

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO PARÁ - CESUPA
ESCOLA DE NEGÓCIOS, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - ARGO
CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

RAPHAEL ROSSY PENA

**OS BENEFÍCIOS DA INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS EMBARCADOS NA
INDÚSTRIA 4.0**

BELÉM

2020

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
Biblioteca do CESUPA, Belém – PA

Pena, Raphael Rossy.

Os benefícios da integração dos sistemas embarcados na indústria 4.0 / Raphael Rossy Pena. – 2020.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Centro Universitário do Estado do Pará, Engenharia da Computação, Belém, 2020.

1. Sistemas embarcados. 2. Manutenção. 3. Indústria. I. Título.

CDD 23ª ed. 004.6

RAPHAEL ROSSY PENA

**OS BENEFÍCIOS DA INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS EMBARCADOS NA
INDÚSTRIA 4.0**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Negócios, Tecnologia e Inovação do Centro Universitário do Estado do Pará como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia da Computação na modalidade MONOGRAFIA.

Orientadora: Ma. Suzane Alfaia Dias

BELÉM

2020

RAPHAEL ROSSY PENA

**OS BENEFÍCIOS DA INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS EMBARCADOS NA
INDÚSTRIA 4.0**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Negócios, Tecnologia e Inovação do Centro Universitário do Estado do Pará como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia da Computação na modalidade MONOGRAFIA.

Data da aprovação: / /

Nota final aluno I: _____

Nota final aluno II: _____

Nota final aluno III: _____

Banca examinadora

Prof. Ma. Suzane Alfaia Dias
Orientador e Presidente da banca

Prof. Itamar Jorge Vilhena de Brito
Examinador

Prof. Fábio Rocha de Araújo
Examinador

RESUMO

O trabalho a seguir abrange as descrições dos momentos importantes para a chegada do novo patamar de desenvolvimento industrial, buscando apontar através de estudos bibliográficos como a integração e aplicação dos sistemas embarcados podem auxiliar o responsável pela análise do maquinário dentro do cenário da Indústria 4.0, deixando de lado as manutenções corretivas e dando espaço às manutenções preditivas; pois, devido ao monitoramento desse tipo de reparo, se busca um ambiente com cada vez menos paradas inesperadas nas linhas de produção com a finalidade de evitar gastos desnecessários dentro da empresa, pois devido a interrupção no equipamento a indústria acaba tendo que parar sua produção. O texto possui uma descrição do avanço social gerado pelas Revoluções Industriais e a inserção de novas tecnologias que visam auxiliar o ambiente, busca também apontar como o cenário dos sistemas embarcados com suporte das novas tecnologias garantem a autonomia das máquinas para análises e diagnósticos de problemas, garantindo assim uma maior durabilidade dos equipamentos dentro desse cenário 4.0.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Manutenção 4.0. Sistemas Embarcados. Auxílio. Produção.

ABSTRACT

The following work makes a brief description of the important moments for the arrival of the new level of industrial development, seeking to point out through studies how the application of embedded systems can help the responsible for the analysis of machinery within the scenario of Industry 4.0, leaving aside the corrective maintenance and giving space for predictive maintenance; due to the monitoring of this type of repair, it seeks an environment with fewer and fewer unexpected stops in the production lines in order to avoid unnecessary expenses within the company, because the interruption in equipment the industry ends up having to stop its production. The text has a description of the social advance generated by the Industrial Revolutions and the insertion of new technologies that aim to help the environment, also seeks to point out how the scenario of embedded systems with support from new technologies ensure a certain autonomy of the machines for the diagnosis of problems, thus ensuring greater durability of equipment within this scenario 4.0, allowing the equipment to be used responsibly until the end of its useful life; pointing out how the Big Data, IoT (IIoT), I.A. and Embedded Systems are interconnected / necessary for the establishment of this new type of industry as well as mentioning the emergence of cyber-physical systems and intelligent networks, and how all these technologies guarantee 4.0 maintenance functionality.

Keywords: Industry 4.0. Maintenance 4.0. Embedded Systems. Support. Production.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estágios das Revoluções Industriais	19
Figura 2 - Taylorismo, Fordismo e Toyotismo	22
Figura 3 - Big Data	26
Figura 4 - Soluções <i>IIoT</i>	28
Figura 5 – Indústria 4.0	29
Figura 6 - Redução de Custos Empresariais (ABDI)	37
Figura 7 - Evolução das Técnicas de Manutenção	40
Figura 8 - Custos Temporais da Manutenção	42
Figura 9 - DynaPredict(DyP).....	47
Figura 10 - DashBoard (DynaPredict WEB/Mobile)	48
Figura 11 - Arquitetura <i>CPS</i>	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Síntese dos Principais Trabalhos Relacionados	35
--	----

LISTA DE SIGLAS

- (AMI) Infraestrutura Avançada de Medição
- (AR) Realidade Aumentada
- (B) Byte
- (BSC) Catão de Pontos
- (CIMM) Centro de Informação Metal e Mecânica
- (CPS) Cyber-physical systems
- (CLP) Controlador Lógico Programável
- (CUI) Corrosão sob isolamento
- (DyP) DynaPredict
- (Gb) Gigabyte
- (GPD) Gestão Pelas Diretrizes
- (HH) Homens Hora
- (IA) Inteligência Artificial
- (IP) Internet Protocol
- (IED) Investimento Estrangeiro Direto
- (IoT) Internet of Things
- (IIoT) Industrial Internet of Things
- (Kb) Kilobyte
- (LAN) Local Area Network
- (MP) Manutenção Preventiva
- (Mpd) Manutenção Preditiva
- (MTBF) Tempo Médio Entre Falhas
- (MTTR) Tempo de Reparo
- (MBO) Organização por objetivos
- (M2M) Machine to Machine
- (Mb) Megabyte
- (OKR) Resultados de Objetivo e Meta
- (PCM) Planejamento e Controle de Manutenção
- (Pb) Petabyte
- (PMU) Medição Fasorial Sincronizada
- (PNP) Positivo-Negativo-Positivo
- (QR) Quick Response Code

(Tb) Terabyte

(TI) Tecnologia da Informação

(TCP) Transmission Control Protocol

(WAN) Wide Area Network

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 SITUAÇÃO PROBLEMA	14
1.2 OBJETIVOS DO ESTUDO	15
1.3 JUSTIFICATIVA	16
1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA	17
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS	19
2.1.1 Primeira Revolução Industrial	19
2.1.2 Segunda Revolução Industrial	20
2.1.3 Terceira Revolução Industrial	23
2.1.4 Quarta Revolução Industrial	24
2.2 <i>BIG DATA</i>	25
2.3 <i>INTERNET OF THINGS (INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS)</i>	27
2.4 TRABALHOS RELACIONADOS	31
3 MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0	37
3.1 APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO 4.0	38
3.1.1 Tipos de Manutenção.....	38
3.1.2 Planejamento e Controle de Manutenção.....	40
3.1.3 Estratégias de Manutenção	43
3.2 TECNOLOGIAS E SISTEMAS DE MANUTENÇÃO.....	46
3.2.1 Software de Gerenciamento de Manutenção.....	48
4 BENEFÍCIOS DA INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS EMBARCADOS NA MANUTENÇÃO 4.0.....	50
4.1 SISTEMAS CIBER FÍSICOS	51
4.2 SENSORES E REDES INTELIGENTES	54
4.3 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS DA INDÚSTRIA 4.0	57
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

O século XX foi marcado pela inserção de diferentes tecnologias no cotidiano, uma delas e talvez a mais conhecida é a Internet; com a crescente evolução desse meio e a criação de tecnologias completamente inovadoras, os níveis de produção industrial cresceram mundialmente dando início, assim, à Quarta Revolução Industrial. Buscando atender uma demanda com diferentes níveis de exigência e suprir um mercado cada vez mais competitivo, a Indústria 4.0 surge com a finalidade de melhoria contínua e inovação, buscando através de tecnologias aliadas à Internet a criação de produtos com qualidade cada vez maior e aprimoramento de serviços existentes, como exemplo o monitoramento das máquinas. (LIMA, 2018)

Atrelado a esse assunto, o novo conceito de indústria também possui os seus pilares, desafios, marcos e perspectivas futuras; interrompendo a indústria em si e focando em um segmento desse assunto está a manutenção 4.0, considerada como a responsável pelo estabelecimento do novo ambiente industrial. Surgindo com a mesma intenção de qualquer outra versão anterior, buscando especificamente maximizar a disponibilidade dos equipamentos no ambiente industrial. Uma condição pela qual esse segmento passa por diversos aprimoramentos é a complexidade dos novos projetos que necessitam de técnica, estruturação e organização da manutenção, isso se dá pelo crescente aumento da diversidade e de itens físicos em uma instalação (KARDEC et al, 2010 apud LIMA, 2019).

Com base no novo conceito, a manutenção acaba adotando um caráter estratégico dentro das empresas, possibilitando o aprimoramento da técnica preditiva (*condition monitoring*) que vêm evoluindo gradativamente onde é aplicada, esse tipo de manutenção estipula parâmetros a serem analisados e determinar limites (*thresholding*) a serem aceitos, garantindo a tomada de ações estipuladas pela empresa (C., 2012 apud BALDISSARELLI; FABRO, 2019).

Outro ponto muito importante para a adoção desse tipo de manutenção é o preparo da equipe de manutenção, pois os resultados das análises são expressos em relatórios e documentos que serão necessárias compreensões humanas para a tomada de decisões, possibilitando também o aumento do problema caso a mão-de-obra não seja qualificada, resultando em um custo até maior para o reparo de um determinado equipamento (KARDEC ET AL, 2010 apud LIMA, 2019).

Buscando o aumento da vida útil dos equipamentos, a diminuição dos custos de manutenção e o aprimoramento da equipe responsável pela manutenção, a indústria 4.0 chega para modificar conceitos sociais estipulando um novo padrão de produção que está aliada aos seres humanos de uma forma completamente estreita. Através das análises feitas com as informações coletadas pelos Sistemas Ciber-Físicos, armazenadas em um *Big Data* e possuindo a camada de *Internet of Things (IoT)*, garantindo assim o aprendizado das máquinas (*machine learning*) e a síntese de dados, a indústria 4.0 busca uma linha de produção cada vez mais funcional e sem interrupções.

A energia também é um fator muito importante nesse cenário e é marcada por quatro gerações, garantindo mais uma aplicação para as redes inteligentes. Segundo Bandeira (2012), a primeira geração dos sistemas de fornecimento de energia era composta por sistemas de corrente contínua que atendiam a pequenas áreas. A segunda geração foi marcada pela implantação da corrente alternada, a energia na segunda geração era distribuída remotamente para centros consumidores com o uso de postes e cabos aéreos, prejudicando visualmente o ambiente, desse modo algumas empresas buscaram implantar a rede elétrica de forma subterrânea, porém sem a integração com outros serviços que utilizam o subsolo como telefônica e fornecimento de água e esgoto.

A terceira geração tem como característica o compartilhamento do uso do subsolo pelas prestadoras de serviços, fazendo o uso de túneis *multi-utilities*, resultando na redução dos custos de manutenção e dos investimentos, esses sistemas utilizam primordialmente a tecnologia analógica para medições, operações e proteção; o massivo crescimento do uso de tecnologias digitais possibilitou a chamada quarta geração dos sistemas elétricos (*smart grids*), essa geração é caracterizada pelo uso de diversos equipamentos digitais, de telecomunicação, sensoriamento e monitoramento remoto de instalações e tecnologia da informação, sendo aplicadas inicialmente a instalações físicas de geração, transmissão e distribuição (*ibidem*).

Partindo do conhecimento desse cenário, o trabalho a seguir busca a compreensão do novo patamar industrial e busca mostrar como esse ambiente está cada vez mais presente no dia-a-dia das indústrias, ganhando um amplo espaço no mercado por proporcionar melhores condições para a utilização dos equipamentos, buscando reduzir de forma significativa os custos gerados por manutenções e o desencadeamento de gastos causados por paradas bruscas nas linhas de produção.

1.1 SITUAÇÃO PROBLEMA

Devido ao crescente avanço e barateamento dos componentes eletrônicos (BNDES SETORIAL, 2001), muitas indústrias puderam compor e aprimorar uma gama de sistemas embarcados e assim estabelecer uma durabilidade maior para os seus maquinários, aliado a isso várias empresas buscaram optar pela intercomunicação dos seus equipamentos e um maior controle da linha de produção (PEDERNEIRAS, 2019). Buscando minimizar paradas com manutenções, falta de atividade das máquinas e falhas humanas, a indústria 4.0 surgiu com a finalidade de reduzir de forma significativa os gastos excessivos com os ativos, porém todo o novo cenário possui seus pilares, como a falha na comunicação entre os sistemas embarcados, a falta de qualificação para a mão de obra, falta de investimento e falta de conhecimento para atuação nos serviços.

1.2 OBJETIVOS DO ESTUDO

O trabalho a seguir tem como objetivo principal mostrar como a integração dos Sistemas Embarcados aliados às novas tecnologias presentes e o acompanhamento das análises obtidas feitas pelos responsáveis à manutenção garantem a segurança e predição de falhas dentro da indústria. Possui como objetivos específicos apresentar as dificuldades para implementação desse novo patamar industrial, buscando apresentar melhorias garantidas com a nova estrutura do sistema, através da inserção do *Big Data*, Redes e Sensores Inteligentes, *IoT*, Computação em Nuvem e Sistemas Ciber-físicos.

1.3 JUSTIFICATIVA

A ideia de desenvolver sobre o assunto se dá pelo rápido avanço tecnológico presente todos os dias, necessitando que os equipamentos estejam cada vez mais equipados e preparados para lidar com possíveis falhas, tentando minimizar o esforço humano, foi analisado que as empresas possuem grandes gastos com reparos de falhas que poderiam ser previstos caso houvesse o monitoramento dos equipamentos e uma equipe preparada para lidar com as eventualidades dos maquinários, esses pontos foram tomados como justificativa para o desenvolvimento do tema. Tendo em vista que não são necessários gastos exorbitantes para implantação desses sistemas, porém a falta de investimentos deixa alguns pontos em aberto, como a vulnerabilidade das informações ocasionada pela falta de investimento na camada de segurança interna para o armazenamento dos dados, inconsistências nas leituras dos mesmos causados por más interpretações nos relatórios, despreparo da equipe com a falta de instruções, o aumento significativo dos gastos causados pelo mau gerenciamento dos equipamento pela equipe de PCM (Planejamento e Controle de Manutenção), entre outros.

1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia utilizada ao longo do trabalho é uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto, utilizando livros, artigos, trabalhos e análises de empresas para o desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso, buscando também detalhar as dificuldades e marcos até a chegada desse novo patamar industrial que busca reduzir as falhas humanas e paradas nas linhas de produção.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura do restante do documento se dá da seguinte maneira:

Capítulo 2: Apresenta-se neste capítulo os referenciais teóricos, o estado da arte e os trabalhos relacionados utilizados como base para o desenvolvimento do tema.

Capítulo 3: Apresenta-se neste capítulo como a manutenção se configura dentro do conceito 4.0, mostrando também algumas tecnologias que compõem esse cenário.

Capítulo 4: Apresenta-se neste capítulo como os sistemas embarcados e as redes inteligentes estão avançando para tornar o conceito 4.0 cada vez mais usual dentro das indústrias.

