

**MANUTENÇÃO 4.0:
NOVAS TECNOLOGIAS ALIADAS A GESTÃO DA MANUTENÇÃO**

**MAINTENANCE 4.0:
NEW TECHNOLOGIES ALIGNED WITH MAINTENANCE MANAGEMENT**

Erick Akira Uesugui^{1, i}
Ariane Diniz Silva^{2, ii}
Marcos Roberto Silvério da Cruz^{3, iii}
Gabriel Claro da Silva^{4, iv}
Ederson Duarte Bonfim^{5, v}
André Cassulino Araújo Souza^{6, vi}

Data de submissão: (25/04/2022) Data de aprovação: (31/01/2023)

RESUMO

O presente trabalho reflete sobre a utilização de tecnologias relacionadas à Indústria 4.0 no processo de manutenção das indústrias, tendo como objetivo apresentá-las e estudá-las sob o enfoque da gestão da manutenção. Expõe o significado da palavra manutenção, bem como a definição dos tipos de manutenção existentes, como por exemplo a corretiva não planejada, a corretiva planejada, a preventiva, a preditiva, a detectiva e a engenharia de manutenção, além de temas atuais como a Indústria 4.0 ou Quarta Revolução Industrial, além da apresentação das tecnologias ou pilares da Indústria 4.0. Apresenta informações sobre o que é possível obter com uso da *Internet of Things* (IoT), nas atividades inerentes a manutenção de máquinas e equipamentos, favorecendo assim uma atuação mais rápida e assertiva da área de manutenção, buscando minimizar problemas futuros. Aborda também de forma sucinta a iniciativa do Banco Nacional de Desenvolvimento Social (BNDES) voltada ao desenvolvimento de políticas públicas que favoreçam o uso da IoT no Brasil que teve seu início em 2016 e na etapa final descreve sobre a Realidade Aumentada e como ela pode ajudar a melhorar as demandas que a manutenção possui relacionadas aos ativos da empresa. Foi constatado que essas tecnologias são de extrema relevância para a gestão da manutenção. Todavia, se faz

¹ Bacharel em Biblioteconomia pela Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo e Bibliotecário na Escola e Faculdade de Tecnologia SENAI “Gaspar Ricardo Júnior”. E-mail: erick.akira@sp.senai.br

² Doutora em Educação na Universidade de Sorocaba e professora da Universidade de Sorocaba e da Escola e Faculdade de Tecnologia “Gaspar Ricardo Júnior”. E-mail: ariane.silva@sp.senai.br

³ Orientador de Prática Profissional na Escola SENAI Luiz Pagliato. Pós-graduado em Docência do Ensino Superior pela Universidade de São Paulo e Pós-graduado em Docência na Educação Profissional e Tecnológica pelo SENAI/CETIQT. E-mail: mcruz@sp.senai.br

⁴ Possui graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica pela Faculdade de Tecnologia SENAI “Gaspar Ricardo Júnior” (2017). Atualmente é instrutor de formação profissional III da Faculdade de Tecnologia SENAI “Gaspar Ricardo Júnior”. E-mail: gabriel.csilva@sp.senai.br

⁵ Mestrando em Engenharia de Produção na Universidade Federal de São Carlos. E-mail: ederson.bonfim@gmail.com

⁶ Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de São Carlos (2017). Atualmente é instrutor de formação profissional III - SENAI - Departamento Regional de São Paulo. E-mail: andre.souza@sp.senai.br

necessário observar a realidade e as particularidades existentes em cada empresa para que a escolha seja feita de maneira assertiva.

Palavras-chave: Gestão da manutenção. Indústria 4.0. Tecnologias habilitadoras.

ABSTRACT

The present work reflects on the use of technologies related to Industry 4.0 in the maintenance process of industries, with the objective of presenting and studying them from the perspective of maintenance management. It exposes the meaning of the word maintenance, as well as the definition of existing types of maintenance, such as unplanned corrective, planned corrective, preventive, predictive, detective and maintenance engineering, in addition to current topics such as Industry 4.0 or Fourth Industrial Revolution, in addition to the presentation of the technologies or pillars of Industry 4.0. It presents information about what is possible to obtain with the use of the *Internet of Things* (IoT), in the activities inherent to the maintenance of machines and equipment, thus favoring a faster and more assertive performance of the maintenance area, seeking to minimize future problems. It also briefly discusses the initiative of the National Bank for Social Development - BNDES aimed at the development of public policies that favor the use of IoT in Brazil that began in 2016 and in the final stage describes Augmented Reality and how it can help to improve the demands that maintenance has on company assets. It was found that these technologies are extremely relevant for maintenance management. However, it is necessary to observe the reality and particularities existing in each company so that the choice is made assertively.

Keywords: Maintenance management. Industry 4.0. Enabling technologies.

1 INTRODUÇÃO

A palavra manutenção tem sua origem no latim *manutentio*, “segurar com a mão”, formado por manus, “mão”, mais tenere, “agarrar, segurar” (MANUTENÇÃO, 2020). O significado expressa a intenção de manter o que se tem, ou seja, conservar o que se possui. A necessidade de consertar as coisas sempre existiu, porém, recebeu uma importância muito grande quando a humanidade começou a fazer uso e a precisar dos produtos originários de diversos meios de produção. Com o avanço das eras, o ser humano, mediante seu intelecto, foi desenvolvendo sua capacidade de produzir e de se especializar, passando assim pela Revolução Industrial do final do século XVIII, onde a sociedade da época necessitava muito dos tais bens de consumo, chegando até o século XX, período de várias transformações, principalmente ligadas a novas tecnologias, estavam ocorrendo e alterando ainda mais o modo de vida da sociedade moderna. Para Viana (2013) o século XX foi um momento de várias revoluções, onde pode-se destacar as ocorridas na área da tecnologia, que mediante a sua velocidade, gerou grande impacto no modo de vida do homem deste século.

O uso de equipamentos de ponta e de alta produtividade facilitou muito a produção, pois serviços que eram executados em maquinários simples demoravam mais tempo para serem realizados. Mas essa melhora na velocidade da produção acabou trazendo consigo consequências indesejáveis: os custos relacionados a disponibilidade das máquinas, sua falta

de uso devido a paradas inesperadas e que levam tempo para serem resolvidas ou mesmo a subutilização devido à baixa taxa de utilização do equipamento, aumentaram muito, chegando a níveis elevados. Portanto, não basta ter a tecnologia necessária para produzir, e sim, saber como utilizá-la de forma eficaz e que favoreça a produção. Mediante tal necessidade, as técnicas utilizadas na gestão empresarial sofreram uma enorme evolução. Conforme Pinto e Xavier (2013, p. 7) descrevem: “A tecnologia é a base, mas é a gestão que faz a diferença”.

