar na detecção e identificação de falhas no processo.

Os departamentos de logística e manutenção também se beneficiam dessa conectividade, onde a integração do processo produtivo pode ser utilizada para reduzir estoques, adaptando-os as flutuações dinâmicas de demanda e para reduzir o tempo de parada e os custos relacionados a

manutenções, aproveitando-se da funcionalidade de manutenção preventiva provida por sensores conectados a softwares analíticos. (BUYYA et al, 2016)

Os dados obtidos da integração entre todos os níveis da cadeia produtiva de uma planta inteligente também podem ser utilizados para determinar estratégias em setores mais abstratos do que aqueles relacionados à operação, logística e manutenção de uma indústria, auxiliando, como ilustrado na figura 3.2, no trabalho dos setores responsáveis por desenvolvimento e marketing de produtos. (CNI, 2016)



Figura 3.2 – Integração de diferentes setores da cadeia de produção, possibilitada pela IoT.

Fonte: CNI, 2016

De acordo com Greengard (2015), essas capacidades sensoriais e de conectividade dos produtos provenientes de uma fábrica inteligente fornecem um maior dinamismo às companhias, podendo ser utilizadas para analisar a preferência dos consumidores e utilizar essa análise para a determinação de estratégias de negócios que aumentem as chances de sucesso de um determinado produto.

Ao analisar o padrão de intensidade de uso de um determinado produto, uma empresa pode, por exemplo, decidir se é mais rentável trabalhar com vendas de determinados aparelhos ou se uma cobrança periódica pela quantidade de uso é mais atrativa para o consumidor.

Esse tipo de obtenção de dados sobre o produto no pós-venda também pode ser utilizado para oferecer um serviço de atendimento ao cliente mais proativo, informando-o sobre necessidades de manutenção, melhores práticas e novas funcionalidades do seu equipamento sem a necessidade de um primeiro contato do consumidor. (BUYYA et al, 2016)

A Internet das Coisas também pode aumentar a eficiência de fábricas de outras formas, como por exemplo oferecendo soluções que otimizem a utilização dos espaços físicos onde elas estão instaladas. Um exemplo desse tipo de economia pode ser visualizado através de uma análise da

evolução tecnológica de robôs industriais, que antes precisariam estar enclausurados em ambientes rigidamente estruturados para evitar que seus movimentos pudessem provocar acidentes, pondo em risco tanto o maquinário industrial da fábrica (como esteiras ou o próprio robô) quanto a integridade física dos colaboradores humanos ali presentes.

Ao equipar esses robôs com sensores de força, sensores de presença e câmeras com conectividade IP, elimina-se a necessidade de enclausuramento dessas máquinas (DACOSTA, 2013), deixando mais espaço livre no terreno da fábrica para a expansão ou a inclusão de outros processos dentro daquele espaço.

3.2 *Healthcare*

A trinta anos atrás, o setor da saúde percebeu um fato simples: o monitoramento dos pacientes traz uma melhora sensível nos resultados do tratamento. Essa epifania, segundo Geng (2017), foi a principal motivadora para o surgimento de dezenas de dispositivos que estão presentes nos quartos de hospitais atualmente: oxímetros de pulso, monitores de múltiplos parâmetros e monitores ECG, entre outros equipamentos, ajudam a equipe médica a oferecer um tratamento mais rápido e de melhor qualidade aos seus pacientes, sendo que a utilização de algoritmos inteligentes aperfeiçoou muitos desses dispositivos médicos, que antes tinham operação mais simples.

Hoje em dia, segundo Behmann e Wu (2015), o setor de assistência médica pode ser dividido em segmentos, com três domínios bem definidos: o indivíduo que busca o acompanhamento médico, as entidades que buscam proporcionar tal acompanhamento e o governo, que estabelece regras, padrões regulatórios e media conflitos entre os outros dois domínios.

À esquerda, na figura 3.3, podemos ver, além desses três domínios, os aspectos relacionados à medicina de tratamento, que entra em cena uma vez que o paciente já se encontra doente e do lado direito temos aspectos relacionados à prevenção, que envolve o desenvolvimento de hábitos mais saudáveis com o objetivo evitar problemas de saúde.

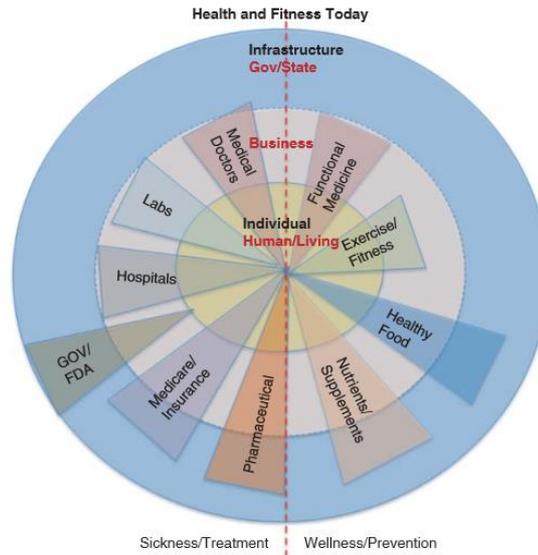


Figura 3.3– Divisões entre os principais setores do ramo da saúde

Fonte: BEHMANN ET AL, 2015

Na visão de Behmann e Wu, a Internet das Coisas poderá, através das suas capacidades de sensoriamento, processamento de dados e conectividade, integrar os domínios e os dois lados desse gráfico, como mostrado na figura 3.4. Isso resultará em sistemas multidisciplinares, onde, por exemplo, aplicações voltadas para uma correta dosagem e administração de medicamentos poderão se comunicar com aplicações voltadas a oferecer um programa nutricional adequado às particularidades e ao tratamento de cada paciente, dando origem a um conceito que o autor chama de “tratamento integrado”.

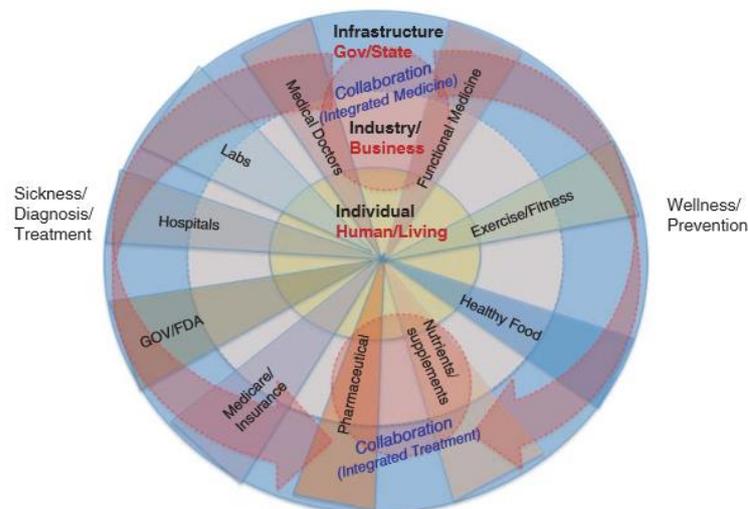


Figura 3.4–Integração entre os principais setores do ramo da saúde

Fonte: BEHMANN ET AL, 2015

Milhares de erros médicos ocorrem em hospitais todos os dias, sendo que muitos desses erros são causados por alarmes falsos, respostas lentas a situações e tratamentos inadequados. Esses problemas podem ser amenizados com soluções tecnológicas baseadas nos princípios da IoT de diferentes formas. (GENG, 2017)

Ao interconectar múltiplos dispositivos, esses alarmes podem se tornar inteligentes, sendo acionados quando vários desses dispositivos encontram anomalias fisiológicas no paciente.

Ao conectar os sistemas de monitoramento aos sistemas de entrega de tratamento podemos ter a administração inteligente de medicamentos, onde um sistema poderia reagir a anomalias na condição do paciente de forma mais rápida e precisa do que o atarefado pessoal médico do hospital.