Capítulo 5: Apresenta-se neste capítulo as considerações finais do trabalho.

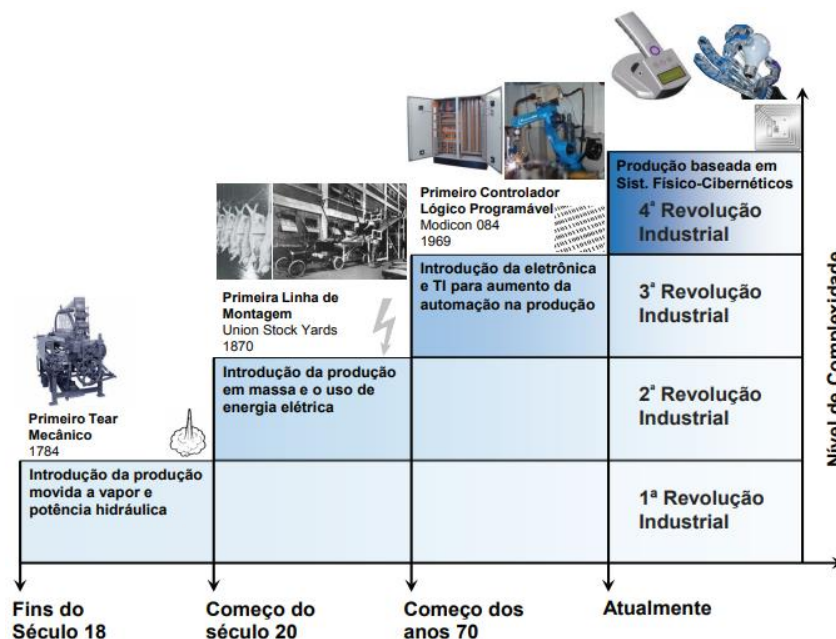
2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentadas as tecnologias presentes no estado da arte adotadas para este trabalho. Inicia-se com o surgimento das revoluções industriais ao decorrer dos anos, em seguida são apresentadas as principais tecnologias que possibilitaram o surgimento e crescimento do cenário 4.0 na sociedade.

2.1 REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS

A Revolução Industrial designa um processo de profundas transformações econômico-sociais que se iniciaram principalmente na Inglaterra em meados do século XVIII. Caracteriza-se pela passagem da manufatura à indústria atual, a utilização de máquinas, o grande comércio e o aumento do rendimento de trabalho também foram pontos muito importantes de algumas das revoluções. A figura 1 mostra essa evolução ao longo dos anos.

Figura 1 - Estágios das Revoluções Industriais



Fonte: Adaptado de Kagermann, Wahlster e Held (2012) apud Rodrigues, Jesus e Schützer (2016).

2.1.1 Primeira Revolução Industrial

A Primeira Revolução Industrial utilizou das grandes fábricas têxteis, onde a exportação acabou por acumular riquezas e posteriormente o avanço do progresso técnico e a instalação de indústrias; a máquina de fiar foi uma das primeiras invenções dessa revolução (máquina capaz

de separar o tecido em várias linhas), a segunda invenção dessa revolução foi o tear mecânico, que teve como função a automatização do tear manual aumentando significativamente a produção e gerando ainda mais lucros para a Inglaterra, alguns anos depois surgiu a máquina a vapor e a vasta disseminação das estradas de ferro para transporte de mercadorias, encerrando assim o primeiro ciclo desse processo (DATHEIN, 2003). Para Hobsbawm (1968, p.65 apud Dathein, 2003) o amplo desenvolvimento das estradas-de-ferro foram provenientes das minerações e posteriormente a importação/exportação de recursos naturais, em 1804 a energia a vapor foi aplicada a primeira locomotiva, a primeira vista os trilhos eram feitos de madeira e os vagões puxados por cavalos.

2.1.2 Segunda Revolução Industrial

A Segunda Revolução Industrial iniciou-se na segunda metade do século XIX e terminou no fim da Segunda Guerra Mundial. A industrialização, que antes limitava-se à Inglaterra, expandiu-se para outros países, como Estados Unidos, França, Rússia, Japão e Alemanha. O ferro, o carvão e a energia a vapor, característicos da primeira fase da Revolução Industrial, agora dão lugar aos representantes da segunda fase: o aço, a eletricidade e o petróleo. As tecnologias impostas nesse período possibilitaram a grande produção em massa, o surgimento de diversas indústrias, principalmente as elétricas e químicas, a automatização do trabalho, um aumento considerável de empresas e o aprimoramento das indústrias siderúrgicas. Houve durante esse período o grande aumento das empresas, referentes a processos de centralização e acúmulo de capital, gerando uma economia oligopolizada, o período foi marcado por diversas invenções que transformaram em larga escala a organização social; algumas criações desse momento foram conversores Bressemer que possuíam maior força e melhor economia da matéria prima utilizada, e a criação de fornalhas (Siemens-Martin) econômicas com o combustível e que conseguiam atingir temperaturas muito altas (LANDES, 1969 apud DATHEIN, 2003).

De acordo com Ribeiro (2015), os novos meios de produção possibilitaram também uma nova organização da produção industrial priorizando a diminuição do custo de produção e do seu tempo, as novas organizações foram intituladas de Taylorismo, Fordismo e posteriormente Toyotismo.

O Taylorismo é uma teoria administrativa criada pelo americano Frederick Winslow Taylor que ganhou ampla visibilidade no mercado após a publicação do seu livro “Princípios da Administração Científica” em 1911, cujo objetivo principal era racionalizar o trabalho e

assim aumentar a produtividade. O Taylorismo visava alcançar uma grande fragmentação do trabalho, de forma a minimizar os movimentos e tarefas desnecessárias, maximizar o uso de recursos naturais e reduzir o tempo de aprendizado. Algumas características do taylorismo são: a divisão do trabalho em tarefas específicas, aumento da produtividade e o grande nível de subordinação dos funcionários. (BIZERRA, 2017)

O Fordismo é um princípio organizador do trabalho desenvolvido por Henry Ford em 1908, sendo uma interpretação do Taylorismo. No Fordismo, manteve-se o mecanismo de produção e a organização da gerência utilizada do sistema anterior, porém foi adicionada a utilização da esteira rolante e a aplicação de “salários” como recompensa, estabelecendo um ritmo de trabalho mais dinâmico. Algumas características do Fordismo são: a padronização dos produtos, a produção em larga escala, o uso das linhas de montagem e a divisão do trabalho em pequenas tarefas, o sistema fordista adentra a sociedade como um sistema de reprodução da força trabalhista que provoca mudanças severas a forma de vida dos sujeitos, de modo a manter os mesmos sobre uma rotina de trabalho padronizada (*ibidem*).

De acordo com Bizerra (2017), o Toyotismo é uma forma de organização trabalhista desenvolvida pelos japoneses Toyoda Sakichi, Toyoda Kiichirō e Taiichi Ohno, na montadora japonesa Toyota, um modelo baseado na diversificação imposta pela dinâmica produtiva, problema que estava muito presente na configuração das indústrias. Na nova organização tem-se a eliminação total dos desperdícios causados pela superprodução desenfreada e da produção de peças defeituosas. Esta filosofia define-se pelo princípio do *just in time* (JIT): consiste em minimizar estoques produzindo de acordo com a necessidade e demanda (OHNO, 1987, p. 131 apud BIZERRA, 2017). Posteriormente o modelo ficou conhecido por sua característica de cinco zeros: zero de atraso, zero defeitos, zero de estoque, zero panes e zero papéis, o que ajudava a reduzir ordens administrativas e a burocracia no geral (LIKER, 2005. p.25-35).

No Toyotismo um fator importante é o trabalho em equipe, com grupos que cuidam da organização e controle do seu próprio trabalho, de forma a obter um aperfeiçoamento contínuo. Configurando assim uma organização de trabalho horizontal, com objetivo de conseguir produtos de ótima qualidade. Algumas características do Toyotismo são: produção diversificada, eliminação do desperdício, autonomia e trabalhadores com múltiplas tarefas. A tabela a seguir apresenta as características dos modos de produção, assim como os pontos em que cada uma se difere dentro do sistema industrial: (RIBEIRO, 2015)

Figura 2 - Taylorismo, Fordismo e Toyotismo

	Taylorismo	Fordismo	Toyotismo
Produção	Em massa, de bens homogêneos.	Em massa, de bens homogêneos.	Pequenos lotes, produção diversificada.
Ritmo de trabalho	Baseado no rendimento individual.	Baseado no ritmo das máquinas e da esteira.	Baseada na demanda dos clientes e no trabalho em grupo.
Economia	De escala.	De escala.	De escopo.
Estoque	Manutenção de grandes estoques.	Manutenção de grandes estoques.	Não fazem estoque.
Objetivo de produção	Voltada para recursos.	Voltada para recursos.	Voltada para a demanda.
Controle de qualidade	São feitos no final da linha de montagem.	São feitos no final da linha de montagem.	São feitos ao longo do processo.
Tarefas	O trabalhador realiza uma única tarefa.	O trabalhador realiza uma única tarefa.	O trabalhador realiza múltiplas tarefas.
Autonomia de trabalho	Alta subordinação aos gerentes.	Subordinação levemente atenuada.	Exercida de forma estrutural.
Espaço de trabalho	Divisão espacial.	Divisão espacial.	Integração espacial.
Ideias	Estado de bem-estar social.	Estado de bem-estar social.	Estado Neoliberal.
Demandas	Coletivas.	Coletivas.	Individuais.
Poder	Estado e sindicatos detêm o poder.	Estado e sindicatos detêm o poder.	Poder financeiro e individual.

Fonte: Diferença (*Online*)

Houve também um dos primeiros conceitos em previsão de falhas, o sistema kanban que nada mais era que uma placa de comando responsável pelo aviso de reposição de peças, evitando assim a falha pelo desgaste de componentes (pelo menos os que são analisados), a busca do Toyotismo é que o trabalhador deixe de ser monofuncional e se torne um operário que faça tudo ao mesmo tempo, executando o máximo de funções possíveis (BIZERRA, 2017).

O cenário diário de produção que o mundo se localiza está dentro da estratégia Toyotista priorizando a velocidade na fabricação e buscando cada vez mais a ininterruptão das linhas de produção, uma herança da estratégia taylorista onde o tempo era crucial para a produção; o cenário ideal que se busca é onde haja uma rápida produção, excelente qualidade dos produtos e a tendência em individualizar a produção de acordo com os desejos do cliente.

As subseções seguintes abordam as principais características dos períodos das Revoluções Industriais e abordam estruturas e definições que são utilizadas até os dias atuais dentro das indústrias como forma de melhorar a produção.

2.1.3 Terceira Revolução Industrial

A Terceira Revolução Industrial conhecida também por revolução técnico-científica-informacional apareceu por volta do século XX. Para alguns estudiosos, a terceira revolução teve início nos Estados Unidos e em alguns países europeus quando a ciência descobriu a possibilidade de utilizar a energia nuclear do átomo; outros acreditam que esse período teve seu início por volta de 1970 com o descobrimento da robótica, empregada na linha de montagem de automóveis. Outro grupo acredita também que o início se deu a partir dos anos 1990 com o uso do computador pessoal e a internet (ABRANTES, 2018).

Em uma publicação de Abrantes (2018), informa que a Terceira Revolução Industrial ganhou destaque a partir dos avanços tecnológicos e científicos nos processos industriais, a mesma também estava presente em processos na agricultura, pecuária, comércio e na prestação de serviços (mais voltado à área da saúde). Todos os setores da economia se beneficiaram com as novas conquistas produzidas através de grandes investimentos empregados nos centros de pesquisas dos países desenvolvidos.

A globalização foi um fator importante para auxiliar na produção e nas relações comerciais no mundo todo. A terceira revolução também proporcionou a massificação dos produtos, principalmente na área da tecnologia e também impulsiona a exclusão por conta da sua organização colocando no topo da escala os empresários das grandes empresas, seguidos dos trabalhadores do setor informal, no qual o trabalho era precário e parcial, por último e que constituem o extremo inferior da escala estão os desempregados, muitos sem a capacidade de voltar ao mercado de trabalho devido ao “desemprego estrutural”, desemprego que ocorre devido à insuficiência de vagas no mercados, não conseguindo empregar todos os trabalhadores (MEDEIROS; ROCHA, 2003)

Ainda na Terceira Revolução Industrial surgiram as redes de computadores, que são um conjunto de computadores autônomos interconectados por uma única tecnologia (TANEMBAUM, 2003). Esse tipo de tecnologia de conexão pode ser estabelecida por diferentes meios: fios de cobre, fibra ótica, ondas eletromagnéticas, WI-FI ou outras. Peterson e Davie (2011) definiram que a principal característica das Redes de Computadores é a sua generalidade, isto é, elas são construídas sobre dispositivos de propósito geral e não são otimizadas para fins específicos tais como os televisores e as redes de telefonia. Já Kurose e Ross (2012) argumentam que o termo “Redes de Computadores” começa a soar um tanto envelhecido devido à grande quantidade de equipamentos e tecnologias não tradicionais que

são usadas na internet, no desenvolvimento do trabalho esse conceito está aliado ao conceito de Redes Inteligentes, as mesmas abrangem algumas vezes várias Redes de Computadores.

Dentro da Indústria 4.0 a rede de computadores permite a intercomunicação dos equipamentos entre si e ainda abre o caminho para o assunto Redes Inteligentes (*Smart Grids*), partindo desses dois princípios, o tema se desenvolve e tem uma importância abrangente dentro do assunto.

2.1.4 Quarta Revolução Industrial

Um assunto completamente novo e que vêm ganhando visibilidade é a Quarta Revolução Industrial, um conceito que nasceu dentro das indústrias visando a durabilidade das máquinas e por isso também é conhecido como Indústria 4.0. Segundo teóricos, o mundo passa por uma transição de época e estaria no início de mais uma revolução socioeconômicas; o desenvolvimento e a incorporação de inovações tecnológicas vão mudar radicalmente o mundo como o conhecemos e moldar a indústria dos próximos anos.

“Estamos a bordo de uma revolução tecnológica que transformará fundamentalmente a forma como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos. Em sua escala, alcance e complexidade, a transformação será diferente de qualquer coisa que o ser humano tenha experimentado antes.” (SCHWAB, 2016 apud PERASSO, 2016).

De acordo com Schwab (2016), a nova fase será impulsionada por um conjunto de tecnologias como a robótica, inteligência artificial, nanotecnologia, impressão 3D, biotecnologia, veículos autônomos e a chamada *IoT (Internet Of Things)*, onde cada vez mais dispositivos, equipamentos e objetos serão conectados uns aos outros através de uma rede de internet. Algumas dessas inovações estão em sua fase inicial e ainda não mostraram todo o seu potencial; a Quarta Revolução Industrial não se define por cada uma destas tecnologias isoladamente, mas pela convergência e sinergia entre elas. Está ocorrendo uma conexão entre o mundo digital, o mundo físico, que são as “coisas”, e o mundo biológico que somos todos nós.

Na indústria, teremos uma cadeia produtiva totalmente conectada, a chamada manufatura avançada, na qual os processos são adaptáveis às necessidades de produção, os recursos são usados com maior eficiência (usando menos energia) e os produtos serão customizados de acordo com as necessidades dos clientes.