A estratégia infunde dentro de si, os meios necessários para se obter algo, ou seja, ela traz consigo um modo, um modelo a ser seguido para se ter eficácia na ação pretendida. Portanto, a manutenção estratégica possui formas de atuação voltadas a se obter resultados empresariais. Segundo Tavares (1999) essa visão estratégica impulsiona a se pensar de uma nova forma, tendo como foco ações que envolvem todos os equipamentos sistematicamente, ou seja, de forma conjunta e não separada. Os equipamentos não devem ser restaurados apenas quando necessário, para que fiquem à disposição dos seus usuários o mais rápido possível, eles devem estar disponíveis para uso o maior tempo possível; é uma diferença muito grande, pois esse pensamento nos traz a reflexão sobre a eficiência versus eficácia. De nada adianta fazer o que precisa ser feito, no menor tempo possível, utilizando o mínimo de recursos, menos dinheiro e pessoas, se a causa do problema não é investigada e resolvida. Sendo assim, a manutenção não deve buscar apenas consertar os equipamentos no menor tempo possível e sim deixar os equipamentos o maior tempo em disponibilidade para que sejam utilizados pela produção (PINTO; XAVIER, 2013).

Este trabalho tem o objetivo de refletir sobre a utilização de tecnologias relacionadas à Indústria 4.0 no processo de manutenção das indústrias e mostrará, através do uso da IoT, a possibilidade de obtenção de dados que ajudarão, através de um monitoramento constante, a manutenção atuar de forma rápida e precisa, tendo como foco a redução de problemas futuros e a conservação longínqua de máquinas e equipamentos, evitando-se as chamadas paradas indesejadas que afetam a produtividade, resultando em prejuízo financeiro.

2 DESENVOLVIMENTO

É fato que qualquer unidade de negócio que exista e que possua uma área de manutenção, responsável por manter máquinas e equipamentos disponíveis para uso, precisa se valer de um bom planejamento, afim de atender cada demanda existente. Sendo assim, cabe a manutenção estratégica definir como fazer uso dos diversos tipos de manutenção disponíveis, tendo como papel fundamental a definição do processo de manutenção de cada equipamento e a priorização, mediante estudos, da importância de cada um dentro do sistema produtivo da empresa.

Mediante o exposto no site da Engeman:

[...] uma gestão estratégica eficiente buscará não somente corrigir falhas, mas também trabalhar de forma preventiva e implementar melhorias no uso dos recursos. Dessa forma agirá pautada em cinco pilares: qualidade, eficiência, confiabilidade, flexibilidade e custos. (ENGEMAN, 2018).

2.1 Tipos de manutenção

A manutenção é definida conforme o tipo de trabalho realizado no equipamento. Na atualidade são definidos seis tipos de manutenção, sendo elas:

- Corretiva não planejada;
- Corretiva planejada;
- Preventiva;
- Preditiva;
- Detectiva;
- Engenharia de manutenção.

2.1.1 Manutenção corretiva não planejada

É aquela, como o próprio nome diz, sem planejamento, oriunda da necessidade do momento, onde houve uma quebra inesperada, uma parada sem aviso, um rendimento abaixo do esperado. É sempre de caráter emergencial, pois envolve perdas de produção e mesmo assim, em algumas situações, dadas as dificuldades de se atuar preventivamente, opta-se por esse modelo, pois não se faz necessário uma atuação constante da equipe de manutenção e da compra periódica de peças de reposição, pois o componente é utilizado o máximo possível. Para Viana (2013) a manutenção corretiva não planejada, configura-se no ato de utilizar o componente até a sua quebra, efetuando-se a sua troca, assumindo-se os materiais e mão de obra para realizá-lo, não levando em conta os custos de produção. Mas, mesmo não levando em conta esses custos, sabe-se, conforme nos diz Pinto e Xavier (2013) os custos se elevam muito nesse modelo. Arelado a isto, está também o baixo índice de confiabilidade, pois quando se atua apenas na substituição de componentes, normalmente não se avalia e tenta resolver a causa do problema; não se pensa em quanto tempo o equipamento ficará disponível e sim espera-se a próxima quebra, além de normalmente negligenciar-se a segurança.

2.1.2 Manutenção corretiva planejada

É oriunda das análises e acompanhamentos realizados pela manutenção preditiva. Através desta modalidade de manutenção, visa-se corrigir os problemas pertinentes as máquinas e equipamentos sem causar impactos negativos ao setor produtivo, ou seja, evitando que o processo produtivo sofra constantemente com intervenções desnecessárias e totalmente evitáveis. Sendo assim, tem a função de corrigir o problema existente, substituindo o item danificado por outro em perfeito estado, através de um conjunto de atividades sem afetar o fluxo de produção (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2016).

De forma sistematizada as ações da manutenção podem ser realizadas com maior eficácia e precisão, em relação as intervenções não planejadas, pois se baseia em informações de qualidade que surgem do acompanhamento constante dos ativos da empresa. Para Borovina Júnior (2017), é muito mais vantajoso economicamente um trabalho planejado do que não planejado, além de ser mais seguro, rápido e de maior qualidade, pois faz uso de informações mais apuradas devido o acompanhamento contínuo dos equipamentos.

2.1.3 Manutenção preventiva

Ações preventivas usadas pelos respectivos setores de manutenção visam diminuir a incidência de falhas e a interrupção do funcionamento de máquinas e equipamentos, valendo-se de métodos e padrões pré-estabelecidos. Segundo Viana (2013) este tipo de manutenção

se caracteriza através de trabalhos realizados em espaços de tempo pré-programados, em máquinas que estejam em pleno funcionamento, sem falhas e defeitos, a fim de reduzir as ocorrências de paradas não planejadas. Em apoio a esta ideia, afirmam também Moro e Auras (2007, p. 9) que a manutenção preventiva “consiste no conjunto de procedimento e ações antecipadas que visam manter a máquina em funcionamento.”

Apesar desse tipo de manutenção estar em outro patamar em relação a corretiva, existe um fator preponderante e indissociável: o custo da manutenção. Por causa do trabalho constante das equipes de manutenção, conforme planos estabelecidos com antecedência, relacionado a constantes intervenções que ocorrem nos maquinários do setor produtivo, substituição de itens que poderiam ser utilizados por mais tempo e são trocados enquanto se encontram na metade da sua vida útil e também por afetar a disponibilidade, pois as máquinas e equipamentos são parados mais vezes, afetando a produção, os custos envolvidos são elevados, pois como dito, as equipes de manutenção sempre estão atuando e como peças de substituição são utilizadas com maior intensidade, elas precisam ser adquiridas muitas vezes.