A figura 3.5 ilustra um desses sistemas, onde o controle inteligente de administração de analgésicos combina a leitura de oxímetros e respiradores, reduzindo alarmes falsos e cessando a infusão de medicamentos para prevenir overdoses em pacientes. O barramento de dados visto é capaz de conectar todos esses componentes, fornecendo uma entrega de dados confiáveis em tempo real.

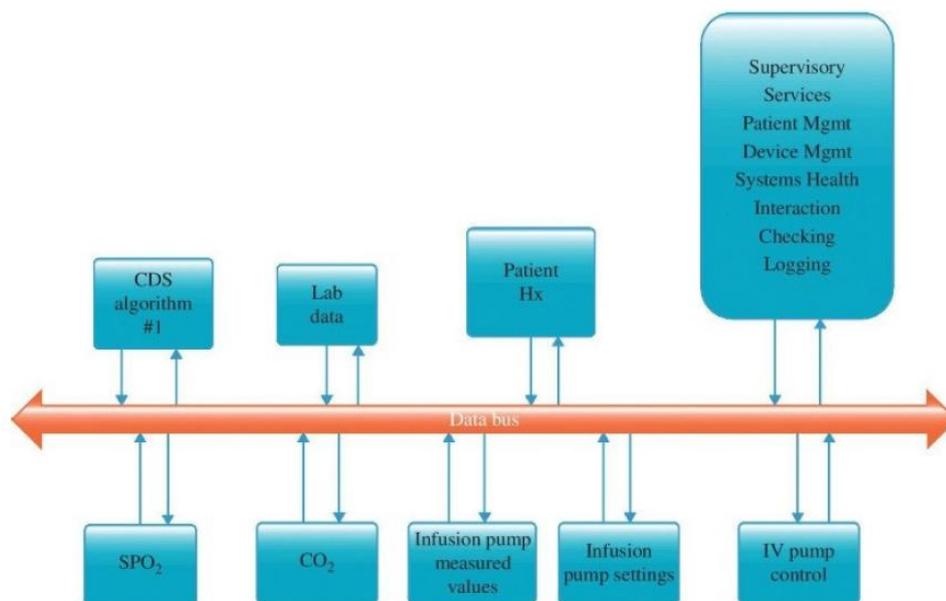


Figura 3.5–Controle inteligente de administração de medicamentos anestésicos

Fonte: GENG, 2017

A partir dessa análise é possível concluir que o objetivo final da IoT na área da saúde é oferecer conectividade suficiente para que, no futuro, instrumentos médicos integrados sejam utilizados para analisar a situação do paciente em tempo real e tenham alarmes e acionamentos inteligentes combinando leituras de variados instrumentos, garantindo que os pacientes recebam o melhor tratamento possível.

3.3 Smart Car

Nos últimos anos, a utilização de telemática e de aquisição de dados de última geração para veículos de passeio deixou de ser uma visão futurista e se tornou realidade. Ao embutir conectividade *wireless* nos veículos, montadoras passam a contar com a possibilidade de disponibilizar toda a sorte de novas funcionalidades aos automóveis. Algumas dessas funcionalidades podem ser visualizadas na figura 3.6. (BEHMANN ET AL, 2015)

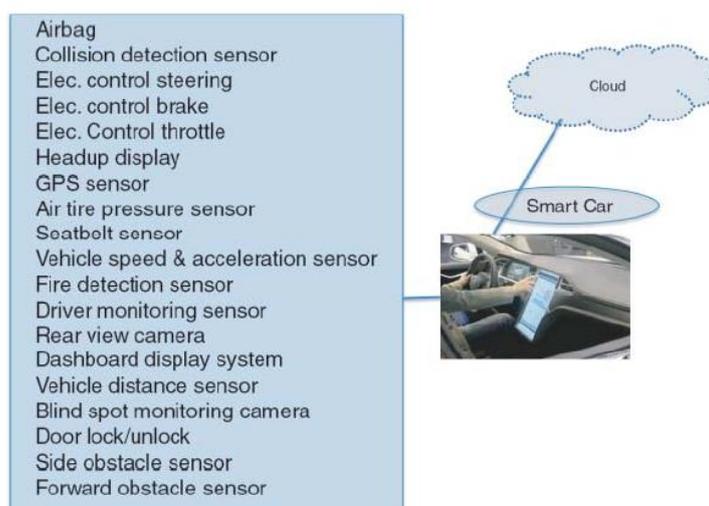


Figura 3.6 – Funcionalidades permitidas ou aprimoradas através da IoT

Fonte: BEHMANN ET AL, 2015

Ainda segundo Behman, essas novas funcionalidades vão desde aplicações básicas de segurança e conectividade (como por exemplo a detecção automática de batidas e a notificação automática aos interessados após o ocorrido) até aplicações de segurança de última geração baseadas em comunicação entre dois veículos ou entre um veículo e a própria infraestrutura das rodovias, como ilustrado na figura 3.7.

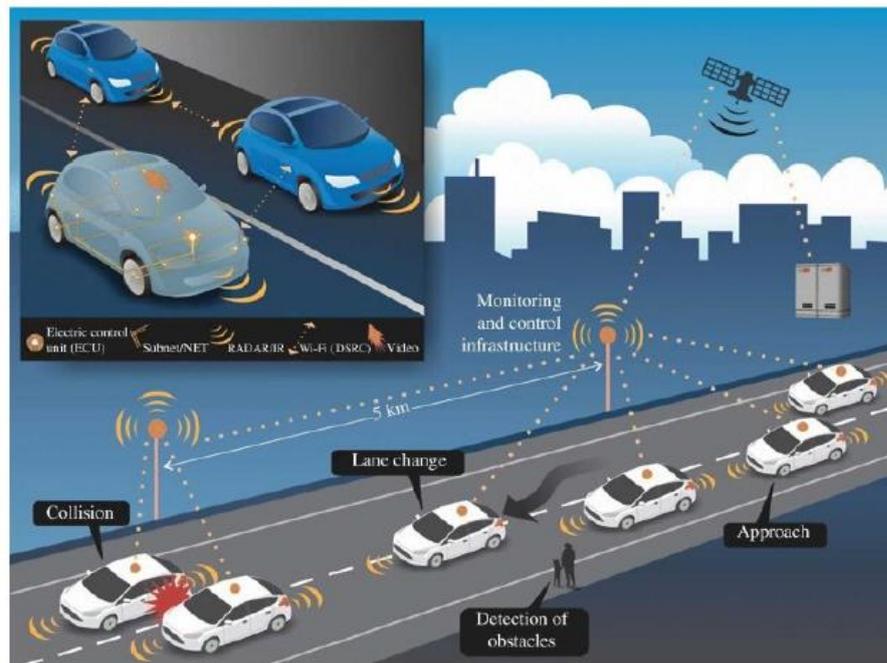


Figura 3.7 – Exemplos de comunicação entre os veículos e a infraestrutura rodoviária.

Fonte: GENG, 2017

Ao alcançar um patamar elevado de conectividade e capacidade de obtenção de dados, geralmente composto por múltiplos dispositivos interconectados de detecção de obstáculos como mostra a figura 3.8, o veículo inteligente passa a não depender mais de um condutor humano para ser capaz de cumprir uma determinada rota, passando a receber a designação de veículo autônomo (NHTSA, 2016). O órgão de administração de segurança de tráfego rodoviário do Estados Unidos, utilizando a definição da Sociedade de Engenheiros Automotivos, agrupa os automóveis em cinco níveis, dependendo do nível de automação presente:

- **Nível 0:** O condutor humano é responsável por todas as funções básicas do veículo.
- **Nível 1:** Um sistema automatizado presente no veículo é capaz de ajudar o motorista com algumas tarefas em algumas situações específicas.
- **Nível 2:** Um sistema automatizado no veículo pode ser responsável por algumas funções do ato de dirigir, enquanto cabe ao condutor humano a tarefa de monitorar o ambiente ao seu redor e se responsabilizar pelas funções que o sistema computadorizado não for capaz de operar.