Dentro desse novo cenário a atividade das máquinas passaram a solicitar uma maior assistência devido ao alto fluxo produtivo, desse modo as grandes empresas acabam tendo seu lucro abalado, devido a interrupção do funcionamento dos equipamentos quando alguma manutenção corretiva é necessária em decorrência da má utilização ou o mal funcionamento dos mesmos, desse modo o cenário eletrônico se alia cada vez mais ao o maquinário industrial. Aprimorando o cenário da manutenção preditiva e vindo para diminuir o impacto gerado por manutenções inesperadas, a manutenção 4.0 vem ganhando cada vez mais espaço dentro do mercado industrial; com as tecnologias da Indústria 4.0 implantadas foi adicionado o elemento futuro na manutenção, passado a responder o que irá acontecer, aplicando uma camada de *IoT* na gestão dos ativos e usando a Inteligência Artificial foi criado todo um cenário de elementos que auxiliam o técnico de manutenção na tomada de decisões futuras (SENA, 2017).

Os sistemas aprendem baseados na coleta de dados dos ativos na indústria, estes dados são enviados para camadas de Computação em Nuvem, onde são utilizados algoritmos de predição, que podem ser baseados em Mineração de Dados e/ou Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*). O sistema se torna mais eficiente, porque ao utilizar o monitoramento de tempo real, promovido pela camada de *IoT* e associado ao uso de I.A é possível diminuir o tempo na tomada de decisões, aumentando assim a disponibilidade do equipamento. A utilização do *Big Data* é um ponto de extrema importância para a coleta de dados, pois é justamente nessa etapa que irá ocorrer a filtragem, mesclagem e manipulação dos dados obtidos, dando origem aos sistemas ciber-físicos (SILVA, 2018).

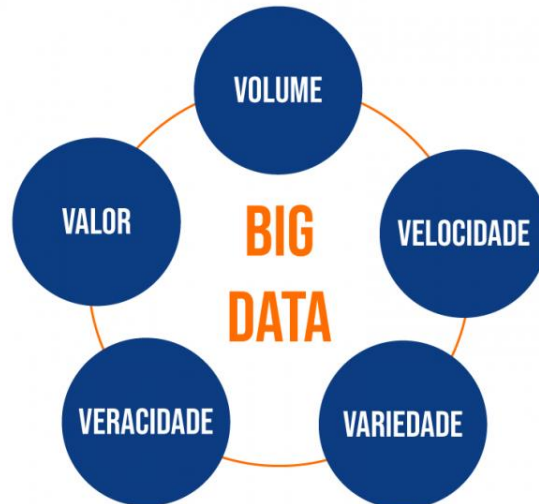
2.2 BIG DATA

O *Big Data* é a área de conhecimento que descreve a análise de um grande conjunto de dados semi-estruturados e não estruturados (dando ênfase para os dados não-estruturados), onde é possível tratar e obter informações e encontrar tendências e padrões. Além disso, é caracterizada pela maneira como os dados são usados, sua capacidade de determinar causa e efeito e suas implicações na tomada de decisões (MAGLIO; LIM, 2016).

Os dados estruturados possuem identificadores para possíveis recuperações, possuem uma estrutura rígida e própria para o armazenamento ordenado das informações, são processados de uma forma mais rápida e prática pelos computadores, um exemplo são os bancos de dados que possuem esquemas para o armazenamento de dados. Os dados não-estruturados possuem uma estrutura flexível e dinâmica ou não possuem estrutura, a exemplo temos os arquivos de um computador ou um editor de textos (TAYLOR, 2018).

O conceito de Big Data gira em torno de 5 Vs: Volume, Velocidade, Variedade, Veracidade e Valor, como mostra a imagem a seguir:

Figura 3 - Big Data



Fonte: Função Sistemas (2019)

Cada círculo azul representa um pilar do *Big Data*, possuindo as seguintes características de acordo com a ideia de Medeiros (2019):

- **Volume de dados:** O crescente fluxo de informações solicita um armazenamento maior, necessitando cada vez mais a sua expansão, antes se falava em Byte (B), após algum tempo começou a ser utilizado o Kilobyte (Kb), seguido dos Megabyte (Mb), Gigabyte (Gb), atualmente falamos muito em Terabyte (Tb) e com uma perspectiva futura de Petabyte (Pb), a quantidade de dados e seus tamanhos estão cada vez maiores.
- **Velocidade de acesso:** Com o crescente fluxo de dados é necessário também uma resposta rápida às solicitações feitas pelos sistemas, atendendo uma necessidade de se aprimorar a velocidade em que os dados são acessados para possíveis compreensões do que se analisa.
- **Variedade:** O *Big Data* lida com diferentes fluxos de dados como exemplo: Temperatura, valores de vendas, velocidade, etc; precisando estar cada vez mais aprimorado para a tradução dos mesmos.

- **Veracidade dos dados:** Verificação se as informações coletadas são verdadeiras ou falsas, necessitando de um filtro que recolha apenas as informações verdadeiras, evitando deduções falsas por conta da consistência dos dados.
- **Valor dos dados:** A ideia de perspectiva da tomada de ações partindo da ideia de melhor perspectiva para os negócios com as análises das informações coletadas.

Algumas aplicações do *Big Data* no mercado são na área de marketing com a capacidade de estabelecer uma comunicação com o cliente certo na hora certa e por meios certos. A gestão orientada a dados, análises de *Big Data* (preditiva, prescritiva, descritiva e diagnóstica) transformam a forma como os executivos administram seus negócios, trazendo muito mais inteligência e estratégia na atuação futura. A fidelização que busca um conhecimento mais robusto dos consumidores, por meio da resolução da análise e do uso de grandes volumes de dados com a compreensão certa dos mesmos, isso garante que os clientes se tornem mais fiéis. A multicanalidade, trabalha de maneira estratégica com um volume exponencial de dados, permitindo aos varejistas determinar com quais canais de marketing, vendas e distribuição vão trabalhar, oferecendo mais opções para um público em constante exigência (MEDEIROS, 2019).

O desenvolvimento de estruturas de código aberto tornou a utilização do *big data* mais “amigável” ao usuário; alguns softwares responsáveis pelo armazenamento e processamento de dados como o Hadoop, (mais recentemente, o Spark), foram primordiais para o crescimento do *Big Data*, pois os mesmos tornaram o trabalho mais prático e fácil ao utilizar a ferramenta, tornando também seu armazenamento mais barato. Nos anos seguintes, o volume massivo de informações disparou, junto com o conceito. Os usuários continuam gerando grandes quantidades de dados, mas não são somente humanos que estão fazendo isso, agora todo o ambiente também tenta se comunicar com as pessoas e entre si (ORACLE, 2020).

2.3 INTERNET OF THINGS (INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS)

Quando o assunto é revolução tecnológica a internet das coisas (*IoT*) diz respeito a conexão de dispositivos físicos que se conectam entre si e com o usuário através de sensores e softwares que transmitem dados para uma nuvem, a interconexão dos equipamentos permite que os dados coletados por um sensor seja entendido por um determinado equipamento ativando algumas funcionalidades caso esteja programado para isso, criando um cenário de comunicação único dentro do sistema de produção (GALEGALE et al. 2016).

Essa configuração industrial busca um cenário ubíquo que é a tecnologia presente em todas as partes e fazendo uma constante leitura de dados do ambiente, voltado para o ambiente de produção, a indústria 4.0 busca garantir as tecnologias aplicadas a capacidade de se monitorar e apresentar avisos quando algo foge o normal, garantindo segurança e menos paradas ao equipamento (DONAS, 2004).

Partindo da ideia da empresa EVEO (2018), no contexto industrial, há ainda um conceito mais específico o *Industrial Internet of Things (IIoT)*. Este representa a união de máquinas, computadores e pessoas, trabalhando em conjunto para permitir operações industriais inteligentes usando técnicas avançadas de análise de dados para a transformação dos dados coletados onde os mesmos são analisados, comparados e observados por técnicos responsáveis pela manutenção dos equipamentos. Uma das maiores vantagens relacionadas a esses conceitos são a diminuição da falha humana e a diminuição do trabalho braçal. Além disso, através do sensoriamento dos dispositivos, é possível um constante monitoramento do status de cada equipamento do ambiente industrial através do registo de informações salvas na nuvem de dados, como mostra a imagem a seguir:

Figura 4 - Soluções IIoT



Fonte: ScienceSoft (2020)

Partindo da ideia de Doyle (2018), a imagem representa as diversas conexões necessárias para se estabelecer uma indústria 4.0, como já mencionado nos textos as ligações são necessárias para compreensões de dados e modelagem de análises futuras; para estabelecer esse tipo de conexão dois dos primeiros pontos a serem analisados é a segurança e a consistência dos dados, visando esses pontos algumas empresas desenvolveram padrões de comunicação para a *IoT* e *IIoT*:

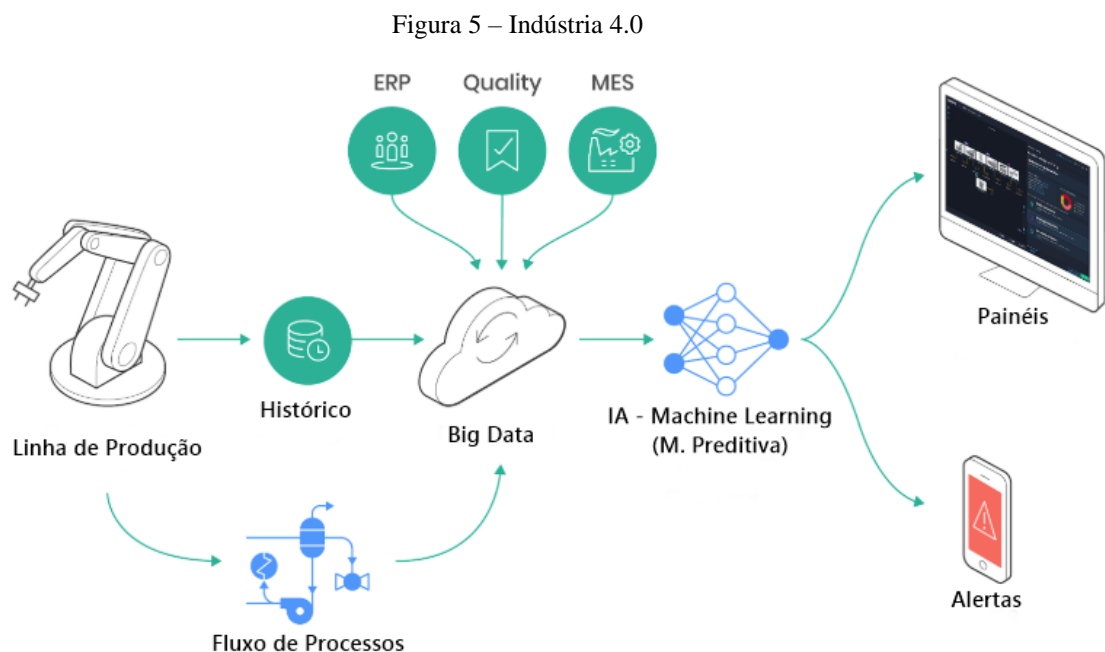
- IoT para celular, da qual existem vários padrões, como LTE-M, NB LTE-M e NB-IOT.

- WAN de baixa potência, como SigFox e LoRa, que foram construídas para atender aos requisitos de dispositivos *IoT* de baixa energia (somente bateria).
- ZigBee, um padrão sem fio que foi projetado para conectar redes máquina a máquina com baixo custo e baixos requisitos de energia.

Cada opção de conexão possui uma gama de vantagens e desvantagens sendo necessária a análise do ambiente onde ela será adaptada, alguns dos padrões de comunicação atuais com suas vantagens e desvantagens são:

- O Bluetooth, que fornece comunicações sem fio para muitos dispositivos, como smartphones, mas tem um alcance limitado e desafios de confiabilidade;
- O WiFi, universalmente disponível para PCs, telefones e tablets, mas requer muito poder para conectividade contínua;
- O padrão 4G LTE, penetrante e rápido, mas pode ser caro para o alto uso de dados;
- E a Ethernet, que permite conexões de LAN de alta velocidade em quase todos os locais de campus e ramificações, mas requer um cabo físico para se conectar a dispositivos *IoT* (apud DOYLE, 2018).

De acordo com Ezra (2018), foram detalhadas tecnologias necessárias dentro do cenário industrial e os processos necessários para o estabelecimento dessas novas tecnologias, a seguir foi criada uma imagem que representa a ideia de como é realizada a comunicação, tratamento e apresentação dos dados, a seguir uma breve descrição das tecnologias e seções:



Linha de Produção: É o ponto inicial da indústria 4.0, pois é partindo da linha de produção que serão realizadas as análises, estimativas e relatórios, é o ponto principal, pois nele se encontram os equipamentos ciber-físicos que serão analisados;

Histórico: Logo quando o maquinário chega são estipulados padrões de fábrica que garantem sua produção na velocidade desejada e com a qualidade desejada, esses dados são utilizados para previsões sobre o equipamento;

Fluxo de Processos: São processos comumente realizados pelas máquinas a partir desses fluxos os outros pontos do processo são alimentados e podem realizar seus processos; sua principal função é o levantamento dados;

Big Data/Nuvem: É o local onde os dados são filtrados (a maioria são dados não-estruturados) e armazenados para o seu tratamento, essa etapa seleciona os dados em categorias e os mesmos são analisados por especialistas da área. A Nuvem é um processo dentro do Big Data, o mesmo é composto por uma junção de processos que garantem a análise e aprendizado da IA;

ERP (*Enterprise Resource Planning/Planejamento de Recursos*): Essa etapa é responsável pela vistoria dos dados e sua veracidade, é a categoria que prepara os dados para serem analisados, esse levantamento é feito através de softwares que selecionam e organizam os dados inseridos na nuvem.

Qualidade: Os dados necessitam dessa etapa, caso haja algum dado errado e que seja passado nesta análise de *Big Data*, as previsões futuras podem ser comprometedoras ou até colocar a funcionalidade do maquinário em risco;

MES (*Manufacturing Execution System*): O *MES* é responsável pela melhoria do processo produtivo, pois através dele são analisados dados e o mesmo visa entender o que acontece nas linhas de produção, prever problemas futuros e estabelecer um controle de qualidade;

I.A. (Inteligência Artificial): É o cérebro da indústria 4.0, com ela é feito todo o aprendizado e as diferenças de resultados obtidos, partindo dessa análise o sistema identifica setores defeituosos e consegue a cada análise ter mais consistência devido sua capacidade de aprendizagem, a autonomia das máquinas recebe o nome de *Machine Learning* uma vertente da IA responsável por cada vez mais autonomia em tomadas de decisões. É nesse ponto que a previsão do problema é identificada e apontada;

Painéis/Alertas: É o setor final onde esses dados, alertas, mensagens são encaminhados para serem analisados por profissionais responsáveis pela manutenção da indústria, lembrando que os profissionais devem possuir o total preparo para a vistoria dos dados (apud EZRA, 2018).

Mesmo com todos os pontos analisados e a chegada do alerta, as empresas sofrem com a mão-de-obra despreparada para lidar com todo o leque de possibilidades que o novo tipo de indústria oferece, tornando algumas vezes o custo das manutenções mais elevados (não é a intenção da implementação) e posteriormente a degradação dos equipamentos por falhas (REDAÇÃO, 2017).