Conforme nos fala Pinto e Xavier (2013) mediante os serviços de manutenção feitos com muita frequência e troca de peças em muitos casos sem necessidade, os custos acabam se tornando altos em relação a manutenção preditiva. Ocorre também, por causa destas intervenções, que a disponibilidade de máquinas e equipamentos pode ficar comprometida, afetando de forma negativa o desempenho da produção.

2.1.4 Manutenção preditiva

Baseia-se no constante monitoramento de algumas variáveis que as máquinas e equipamentos possuem, que permite determinar o momento certo para se atuar, ou seja, as intervenções não ocorrem sempre e sim de tempos em tempos, de forma mais espaçadas possível. Este modelo utiliza recursos específicos e tecnologia moderna, tais como análise de vibração, termografia e outros mais, além de ter como norteadores, vários planos de manutenção a serem seguidos. Conforme Xenos (2014) a preditiva possui a premissa de alongar o tempo entre as manutenções, pois busca prever o momento exato de troca da peça ou reforma do componente. Desta forma, tem a condição de usá-los o máximo possível, ou seja, até o limite de sua vida útil. Este tipo de manutenção não deixa de ser preventiva, mas traz vantagens econômicas muito interessantes, pois não se espera o colapso da máquina ou equipamento para se prover a devida correção e nem se faz a intervenção em momentos inoportunos onde a máquina ou equipamento ainda estejam operando em condições favoráveis e seguras.

[...] do ponto de vista econômico, parar uma máquina ou equipamento para desmontá-lo e executar intervenções de manutenção preventiva quando o mesmo ainda apresenta condições de operar com desempenho satisfatório, não é procedimento admissível e deveria ser evitado. Por outro lado, esperar que a máquina ou equipamento entre em pane para, então, repará-lo pode causar prejuízos absurdos. (VAZ, 2010, p. 373)

2.1.5 Manutenção detectiva

Também chamada de Teste para Detecção de Falhas (TDF), essa modalidade de manutenção visa de forma investigativa detectar falhas imperceptíveis as pessoas que trabalham com a máquina ou equipamento e até mesmo aos olhares mais especializados, como aqueles da equipe de manutenção. Se trata de tarefas executadas em sistemas de

proteção, comando e controle, com o objetivo de encontrar falhas ocultas e se tais sistemas se mantêm funcionais (PINTO; XAVIER, 2013).

Uma vez identificado o problema, uma intervenção é agendada para que se possa resolvê-lo e sanar a questão. Portanto, detectar as anomalias desses sistemas é de suma importância, pois se faz necessário garantir a confiabilidade.

[...] é cada vez maior a utilização de computadores digitais em instrumentação e controle de processo [...] são sistemas de aquisição de dados, controladores lógicos programáveis, sistemas digitais de controle distribuído (SDCD), multiloops com computador supervisor e outra infinidade de arquiteturas de controle [...] sistemas de *shutdown* ou sistemas de *trip* garantem a segurança de um processo quando esta sai de sua faixa de operação segura. Esses sistemas de segurança são independentes dos sistemas de controle utilizados para otimização da produção. (BOROVINA JÚNIOR, 2017, p. 111)

É evidente que atualmente, a tecnologia existente é utilizada nas mais diversas aplicações, principalmente nos meios industriais e que, portanto, mantê-la em perfeito funcionamento, deve ser uma preocupação constante dos responsáveis pela manutenção.

2.1.6 Engenharia de manutenção

É uma estratégia de muita valia atualmente, principalmente onde se faz necessário conciliar os objetivos da manutenção e da produção. Através disso visa-se atingir níveis mais altos de competitividade e conseqüentemente de sobrevivência. Pode ser classificada como uma quebra de paradigma, pois surge mediante a necessidade de melhorar o modo como se faz a manutenção dentro da empresa, visando mudar a forma de se trabalhá-la através de um sistema de melhoria contínua. Mediante tal aspecto, ela deixa de ser vista como custo e passa a ser tratada como investimento, pois como dito anteriormente, se torna estratégica. Portanto, através de uma mudança cultural, deve-se:

- buscar as causas dos problemas ao invés de consertar continuamente, ou seja, a causa raiz;
- resolver as questões permanentes de mau desempenho;
- eliminar os problemas crônicos existentes;
- melhorar os padrões e as sistemáticas;
- aumentar a manutenibilidade desenvolvendo-a continuamente;
- dar feedbacks a área de projeto;
- interferir tecnicamente nas compras com informações relevantes e satisfatórias. (BOROVINA JÚNIOR, 2017).

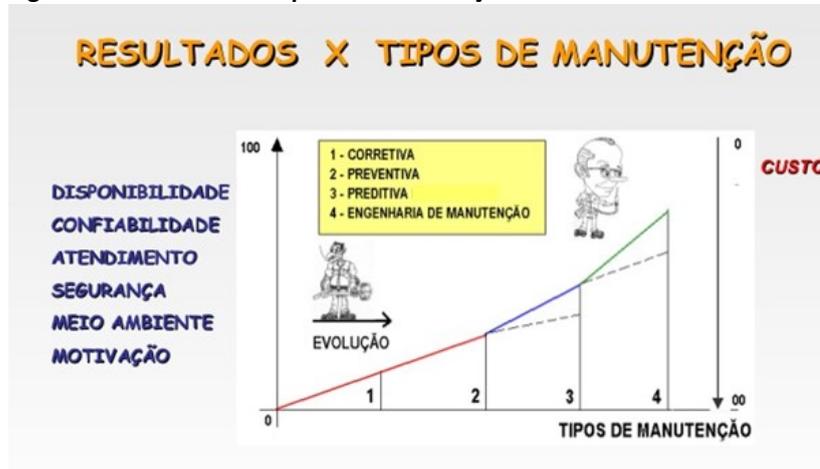
Esse novo setor será composto por pessoas capazes tecnicamente, comprometidas com os objetivos estabelecidos, com visões diferentes de outrora, pois os serviços executados não mais se limitarão a simples trocas e sim a análises mais profundas em busca da excelência do trabalho.

2.1.7 Manutenção: resultados x tipos de manutenção

Pelo exposto até o momento, pode-se perceber que os custos estão diretamente ligados a modelo de manutenção adotado pela empresa. O custo tende a ser menor quando se caminha da corretiva para a engenharia de manutenção.