- **Nível 3:** Um sistema automatizado pode, ao mesmo tempo, ser responsável por algumas funções do ato de dirigir e ser responsável por monitorar o ambiente ao seu redor, mas o condutor humano deve estar atento para assumir o controle do veículo quando o próprio sistema requisitar.
- **Nível 4:** O sistema automatizado pode ser responsável por ambas as funções definidas anteriormente e não exige que o condutor humano assuma o controle em nenhum momento, mas só pode operar em alguns ambientes e sob algumas circunstâncias.
- **Nível 5:** O sistema automatizado pode ser responsável por todas as funções do ato de dirigir em qualquer situação onde um ser humano seria capaz de fazê-lo.

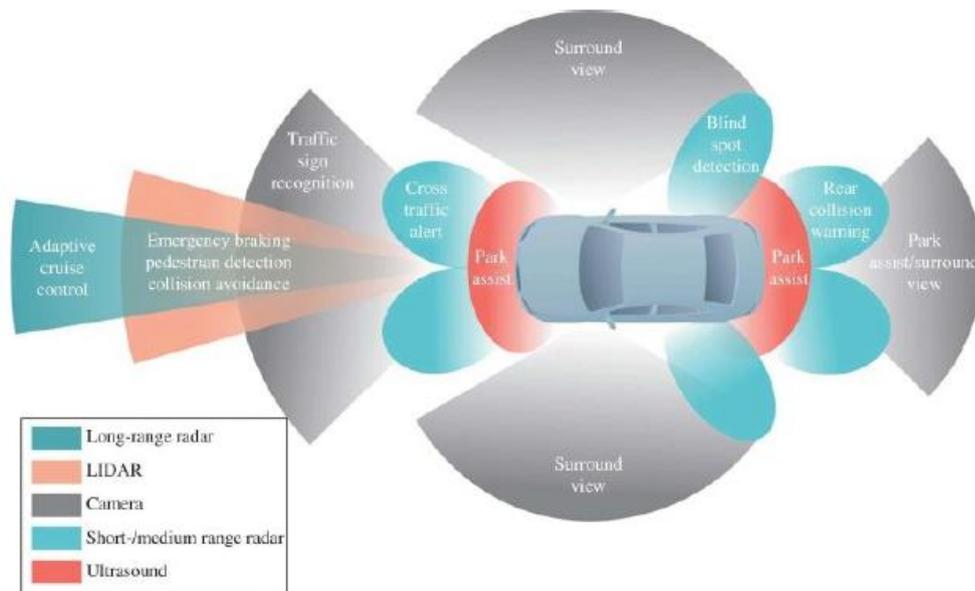


Figura 3.8 – Dispositivos de prevenção de colisões em veículos autônomos e semiautônomos

Fonte: GENG, 2017

Apesar de existirem algumas preocupações em relação à segurança e de veículos semiautônomos sendo testados em vias públicas já terem se envolvido em acidentes (inclusive com vítimas fatais) (AWAD et al, 2018), essa tecnologia tem enorme potencial para salvar vidas no futuro visto que erros humanos, seja por imprudência ou imperícia, estão presentes em grande parte dos acidentes de trânsito. Além disso, essa tecnologia promete economizar

recursos, diminuir o tempo de viagens e aumentar o conforto da experiência automobilística de um modo geral.

3.4 *Smart Home*

A Casa Inteligente pode ser definida como um ambiente onde dispositivos eletrônicos de diferentes tipos são interligados através de uma rede, com o objetivo de oferecer serviços inteligentes aos habitantes daquela residência. (SHOURAN et al, 2019). Essas casas são compostas de múltiplos dispositivos embutidos com sensores e conectividade com objetivo de fornecer maior conforto, segurança e otimização de recursos para os habitantes. Um exemplo de arquitetura de um sistema de automação residencial baseado nos conceitos da IoT pode ser visualizado na figura 3.9

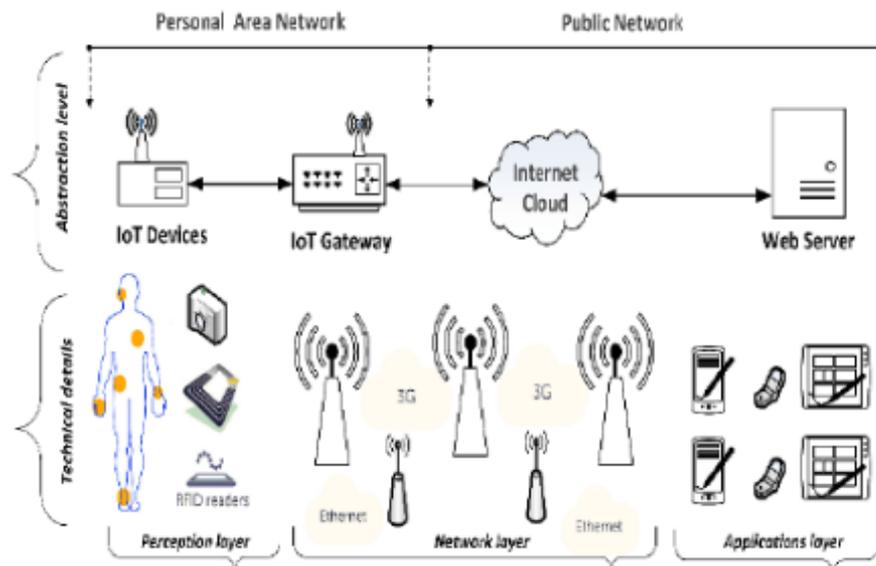


Figura 3.9 – Arquitetura de uma casa inteligente baseada nos conceitos de IoT

Fonte: SHOURAN et al, 2019

Uma casa inteligente pode ser dividida em sistemas que, segundo Behman, agrupam os dispositivos inteligentes que a compõe de acordo com a função que esses equipamentos desempenham no ambiente doméstico. Nesse contexto, uma habitação poderia ser considerada inteligente quando pudesse oferecer a possibilidade de controle integrado de pelo menos dois desses sistemas.

- **Controle do ambiente:** Dispositivos inteligentes de controle de temperatura, umidade e condições climáticas do ambiente, como termostatos, cortinas, alarmes de fumaça, sprinklers, umidificadores de ar e aparelhos de ar condicionado.
- **Energia:** Dispositivos cuja função é otimizar o consumo de energia da casa, como medidores para consumo de eletricidade, água, gás e sistemas de iluminação inteligentes.
- **Segurança:** Dispositivos de segurança contra ameaças externas, como câmeras, sensores de movimento e travas ou alarmes contra intrusos.
- **Saúde e Bem-estar:** Dispositivos, geralmente portáteis, que monitoram parâmetros relacionados à saúde dos habitantes, como por exemplo o *FitBit* ou o *iWatch*.
- **Entretenimento:** Sistemas composto pelos equipamentos de lazer da casa, como televisões inteligentes, *home theaters* e equipamentos de som.

Além disso, a *smart home* deve fornecer a possibilidade de acesso aos dados provenientes desses sistemas de forma remota, para que o usuário possa visualizar e ajustar certos parâmetros sem a necessidade de estar presente no ambiente doméstico. A computação em nuvem aparece novamente, segundo Nabi (2014), como a solução mais indicada para fornecer esse tipo de funcionalidade, pela ampla mobilidade e gama de possibilidades de desenvolvimento de aplicações para tratamento de dados que podem ser oferecidos através da nuvem.

Esse ramo da IoT apresenta grande potencial de crescimento nos próximos anos, onde existem previsões que até metade das casas nos Estados Unidos poderão ser consideradas inteligentes até 2025, sendo que a maioria dessas casas será equipada por sistemas de automação instalados pelos próprios ocupantes. (GENG, 2017)

4 CONSTRUÇÃO DA APLICAÇÃO IIOT.

Conforme apresentado no capítulo 2, a utilização da tecnologia de computação em nuvem é de suma importância para a materialização do conceito de Internet da Coisas, tanto no âmbito da conexão de bens de consumo à rede quanto no ramo industrial, onde o objetivo geral da aplicação da comunicação em nuvem é possibilitar o acesso, o tratamento e a alteração de dados de forma remota.