A indústria 4.0 nada mais é que a interconectividade dos equipamentos permitindo a análise de dados coletados pelos sistemas ciber-físicos, porém antes de chegar nesse ambiente ideal, alguns pontos precisam ser listados para o funcionamento do sistema, primeiramente uma nuvem para armazenamento dos dados, o *Big Data* para a coleta e síntese dos dados, seguida de uma camada de comunicação dos equipamentos e sensores que permita a “conversa” entre os mesmos, é necessária uma camada de IA para aprendizagem partindo dos dados coletados e por fim um software que possibilite o tratamento de dados coletados fazendo estimativas, padrões, comparações e estatísticas; futuramente esses dados são disponibilizados para a leitura dos responsáveis (MATOS, 2018).

Outro ponto de suma importância para essa configuração da *IoT* industrial é a segurança, de acordo com a empresa HSC (2018), o principal motivo que deixa espaço para ataques é a limitação dos recursos dos dispositivos e assim não conseguem executar funções de segurança básicas, outros motivos que comprometem a segurança da *IIoT*: A falta de segurança devido o dispositivo ser desenvolvido para possuir muitas funcionalidades a um baixo custo, não existe um protocolo de comunicação padrão e nem de segurança ocasionando brechas nos sistemas e assim a possibilidade de ataques.

O desenvolvimento do assunto mostra como as Redes Inteligentes, aliada aos Sistemas Ciber-Físicos garantem a gama de requisitos para a implantação desse modelo industrial que visa a redução de gastos evitáveis com as manutenções e a melhora dos produtos, atingindo assim os consumidores que tendem a aumentar por conta da qualidade produtos ofertados (MARTINS, 2018).

2.4 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo será apresentado o levantamento dos trabalhos relacionados que contribuiram para a pesquisa do trabalho. Será abordado sobre as tomadas de decisões,

estratégias que cada autor tomou para melhorar a cobertura da rede e a contribuição do trabalho em relação aos trabalhos relacionados.

Pontos importantes para a implementação de uma Indústria 4.0 são a praticidade na comunicação com os equipamentos garantindo um cenário *M2M (Machine to Machine)*, esse cenário é idealizado com a utilização de tecnologias que permitam essa integração como *IoT e Big Data*. Outro ponto importante é a predição de falhas dentro desse modelo, responsável pela redução de paradas na produção e garantindo produtos em mercado sempre. Antes de detalhar os assuntos que servem de base para esse tipo de indústria, serão apresentados tópicos necessários para o entendimento do assunto, começando pela rede de computadores.

No trabalho de Nicolaci-da-costa (2002), a autora apresenta que o desenvolvimento da Internet traz um cenário muito semelhante ao surgimento dos grandes espaços urbanos-industriais. A mesma, segundo analistas, deu início a um novo espaço criando divergências por conta das suas definições e de suas propriedades atribuídas por diferentes autores. Castells (2000) apud Nicolaci-da-costa (2002) define o novo espaço criado pela internet como um espaço de fluxos, informações em constante movimento; são constituídos por circuitos de impulsos eletrônicos causados por seus nós e centros de comunicação, de forma mais simples, os fluxos são dados originados pelas redes de computadores, esse espaço também pode receber outros nomes e definições.

César (2018), apresenta uma configuração de redes de computadores voltada para o ambiente industrial esse termo ganha o nome de Redes Industriais, essa rede serve como forma de comunicação e estipula uma malha onde os equipamentos possuem um protocolo de comunicação e conseguem ler, escrever e processar dados dependendo de sua programação. Para o autor, as redes industriais são divididas em três grandes grupos: *Sensorbus*, *Sevicebus* e *Fieldbus*; a seguir uma breve descrição sobre eles ainda descrita pelo autor.

O *Sensorbus* possui como principal função a comunicação as redes de sensores digitais e atuadores, ele não é desenvolvido para cobrir longas distâncias, a preocupação que se tem nesse ponto é manter os custos de conexão baixos, devido isso os equipamentos utilizados são mais simples; falando na prática o sensorbus é o responsável por transmitir informações dos sensores aos cartões de entrada e saída dos sistemas até o CLP (Controlador Lógico Programável), um computador industrial projetado para monitorar e comandar processos industriais, as duas redes mais utilizadas no ambiente industrial são chamadas “Rede Asi” e “Rede Interbus”.

O *Servicebus* é um protocolo que estabelece a comunicação entre o *sensorbus* e o *fieldbus*, sua função é fazer com que os sinais analógicos e digitais levem os dados das suas capturas até o CLP; sua malha de capturas atua sobre variáveis dentro das indústrias como: pressão, nível, vazão e etc. Esse dispositivo é capaz de cobrir distâncias de centenas de metros com uma rápida transferência de dados, os mais recomendados e utilizados são: Modbus, Profibus DP e Devicenet.

O *Fieldbus* é uma tecnologia de comando que determina a performance na comunicação, o mesmo é utilizado para fazer com que os sinais de transmissores, analisadores e posicionadores cheguem ao CLP, para que haja a lógica de malhas dos processos anteriores; esse sistema de comunicação interliga a rede de múltiplos instrumentos, realizando funções de controle e monitoramento de processos e estações de operação. Essa tecnologia apresenta um baixo custo para ser implementada, pois não é necessária muita mão-de-obra e materiais para a montagem, as redes mais utilizadas na indústria por garantirem processos contínuos são: Foundation Fieldbus e Profibus PA, essas tecnologias são muito utilizadas em indústrias petroquímicas e de mineração.

No fim dos anos 90, a tecnologia Fieldbus era utilizada na maioria dos processos de automação industrial, porém já estavam em circulação as Redes Ethernet, a medida que o tempo avançou essa tecnologia se desenvolveu e se tornou o padrão mais aceito para intercomunicação dos dados na rede; esse destaque se deu pelos diversos benefícios garantidos com essa nova implementação, que foram: rede de implementação simples; custos reduzidos; possibilidade no uso de diversos protocolos; está constante evolução; pode ser aplicada tanto em ambientes domésticos quanto industriais; interoperável e escalável. A Ethernet é um complexo composto de vários dispositivos, como: diferentes tipos de *switches* para o controle do tráfego de dados, dispositivos que cuidam da segurança: *firewalls*, protocolos que convertem padrões: *gateway* e um servidor que age intermediário a outros: *proxy*. A criação da *ethernet* possibilitou a criação de diversas outras redes que podem ou não ser utilizadas na indústria, como: TCP/IP, Modbus/TCP, Profinet, Ethernet/IP e etc. (CÉSAR, 2018)

Outro importante conceito que se encontra relacionado com a Indústria 4.0 é o conceito de *Big Data*. De acordo com Intel (2013) apud Baccarin (2018), os bancos de dados atuais não são capazes de obter, armazenar e interpretar a larga escala de informações, principalmente em tempo real que é um ponto crucial para a tomada de decisões no cenário atual, com isso novos processos estão em constante desenvolvimento para serem trabalhados com o Big Data. Suas três características fundamentais são: volume, variedade e velocidade, sendo que o volume não

é o maior problema a ser tratado, mas sim a variedade dos dados que necessitam de novas formas de processamento da informação; os dados encontrados nessa obtenção são estruturados ou não-estruturados, tendo em vista que o segundo são o tipo de dados que mais crescem. Após algum tempo outros dois pontos foram incluídos, a veracidade e o valor (ORACLE, 2020); esses novos pontos foram adotados pelo meio em que o *big data* é inserido, como o fluxo de informações é muito intenso é necessário que os dados coletados sejam consistentes e verdadeiros partindo da verificação de modelos que são tomados como base para as análises, outro fator que surgiu após um tempo, mas que é de suma importância para a composição do *big data* são os valores dos dados ou a forma que esses dados apresentam seu conteúdo, pois de nada adianta se os dados não puderam ser transformados em informações, posteriormente em conhecimento e por fim servirem de base para resolver problemas. (LOH, 2019)

Com a aplicação do *Big Data* em sistemas *IIoT*, o grande fluxo de dados podem ser analisados de forma online com o auxílio de ferramentas avançadas trabalhando em nuvem e com velocidade de transmissão, essas informações são armazenadas e utilizando os resultados das análises, podem ser feitas otimizações nas operações, aumento da produtividade, aumento da eficiência e diminuição dos custos operacionais (GILCHRIST, 2016 apud BACCARIN, 2018).

Romano (2017), explica que a *Industrial Internet of Things (IIoT)* é um termo similar ao *IoT*, porém aplicado a indústrias, o *IoT* estipula um conceito que representa a conexão dos diversos objetos do dia-a-dia com uma rede mundial de computadores. Essa aplicação se dá por uma interconexão através de uma rede de computadores inteligentes, dispositivos e objetos que coletam dados através de sensores que compartilham uma grande quantidade de dados.

O conceito enfrenta alguns desafios que são presentes dentro das indústrias, os principais são a interoperabilidade, a segurança e a troca de dados em grande volume. O primeiro termo é responsável pela conexão dos diversos equipamentos e que busca seu trabalho conjunto, essa característica está mais presente no uso de dispositivos de diferentes marcas, embora já existam empresas que buscam lidar com esse desafio; o segundo ponto é a segurança dos dados que ainda é um grande pilar no desenvolvimento e implantação da *IIoT*, pois ainda existem diversas lacunas entre os equipamentos, tornando arriscado o uso por conta de invasões; além de tudo mencionado, ainda é necessário lidar com o volume massivo de dados, sendo necessária a criação de infraestruturas que comportem o crescimento exponencial dos dados, diversas empresas tentam lidar com o problema do volume de dados, criando o conceito de *Big Data* (ROMANO, 2017).

Tabela 1 - Síntese dos Principais Trabalhos Relacionados

Referências	Tecnologias de Impulso
(Baccarin, 2018)	Apresenta a ideia do uso dos bancos de dados relacionais e sua baixa eficiência em processar uma grande variedade de dados coletados, e demonstra como o <i>Big Data</i> busca solucionar o problema
	Apresenta também a implementação do <i>Big Data</i> nos sistemas <i>IIoT</i> , demonstrando como essa aplicação garante benefícios nas análises dos equipamentos
(César, 2018)	Apresenta a ideia de Redes Industriais para <i>IIoT</i> , uma rede que serve de protocolo para comunicação entre os equipamentos, as Redes Industriais são divididas em três grandes grupos: <i>Sensorbus</i> , <i>Servicebus</i> e <i>Fieldbus</i> , definindo também como as redes Ethernet se aprimoraram e se tornaram o padrão.
(Loh, 2019)	Apresenta a importância do valor dos dados coletados pelo big data e como uma boa coleta garante informações precisas para uma base de conhecimentos e posteriormente servir como um possível solucionador de problemas.
(Nicolaci-da-costa, 2002)	Apresenta a disseminação da internet e como esse avanço é semelhante a criação dos grandes espaços urbano-industriais
	Apresenta também o espaço criado pela internet como um espaço de fluxos e informações em constante movimento, originados pelas Redes de Computadores
(Romano, 2017)	Faz uma análise sobre os termos <i>IoT</i> e <i>IIoT</i> , mostrando que o conceito representa a conexão dos equipamentos com uma rede inteligente de computadores para verificações do ambiente e de dados.

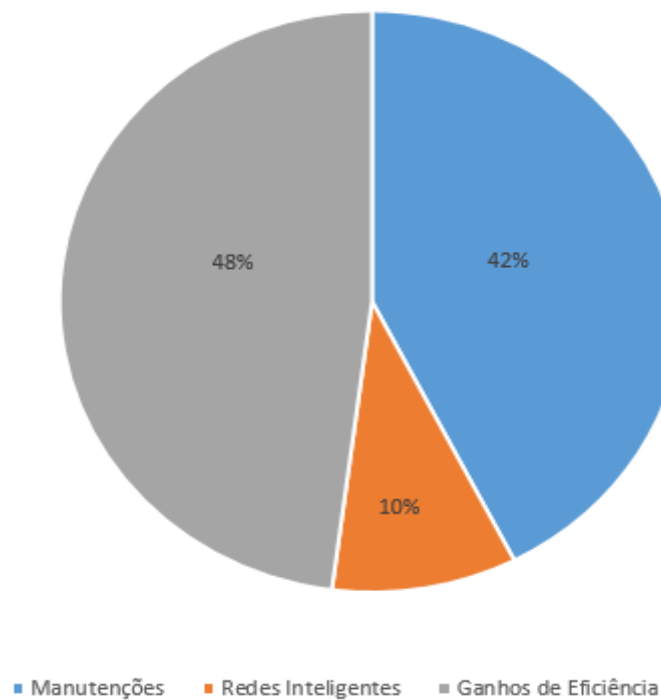
Com o objetivo de uma leitura mais direta sobre os trabalhos relacionados, a tabela 2 mostra de maneira clara os principais trabalhos relacionados a essa pesquisa e as tecnologias apresentadas para esse avanço.

3 MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0

Esse tópico busca a compreensão de como a manutenção se posiciona dentro desse novo cenário, abordando como ocorre a aplicação da nova configuração da manutenção, os tipos de manutenções presentes, como se configura a equipe de PCM (Planejamento e Controle de Manutenção), as estratégias utilizadas dentro do novo patamar industrial para as manutenções, tecnologias utilizadas no ambiente e softwares que ajudam a interação do usuário com todo o sistema.

A manutenção acompanha a humanidade desde a Segunda Guerra Mundial seja para reparo de um determinado equipamento ou para prolongamento da vida útil do mesmo, em seu artigo o Portal CIMM (2019) aponta que a manutenção é um dos maiores pilares para a implantação da indústria 4.0, apontando em um estudo realizado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial que a redução de custos será de no mínimo R\$ 73 bilhões/ano, sendo R\$ 31 bilhões/ano garantidos por manutenções e ainda há o lucro garantido pelas redes inteligentes, promovendo assim a redução por consumo elétrico de R\$ 7 bilhões/ano, o restante do valor é atribuído a ganhos de eficiência promovidos pela nova arquitetura 4.0, como mostra a imagem a seguir:

Figura 6 - Redução de Custos Empresariais (ABDI)



Fonte: CIMM (2019)

3.1 APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO 4.0

A manutenção 4.0 é um aprimoramento da manutenção preditiva, onde a análise dos problemas conta com uma gama de sensores inteligentes e tecnologias que buscam a previsão de falhas, esse tipo de manutenção necessita de uma equipe especializada para o monitoramento dos dados coletados e possíveis tomadas de decisões dentro da indústria. Em uma forma linear, alguns padrões de funcionamento são especificados pela indústria logo quando o equipamento chega (Benchmarking) e são enviados para uma base de dados onde servirão de suporte para as análises futuras; desse modo a análise dos sensores buscam comparações com os valores já coletados anteriormente, caso haja uma disparidade entre os valores, sinais devem ser enviados para a equipe de PCM responsável para a melhor tomada de ações possíveis evitando a interrupção no funcionamento do equipamento.