A figura 1 abaixo ilustra o caminho que a manutenção precisa percorrer para otimizar os seus resultados:

Figura 1 – Resultados X Tipos de Manutenção



Fonte: Pinto e Ribeiro (2002)

Do lado esquerdo estão representados resultados como disponibilidade, confiabilidade, atendimento, segurança, meio ambiente e motivação; já do lado oposto temos a representação do custo. Pode-se perceber que conforme a manutenção vai progredindo, indo da corretiva para a engenharia de manutenção, os resultados vão melhorando e o custo vai diminuindo.

[...] Verifica-se que os resultados serão tanto melhores e os custos tanto menores à medida que se caminha da corretiva NÃO planejada para a Preditiva e para a Engenharia de Manutenção que, conforme comentado anteriormente, por ser uma área ligada à melhoria é a que apresenta melhores resultados e impacta a disponibilidade e a redução de custos significativamente. (PINTO; XAVIER, 2013, p. 26)

2.2 Tecnologias relacionadas à Indústria 4.0

Observa-se atualmente um cenário de diversas mudanças para as indústrias, especialmente em seus processos de produção, devido ao surgimento de novas tecnologias. Percebe-se, nesse contexto, o avanço da chamada quarta revolução industrial ou também conhecida como Indústria 4.0, e:

A quarta revolução industrial, é impulsionada pelas tendências de conectividade, materiais avançados que permitem o desenvolvimento de novos sensores, tecnologia de processamento mais rápido, redes de produção avançadas, redes de dispositivos de fabricação e controladores por computadores, permitindo uma interação entre o real e o virtual de maneira muito mais integrada. (STEVAN *et al*, 2018, p. 83)

A Indústria 4.0 gera novos princípios os quais norteiam os trabalhos das indústrias, sendo eles: crescimento da interoperabilidade entre processos de produção, ou seja, aumento da conectividade dos dados de sensores com o monitoramento físico; possibilidade de coletar e analisar dados em tempo real para fornecimento de informações; flexibilidade com a reconfiguração de módulos individuais; e aumento de tendência a serviços. Como consequência, fomenta-se oportunidades para novos negócios, produtos e soluções cada vez mais customizadas. (STEVAN *et al*, 2018).

A integração e associação de tecnologias de comunicação, com auxílio de sensores estabelecem um novo conceito de fábricas inteligentes, busca-se total integração do ambiente fabril (STEVAN *et al*, 2018), utilizando-se dos pilares da Indústria 4.0 apresentados na figura 2.

Conforme o portal Canal Ind4.0 (2018), tais pilares se baseiam em:

- *Big Data e Analytics*: poderosos softwares destinados a analisar dados estruturados e não estruturados, aliados a técnicas adequadas capazes de gerar informações valiosas às organizações;
- Rôbôs autônomos: equipamentos capazes de atuar de forma mais flexível e colaborativa através da interação entre máquinas e seres humanos;
- Simulação: Testagem e ensaios de processos e produtos durante a fase de concepção, visando a redução dos custos oriundos das falhas e do tempo de projeto;
- Realidade aumentada: tecnologia que permite que o usuário execute tarefas destinadas a um reparo ou a uma nova configuração do processo, seguindo instruções passo a passo dentro de uma visão e orientação assertiva, inserido em um ambiente virtual – sistemas ciber-físicos - CPS;
- Integração de sistemas – horizontal e vertical: sistemas *Enterprise Resource Planning* – ERP (Planejamento de Recursos Empresariais), *Manufacturing Execution Systems* – MES (Sistemas de Execução de Fabricação) que têm a função de auxiliar na tomada de decisão através da análise de dados, integrando assim toda a cadeia produtiva de valor;
- Manufatura aditiva: possibilidade tecnológica que permite a produção de objetos, através de impressoras 3D;
- *Cyber* segurança: também chamada de segurança da tecnologia da informação, esses sistemas de comunicação cada vez mais seguros e evoluídos garantem a veracidade/exatidão das informações utilizadas no processo de produção;
- *Internet of things* (IoT): através de sensores/internet se torna possível a conectividade entre os diversos dispositivos flexibilizando o acesso e controle em todo o processo produtivo.

Figura 2 – Pilares da Indústria 4.0



Fonte: Canal Ind4.0 (2018)

Temos ainda mais um pilar e conforme define o portal da *Amazon Web Service – AWS* (2022), observa-se:

- Nuvem: sistema que permite a um simples usuário ou mesmo a grandes corporações, através da definição de preço conforme o uso, o acesso sob demanda de maior poder computacional, banco de dados, armazenamento, aplicativos e outros recursos de Tecnologia da Informação – TI, pela Internet. Além de tudo, esses recursos podem ser usados conjuntamente, como componentes básicos, sendo capazes de se tornarem soluções que colaboram no cumprir metas de negócios e como requisitos de tecnologia.

2.3 A gestão da manutenção e a IoT (Internet das Coisas)

Tendo em vista essa perspectiva (o advento da Indústria 4.0), e a necessidade de fortalecer a indústria nacional, no ano de 2016, por iniciativa do BNDES, foi instaurada a chamada pública BNDES/FEP Prospecção nº 01/2016 – Internet das Coisas, cujo objetivo era obter estudos técnicos independentes que propusessem um diagnóstico e sugestões de políticas públicas que tratassem especificamente do tema IoT no território brasileiro.