Serão apresentadas nesse capítulo as etapas de desenvolvimento desse tipo de aplicação, com foco no ramo industrial. Um *gateway* IIoT será configurado para simular o processo de controle de nível de um tanque com ajuda de um controlador lógico programável, recebendo e sendo capaz de manipular *tags* referentes à entradas e saídas desse controlador de forma remota, emitindo alarmes e enviando-os por e-mail para as partes interessadas e disponibilizando uma interface amigável de visualização e controle desse processo através de *dashboards* visualizados via internet.

4.1 O gateway IIoT eWON Flexy 205

O eWON Flexy é um *gateway* IIoT e um roteador de acesso remoto especialmente projetado para as necessidades de fabricantes originais de equipamentos e integradores de sistema. Utilizando esse equipamento, as empresas que trabalham nesse ramo podem, entre outras aplicações, identificar e buscar soluções para eventuais falhas em suas máquinas, ter um maior controle sobre as causas dessas falhas, depurar e buscar erros de programação na lógica de um CLP utilizado em conjunto com a máquina e acessar uma IHM ou fazer o *upload* de um programa contido no CLP para otimização de sua lógica, tudo isso de forma remota. (JACOBSEN et al, 2017)

Além de permitir o acesso a dados e programas, o Flexy conta com ferramentas que permitem o tratamento desses dados, monitorando e coletando indicadores vitais de performance (KPI's, na sigla em inglês) para análises. Essa característica é primordial para a aplicação do conceito de *as-a-service* citado anteriormente, pois permite que OEM's acompanhem em tempo real a produtividade e a frequência de utilização de seus equipamentos, podendo optar por oferecer opções de cobranças periódicas baseadas em uso e produtividade ao invés de trabalhar exclusivamente com vendas.

É importante ressaltar que essas ferramentas de acesso, monitoramento e tratamento de dados oferecem possibilidades de negócios não apenas para as empresas dos ramos citados anteriormente, mas também abrem possibilidades do surgimento de novas companhias de serviços e de utilização do *gateway* pelo próprio cliente final. No primeiro caso, as companhias têm a possibilidade de instalar o Flexy em máquinas já previamente adquiridas por algum cliente e cobrar por serviços de monitoramento e manutenção preventiva, otimização da produção, envio de alarmes ou acesso remoto a *dashboards* de controle. O cliente final pode, se for do seu interesse, treinar uma equipe para trabalhar com o Flexy e desenvolver todas essas funcionalidades internamente, eliminando a necessidade de contratação de serviços externos.

Fisicamente, como ilustrado na figura 4.1, o aparelho vem equipado de fábrica com quatro portas *fast ethernet* de cobre, um leitor de cartão SD, dois pontos de entradas digitais, um ponto de saída digital e capacidade para historiar um milhão de registros com determinação da hora em que ocorreram. Ele pode ser alimentado com uma tensão na faixa de 12-24 Vcc e pode trabalhar em ambientes com temperaturas na faixa de -25°C a 40°C.

Flexy205	IIOT Gateway and Remote Access Router	
	Switch	Configurable LAN/WAN switch; 4x10/100Mb
	SD card reader	Yes
	Input/Output	2xDI, 1xDO
	Historical logging	1 million time-stamped points
	Power Supply	12-24 VDC +/-20%, LPS
	Temperature range	-25°C to +70°C
	Marking	CE cRUus FCC
	Warranty	24 months
	Product ref.	Flexy205

Figura 4.1 – Características construtivas do Flexy 205

Fonte: EWON, 2019

Outra característica do Flexy 205, mostrada na figura 4.2, é a sua arquitetura modular, com a possibilidade de ampliação das opções de comunicação do *gateway* de forma local (como expansões com portas seriais e USB) e de ampliação de opções de conectividade (como expansões que permitem conexão com redes WI-FI, 3G e 4G) através da adição de cartões de expansão. Esses cartões também podem ser usados para ampliar a quantidade de pontos de I/O presentes no dispositivo.



Figura 4.2 – Opções de módulos de expansão para o Flexy 205

Fonte: EWON, 2019

4.2 Conexão de um dispositivo à internet utilizando o Flexy 205

O processo de conexão de um dispositivo à internet através da sua integração com o Flexy envolve basicamente três etapas: a comunicação do dispositivo cujos dados serão disponibilizados remotamente com o Flexy, a comunicação do Flexy com a nuvem Talk2M através uma rede privada virtual (VPN, na sigla em inglês) e a comunicação do usuário com essa mesma nuvem, também através de uma VPN. A figura 4.3 apresenta um esquema que ilustra essas três etapas.

Esse tipo de rede funciona criando tuneis de transmissão de dados entre diferentes dispositivos, com controles de acesso à rede baseados em métodos de autenticação, como senhas, para garantir a privacidade da comunicação.

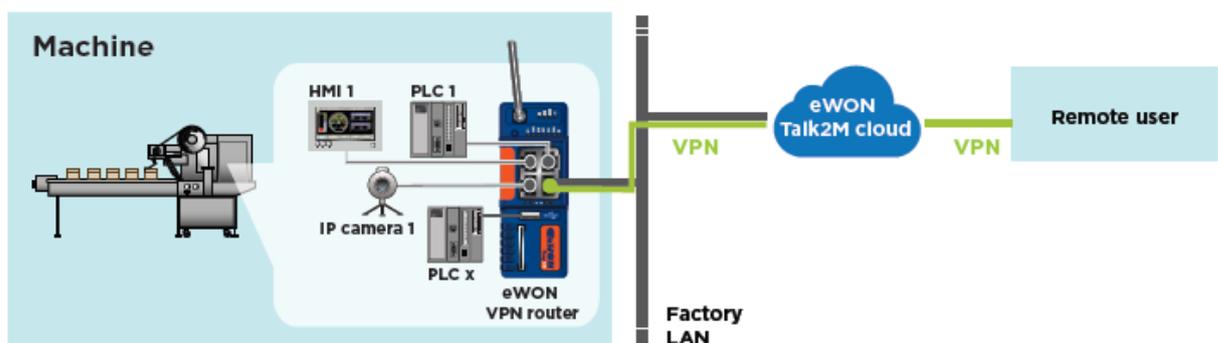


Figura 4.3 – Esquema de conexão de dispositivos à internet utilizando o Flexy

Fonte: JACOBSEN et al, 2017

O primeiro passo será criar uma conta no servidor Talk2M através do *software* eCatcher, cuja interface é mostrada na figura 4.4. Após a conclusão do cadastro, um e-mail será enviado para o endereço definido pelo usuário para que o mesmo possa ativar sua conta.

Após a ativação da mesma, é necessário fazer o *login* na conta e adicionar o dispositivo ao *software*, definir um nome para o mesmo e, se necessário, incluir informações adicionais, como uma descrição.

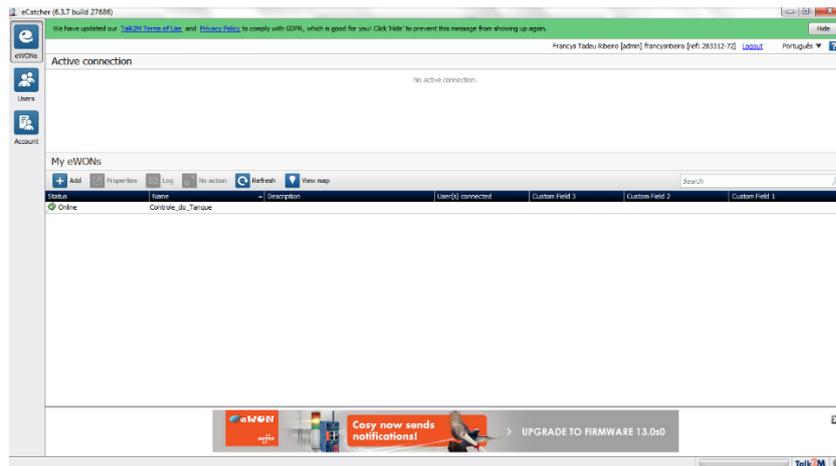


Figura 4.4 – Interface do Software eCatcher

Fonte: Autor

Em seguida é necessário utilizar outro software, chamado eBuddy, cuja interface é mostrada na figura 4.5, que é uma ferramenta de configuração e manutenção do *gateway*. Esse *software* é responsável por disponibilizar informações básicas sobre o dispositivo para visualização, definir seu endereço de IP, realizar atualizações de firmware e backups ou restaurações.