3.1.1 Tipos de Manutenção

Diversos setores dentro da sociedade se desenvolveram ao longo dos avanços históricos, como exemplo as manutenções uma área que se desenvolveu bastante com o avanço das revoluções industriais, começando no período técnico-industrial da humanidade e buscando se desenvolver conforme as mudanças no perfil de mercado. No fim do século XIX, com o crescente processo de mecanização das indústrias, surgiu a necessidade dos primeiros reparos e até 1914 a manutenção era renegada a segundo plano sendo executada apenas para efetivo de operação. Através da implantação da produção em série, instituída por Ford, as fábricas passaram a estabelecer programas mínimos de produção, com isso estas sentiram a necessidade de criar equipes que pudessem efetuar reparos em máquinas operatrizes no menor tempo possível. Assim surgiu um órgão subordinado à operação, cujo objetivo básico era de execução da Manutenção Corretiva que visava o reparo dos equipamentos apenas quando o mesmo apresentava uma pane ou uma parada inesperada (MOREIRA NETO, 2017).

Após a Segunda Guerra Mundial houve uma grande necessidade por uma produção mais ágil e ao mesmo tempo confiável; as manutenções corretivas, aquelas que ocorrem após a falha ou quebra do ativo, não eram mais suficientes. A manutenção preventiva acabou surgindo não só para corrigir as falhas, mas também para evitá-las, a manutenção se tornou tão importante quanto a operação. Após a década de 50, surgiu uma grande evolução na aviação comercial e na indústria eletrônica. Com a preventiva baseada na estatística (tempo ou horas trabalhadas), foi observado que o tempo gasto para diagnosticar as falhas era maior do que o de execução do

reparo. A alta administração resolveu selecionar equipes de especialistas para compor um órgão de vistoria e assessoramento, que se denominou "Engenharia de Manutenção", recebendo os encargos de planejar e controlar a manutenção preventiva e analisar causas e efeitos das falhas (*ibidem*).

Ainda com a intenção de minimizar as falhas e a necessidade de parar equipamentos outro tipo de manutenção ganhou espaço no mercado, conhecida por manutenção preditiva esse tipo de reparo conta com o auxílio de sensores e atuadores internos que são responsáveis pelo cuidado do equipamento com a finalidade de interromper seu funcionamento antes mesmo que seus componentes sejam danificados. A manutenção preditiva conta com a interrupção sendo necessário destacar que a mesma dentro do cenário da época não fazia coletas de dados para monitoramento das máquinas, isso é algo completamente novo e faz parte da indústria 4.0. Com a difusão dos computadores, o fortalecimento das Associações Nacionais de Manutenção e a sofisticação dos instrumentos de proteção e medição, a Engenharia de Manutenção passou a desenvolver critérios mais sofisticados de Manutenção Baseada em Condições, estes foram unidos a sistemas automatizados de planejamento e controle (*ibidem*).

Essas atividades acarretaram o desmembramento da Engenharia de Manutenção que passou a ter duas equipes: a de estudos de ocorrências crônicas e a de PCM (Planejamento e Controle de Manutenção), esta última possuía a finalidade de desenvolver, implementar e analisar os resultados dos serviços de manutenção, utilizando um sistema informatizado como ferramenta de suporte.

“Esta nova postura é fruto dos novos desafios que se apresentam para as empresas neste novo cenário, com uma economia globalizada e altamente competitiva, onde as mudanças se sucedem em alta velocidade e a manutenção, como uma das atividades fundamentais do processo produtivo, precisa ser um agente proativo” (KARDEC; NASCIF, 2001).¹

Com desenvolvimento dos microcomputadores nos anos 80, as áreas de manutenção passaram a desenvolver e processar seus próprios programas de análise, melhorando o processamento das informações e diminuindo a dependência humana e de equipamentos para o atendimento às suas prioridades de processamento. Também haviam dificuldades de comunicação das necessidades para o analista de sistemas, o mesmo nem sempre era

¹ A partir do livro de Nassif e Kardec “Manutenção como Função Estratégica” em 2001, disponível no site <<https://www.webartigos.com/artigos/a-historia-da-evolucao-do-sistema-de-gestao-de-manutencao/75650>> acesso em 18 de março de 2020.

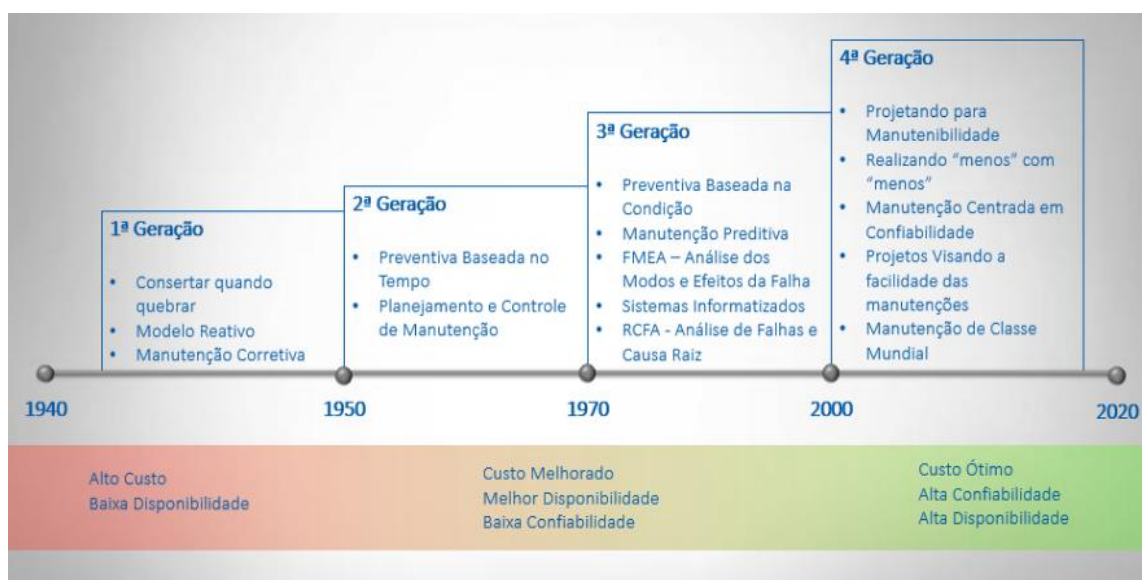
familiarizado com a área de manutenção (KARDEC; NASCIF, 2001 apud MOREIRA NETO, 2017).

A manutenção existiu desde sempre no meio social para auxiliar no reparo de equipamentos, porém a mesma ganhou força e um espaço oficial dentro das indústrias durante a Segunda Revolução Industrial, como citado no texto, a prática foi de extrema importância para evitar gastos e perdas de ganhos dentro do cenário industrial.

3.1.2 Planejamento e Controle de Manutenção

Como mencionado no tópico anterior, o PCM surgiu com a finalidade de desenvolver, implementar e analisar os resultados dos serviços de manutenção, utilizando um sistema informatizado como ferramenta de suporte. Na indústria esse ramo é responsável pelo mapeamento estratégico de manutenção que consigam garantir a disponibilidade e confiabilidade do equipamentos, além disso esse setor também é responsável pela produtividade da equipe de manutenção. Entre o período da Segunda Guerra Mundial e Pós-Guerra, a indústria necessitou revisar alguns conceitos, dentre eles a manutenção industrial, nesse período foi introduzida a manutenção preventiva na indústria, buscando a prevenção de falhas potenciais, esse tipo de falha é responsável pela redução da produtividade dos equipamentos, para suportar esse novo tipo de manutenção foi criado o PCM (DUTRA, 2019). As gerações das manutenções serão mostradas na figura 7, a seguir:

Figura 7 - Evolução das Técnicas de Manutenção



Fonte: Dutra (2019)

Como mostra a figura 7, a evolução das gerações sempre busca a redução dos números de manutenção em um equipamento com recursos cada vez mais otimizados, mudando também o conceito de produtividade. (DUTRA, 2019).

Dutra (2019), menciona em seu trabalho que entre os anos de 1970 e 1980 a Terceira Geração surgiu trazendo consigo o conceito de Manutenção Preditiva aliada a técnicas que buscavam um ambiente proativo, quantificar e identificar a falha potencial e promover o reparo o mais próximo desse acontecimento. Isso garantiu que os custos de manutenção fossem amplamente reduzidos, proporcionando reparos com base nas condições dos equipamentos e não mais de tempo em tempo.

Na indústria 4.0 o papel da PCM não foi significativamente atualizado, o que houve foi a evolução do controle que antes era realizado no papel, como os planos de manutenção, controle e ordens de serviço e o cálculo de indicadores, tudo isso foi passa para o meio informacional, possibilitando assim a introdução de softwares para a gestão da manutenção, causando a automatização de diversas ações e diretamente proporcional a ocorrência de falhas humanas na gestão e controladoria dos reparos. As mudanças que chegarão ao PCM com essa nova geração são (DUTRA, 2019):

- Previsão de falhas completa;
- Aumento da produtividade de manutenção;
- Redução dos custos de reparo;
- Desenvolvimento da equipe técnica.

A combinação de algumas técnicas promovem a aplicabilidade do primeiro ponto, evitando a ocorrência de falhas funcionais (interrupção do funcionamento de um equipamento, impedindo que o mesmo realize sua função), as técnicas são (*ibidem*):

- Rastreabilidade;
- *IIoT*;
- *Big Data*;
- Nuvem de dados.

O segundo ponto é alcançado partindo de técnicas que visam o foco no problema que é apresentado, dispensando custos temporais no reparo até a identificação do problema, algumas ações que desenvolvem custos temporais são (*ibidem*):

Figura 8 - Custos Temporais da Manutenção



Fonte: Dutra (2019)

As improdutividades identificadas na figura podem ser eliminadas com novas técnicas originadas na indústria 4.0, são elas:

- Realidade aumentada;
- Visão Artificial;
- Robô colaborativo.

Um exemplo é a utilização do robô colaborativo que reduz o tempo que um técnico necessita em busca de ferramentas ideais (*ibidem*).

O terceiro ponto é garantido pelo constante monitoramento dos equipamentos realizado pela *IIoT*, Big Data, redes inteligentes, sistemas ciber-físicos e sensores inteligentes; essas tecnologias surgiram e se desenvolvem para auxiliar na predição de falhas internas e reduzem o tempo de análise humana, garantindo assim uma redução dos gastos com componentes, economia de energia garantida pelas redes inteligentes e o aumento da produtividade (*ibidem*).

O quarto ponto citado é alcançado através do preparo e atualização constante da equipe em relação às diversas tecnologias presentes hoje em dia, sendo necessário um constante aprimoramento dos profissionais para a realização e identificação de falhas com um tempo ideal e focado nas falhas que podem comprometer a indústria; esse último ponto é de suma importância para o novo patamar da indústria, pois é preciso um equipe preparada para a análise dos dados gerados pelas tecnologias responsáveis pela autonomia das máquinas (*ibidem*).

A escalabilidade é o ponto crucial para a indústria 4.0, sendo o elemento que é mais buscado dentro desse contexto, buscando a integração das tecnologias de uma forma economicamente viável e aprimorando cada vez mais a integração das tecnologias as máquinas.

3.1.3 Estratégias de Manutenção

Partindo da ideia da empresa Petronas (2020), além dos valores de base utilizados para as comparações e futuras tomadas de decisões, alguns índices também são utilizados como princípios para as ações que serão tomadas, esses índices antes eram realizados em papéis e dentro do novo contexto industrial, os mesmos podem ser inseridos dentro dos processos de análise das máquinas, antes de entender os indicadores é necessário entender que a indústria no seu formato atual não opera de forma separada, os equipamentos se comunicam dentro das linhas de montagem e acabam tornando o processo como um todo, os índices utilizados nesse novo contexto são: produtividade, qualidade e económicos/financeiros.

A decisão para a utilização de um indicador parte de uma análise intitulada de SMART (PETRONAS, 2020):

- *Specific* (específica): escolha indicadores claros e específicos para o objetivo daquilo que se quer avaliar;
- *Measurable* (mensurável): deve ser tangível, que possa ser expressa em números para posterior comparação;
- *Attainable* (atingível): defina objetivos reais, que possam ser atingidos;
- *Relevant* (relevante): a meta deve ser relevante para o negócio;
- *Time-bound* (tempo limite): deve ser estipulado um prazo para o atingimento.

A seguir serão apresentados quatro indicadores essencial na área de manutenção industrial:

1 - HHCorretiva, preventiva e preditiva: O HH é referente a Homens-Hora e busca coletar o tempo dedicado pelos profissionais da manutenção; suas fórmulas são:

$$\text{HHCorretiva} = \text{HHCorretivaProgramadas} / (\text{TOTAL HH Programados} \times 100);$$

$$\text{HHPreventiva} = \text{HHPreventivaProgramada} / (\text{TOTAL HH Programados} \times 100);$$

$$\text{HHPreditiva} = \text{HHPreditiva} / (\text{HH Corretiva} \times 100).$$

Esses valores tem como objetivo prevalecer as manutenção preventivas sobre as corretivas, essa margem não deve passar os 20%.

2 - MP e MPd (Manutenção Preventiva e Manutenção Preditiva), partindo da compreensão desses índices é possível ver se os planos referentes aos cuidados estão sendo cumpridos:

A fórmula utilizada para o cálculo desses índices são: Tarefas Realizadas / Tarefas Programadas.

3 - *MTBF* (*Mean Time Between Failures*/Tempo Médio Entre Falhas), esse índice apresenta de quanto em quanto tempo um equipamento apresenta uma falha:

A fórmula utilizada para o cálculo do índice é: Tempo Total de Disponibilidade - Tempo de Parada / Número de Falhas; o resultado desse cálculo apresenta de quanto em quanto tempo o equipamento apresenta uma falha.

4 - *MTTR* (*Mean Time To Repair*/Tempo de Reparo do Equipamento), esse índice representa quanto tempo o equipamento ficará inoperável devida a manutenção:

A fórmula tomada como base para esse cálculo é: Tempo de Parada Para Reparos / Número de reparos.

Nos dias atuais existem modelos de gestão estratégica dentro das indústrias, não menos importantes que os índices, pois os mesmos podem ser utilizados em conjunto para a tomada de ações, os exemplos mais usuais são o GPD (Gestão Pelas Diretrizes), BSC (*Balanced ScoreCard*), OKRs (*Objective and Key Results*) e MBO (*Management by Objectives*) e serão listado a seguir com suas vantagens e desvantagens (SITEWARE, 2020):

1- GPD, vantagens:

- Potencialização do alcance das metas estratégicas com foco no desdobramento de metas até o nível operacional;
- Redução do grau de incerteza do planejamento anual, contando com um processo chamado *catch-ball*, a negociação de metas em cada nível da organização;
- Padronização do acompanhamento de metas e criação dos planos de ação, estabelecendo resultados e atividades até o nível de rotina da organização.

Desvantagens:

- Não obriga considerar todos os aspectos do negócio onde é utilizado

- Pode tornar o processo lento e burocrático para a análise caso a empresa possua muitos níveis de processo.

2 - *BSC*, vantagens:

- Possibilidade de visualizar a organização de forma ampla e sistêmica, avaliando de forma abrangente o desempenho organizacional;
- A definição das metas possibilita às organizações o sentido dos principais pontos a serem observados no momento que se definem as estratégias;
- Utilizando o conceito de causa-efeito é possível uma melhor alocação dos recursos;
- Sintetização da informação em um único documento (mapa estratégico) possibilitando a rápida e clara leitura, tornando rápida a compreensão dos objetivos e estratégias organizacionais;
- Criação de sintonia na organização através de uma visualização clara e objetiva da estratégia.