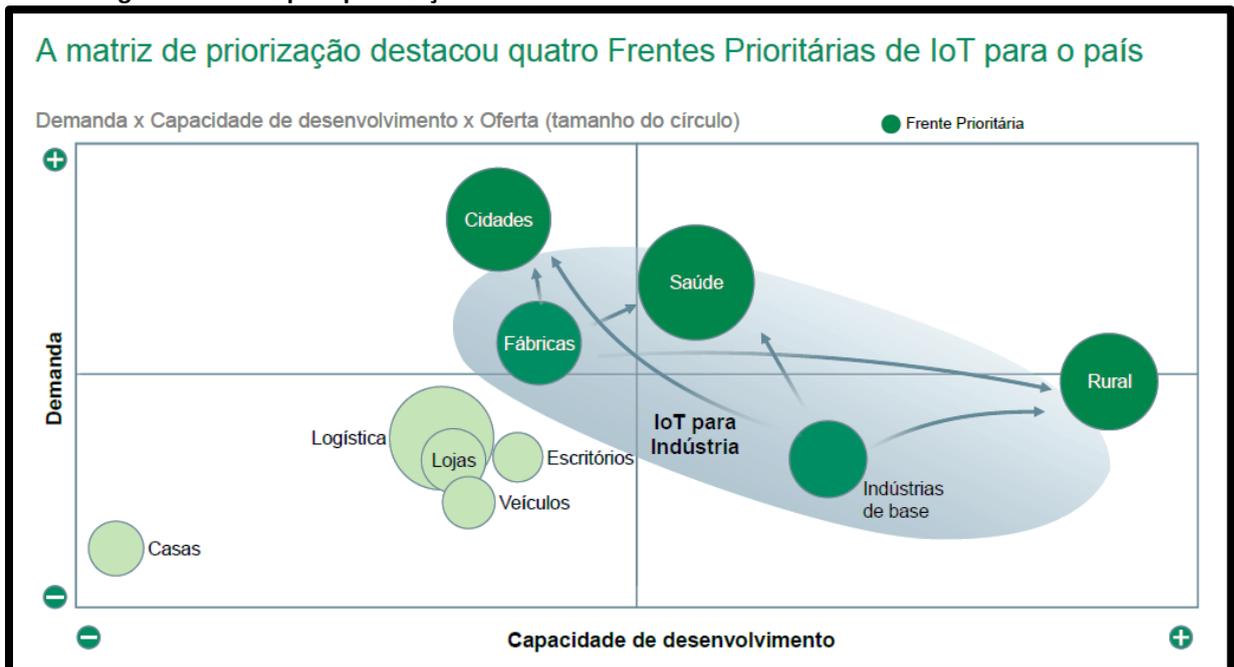
O ganhador dessa chamada pública foi o consórcio formado por *McKinsey & Company*, Fundação CPqD e Pereira Neto|Macedo Advogados e conforme o cronograma estabelecido, os estudos se iniciaram em Dezembro/2016 com a intenção de implantação inicial do Plano de Ação elaborado até Março/2018. Portanto, desse estudo, nasceram vários relatórios que focavam em ações voltadas a Internet das Coisas e de acordo com o relatório Produto 8: Relatório do Plano de Ação - Iniciativas e Projetos Mobilizadores, a Internet das Coisas, promete transformar a sociedade moderna, alterando não somente a economia, mas também o cotidiano da população, sendo mais relevante do que a robótica avançada, tecnologias em Nuvem, e internet móvel.

Ainda, sobre o relatório Produto 8: Relatório do Plano de Ação Iniciativas e Projetos Mobilizadores, um estudo do *McKinsey Global Institute*:

[...] estima que o impacto de IoT na economia global será de 4% a 11% do produto interno bruto do planeta em 2025 (portanto, entre 3,9 e 11,1 trilhões de dólares). Até 40% desse potencial deve ser capturado por economias emergentes. No caso específico do Brasil, a estimativa é de 50 a 200 bilhões de dólares de impacto econômico anual em 2025. (BNDES, 2017)

Também, por meio deste estudo, dividiu-se através de ambientes – um aglomerado de setores correlatos, que tratam de desafios particulares a um determinado ecossistema – as oportunidades de negócios para a internet das coisas no Brasil e no mundo. Os ambientes priorizados foram: cidades, saúde, rural e indústria (manufatura e indústria base). Esta priorização pode ser vista na figura 3:

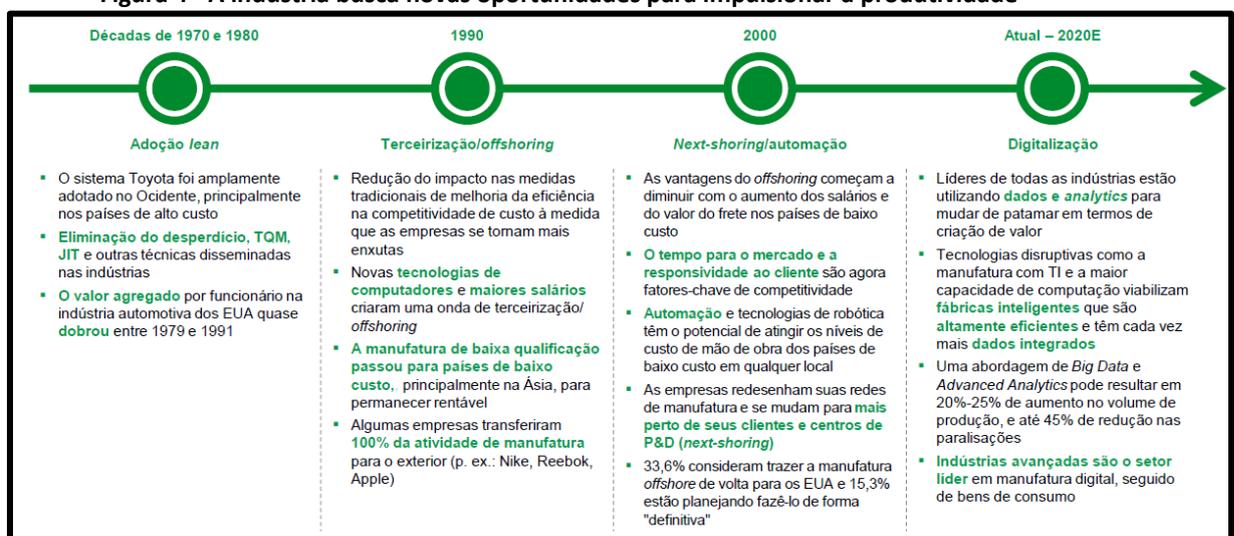
Figura 3 - Matriz para priorização dos ambientes



Fonte: BNDES (2017)

O mesmo estudo gerou resultados apontados em um outro relatório intitulado Produto 7D: Relatório Aprofundamento de Verticais – Indústrias, do BNDES, onde verifica-se que o barateamento das tecnologias, aliado a pressão de competitividade existente no meio industrial, impeliu as indústrias modernas a adotarem, de forma cada vez mais rápida, o uso de novas tecnologias, que de antemão, tem gerado mudanças nos planos de negócios e nos processos industriais existentes, como exemplo, pode-se citar a rápida digitalização, uso de sensores, soluções integradas de controle e automação, análise de dados massivos, etc. A figura 4 ilustra a evolução da produtividade e mostra a digitalização da indústria ao longo do tempo.

Figura 4 - A indústria busca novas oportunidades para impulsionar a produtividade



Fonte: BNDES (2017)

Analisando esse quadro, fica fácil perceber o caminho que o setor industriário trilhou na busca de melhorar sua produtividade e que junto a isso iniciou um processo de digitalização que não tem mais volta. É evidente que a indústria que quiser se manter no mercado e concorrer com as demais, deverá buscar a digitalização de sua planta, ou seja, trata-se de uma questão de sobrevivência.