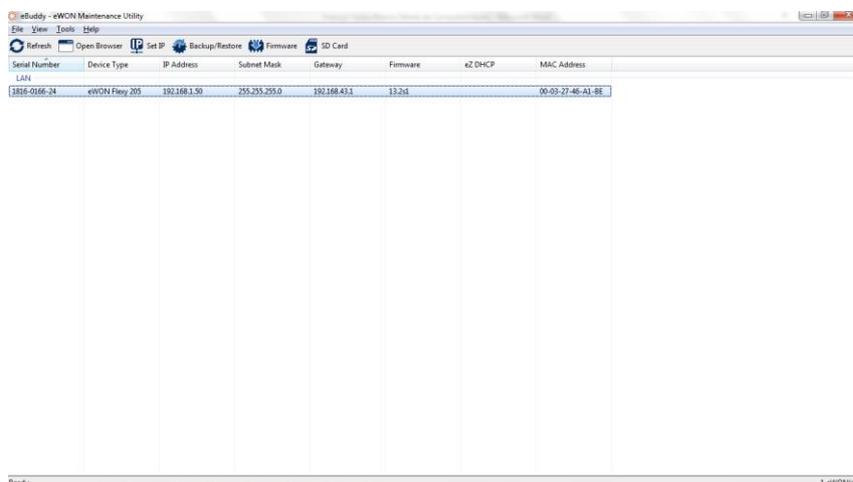


Figura 4.5 – Interface do Software eBuddy

Fonte: Autor

O próximo passo corresponde à definição, através do acesso IP usando um navegador, das configurações de sistema do dispositivo (definindo, por exemplo, quais portas serão utilizadas para comunicação local e qual será utilizada para conectar o dispositivo à internet), das suas configurações de conectividade à internet (nessa etapa é definida, por exemplo, qual será o tipo de rede utilizada pelo *gateway* para acessar a internet) e do estabelecimento de uma rede privada virtual para que o Flexy troque informações com a nuvem Talk2M de forma segura. Após a conclusão dessas três etapas, o gateway estará pronto para prover acesso remoto. A figura 4.6 mostra a interface *web* embutida no Flexy.

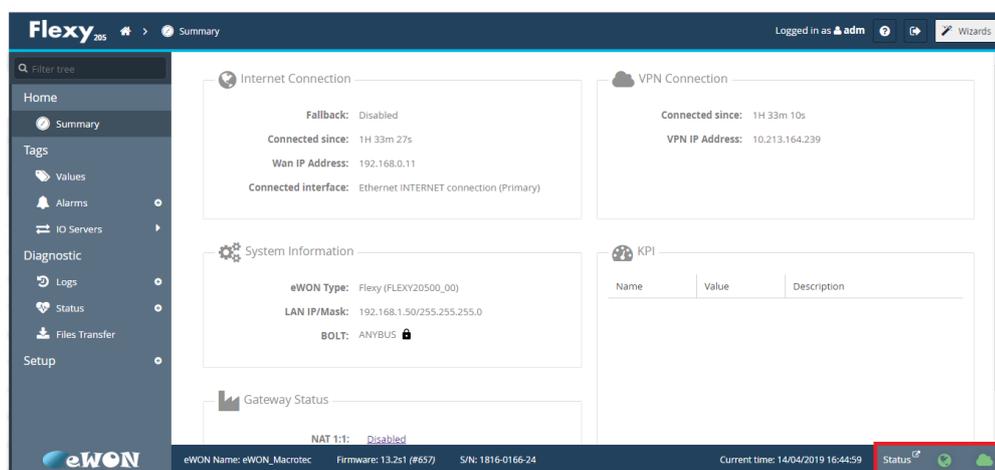


Figura 4.6 – Interface web do Flexy.

Fonte: Autor

Para completar a etapa de estabelecimento de comunicação, basta voltar ao eCatcher, encontrar o dispositivo adicionado inicialmente e conectar-se a ele, estabelecendo o túnel VPN entre o usuário e a nuvem.

4.3 Criação de tags e alarmes

Uma das funcionalidades permitidas pelo navegador do Flexy é a criação de *tags*, onde é possível configurar alarmes específicos para cada uma delas, com a definição de valores limitantes superiores e inferiores que acionam tais alarmes e a determinação de endereços de e-mail e números de telefone celular para que mensagens, cujo conteúdo também pode ser definido pelo usuário, possam ser enviadas quando tais valores forem atingidos. Um exemplo de mensagem de alarme pode ser visualizado na figura 4.7.

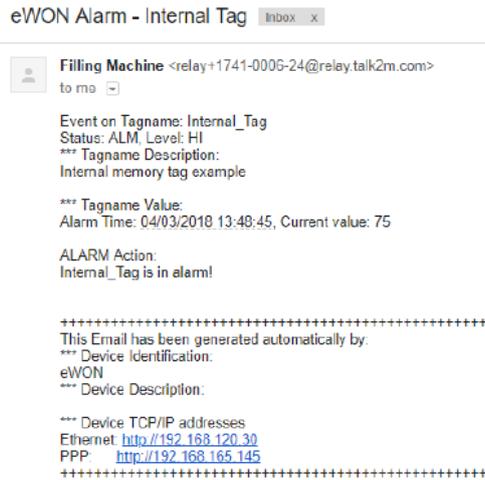


Figura 4.7 – Mensagem de alarme enviada por email.

Fonte: Autor

Essas *tags* podem ser utilizadas internamente ou podem ser associadas a *tags* externas, com o objetivo de manipular dados de dispositivos com os quais o Flexy esteja se comunicando. É importante ressaltar que o endereço da *tag* declarada deve ser exatamente igual ao nome designado para sua equivalente na lógica Ladder elaborada para o controlador e que ambas devem receber o mesmo tipo de dado, seja ele inteiro, booleano e assim por diante. A figura 4.8 exemplifica a configuração de *tags* do Flexy para que elas correspondam às *tags* de um dispositivo externo.

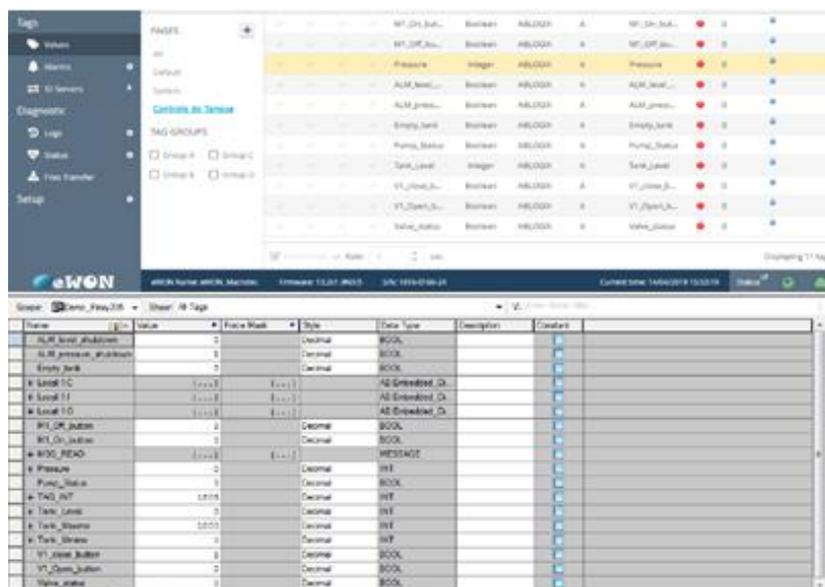


Figura 4.8 – Equivalência entre as *tags* criadas para o Flexy e aquelas presentes na lógica do controlador.