Desvantagens:

- Dificuldade em definir medidas de desempenho não financeiras por analisar todas as perspectivas da companhia;
- Complexidade ao desenvolver uma relação de causa-efeito com os objetivos;
- Dificuldade de aplicação devido todos os colaboradores estarem em prol do estabelecimento estratégico.

3 - *OKRs*, vantagens:

- Envolve todas as áreas e indivíduos da empresa;
- Possui um ciclo de acompanhamento mais curto, replanejamento a cada três meses;
- Simplificação por considerar apenas três níveis, empresa, times e indivíduos;
- Mantém o foco apenas nos fatores importantes para o crescimento da empresa;
- Necessidade dos equipes definirem os seus papéis para o crescimento da empresa de acordo com os interesses globais da mesma.

Desvantagens:

- Não necessariamente abrange todas as áreas da empresa;
- Por ser um modelo mais amplo, algumas empresas têm dificuldade de se adaptar devido a modelos de negócios mais tradicionais;
- Não pode ser utilizado para fins de remuneração variável.

4 - *MBO*, vantagens:

- Maior consenso organizacional;
- Alinhamento rumo ao objetivo comum;
- Criação de um espírito de colaboração e trabalho em equipe;
- Empenho de todos.

Desvantagens:

- Maior demora durante o processo;
- Ressentimento de colaboradores que não tenham suas ideias aceitas;
- Alta necessidade de feedback para avaliar resultados e alinhar expectativas.

O objetivo dos planos e estratégias de manutenção é sempre fazer com que o tempo entre as falhas e a presença das mesmas seja maior, enquanto o tempo para o reparo seja cada vez menor, em conjunto com o empenho da equipe para aprimoramento constante da empresa; além dos índices apresentados ainda existem outros como o giro de estoque, custo de materiais e acerto de programações, por isso é necessária sempre uma análise para a melhor escolha do índice que será utilizado (PETRONAS, 2020).

3.2 TECNOLOGIAS E SISTEMAS DE MANUTENÇÃO

A seguir serão apresentadas algumas tecnologias que compõem os sistemas de manutenção dentro das respectivas áreas onde são inseridos:

O primeiro exemplo se chama DynaPredict (DyP), um dispositivo desenvolvido pela empresa Dynamox e apresentado pelo Portal CIMM (Centro de Informação Metal e Mecânica, 2020), sua instalação é feita de forma simples e prática, assim como seu uso, a imagem abaixo mostra como funciona a forma de instalação do dispositivo:

Figura 9 - DynaPredict(DyP)



Fonte: CIMM (2020)

O dispositivo é composto por uma rede de *data loggers bluetooth* com sensores de vibração e temperatura e armazena suas informações em um *big data*, esses equipamentos são responsáveis pela coleta de dados dentro de onde são inseridos, no caso do dispositivo apresentado, o mesmo é instalado em pontos críticos do maquinário que se deseja analisar. Excluindo a necessidade de monitoramento humano, a tecnologia permite o envio de avisos caso algo saia do padrão estabelecido, dispensando o uso de cabos, a utilização de um gateway disponibilizado pela empresa tornando a coleta de dados automática e rápida, utilizando da mão-de-obra humana apenas na hora da instalação do equipamento.

Algumas indústrias de papel e celulose, petroquímica e de alimentos, sofrem com a corrosão sob isolamento (CUI), esse tipo de problema está presente, pois muitos tubos que transportam fluidos de um ponto a outro precisam ser isolados termicamente para conservação da temperatura e segurança pessoal dos operadores (CIMM, 2019).

Partindo desse ponto os isolamentos feitos nas tubulações são porosos, sendo praticamente impossível sua vedação, desse modo a umidade acaba se acumulando no perímetro do isolamento causando corrosões pela extensão dos canos. Analisando a situação a empresa iSENSpro aprimorou sensores que são instalados ao longo da tubulação buscando evitar problemas como vazamentos e corrosões (*ibidem*).

Outra tecnologia presente no dia-a-dia é a máquina Nespresso, necessitando apenas de um smartphone, o cliente lê um código QR localizado no equipamento e é guiado de forma interativa, de forma que o próprio possa fazer o reparo da sua máquina, esse modelo é conhecido como AR (*Augmented Reality/Realidade Aumentada*), onde os objetos físicos são aprimorados por computação, melhorando significativamente a experiência do usuário (*ibidem*).

A empresa GoEpik apresenta uma solução para o mercado de manutenções conhecido como Especialista Remoto, com ajuda da realidade aumentada (AR) é possível que um especialista analise através de desenhos e indicações visuais na tela do smartphone faça o reparo de um equipamento sem nem mesmo necessitar se deslocar para o ambiente onde ocorre o problema físico, evitando o desperdício de tempo, dinheiro com deslocamento, hospedagem, alimentação; buscando colocar o equipamento em operação em menos tempo (*ibidem*).

3.2.1 Software de Gerenciamento de Manutenção

Relacionado com o DynaPredict, o DynaPredict WEB é um dashboard responsável pela demonstração dos dados coletados a partir do DyP que são salvos em uma nuvem, possuindo um software próprio para a manipulação dos dados:

Figura 10 - DashBoard (DynaPredict WEB/Mobile)

Status ↓	Máquina	Spot	Tendência	Vel. média	Temp. média	Acel. média	Espec. X		Espec. Y		Espec. Z		Capacidade			
							BF	AF	BF	AF	BF	AF	BAT	ESC	ÚLT. SINC	
A2	Compressor 03	Motor LA	○○●●●●●●	25,24 -	35,73 -	—	×	×	×	×	×	×	🟢	🟢	há 2 meses	⚙️
A2	Compressor 01 ACI...	Moto LA	○○●●●●●●	17,12 -	35,40 -	—	×	×	×	×	×	×	🟢	🟢	há 2 meses	⚙️
A1	Linha 5 - Turbina 1	Mancal Turbina 1	●●●●●●●●	12,91 -	54,09 -	—	×	×	×	×	×	×	🟢	🟢	há 5 meses	⚙️
A1	Linha 5 - Turbina 1	Motor Turbina 2	●●●●●●●●	16,92 -	29,79 -	—	×	×	×	×	×	×	🟢	🟢	há 5 meses	⚙️
A1	Linha 5 - Turbina 1	Mancal Turbina 4	●●●●●●●●	18,39 -	45,87 -	—	×	×	×	×	×	×	🟢	🟢	há 5 meses	⚙️
A1	Linha 5 - Turbina 1	Motor Turbina 3	●●●●●●●●	16,67 -	32,64 -	—	×	×	×	×	×	×	🟢	🟢	há 5 meses	⚙️
A1	Linha 5 - Turbina 1	Motor Turbina 4	●●●●●●●●	14,20 -	33,21 -	—	×	×	×	×	×	×	🟢	🟢	há 5 meses	⚙️
A1	Linha 5 - Turbina 1	Mancal Turbina 2	●●●●●●●●	8,43 -	49,60 -	—	×	×	×	×	×	×	🟢	🟢	há 5 meses	⚙️
✓	Torre de Resfriame...	Mancal LA	●●●●●●●●	2,85 -	32,53 -	—	×	×	×	×	×	×	🟢	🟢	há 2 meses	⚙️
✓	Torre de Resfriame...	Mancal LOA	●●●●●●●●	3,29 -	31,66 -	—	×	×	×	×	×	×	🟢	🟢	há 2 meses	⚙️
✓	Compressor 01 Tre...	Motor LA	●●●●●●●●	0,21 -	36,60 -	—	×	×	×	×	×	×	🟢	🟢	há 2 meses	⚙️
✓	Chiller 01	Motor LA	●●●●●●●●	4,12 -	42,53 -	—	×	×	×	×	×	×	🟢	🟢	há 3 meses	⚙️
✓	Compressor 02 ACI...	Motor LA	●●●●●●●●	0 -	26,77 -	—	×	×	×	×	×	×	🟢	🟢	há 5 meses	⚙️

Fonte: CIMM (2020)

Esses dados são apresentados em ordem de prioridade, dando a autonomia das máquinas e em caso de alguma falha ou previsão de falha um alerta é emitido para os responsáveis, a

facilidade encontrada nesse sistema é pelo próprio tratamento de dados oferecido pela empresa já mostrando as previsões em uma tela de apresentação.

Outro exemplo é o STRATWs *One*, um software de gestão de performance empresarial que permite criar, acompanhar e compartilhar iniciadores de desempenho profissional com toda a empresa, assim a informação flui com mais transparência e confiabilidade, buscando uma melhor tomada de decisões e o aprimoramento dos processos. Algumas vantagens disponibilizadas pelo software são (SITEWARE, 2020):

- Empregar metodologias de planejamento estratégico;
- Integrar pessoas, operação e estratégia;
- Encontrar oportunidades de melhoria;
- Potencializar a governança corporativa;
- Gerenciar riscos e analisar cenários;
- Facilitar a troca de informação e a comunicação entre departamentos;
- Aumentar a produtividade;
- Focar na busca dos resultados que a empresa procura alcançar.

A exemplo se destacam também os produtos da empresa FullGauge que auxiliam na manutenção na área de refrigeração, utilizando o equipamento Sitrad, um aplicativo responsável pela programação de manutenções periódicas, além do envio de alertas caso alguma informação saia do padrão garantindo assim a agilidade na análise e estimativas de falhas.

Os assuntos abordados de forma mais ampla são de extrema necessidade da indústria 4.0, pois utilizando as tecnologias aliadas as estruturas presentes no novo cenário, busca-se a redução das paradas e melhores desempenho na produção dos produtos, viabilizando também a segurança dos funcionários evitando que os mesmos entrem em contato com ferragens ou equipamentos que ofereçam riscos.

4 BENEFÍCIOS DA INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS EMBARCADOS NA MANUTENÇÃO 4.0

O capítulo a seguir busca demonstrar como a integração dos sistemas embarcados garantiram diversos benefícios a sociedade e dentro das indústrias, os mesmos possibilitaram o monitoramento massivo dos equipamentos, dando suporte aos donos e funcionários. Com a intenção de promover a predição de ações futuras nas linhas de montagem, o capítulo também aborda os principais benefícios garantidos com o indústria 4.0.

Será abordado nesse tópico também a criação dos *CPS* (Sistemas Ciber-Físicos) e o aprimoramento de sensores e da rede de energia elétrica, dando origem as *Smart Grids*

Para Chase (2007), os sistemas embarcados estão cada vez mais presentes na sociedade devido o amplo desenvolvimento tecnológico, esses mecanismos compostos por componentes que atendem tarefas específicas dependendo da sua usabilidade, o que os diferencia de computadores gerais, os mesmos podem ser encontrados em aviões, televisores, aparelhos reprodutores de áudio, marca-passos, etc.

Esses equipamentos atuam em várias áreas responsáveis pela coleta de dados, monitoramento, melhoria de desempenho, envio de informações, entre outros. Os sistemas embarcados possuem um sistema completo e independente, o que os diferencia de um computador é sua capacidade de atingir tarefas específicas e pré-determinadas

Para a tomada de ações os sistemas embarcados necessitam ter sensores e atuadores, além de um cérebro que no caso pode ser atingido por um microprocessador e microcontrolador, os dois são utilizados nesse cenário, pois ambos têm a capacidade de executar a leitura dos ambientes externos, executando operações, processar sinais e enviar os resultados esperados para um atuador, responsável por uma determinada ação necessária. (CHASE, 2007)

Um sistema ganha o nome de sistema embarcado (*embedded system*) quando o mesmo é dedicado a uma tarefa específica e se comunica com o ambiente através de sensores e atuadores (BALL, 2005 apud CHASE, 2007). O nome “embarcado” garante ao equipamento a ausência de uma fonte de energia fixa como tomadas e geradores. O ponto mais forte desses componentes são sua capacidade computacional, seu tamanho reduzido (depende da aplicação onde é inserido) e sua independência a nível de operação. Todo sistema embarcado possui um software embarcado na unidade de processamento para o aumento da capacidade de processamento, devido isso todo software embarcado recebe o nome de “firmware” (BALL, 2005 apud CHASE, 2007).

Outras características desses sistemas são suas dimensões físicas, sendo uma característica serem cada vez menores por conta da redução dos componentes eletrônicos e a facilidade de locomoção; o consumo de energia elétrica também é um fator de suma importância no desenvolvimento desses circuitos, pois circuitos mais autônomos, que necessitem de menos vezes de recarga e possuam baixo consumo elétrico se encontram com uma competitividade maior em relação aos outros produtos; outro fator importante é sua resistência e durabilidade, pois esses equipamentos muitas vezes estão expostos a ambiente com condições diversificadas, como poeira, vibrações, fumaça, umidade, etc, é necessário o uso de um equipamento que resiste às adversidades de onde está empregado (CHASE, 2007).

Aliados a manutenção 4.0, esses sistemas surgem devido a necessidade de monitoramento das máquinas e são responsáveis por toda a coleta de dados e possíveis tomadas de ações dentro de onde são empregados, dentro desse contexto os sistemas embarcados ganham um nome e tem tarefas específicas de monitoramento são os chamados *data loggers*, esses sistemas têm a responsabilidade de coletar dados e posteriormente, fazendo parte da indústria 4.0, enviá-los a uma nuvem onde haverá um possível tratamento de dados para tomadas de ações.

Com o avanço dos sistemas embarcados, dois assuntos mais amplos puderam ser desenvolvidos garantindo ainda mais a economia tanto no quesito manutenção, quanto na energia utilizada para o funcionamento dos equipamentos, agilidade na obtenção de dados e melhor tratamento dos mesmos; o surgimento dos Sensores e Redes Inteligentes (*smart grids*) e a criação dos Sistemas Ciber-Físicos (*CPSs*) possibilitaram ainda mais a facilidade na integração dos elementos utilizados na *IIoT*.

4.1 SISTEMAS CIBER FÍSICOS

De acordo com a empresa IBM, os *CPSs* (*Cyber-Physical Systems*) nada mais são que sistemas embarcados aprimorados para manter a conexão entre um equipamento e o ambiente onde estão inseridos, os mesmos ganharam um rápido avanço com a *IoT* e posteriormente utilizados na *IIoT* buscando uma melhor sinergia entre o ambiente e os equipamentos, seu avanço se torna cada vez mais sofisticado à medida que o tempo avança e aliado a isso o seu baixo custo. Esses equipamentos ganharam um amplo espaço devido a cooperação que o equipamento garante aos elementos físicos e virtuais do espaço ao integrar elementos computacionais.

A *IIoT* busca tornar a Internet um meio mais abrangente no seu uso, permitindo que os dispositivos inseridos nesse meio tenham uma interconectividade entre si e colaborem entre si com sensores utilizados de forma única ou com um conjunto dos mesmos, criando microterminais, atuando como um sistema completo. A sinergia entre os componentes computacionais e físicos, utilizando especificamente os *CPSs* garantiu o avanço da *IoT* dentro das indústrias, esses mecanismos costumam e buscam dar suporte a processos da vida real e fornecer o controle operacional dos objetos da *IoT*, permitindo que os dispositivos físicos possam detectar o ambiente e modificá-lo (ZANNI, 2015).