E dentro deste cenário, a internet das coisas promete dar condições, antes inimagináveis, como dito no relatório intitulado Produto 7D: Aprofundamento de verticais – Indústrias:

[...] Há muitas aplicações possíveis de IoT na indústria, do monitoramento remoto de ativos até manutenção preditiva, passando por soluções de controle e gestão de estoque. [...] Todos os setores podem se beneficiar com o desenvolvimento e adoção de IoT. (BNDES, 2017, p.8)

Assim sendo, a gestão da manutenção, no uso das premissas da manutenção preditiva, tem tudo para se beneficiar através da internet das coisas, pois, através da coleta de informações de forma instantânea, será possível (ENGEMAN, 2018):

- Antecipar prováveis problemas;
- Tomar decisões mais assertivas;
- Melhorar os resultados da gestão da manutenção.

Tosmann (2021), em seu artigo sobre a manutenção preditiva e o uso da IoT, explica que a internet das coisas é responsável por coletar dados das máquinas, favorecendo o controle das manutenções preditivas, sendo possível então, monitorar diversas informações, rastrear diversas falhas e fatores que podem comprometer os processos produtivos industriais. Como a coleta de dados ocorre ininterruptamente, ou se seja, 24 horas por dia, os interessados podem acompanhar o desempenho dos processos e das máquinas através de celulares, tablets ou computadores.

Para que o sistema seja funcional, necessita-se o uso de sensores, que podem medir várias grandezas, tais como temperatura, pressão, ruído, consumo de energia etc. Tais elementos podem ser utilizados de forma simples e individual, medindo apenas uma grandeza e apresentar a medição realizada através da tela de um computador ou até mesmo compor a chamada rede de sensores sem fio ou RSSF, formando um sistema mais robusto e complexo, que terá a missão de monitorar situações específicas.

Segundo Rios, Assis e Soares (2018) “Uma rede de sensores sem fio (RSSF) pode ser definida como uma rede sem fio de dispositivos autônomos que contêm sensores, distribuídos espacialmente para monitorar fenômenos físicos ou ambientais”.

A internet das coisas possibilitará aos gestores de manutenção, a antecipação de informações das mais diversas, como o desgaste de componentes, eventos, coleta de horas trabalhadas do equipamento, temperatura de funcionamento, movimentação de itens etc., com bastante agilidade e assertividade. Sendo assim, pode-se afirmar, que o número de retrabalhos cairá significativamente, pois a intervenção humana será reduzida, além do fato da qualidade estar dentro do preconizado como ideal, mediante a automatização das atividades de análise e utilização dos dados coletados.

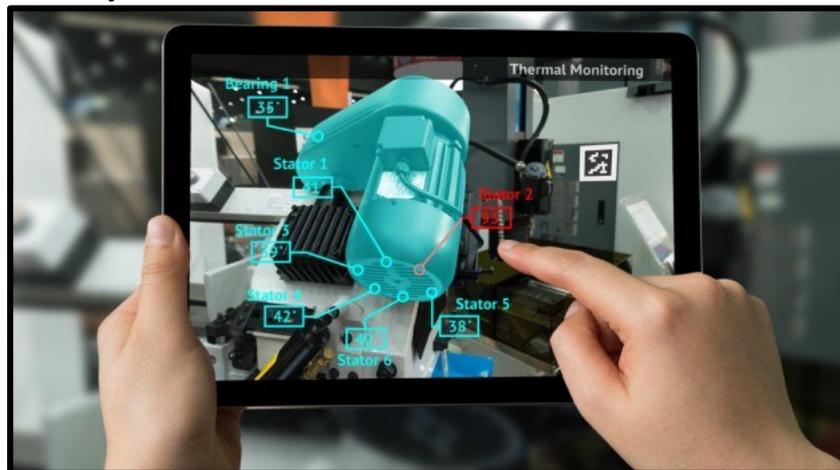
Além disso, com o uso da IoT será possível reduzir os custos das organizações, pois os processos serão otimizados.

2.4 A gestão da manutenção e a virtualização (realidade aumentada)

Com a evolução de softwares e hardwares, se tornou possível, para fins industriais, o uso da chamada realidade aumentada. Conforme Kirner e Torni (2006) esta realidade visa trazer o mundo digital para dentro do mundo físico, para dentro do espaço onde o usuário se encontra, facilitando dessa forma, a manipulação do mundo virtual, sem a necessidade de alto grau de conhecimento.

Com o uso desta tecnologia, o manutentor terá em mãos uma ferramenta, como qualquer outra que carrega consigo, porém mais completa, que lhe permitirá usar: manuais técnicos, realce de componentes, esquemas elétricos e de Controle Lógico Programável (CLP), especificações técnicas, instruções passo-a-passo, ferramentas específicas e medidas de segurança a serem respeitadas durante a intervenção/liberação do equipamento, ou seja, tudo que estiver ao seu alcance para poder resolver o problema o mais rápido possível. A figura 5 mostra que com o uso de um tablet (poderia ser um celular) e um sistema de realidade aumentada conectada a sensores, se faz possível verificar várias informações sobre um motor elétrico e até mesmo interagir com ele.

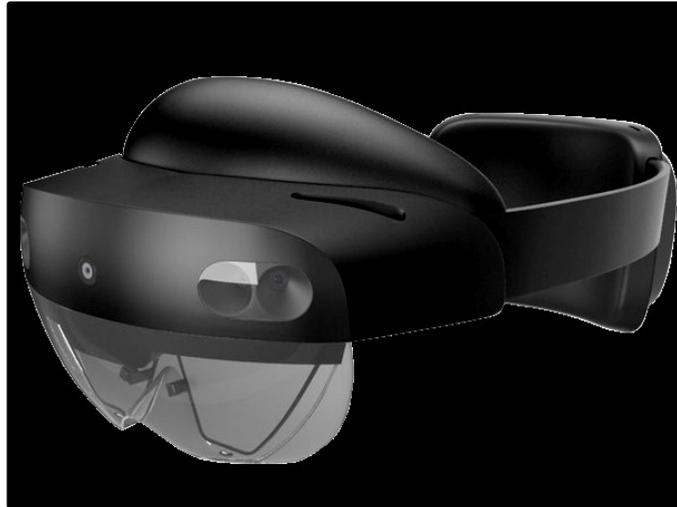
Figura 5 – Demonstração Realidade Aumentada



Fonte: Flexinterativa (2022)

Também já estão sendo utilizados em aplicações industriais os chamados óculos de realidade aumentada. Já existem no mercado alguns modelos, e um que se destaca bastante é o *Microsoft HoloLens 2*, apresentado na figura 6. Esse modelo óculos de realidade aumentada é um *headset* holográfico independente e não vinculado que permite que os usuários trabalhem com as “mãos livres”, fazendo uso de aplicativos que os guiam nas tarefas a serem executadas.