Fonte: Autor

a válvula que libera a passagem desse líquido é aberta, permitindo o preenchimento do tanque. Esse preenchimento é representado visualmente em tempo real, como mostrado na figura 4.10, pela animação presente na figura do tanque e pelo gráfico dos valores ao longo do tempo presentes nessa *dashboard*. Os estados da válvula e da bomba são representados visualmente de forma análoga.

Vale notar também a presença de indicadores analógicos para os valores limite permitidos para o volume de líquido presente no tanque (tanto mínimo quanto máximo) e para o valor atual desse volume, que acompanha uma variação real por estar associado a uma *tag* da lógica Ladder responsável pelo controle da aplicação. Vale reparar também no botão “Config Menu” presente no canto superior, que nos direciona à tela de configuração *browser* do Flexy vista anteriormente.

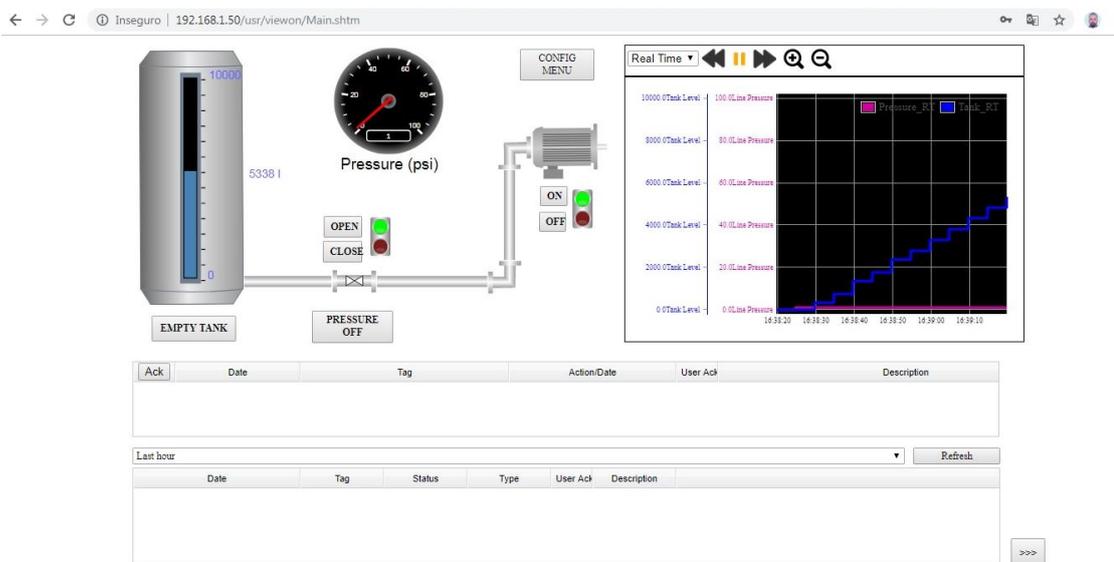


Figura 4.10 – Animações presentes na Dashboard

Fonte: Autor

Quando o volume de líquido presente atinge 80% da capacidade máxima do tanque, a bomba é desligada automaticamente para evitar o risco de vazamento e um alarme é emitido e enviado instantaneamente para os endereços de e-mail cadastrados. Esse alarme contém uma mensagem pré-configurada, com o valor atual da variável que originou o alarme e um documento anexo contendo o histórico de alarmes. A figura 4.11 mostra o formato do e-mail recebido quando esse alarme é ativado.

Caixa de entrada 9.985

Com estrela

Adiados

Importante

Enviados

Rascunhos 48

Francys Tadeu +

inglês > português Traduzir mensagem

Event on Tagname: Tank_RT
Status: ALM, Level: HI
*** Tagname Description:

*** Tagname Value:
Alarm Time: 20/04/2019 16:39:46, Current value: 8000

ALARM Action:
O tanque atingiu 80% de sua capacidade. Bomba desligada para evitar vazamentos.

This Email has been generated automatically by:
*** Device Identification:
eWON Macrotec
*** Device Description:

*** Device TCP/IP addresses
Ethernet: <http://192.168.1.50>
PPP: <http://192.168.0.11>

Nenhum contato do Hangouts
[Encontre alguém](#)

Figura 4.11 – Alarme de nível de tanque.

Fonte: Autor

De forma análoga, se a válvula for fechada enquanto a bomba ainda está em pleno funcionamento, a pressão na tubulação começa a aumentar bruscamente. A informação sobre os valores e o aumento de pressão são visualizadas pelo usuário, como mostra a figura 4.12, através de um mostrador de pressão analógico no canto superior e através do gráfico de monitoramento de pressão. Quando esse valor atinge 75 psi, um alarme é gerado e uma mensagem de alerta enviada ao usuário. Quando atinge 100 psi, a bomba é desligada automaticamente.

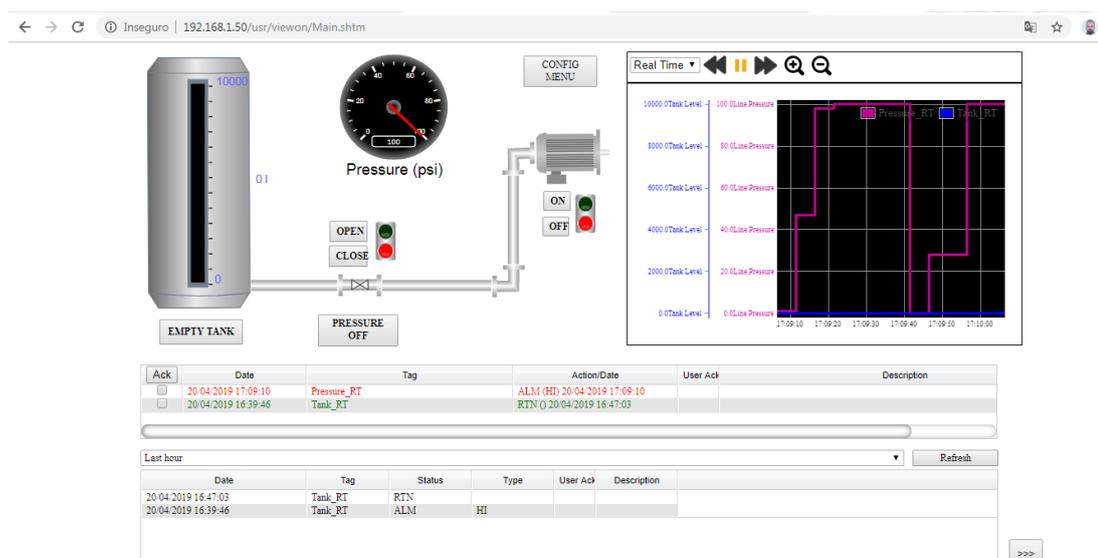


Figura 4.12 – Alarmes e acionamentos automáticos representados na Dashboard.

Fonte: Autor

Toda a aplicação é coordenada por um controlador lógico programável através de uma lógica Ladder, apresentada de forma parcial na figura 4.13, que simula os valores de aumento de nível e pressão no tanque através de um timer, cujos valores acumulados representam as variáveis de nível e pressão. Duas saídas do controlador também são ativadas por essa lógica, com o intuito de demonstrar que poderíamos utilizar essa aplicação para dar comandos a dispositivos presentes no chão de fábrica.