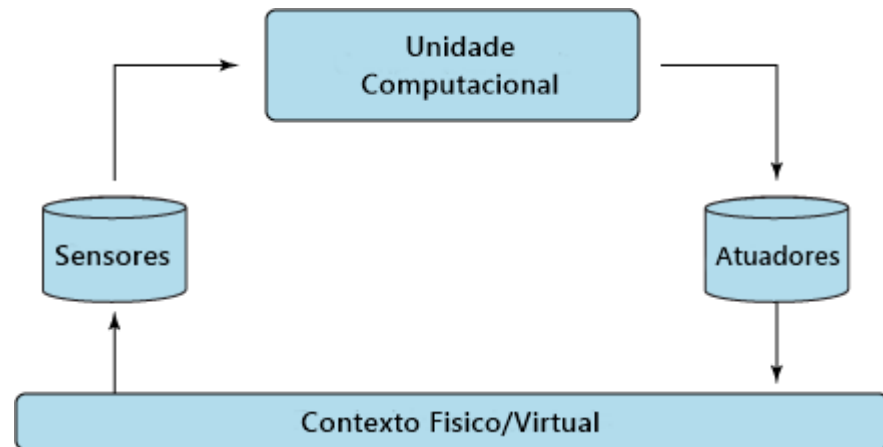
Partindo das tecnologias presentes na *IIoT*, foi oferecido o potencial para inovações e melhorias a ambientes sociais e corporativos (*IIoT*), a utilização dessa tecnologia permite a criação de aplicações inteligentes e adaptáveis, garantindo assim um melhor gerenciamento dos recursos utilizados e fornece sistemas com um melhor eficiência.

Partindo da ideia de Zanni (2015) em um *CPS*, os elementos da computação se coordenam e se comunicam com sensores, que são responsáveis pelo monitoramento de indicadores virtuais e físicos, além de atuadores, que são responsáveis por modificar o ambiente virtual ou físico, onde são executados. A utilização desses sistemas visam a busca pelo controle do ambiente de alguma forma, os *CPSs* utilizam da gama de sensores para obter um conhecimento mais profundo do ambiente, possibilitando uma atuação mais precisa.

Em um ambiente físico, os atuadores trabalham e modificam o ambiente onde os usuários vivem, no contexto virtual, os *CPSs* são utilizados para a coleta de dados de atividades virtuais dos usuários, possuem aplicações em redes sociais, blogs ou sites de *e-commerce*; essas tecnologias reagem de alguma forma partindo da obtenção das informações para prever ações futuras ou as necessidades dos usuários (*ibidem*).

A figura 11 demonstra a arquitetura de um *CPS*:

Figura 11 - Arquitetura CPS



Fonte: IBM (2015)

Como já explicado anteriormente, o contexto fornece os dados para os sensores, que os interpretam e encaminham para a unidade computacional, essa é responsável pela tradução dos dados e envio de uma ação para um determinado atuador ou rede de atuadores, garantindo assim a modificação do contexto e a busca pelo controle do ambiente.

Algumas aplicações para os CPSs (*ibidem*):

- No ambiente de fabricação industrial, os CPSs podem melhorar os processos através do compartilhamento de informações em tempo real entre as máquinas, cadeias de fornecimento de fabricação, fornecedores, sistemas de negócios e clientes. Os CPSs também podem melhorar os processos através do auto monitoramento e controle dos processos de produção e pela adaptação da produção para atender preferências específicas, esses equipamentos fornecem uma visualização mais ampla de todo o sistema de produção.
- No ambiente de saúde, os CPSs são utilizados para monitorar remotamente e em tempo real as condições físicas de pacientes, buscando limitar a hospitalização, ou até mesmo melhorar tratamentos em pessoas idosas ou inválidos. Uma área onde sua utilização é muito presente é a área da neurociência para entender melhor funções humanas com suporte de interfaces cérebro-máquina e robótica terapêutica.
- No ambiente de energia, os CPSs atuam com sensores e outros dispositivos com a finalidade de monitorar a rede para controlar seu uso, proporcionando uma maior confiabilidade e melhoria da eficiência do uso da energia.

- No ambiente dos transportes, a utilização de veículos individuais e a infraestrutura podem se comunicar, compartilhando informações em tempo real sobre tráfego, localização ou a prevenção de acidentes e congestionamentos, aumento da segurança, garantindo economia de tempo e dinheiro.
- No ambiente da agricultura, os *CPSs* garantem um ambiente mais moderno e preciso, os mesmos podem coletar informações fundamentais sobre o clima, terreno e dados para criar sistemas cada vez mais precisos de gerenciamento agrícola, essa tecnologia trabalha para manter os valores ambientais ideais, como: irrigação, umidade e saúde da planta.
- No ambiente de redes de computadores, os *CPSs* podem impulsionar os ambientes virtuais para melhor compreensão do comportamento dos sistemas e dos usuários, buscando melhorar o desempenho e o gerenciamento de recursos. Os aplicativos podem ser otimizados para trabalharem em cima dos contextos e as ações dos usuários; redes sociais e sites de e-commerce armazenam informações de navegação dos usuários e o conteúdo na web acessado, analisando essas informações há uma previsão de interesses, buscando fazer recomendações de amigos, postagens, links, páginas, eventos e produtos.

A utilização dos *CPSs* cresce cada vez mais devido a facilidade de comunicação que esse equipamento permite, tornando assim o fluxo de informações e de processos mais dinâmicos e com uma melhor tradução de dados dentro das indústrias.

4.2 SENSORES E REDES INTELIGENTES

Os Sensores Inteligentes são dispositivos atuais utilizados para detectar e responder a sinais elétricos ou ópticos, sendo possível sua conexão para a rede. Esses componentes são de extrema importância para as indústrias inteligentes, possibilitando a auto gestão, auto configuração, auto controle e a otimização, buscando resultados precisos e confiáveis, existem diversos sensores inteligentes em mercado, a exemplo os sensores da marca Contrinex, os mesmo são equipados com um IO-Link de série e possibilita a utilização de saídas binárias PNP ou a interface IO-Link inteligente.

Em um texto publicado em 2016, Maria Freitas descreve os sensores inteligentes:

“Sensores inteligentes são dispositivos que recebem como entrada algum parâmetro físico do ambiente e, através de recursos internos

computacionais para executar funções internas predefinidas, detectam esse parâmetro e em seguida processam e transmitem os dados referentes a ele.” (FREITAS, 2016, p.1 apud SILVA, 2018).

Observando o ambiente produtivo, existem alguns pontos da produção que são impossíveis manter a produtividade no máximo com eficiência ótima, ou até mesmo evitar os tempos de inatividade e perda de produção, por isso uma solução realizada através de sensores inteligentes busca o monitoramento de minuto a minuto, estabelecendo parâmetros e diagnósticos para uma unidade de controle (SILVA, 2018).

Com a aplicação desses sensores inteligentes é possível obter diversos ganhos, como: aplicação da manutenção preventiva, deixando de lado a reativa, tomadas de decisões baseadas em diagnósticos avançados, tempo planejado de inatividade, redução dos custos de cabeamento e manutenção; isso aliado a análises precisas de falhas e fácil substituição de peças.

De acordo com a fabricante Rockwell, existem diversos sensores inteligentes disponíveis para diversos parâmetros, com isso é possível estabelecer uma visão ampla de todo o processo, partindo do conhecimento da situação atual e do status do sensor, é possível garantir a identificação de qualquer tipo de problema do sistema, tornando assim o sistema quase que a prova de falhas, os mesmos fornecem um fluxo contínuo de dados de processos, diagnósticos para os ambientes, um sistema de visualização, um software de informações e controlador (*ibidem*).

A utilização das redes inteligentes também torna o uso da indústria 4.0 completamente prático, pois devido esse ramo é possível atrelar todos os segmentos da indústria aliados com a economia de energia, deixando o gasto energético desnecessário de lado, essa aplicação é devida a utilização das *smart grids*.

A expressão “*smart grids*” deve ser entendida como um conceito e não como um equipamento específico ou tecnologia, esse conceito se fundamenta no uso intensivo de tecnologias de computação, comunicações para monitoramento, automação e gerenciamento da rede elétrica, permitindo assim a implantação de estratégias de otimização e controle da rede de forma mais eficaz que as atuais (FALCÃO, 2010 apud BEZERRA; SILVA; ARAÚJO, 2018).

O conceito resulta em uma convergência acentuada entre as infraestruturas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica e a infraestrutura de processamento de dados e comunicação digital, a comunicação digital atua como uma internet dos equipamentos,

conectando os mesmos e trocando informações e ações de controle entre as diferentes secções da rede elétrica. A integração de diferentes tecnologias irá necessitar do desenvolvimento de novas técnicas de controle, automação e otimização do manejo dos sistemas elétricos, com uma alta otimização de técnicas de resolução distribuída de problemas, fundamentada no uso de multi-agentes (ibidem).

As gerações dos sistemas de distribuição da rede elétrica podem ser divididas em quatro que serão apresentadas de acordo com Bandeira (2012) apud Bezerra; Silva; Araújo (2018), a primeira era composta por sistemas de corrente contínua que alimentavam áreas pouco extensas, a segunda era composta por sistemas em corrente alternada, possuindo um centro de transmissão para fazer a alimentação de energia via postes e/ou cabos aéreos, a terceira teve como característica a utilização do subsolo pelas prestadoras de serviço público e por fim a quarta e planejamento atual, a utilização de *smart grids*.

O avanço da tecnologia digital voltada para os sistemas de fornecimento de energia elétrica, possibilitou a criação das *smart grids* (quarta geração), estabelecendo assim um significativo crescimento na qualidade e na quantidade das informações relativas ao desempenho da rede, assim como a disponibilidade dessas informações e a possibilidade de atuação com os consumidores finais, que com base nas informações possam planejar o desempenho da rede em busca da sua otimização, com isso a interação permite menores custos no uso da energia fornecida, diretamente proporcional menores tarifas para os consumidores (BANDEIRA, 2012 apud BEZERRA; SILVA; ARAÚJO, 2018).

As *smart grids* promovem uma excelente aplicabilidade dentro da indústria 4.0, buscando tornar o consumo energético para a realização de trabalhos mais responsiva e econômica, aliada a não deixar nenhum componente sem funcionalidade.

A partir da ideia de Falcão (2010) apud Bezerra; Silva; Araújo (2018), algumas tecnologias já disponíveis que viabilizam a implantação do conceito de *Smart Grid* são:

- Equipamentos Prediais e Eletrodomésticos Inteligentes: Utilização em residências e estabelecimentos comerciais de equipamentos elétricos que são capazes de modificar sua demanda em função de sinais de preço ou relacionados à confiabilidade do sistema elétrico;
- Geração Distribuída e Microgeração: Tendência para a inclusão de fontes energéticas com dispersão, como exemplo as renováveis (solar, eólica, fotovoltaica, entre outras)

ligadas aos sistemas de distribuição de energia elétrica, apresentaram crescimento nos últimos anos, devido ordens ambientais, políticas governamentais e avanços tecnológicos;

- IEDs (Investimento Estrangeiro Direto): Equipamentos padrões que utilizam de tecnologia digital que proporcionam a convergência entre tecnologias de controle, proteção e supervisão. São elementos que apresentam uma interface da infraestrutura de comunicações e processamento de informação com o sistema elétrico;
- Infraestrutura Automática de Medição (AMI): É um sistema que torna automática a coleta e transferência de dados de medidores de energia para um sistema centralizado de processamentos de dados. Fazendo uso dos *Smart Meters*, que são medidores eletrônicos com funcionalidades expandidas e com a capacidade de troca de informações de forma bidirecional”;
- *PMUs*: São dispositivos para Medição Fasorial Sincronizada (PMU em inglês) que representam um grande avanço na disponibilidade de informações para a determinação do estado operativo de sistemas em grandes áreas;
- Precificação Dinâmica: Através da capacidade de comunicação bidirecional entre as concessionárias e consumidores de energia, foi possível a introdução de um sistema de precificação dinâmica. Nesse sistema, o preço da energia elétrica varia ao longo do dia como meio de incentivo de políticas de melhoria do perfil de demanda e, em consequência, redução do custo de expansão e operação do sistema elétrico.

Os sistemas de distribuição de energia elétrica e as matrizes energéticas são diferentes de um país para o outro, causando diferentes níveis de prioridade quanto a implantação das *Smart Grids*. Nos últimos anos, o tema e a integração garantida pelo mesmo (através de sensores e equipamentos em rede) principalmente no ambiente industrial, garantiram um espaço na agenda de desenvolvimento industrial de diversos países, como exemplo Alemanha e Estados Unidos (BANDEIRA, 2012; BEZERRA; SILVA; ARAÚJO, 2018).

4.3 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS DA INDÚSTRIA 4.0

De acordo com a empresa Maxinst (2020), os principais benefícios que a manutenção 4.0 garantem a indústria são o aumento da disponibilidade dos equipamentos, redução de custos de manutenção das máquinas com substituições de peças desnecessárias, materiais e horas extras, redução dos custos de armazenamento, conservação, preservação e compras de peças e

materiais, melhor utilização da mão-de-obra, redução dos custos de manutenção preventiva desnecessárias e melhora nos planejamentos das manutenções e da rotina de trabalho. A manutenção 4.0 também gera vantagens com a sua adoção sobre outras empresas que não adquirem a prática.

De acordo com o consultor técnico Newanderson Gomes Miranda da empresa Maxinst, algumas vantagens são a redução do tempo quando ocorre uma falha até a tomada de ações, reduzindo de forma significativa o impacto na disponibilidade, no custo de manutenção e operação do maquinário nas cadeias produtivas, e a vantagem estratégica sobre concorrentes utilizando os recursos disponíveis para a confiabilidade dos equipamentos que irão resultar em uma maior disponibilidade, proporcionando melhores condições de vendas, trabalhando com a capacidade de produção de qualidade, baixo preço e prazo de entrega (MAXINST, 2020).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partindo da leitura da monografia é possível perceber que o cenário 4.0 está cada vez mais próximo de ser o padrão para as empresas, devido a quantidade de benefícios garantidos a empresa, como a redução dos valores utilizados em uma manutenção não planejada, o tempo que se leva até a correção do problema, a mão de obra utilizada, transporte, hospedagem, entre outros; buscando a praticidade e agilidade na tomada de ações dentro da empresa, a indústria 4.0 veio para tornar o trabalho humano bem mais aprimorado em auxílio das tecnologias.

Outro ponto importante partindo da análise do texto é que muitas empresas sofrem com a implementação dessa nova estrutura por conta da mesclagem de marcas das tecnologias, deixando falhas entre a comunicação das máquinas e falhas nas deduções dos problemas devido a incompatibilidade de comunicação entre as memórias lógicas, sensores e atuadores, visando essa incompatibilidade alguma empresas desenvolveram seus próprios hardwares e softwares para suprir a falha causada pela integração de diferentes marcas.

A indústria 4.0 já é uma realidade e pode ser implementada por um preço baixo devido o barateamento dos componentes eletrônicos, a manutenção dentro desse cenário necessita de mais atenção, pois além da gama de equipamentos responsável pelas análises e deduções são necessárias pessoas capacitadas para a tradução dos dados, servindo assim para projeções futuras das tomadas de ações.

Após os estudos levantados para essa monografia, é possível concluir que a indústria 4.0 já está implementada em alguns setores de produção industrial, em pequenos negócios como máquinas fresadoras, onde a parada emergencial para a manutenção acaba sendo muito prejudicial para a produção, pois as falhas no devido equipamento ocorre principalmente no seu eixo central, peça de difícil acesso devido o preço, um problema facilmente contornável com a adição de sensores que identifiquem o problema das vibrações irregulares.