Figura 6 – Óculos Realidade Aumentada - Microsoft Hololens 2



Fonte: Microsoft (2022)

Segundo um estudo encomendado pela Microsoft (2022) e realizado pela *Forrester Consulting*, foi possível identificar e quantificar os principais benefícios de investir no *Hololens 2*, ou seja, esse estudo pode mostrar o quão favorável é o uso da realidade aumentada, pois pode-se observar:

- Aprimoramento na eficiência dos treinamentos;
- Aumento na assertividade das tarefas realizadas pelos trabalhadores em campo ou localmente;
- Aumento da produtividade observada pelos líderes de projetos;
- Diminuição de viagens que envolviam pessoas especializadas que precisavam estar presentes para ajudar nas demandas do momento;
- Redução dos custos operacionais envolvidos;
- Aumento e preservação da receita.

Além de *hardware* dedicado, existem também os *softwares* que são parte integrante dessa tecnologia. Um exemplo a ser citado, vem da empresa Siemens que lançou recentemente uma solução chamada *Cosmos Mobile Worker* que possui a função de gerenciar dados móveis aliado a realidade aumentada e suas funcionalidades. Segundo o canal IND4.0 (2022) esse aplicativo promete processar todos os dados gerados através de várias fontes, como por exemplo dados de engenharia, e vinculá-los, facilitando assim uso e possibilitando uma visão global e não fragmentada da planta industrial. Dessa forma, a manutenção poderá ser rápida e segura. O usuário desse sistema, poderá com o uso de um dispositivo móvel, exibir informações importantes mediante a realidade aumentada, inclusive podendo editar e documentar dados onde estiver. Esses dados ficam disponíveis automaticamente a outros usuários autorizados, que podem processá-los diretamente. Também é possível fazer chamadas de vídeo e consultar um técnico que possa auxiliar na condução do serviço que está sendo executado no momento.

3 ANÁLISE E RESULTADOS

A Manutenção 4.0 pode ser compreendida como uma complementação da manutenção convencional adotada nas fábricas. Considerando que a Indústria 4.0 tem como um de seus princípios coletar e compartilhar informações em tempo real, a implantação de suas tecnologias na manutenção permitirá que os sistemas recebam informações, as quais serão analisadas e contribuirão para que haja a eliminação de falhas por tendência, em que o trabalho com base em prognósticos será responsável por obter respostas aos questionamentos de eventos futuros.

Diversos processos como os sistemas autônomos, *Big Data* e realidade aumentada, aliados à computação em nuvem e a IoT, poderão vir a ter uma grande parcela de contribuição em relação ao processo de inovação e rapidez nos processos, o que elevaria a indústria à um outro nível, em que seria capaz de impulsionar sua produção em larga escala, bem como reduzir tempo e custos com a manutenção.

Tendo em vista as ideias abordadas neste trabalho, pode-se dizer que os desafios a serem enfrentados pelas empresas incluirão investimentos financeiros em equipamentos capazes de incorporar essas tecnologias, adaptação aos novos processos e formas de relacionamento com outras empresas no decorrer da cadeia produtiva, além do surgimento de novas especialidades e o desenvolvimento obrigatório de competências.

Para conseguir assimilar essas tecnologias ao cotidiano das empresas, estas precisarão estar preparadas para enfrentar essas mudanças e estar de acordo com suas capacitações e estratégias advindas de suas necessidades e particularidades.

4 CONCLUSÃO

Através desse artigo foi possível observar os vários tipos de manutenção existentes e aplicáveis dentro de qualquer processo. Porém, vale ressaltar, que o que faz a diferença é o uso adequado das diversas técnicas e o quanto isso afeta os indicadores tanto econômicos, quanto os resultados relacionados as máquinas e equipamentos de qualquer empresa.

Com o surgimento das novas tecnologias relacionadas a Indústria 4.0, pode-se dizer, que houve uma ruptura de âmbito global forçando governos, empresas, instituições de ensino e pessoas a pensar de forma diferente e buscar entendimento sobre essa grande mudança.

Sendo assim, surge um estudo técnico através de uma iniciativa do BNDES, onde se almejava obter indicações de políticas públicas condizentes a realidade brasileira e voltadas ao uso da IoT, que ajudassem no fortalecimento da indústria nacional. Então, diante desse contexto, tomou forma em 2016, consolidando-se em 2018, certas ações foram implantadas e estão sendo monitoradas até presente momento.

Hoje, pode-se dizer que a IoT já faz parte de várias atividades ligadas as indústrias, residências, instituições de ensino e traz consigo o aumento de possibilidades a serem utilizadas na melhoria de várias situações, onde podemos incluir, foco desse artigo, processos da área de manutenção. Essa importante tecnologia elevou a patamares antes inimagináveis, a forma de gerir a manutenção de ativos da empresa, tornando as tarefas do dia a dia mais seguras, confiáveis, ágeis, precisas e eficazes. Proporcionou coletar dados de forma muita

mais rápida e em tempo real, que geral informações importantíssimas que favorecem a tomada de decisão, aumentando assim a eficiência e a eficácia de todos os envolvidos.

Outro pilar muito importante e que pode trazer muitos benefícios é a chamada Realidade Aumentada. Com ela, a manutenção e outros mais, podem se valer de recursos, através do uso de celulares, tablets e óculos específicos para essa aplicação, onde o usuário, poderá interagir com certas informações, treinamentos e consultas a especialistas em tempo real, sem precisar se deslocar ou mesmo viajar grandes distâncias para obter o conhecimento necessário, a fim atender as diversas demandas existentes. E o mais importante, essa tecnologia ajudará na redução dos custos envolvidos e na conservação da receita disponível.

Percebe-se que essas tecnologias são extremamente importantes para a gestão da manutenção e apesar do estudo mostrar isso, se faz necessário observar a realidade e as particularidades existentes em cada empresa para que assim se tome uma decisão de qual(is) deve(m) ser utilizada(s) em cada caso. Dessa forma, não há a pretensão de avaliar qual é a melhor, tendo em vista que cada situação é distinta, sendo assim esse trabalho contribuiu para conhecê-las e apresentar algumas possibilidades existentes.

REFERÊNCIAS

AWS PRODUTOS. **O que é a computação em Nuvem**. 2022. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is-cloud-computing/>. Acesso em: 15 mar. 2022.

BNDES - BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Produto 7D:** aprofundamento de verticais – indústrias. 2017. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/cfbd69ff-56d7-43f4-82df-f05b40459ec7/relatorio-aprofundamento-das-verticais-industria-produto-7D.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m3xwf3m>. Acesso em: 21 set. 2020.