Ela também apresenta elementos de segurança contra falha humana, impedindo que a bomba seja ligada novamente sem a correção dos problemas que levaram ao alarme: no caso do alarme de nível, a bomba só poderá ser novamente ligada quando o tanque for esvaziado e no caso do alarme de pressão, após a válvula de escape de pressão ter sido acionada.

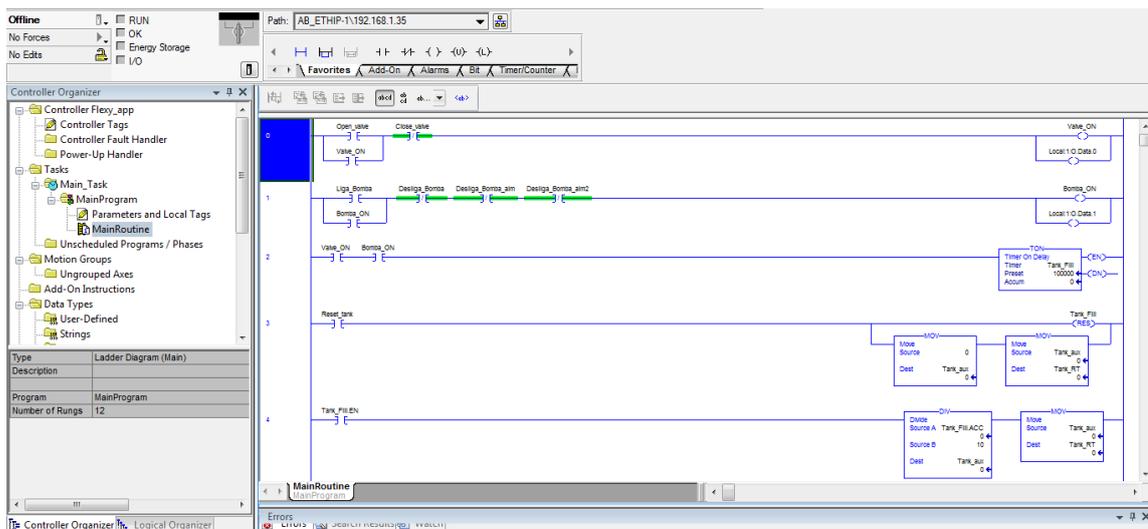


Figura 4.13 – Trecho da lógica de controle utilizada.

Fonte: Autor

O sucesso na construção dessa aplicação pode ser evidenciado pelo fato de todos os testes terem sido feitos utilizando um computador pessoal que não se encontrava conectado ao controlador cuja lógica e as saídas estavam sendo manipuladas. Esse controlador estava ligado ao Flexy em uma rede local, sendo que poderia ter sido controlado e monitorado por qualquer smartphone com sistemas operacionais Android ou iOS no qual o aplicativo “eCatcher Mobile” estivesse instalado.

5 CONCLUSÕES.

O estudo da história do conceito de IoT feito no início deste trabalho revela que tal conceito não surge a partir de uma única tecnologia, produto ou projeto de pesquisa. A ideia de se conectar objetos à uma rede comum para que possam trocar dados é proposta desde o começo dos anos noventa e vêm amadurecendo desde então, com novas possibilidades de utilização surgindo a medida que ocorrem avanços nas tecnologias que tornam essa ideia possível.

Quanto às tecnologias, é perceptível que a materialização do conceito de uma rede para dispositivos eletrônicos seria impossível sem avanços tecnológicos recentes, tanto nos dispositivos que estão sendo conectados à rede quanto nas próprias redes e protocolos de comunicação que orientam as trocas de dados.

Não seria possível trazer esse conceito para o mundo real sem capacidade de comunicação sem fio e não seria possível desenvolver aplicações que justificassem seu custo de implementação sem a presença de sensores portáteis e confiáveis para colher dados e de softwares e serviços computacionais robustos para tratar esses dados.

As aplicações do conceito de IoT, como mostradas no trabalho, são diversas em natureza e encontram-se em diferentes estágios de implementação, sendo que algumas já se encontram plenamente operacionais, com fábricas operando com o mínimo de interferência humana através da troca de dados entre os dispositivos que as compõe e construções residenciais contando com diversos elementos de automação conectados em rede, enquanto outras aplicações ainda encontram-se em fases de teste, com algumas questões tecnológicas e até mesmo morais em aberto, como é o caso do carro autônomo.

A construção de uma aplicação IIoT é importante para demonstrar a viabilidade, tanto técnica quanto financeira, em buscar soluções baseadas nos conceitos de IoT. A viabilidade técnica é demonstrada a partir da conexão de um controlador industrial à internet, o que possibilita visualização e a manipulação de suas variáveis de forma remota através da internet.

A viabilidade financeira pode ser enxergada ao perceber a simplicidade de implementação e configuração desse sistema, que não exigiu mão de obra altamente especializada (e, portanto, cara) ou um time de profissionais multidisciplinar em seu desenvolvimento. Outro ponto importante nessa questão é que o custo de aquisição do *gateway* responsável pela conectividade da aplicação pode ser menor que o valor de uma única viagem de um engenheiro de campo.

5.1 Considerações Finais

É importante ressaltar que algumas questões de segurança precisam ser consideradas ao elaborar um projeto de controle e automação baseado na conectividade em rede de dispositivos. Segundo Greengard (2015), falhas de segurança envolvendo dispositivos conectados já afetaram quase todos os setores produtivos da economia, desde o setor financeiro até o setor de tratamento de saúde, onde hackers responsáveis por procurar vulnerabilidades em aplicações conectadas encontraram formas de acessar, sem autenticação válida, equipamentos como desfibriladores e bombas de insulina.

Em outro estudo, Dhanjani (2010) mostra formas de acessar e manipular indevidamente dados das aplicações IoT mais disseminadas, como fechaduras, sistemas de iluminação e de monitoramento de crianças recém-nascidas, com o objetivo de alertar desenvolvedores sobre os perigos aos quais qualquer equipamento conectado à internet está sujeito.

O projeto apresentado nesse estudo conta com elementos de segurança de rede embutidos no próprio *software* que realiza a comunicação entre o dispositivo conectado à internet e o *gateway*, porém caso uma aplicação esteja sendo desenvolvida com equipamentos que não contem com esse tipo de proteção, o desenvolvedor deve tomar bastante cuidado para projetar um sistema robusto e, na medida do possível, a prova de ataques maliciosos externos.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros.

A continuação e o aprimoramento desse trabalho podem ser feitos através de um estudo de caso, onde seria analisada a forma como a aquisição e a visualização remota dos dados obtidos pelo *gateway* apresentado podem afetar as decisões estratégicas de negócios pelos níveis de marketing, gerência e gestão de uma determinada empresa.