Outro exemplo são os trocadores de calor, esses aparelhos são muito encontrados em piscinas para a manutenção da temperatura e que apresenta o problema de queima por superaquecimento, isso se dá devido o entupimento das entradas do filtro, outro problema que seria contornado com a implementação de sensores de temperatura que indicassem a variação anormal da mesma, podendo assim interromper o funcionamento e efetuar a limpeza.

As dificuldade encontradas para instalar essas tecnologias em indústrias de grande porte são a falha na comunicação dos sistemas embarcados devido a interferências na camada de

comunicação, outro problema se dá devido à falta de investimento na camada de segurança, possibilitando a invasão do sistema e ocasionando o roubo de informações e dados, por último, outro ponto que torna o uso da indústria 4.0 mais instável é a falta de mão de obra qualificada, causando diversos prejuízos para a produção e para outros funcionários que estão no ambiente.

A indústria 5.0 já é uma realidade dentro da sociedade originada no Japão, esse novo modelo de indústria busca a redução dos desastres ambientais causados pela indústria 4.0 e também a redução para os desafios no contexto social. Buscando assim uma reconciliação dos homens com as máquinas.

Esse contexto 5.0 já existe no Japão desde 2016, porém foi na CeBIT 2017 (exposição para serviços de telecomunicações digitais e TI) que o mesmo foi divulgado, o conceito está em crescimento e alguns comerciais já estão disponíveis para a divulgação do modelo, a exemplo: “*Society 5.0: for the betterman of human lives*” (Sociedade 5.0: Para a melhoria das vidas humanas).

Os robôs já são a base da manufatura, e as tecnologias presentes na indústria 4.0 garantem a flexibilização dos processos industriais. A indústria 5.0 une a criatividade com a habilidade humana e a velocidade, a produtividade e a consistência dos robôs. Devido isso os sistemas inteligentes passam a contribuir para combater o envelhecimento, diminuir as desigualdades sociais, melhorar a segurança pública e também busca resolver problemas ocasionados por desastres naturais (BUSINESS, 2020).

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, Beatriz. Terceira Revolução Industrial: tudo sobre a chamada revolução informacional! 2018. Disponível em: <https://www.stoodi.com.br/blog/2018/08/14/terceira-revolucao-industrial/>. Acesso em: 07 abr. 2020.
- BACCARIN, Artur Benzi. INDÚSTRIA 4.0: IOT, BIG DATA E PRODUTOS DIGITAIS. 2018. Disponível em: <https://www.riuni.unisul.br/handle/12345/5815>. Acesso em: 02 maio 2020.
- BALDISSARELLI, Luciano; FABRO, Elton. Manutenção Preditiva na indústria 4.0. *Scientia Cum Industria*, [s.l.], v. 7, n. 2, p. 12-22, 23 abr. 2019. Universidade Caixias do Sul. <http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v7iss2p12>.
- BANDEIRA, Fausto de Paula Menezes. REDES DE ENERGIA ELÉTRICA INTELIGENTES (Smart Grids). Brasília: Câmara dos Deputados, 2012. 10 p.
- BEZERRA, Isadora Vilela; SILVA, Ellen Carmelita Capelo; ARAÚJO, Francisco José Costa. REDES INTELIGENTES NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0. 2018. Disponível em: https://doity.com.br/media/doity/submissoes/artigo-9723121f6fc60ff27789b151b135485faa70002e-segundo_arquivo.pdf. Acesso em: 22 jun. 2020.
- BIZERRA, Fernando de Araújo. TAYLORISMO, FORDISMO E TOYOTISMO: cui prodest?. *cui prodest?*. 2017. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/129460078.pdf>. Acesso em: 03 maio 2020.
- BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 13, p. 3-64, mar. 2001
- BRASIL, HSC. Segurança para IoT: quais os desafios e seus impactos em segurança. 2018. Disponível em: <https://www.hscbrasil.com.br/seguranca-em-iot/>. Acesso em: 20 abr. 2020.
- BUSINESS, Saúde. Indústria 5.0: A reconciliação entre o homem e a máquina. 2020. Disponível em: <https://saudebusiness.com/voce-informa/industria-5-0-a-reconciliacao-entre-o-homem-e-a-maquina/#:~:text=Ainda%20assim%2C%20a%20ind%C3%BAstria%205.0,d%C3%A1%20%C3%AAnfase%20igual%20na%20acelera%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 20 jul. 2020.
- CÉSAR, Aldo. MERCADO Redes industriais: o que são e para quê servem na Indústria 4.0. 2018. Disponível em: <https://transformacaodigital.com/mercado/redes-industriais-o-que-sao-e-para-que-servem-na-industria-4-0/>. Acesso em: 21 abr. 2020.
- CHASE, Otávio. Sistemas Embarcados. 2007. Disponível em: <http://www.lyfreitas.com.br/ant/pdf/Embarcados.pdf>. Acesso em: 07 maio 2020.
- CIMM (Brasil). Dynamox. Preditiva remota: saiba como melhorar custos e produtividade em tempos de crise. 2020. Elaborada por Assessoria de imprensa. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/noticias/19763-preditiva-remota-saiba-como-melhorar-custos-e-produtividade-em-tempos-de-crise>. Acesso em: 25 maio 2020.
- CIMM. A Manutenção é a porta de entrada da Indústria 4.0? 2019. Elaborado por Claudio H. Goldbach. Disponível em: <https://www.revistaferramental.com.br/?cod=artigo/a-manutencao-porta-entrada-industria-4-0/>. Acesso em: 22 maio 2020.

DATHEIN, RICARDO. Inovação e Revoluções Industriais: uma apresentação das mudanças tecnológicas determinantes nos séculos XVIII e XIX. Publicações DECON Textos Didáticos 02/2003. DECON/UFRGS, Porto Alegre, Fevereiro 2003.

DIFERENÇA. Qual a diferença entre taylorismo, fordismo e toyotismo? Online. Juliana Bezerra. Disponível em: <https://www.diferenca.com/taylorismo-fordismo-e-toyotismo/>. Acesso em: 20 jul. 2020.

DONAS, Manoel Luiz Martins. A Gestão da Manutenção de Equipamentos em uma Instituição Pública de C&T em Saúde. 2004. Disponível em: http://jetaconsul.dominiotemporario.com/doc/Gestao_da_Manutencao_em_Uma_Instituicao_Publica_de_Saude.pdf. Acesso em: 20 abr. 2020.

DOYLE, Lee. Como lidar com a arquitetura de rede de dispositivos IoT. 2018. Disponível em: <https://cio.com.br/como-lidar-com-a-arquitetura-de-rede-de-dispositivos-iot/>. Acesso em: 20 abr. 2020.

DUTRA, JHONATA TELES. PCM 4.0 Planejamento e Controle de Manutenção na Indústria 4.0 [e-book]. 2019. ENGETELES – Engenharia de Manutenção. Disponível em: <https://engeteles.com.br/pcm-na-industria-4-0/> Acesso em: 18 de maio de 2020.

EVEO, Redação. Entenda o que é o IIOT e saiba o que muda para a indústria! 2018. Disponível em: <https://www.eveo.com.br/blog/iiot/>. Acesso em: 20 abr. 2020.

EZRA, Oren. Achieving Manufacturing Excellence with Predictive Maintenance and Machine Learning. 2018. INDUSTRY 4.0 INSIGHTS. Disponível em: <https://blog.seebo.com/predictive-maintenance-machine-learning/>. Acesso em: 20 abr. 2020.

SISTEMAS, Função. Big Data. 2019. Disponível em: <https://www.funcao.com.br/2019/01/18/big-data/>. Acesso em: 20 jul. 2020.

GALEGALE, Gustavo Perri et al. INTERNET DAS COISAS APLICADA A NEGÓCIOS – UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/jistm/v13n3/1807-1775-jistm-13-03-0423.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2020.

KUROSE, J. F. AND ROSS, K. W. 2012. Computer Networking: A TopDown Approach (6th Edition). Pearson, 6th edition.

LIKER, Jeffrey K. O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo/ Jeffrey K Liker; trad. Lene Belon Ribeiro. – Porto Alegre: Bookman, 2005; Capítulo I, páginas 25 a 35.

Lima, A. G.; Pinto, G. S. INDÚSTRIA 4.0. Revista Interface Tecnológica, v. 16, n. 2, p. 299-311, 21 dez. 2019.

LOH, Stanley. Volume, Velocidade, Variedade, Veracidade e Valor: Como os 5 Vs do Big Data estão impactando as Organizações e a Sociedade. Porto Alegre, 2019.

MAGLIO, Paul P.; LIM, Chie-hyeon. Innovation and Big Data in Smart Service Systems. 2016. Disponível em: https://journalsojs3.fe.up.pt/index.php/jim/article/view/2183-0606_004.001_0003/228. Acesso em: 20 abr. 2020.

MARTINS, Paulo. Manutenção Industrial em tempos de Indústria 4.0. 2018. Disponível em: <https://revistapotencia.com.br/automacao-industria-4-0/manutencao-industrial-em-tempos-de-industria-4-0/>. Acesso em: 15 jun. 2020.

MATOS, Jhonata de Souza. A INDÚSTRIA 4.0 NA ECONOMIA BRASILEIRA: seus benefícios, impactos e desafios. Seus benefícios, impactos e desafios. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/23894/1/Ind%C3%BAstriaEcnomiaBrasileira.pdf>. Acesso em: 03 maio 2020.

MAXINST. Manutenção industrial 4.0: o que é e quais os benefícios para sua empresa. 2020. Disponível em: <http://www.revistamanutencao.com.br/literatura/tecnica/tecnologia-da-informacao/manutencao-industrial-4-0-o-que-e-e-quais-os-beneficios-para-sua-empresa.html>. Acesso em: 15 maio 2020.

MEDEIROS, Flávia. Os principais V's do Big Data. 2019. Disponível em: <https://in360.com.br/blog/cinco-vs-do-big-data-velocidade/>. Acesso em: 03 maio 2020.

MEDEIROS, Soraya Maria de; ROCHA, Semíramis Melani Melo. Considerações sobre a terceira revolução industrial e a força de trabalho em saúde em Natal. 2003. 10 f. Tese (Doutorado) - Curso de Enfermagem, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Enfermagem da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 20020. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/csc/2004.v9n2/399-409/>. Acesso em: 22 maio 2020.

MOREIRA NETO, Teófilo Cortizo. A HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DE MANUTENÇÃO. 2017. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/a-historia-da-evolucao-do-sistema-de-gestao-de-manutencao/75650>. Acesso em: 13 maio 2020.

NASCIF, Júlio; KARDEC, Alan. 2001. Manutenção como Função Estratégica. Qualitymark Editora Ltda.

NICOLACI-DA-COSTA, Ana Maria. Revoluções tecnológicas e transformações subjetivas. Psicologia: Teoria e Pesquisa, [s.l.], v. 18, n. 2, p. 193-202, ago. 2002. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-37722002000200009>.

ORACLE. O Que é Big Data. 2020. Disponível em: <https://www.oracle.com/br/big-data/what-is-big-data.html>. Acesso em: 03 maio 2020.

PEDERNEIRAS, Gabriela. Comunicação interna na Indústria 4.0: como transformar a comunicação interna em um ativo da indústria que auxilia na evolução do negócio e das pessoas que atuam nele. Como transformar a comunicação interna em um ativo da indústria que auxilia na evolução do negócio e das pessoas que atuam nele. 2019. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/18820-comunicacao-interna-na-industria-40>. Acesso em: 21 jun. 2020.

PERASSO, Valéria. O que é a 4ª revolução industrial - e como ela deve afetar nossas vidas. 2016. Elaborado por BBC. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-37658309>. Acesso em: 03 maio 2020.

PETERSON, L. L. AND DAVIE, B. S. 2011. Computer Networks, Fifth Edition: A Systems Approach. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 5th edition.

PETRONAS. KPIs da indústria 4.0: você sabe o que analisar? Você sabe o que analisar? 2020. EQUIPE INOVAÇÃO INDUSTRIAL. Disponível em: <https://inovacaoindustrial.com.br/kpis-da-industria-4-0-voce-sabe-o-que-analisar/>. Acesso em: 21 maio 2020.

REDAÇÃO. Indústria 4.0: Atualização da mão de obra será um grande desafio no Brasil. 2017. Disponível em: <https://cio.com.br/industria-4-0-atualizacao-da-mao-de-obra-sera-um-grande-desafio-no-brasil/>. Acesso em: 20 abr. 2020.

RIBEIRO, Andressa de Freitas. Taylorismo, Fordismo e Toyotismo. In: CONGLIO, Célia Regina et al. Desenvolvimento capitalista e questão ambiental. 35. ed. 19. São Paulo: Neils, 2015. Cap. 5. p. 65-79. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/ls/issue/view/1546/showToc>. Acesso em: 17 abr. 2020.

RODRIGUES, Leticia Francischini; JESUS, Rodrigo Aguiar de; SCHÜTZER, Klaus. Industrie 4.0 – Uma Revisão da Literatura. 2016. Disponível em: <https://www.metodista.br/revistas/revistas-unimep/index.php/cienciatecnologia/article/view/3176/1899>. Acesso em: 02 maio 2020.

ROMANO, Matheus. Descubra o que é a internet industrial das coisas e porque isso é o futuro das indústrias de sucesso. 2017. Disponível em: <https://www.logiquesistemas.com.br/blog/internet-industrial-das-coisas/>. Acesso em: 04 maio 2020.

SCHWAB, Klaus. A Quarta Revolução Industrial. Editora Edipro, 2016.

SCIENCESOFT. Industrial IoT Solutions. 2020. Disponível em: <https://www.scnsoft.com/services/iot/industrial>. Acesso em: 20 jul. 2020.

SENA, Eduardo Bonifácio de. Manutenção 4.0 – Os aspectos da quarta revolução industrial sob a perspectiva da manutenção. 2017. Disponível em: <https://wellelaser.com/manutencao-4-0-os-aspectos-da-quarta-revolucao-industrial-sob-a-perspectiva-da-manutencao/>. Acesso em: 20 abr. 2020.

SINGH, Swapnil. Predictive Maintenance. 2019. Disponível em: <https://medium.com/ai-techsystems/predictive-maintenance-a257a1645a14>. Acesso em: 20 jul. 2020.

SILVA, Denise A. G: INDÚSTRIA 4.0 com foco nos sistemas cyber físicos. 2018. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Eletrônica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

SITWARE. Indústria 4.0 No Brasil: Um Parâmetro Sobre A Aplicação Do Conceito De Indústrias Inteligentes No País. 2020. Disponível em: <https://www.siteware.com.br/nossas-solucoes/>. Acesso em: 22 maio 2020.

TAYLOR, Christine. Structured vs. Unstructured Data. 2018. Disponível em: <https://www.datamation.com/big-data/structured-vs-unstructured-data.html>. Acesso em: 20 abr. 2020.

TANENBAUM, A. (2003). Computer Networks. Prentice Hall Professional Technical Reference, 4th edition.

ZANNI, Alessandro. Sistemas cyber-físicos e cidades inteligentes. 2015. Elaborada por IBM. Disponível em: <https://www.ibm.com/developerworks/br/library/ba-cyber-physical-systems-and-smart-cities-iot/index.html>. Acesso em: 29 maio 2020.