BNDES - BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Produto 8:** relatório do plano de ação - iniciativas e projetos mobilizadores. 2017. Edição 1.1. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/269bc780-8cdb-4b9b-a297-53955103d4c5/relatorio-final-p>. Acesso em: 21 set. 2020.

BOROVINA JÚNIOR, Armando. **Planejamento e gestão da produção**. São Paulo: SENAI-SP, 2017. 336 p.

ENGEMAN. **Como a gestão estratégica da manutenção pode beneficiar meu negócio?** Disponível em: <http://blog.engeman.com.br/a-importancia-da-manutencao/>. Acesso em: 03 jun. 2018.

FLEXINTERATIVA. **Figura demonstração realidade aumentada**. Disponível em: <https://www.flexinterativa.com.br/wp-content/uploads/2019/06/realidade-aumentada-manufatura-a-voz-da-industria-620x345.jpg>. Acesso em: 14 mar. 2022.

IND4.0 - Canal Industria 4.0. **Seja bem-vindo ao maior canal da Industria 4.0 no Brasil**. 2018. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/sobre>. Acesso em: 15 mar. 2022.

IND4.0 - Canal Industria 4.0. **Siemens lança aplicativo que usa realidade aumentada para manutenção de indústrias de processo.** 2022. Disponível em:

<https://www.industria40.ind.br/noticias/21988-siemens-lanca-aplicativo-usa-realidade-aumentada-manutencao-industrias-processo>. Acesso em: 16 mar. 2022.

KIRNER, Cláudio; TORI, Romero. **Fundamentos de realidade aumentada. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**, v. 1, p. 22-38, 2006.

MANUTENÇÃO Preditiva. Disponível em: <http://producaoindustrialequalidade.blogspot.com/2011/04/manutencao-preditiva.html>. Acesso em: 17 ago. 2020

MANUTENÇÃO. *In*: Significados BR. Disponível em:

<https://www.significadosbr.com.br/manutencao>. Acesso em: 13 ago. 2020.

MECÂNICA INDUSTRIAL. **O que é uma manutenção corretiva planejada?** 2016. Disponível em: <https://www.mecanicaindustrial.com.br/o-que-e-uma-manutencao-corretiva-planejada/>. Acesso em: 18 ago. 2020.

MICROSOFT. **The Total Economic Impact of Microsoft HoloLens 2: A custom business case.**

Disponível em: <https://tools.totaleconomicimpact.com/Go/microsoft/mixed-reality/index.html>. Acesso em: 13 mar. 2022.

MORO, Norberto; AURAS, André Paegle. **Introdução a Gestão da Manutenção.** 2007.

Disponível em: <http://norbertocefetsc.pro.br/downloads/manutencao.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2020.

PINTO, Alan Kardec; RIBEIRO, Haroldo. **Gestão Estratégia e Manutenção Autônoma.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 136 p.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio de Aquino Nascif. **Manutenção Preditiva: fator de sucesso na gestão empresarial.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013. 196 p.

RIOS, Beatriz; ASSIS, Gabriel de; SOARES, Marcelo. **Rede de Sensores sem Fio.** 2018.

Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel878/redes1-2018-1/trabalhos-vf/rssf/>. Acesso em: 15 mar. 2022.

TAVARES, Lourival. **Administração Moderna da Manutenção.** Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações, 1999.

TOSMANN, João Marcio. **Manutenção preditiva com utilização de IoT: entenda o impacto dos avanços para a indústria.** 2021. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/21823-manutencao-preditiva-utilizacao-iot-entenda-impacto-avancos-industria>. Acesso em: 16 mar. 2022.

VAZ, José Carlos. **Gestão da Manutenção.** *In*: CONTADOR C.J. (coord). **Gestão de Operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa.** 3. ed. São Paulo: Blucher, 2010. Cap. 28. p. 365-375.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM - Planejamento e Controle da Manutenção**. 5. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

WENDLAND, Leonardo Scheibner; TAUCHEN, Joel. **Gestão Estratégica da Manutenção**. 2010. Disponível em: https://www.fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/Publicacoes/SAEP/2010/2010_gestao_estrategica_manutencao.pdf. Acesso em: 03 jun. 2018.

XENOS, Harilaus Georgius D' Philippos. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. [S.l.]: Falconi, 2014. 312 p.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus e às nossas famílias por todo apoio, à Escola e Faculdade de Tecnologia SENAI “Gaspar Ricardo Júnior” pela oportunidade de nos aperfeiçoarmos pessoalmente e profissionalmente, e aos demais envolvidos por todo auxílio e suporte em nosso cotidiano.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

i ERICK AKIRA UESUGUI



Bacharel em Biblioteconomia pela Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo (2021). Atualmente é bibliotecário na Escola e Faculdade de Tecnologia SENAI “Gaspar Ricardo Júnior” e aluno especial do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UNESP.

ii ARIANE DINIZ SILVA



Doutora em Educação na Universidade de Sorocaba (2017), Mestre em Educação na Universidade de Sorocaba (2012) e Graduada em Projetos Mecânicos pela Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (2007). Atualmente é professora da Universidade de Sorocaba e da Escola e Faculdade de Tecnologia “Gaspar Ricardo Júnior”.

iii MARCOS ROBERTO SILVÉRIO DA CRUZ



Possui graduação em Mecânica - Modalidade Processos de Produção pela Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (2005). Pós-graduado em Docência do Ensino Superior pela Universidade de São Paulo (2015) e Pós-graduado em Docência na Educação Profissional e Tecnológica pela Faculdade SENAI/CETIQT (2019). Atualmente é Orientador de Prática Profissional na Escola SENAI “Luiz Pagliato”.

iv **GABRIEL CLARO DA SILVA**



Possui graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica pela Faculdade de Tecnologia SENAI “Gaspar Ricardo Júnior” (2017). Atualmente é instrutor de formação profissional III da Faculdade de Tecnologia SENAI “Gaspar Ricardo Júnior”. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Automação Eletrônica de Processos Elétricos e Industriais.

v **EDERSON DUARTE BONFIM**



Pós-graduado em Gestão da Produção pela Universidade Federal de São Carlos (2007), e Mestrando em Engenharia de produção. Atualmente é professor da Faculdade Senai de Tecnologia, lecionando as disciplinas do curso de Pós-graduação em Otimização e Gerenciamento da Manufatura. Tem experiência na área de Engenharia, Manutenção e melhoria contínua etc.

vi **ANDRÉ CASSULINO ARAÚJO DE SOUZA**



Possui graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pelo Instituto Federal de São Paulo (2012) e mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal de São Carlos (2017). Atualmente é instrutor de formação profissional III - SENAI - Departamento Regional de São Paulo. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Desenvolvimento de Sistemas.