Esse estudo complementaria o trabalho atual ao mostrar quais foram os dados analisados para tomar decisões estratégicas, como se deu a análise desses dados, quais foram as decisões tomadas com base nesses dados e as diferenças entre essas decisões e os procedimentos padrões adotados até então pela empresa. Tal estudo pode também analisar quais foram os resultados obtidos pela companhia, tanto em questões operacionais quanto de lucratividade e corte de despesas, com o objetivo de deixar ainda mais clara a questão das vantagens obtidas ao se conectar dispositivos industriais à internet.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHTON, K. That ‘Internet of Things’ Thing. **RFID Journal**, [s.l.], [s.v.], [s.n.], jun. 2009. Disponível em: <<http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That%20Internet%20of%20Things%20Thing.pdf>>. Acesso em 4 out. 2018.
- ATZORI, L.; LERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: A Survey. **Computer Networks**, Sardinia, v. 54, n. 15, p 2787-2805, out. 2010. Disponível em: <<https://www.cs.mun.ca/courses/cs6910/IoT-Survey-Atzori-2010.pdf>>. Acesso em 01 nov. 2018.
- AWAD, E.; LEVINE, S.; KLEIMAN-WEINER, M.; DSOUZA, S.; TENENBAUM, J. B.; SHARIFF, A.; BONNEFON, J.; RAHWAN, I. Blaming humans in autonomous vehicle accidents: Shared responsibility across levels of automation. **Computing Research Repository**. [s.l.], [s.v.], [s.n.], mar. 2018. Disponível em: <<https://arxiv.org/pdf/1803.07170.pdf>>. Acesso em 10 abr. 2019.
- BEHMANN, F.; WU, K. **Collaborative Internet of Things (C-IoT): For Future Smart Connected Life and Business**. 1. Ed. West Sussex: John Wiley & Sons, 2015. 282 p.
- BIAN, J.; YOSHIGOE, K.; HICKS, A.; YUAN, J.; HE, Z.; XIE, M.; GUO, Y.; PROSPERI, M.; SALLOUM, R.; MODAVE, F. Mining Twitter to Assess Public Perception of the “Internet of Things”. **PLOS ONE**, [s.l.], v. 11 n. 7, jul. 2016. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4938510/>>. Acesso em: 05 mai. 2019.
- BUYYA, R.; DASTJERDI, A.; V. **Internet of Things: Principles and Paradigms**. 1. Ed. Cambridge: Morgan Kaufman, 2016. 378 p.
- CARDULLO, M. W. Genesis of the Versatile RFID Tag. **RFID Journal**, [s.l.], [s.v.], [s.n.], abr. 2003. Disponível em: <<https://www.rfidjournal.com/articles/pdf?392>>. Acesso em 27 set. 2018.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016. 34 p.

DACOSTA, F. **Rethinking the Internet of Things: A Scalable Approach to Connecting Everything**. 1. Ed. New York: Apress, 2013. 164 p.

DHANJANI, N. **Abusing the Internet of Things: Blackouts, Freakouts and Stakeouts**. 1. Ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2015. 299 p.

ELIAS, G.; LOBATO, L. C. **Arquitetura e protocolos de rede TCP-IP**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Escola Superior de Redes, 2013. 418 p.

EVANS, D. The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything. **Cisco Internet Business Solutions Group**, [s.l.], [s.v.], [s.n.], abr. 2011. Disponível em: <https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf>. Acesso em 10 out. 2018.

EWON. Flexy 205 for Industrial Data Solutions, 2019. Disponível em: <https://ewon.biz/docs/librariesprovider10/ewon-english/brochures/flexy-205.pdf?sfvrsn=7a290d6_12>. Acesso em 12 abr. 2019.

GENG, H. **The Internet of Things and Data Analytics Handbook**. 1. Ed. Nova Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2017. 800 p.

GILCHRIST, A. **Industry 4.0: The Industrial Internet of Things**. 1. Ed. Nonthaburi: Apress, 2016. 250 p.

GREENGARD, S. **The internet of things**. 2. ed. Cambridge: The MIT press, 2015. 73 p.

JACOBSEN, J.; MILLER, L. **Secure Remote Access for Industrial Machines**. 1. Ed. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2017. 52 p.

LEINER, B. M.; CERF, V. G.; CLARK, D. D.; KAHN, R. E.; KLEIROCK, L.; LYNCH, D. C.; POSTEL, J.; ROBERTS, L. G.; WOLFF, S. Brief History of the Internet. **ACM SIGCOMM Computer Communication Review**, Nova York, v. 39, n. 5, p. 22-31, out. 2009. Disponível em: <<https://www.cs.ucsb.edu/~almeroth/classes/F10.176A/papers/internet-history-09.pdf>>. Acesso em 15 set. 2018.

LUGLI, A. B. **Uma Ferramenta Computacional para Análise de Topologia e Tráfego para Redes Industriais**. 2007. 72f. Tese (Mestrado em Ciências em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá. 2007.

LUKASIK, S. J. Why the Arpanet Was Built. **IEEE Anals of the History of Computing**, Nova Jersey, v. 33, n. 3, p. 4-21, mar. 2011.

MACLEOD, E. **Alexander Graham Bell: An Inventive Life**. 1. ed. Toronto: Kids Can Press, 1999. 32 p.

MADAKAM, S; RAMASWAMY, R; TRIPATHI, S. Internet of Things (IoT): A Literature Review. **Journal of Computer and Communications**. Mumbai. v. 3, n. 5, p. 164-173, 2015.

MIRAZ, M. H.; ALI, M.; EXCELL, P. S.; PICKING, R. Internet of Nano-Things, Things and Everything: Future Growth Trends. **Future Internet**, [s.l.], v. 10, n. 8, jul. 2018. Disponível em: < <https://www.mdpi.com/1999-5903/10/8/68/pdf> >. Acesso em: 05 mai. 2019.

MORAES, C.; CASTRUCI, P. **Engenharia de Automação Industrial**. 2. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 347 p.

NABI, Z.; ALVI, A. Clome: The Practical Implications of a Cloud-based Smart Home. **Computing Research Repository**. [s.l.], [s.v.], [s.n.], abr. 2014. Disponível em: < <https://pdfs.semanticscholar.org/95c1/bdd85cca0066ce5b07d102ba81d23eb41bcd.pdf> >. Acesso em 12 abr. 2019.

NASH, J. B. **Spectatoritis**. 1. ed. Nova York: Sears Publishing Company, 1932. 284 p. Disponível em: < <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015026444193;view=1up;seq=298> >. Acesso em: 1 set. 2018.

NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION. **Federal Automated Vehicles Policy: Accelerating the Next Revolution in Roadway Safety**. 2016. Disponível em: < http://www.safetyresearch.net/Library/Federal_Automated_Vehicles_Policy.pdf >. Acesso em 25 abr. 2019.

ORNES, S. Core Concept: The Internet of Things and the explosion of interconnectivity. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [s.l.], v. 113, n. 40, out. 2016. Disponível em: < <http://www.pnas.org/content/113/40/11059> >. Acesso em 1 out. 2018.

PFISTER, C. **Getting Started with the Internet of Things**. 1. Ed. California: O'Reilly Media, 2011. 176 p.

RONALDS, B. The bicentennial of Francis Ronalds's electric telegraph. **Physics Today**, [s.l.], v. 69, n. 2, p. 26, fev. 2016. Disponível em: <<https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/PT.3.3079?journalCode=pto>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

SCHIFFER, V. **The Common Industrial Protocol (CIP) and the Family of CIP Networks**. 1. Ed. Michigan: ODVA, 2016. 134 p.

SCHÜTZE, A; HELWIG, N; SCHNEIDER, TIZIA. Sensors 4.0 – Smart sensors and Measurement Technology Enable Industry 4.0. **Journal of sensor and sensor systems**. Saarbrücken, Alemanha. v. 7, n. 1, p. 359-371, 2018.

SHOURAN, Z.; ASHARI, A.; PRIYAMBODO, T. K. Internet of Things (IoT) of Smart Home: Privacy and Security. **International Journal of Computer Applications**. [s.l.], v. 182, n. 39, fev. 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/331133954_Internet_of_Things_IoT_of_Smart_Home_Privacy_and_Security>. Acesso em 12 abr. 2019.

TESLA, N. When woman is Boss. **Colliers**, Estados Unidos, 30 jan. 1926. Entrevista concedida a John B. Kennedy. Disponível em: <<http://www.tfcbooks.com/tesla/1926-01-30.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

UCKELMANN, D.; HARISSON, M.; MICHAHELLES, F. **Architecting the Internet of Things**. 1. Ed. Nova York: Springer, 2011. 388p.

WANG, W; TSE, P. W; LEE, J. Remote machine maintenance system through Internet and mobile communication. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, [s.l.], v. 31, n. 7, p. 783-789, mar. 2006.

WEIGHTMAN, G. **Eureka: How Invention Happens**. 1. ed. New Haven: Yale University Press, 2015. 280 p.

WEBER, R. **Internet of Things: Legal Perspectives**. 1. Ed. Berlin: Springer, 2010. 135 p.

WEISER, M. The Computer for the 21st Century. **Scientific American**, Nova York, v. 265, n. 3, p. 94-104, set. 1991.

