



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

FELIPE AUGUSTO SILVA

GESTÃO DA MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0

SÃO LUÍS/MA

2019

FELIPE AUGUSTO SILVA

GESTÃO DA MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de engenharia mecânica da universidade estadual do maranhão como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título bacharel em engenharia mecânica.

Orientadora: prof^a. Jerusa Perla Leal Almeida

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À
VERSÃO FINAL DO TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO
DEFENDIDA PELO ALUNO FELIPE
AUGUSTO SILVA E ORIENTADA
PELA PROFA
DRA JERUSA PERLA LEAL
ALMEIDA.

ASSINATURA DA ORIENTADORA

SÃO LUÍS/MA

2019

Silva, Felipe Augusto.

Gestão da manutenção / Felipe Augusto Silva. – São Luís, 2019.

60 folhas

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Prof. Esp. Jerusa Perla Leal Almeida.

1.Gestão da manutenção. 2.Indústria 4.0. 3.Planejamento e controle da manutenção. I.Título

CDU: 658.58:681.5

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E PRODUÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

GESTÃO DA MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0

Autor: Felipe Augusto Silva

Orientador: Jerusa Perla Leal Almeida

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Monografia:

Profa. Prof. Jerusa Perla Leal Almeida

Orientador

Segundo Examinador

Terceiro Examinador

A ata de defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

SÃO LUÍS/MA, ____/____/____

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por permitir que eu realizasse mais uma etapa de vida com sucesso, além de toda ajuda nos momentos mais difíceis.

À orientadora Prof.^a Jerusa Perla Leal Almeida, pela competência e respeito com que conduziu este processo, do alvorecer da ideia até a sua síntese.

Aos professores, em geral, que fizeram parte dessa jornada ao longo da minha formação, contribuindo com vasto conhecimento e suportes necessários.

Aos meus amigos e colegas de curso, minha namorada Marília Reis, e minha família por me dar todo o suporte necessário para concluir essa etapa da minha vida.

RESUMO

As equipes de manutenção quando contam com a colaboração e a participação dos operadores dos equipamentos no sentido de relatar sintomas percebidos nas máquinas, podem realizar seu trabalho de maneira eficiente, programando suas ações com antecedência para minimizar os prejuízos com manutenção corretiva de urgência, mantendo altos níveis de organização e garantia da continuidade na produção. A modernidade tem possibilitado a descoberta e a inovação de equipamentos que facilitam o dia-a-dia de trabalho na indústria, e os investimentos feitos em manutenção preditiva, por exemplo, visam diminuir os custos de produção e agilizar todo o processo. O objetivo geral do trabalho é apresentar um estudo sobre como a indústria 4.0 pode auxiliar na gestão e planejamento de manutenção de forma a reduzir as condições de risco de paradas de linhas de produção e sua influência na disponibilidade de equipamentos. A manutenção não só garante uma gestão inteligente dos métodos de manutenção e tecnologias disponíveis, mas, principalmente, das atitudes das pessoas frente aos problemas, e às oportunidades que os equipamentos e os processos oferecem, ao que denominamos gerenciamento pela qualidade. Trata-se de uma evolução do conceito de manutenção, que visa à máxima utilização dos ativos industriais, por meio da eliminação de todas as falhas ou perdas, sendo elas crônicas ou esporádicas, percebidas ou não.

Palavras-chave: Ferramenta TPM. Gerenciamento. Indústria. Manutenção. Qualidade Total.

ABSTRACT

Maintenance teams, when they rely on equipment operators to collaborate and report on perceived machine symptoms, can perform their work efficiently by scheduling their actions in advance to minimize damage with urgent corrective maintenance while maintaining high levels of organization and guarantee of continuity in production. Modernity has enabled the discovery and innovation of equipment that facilitates day-to-day work in the industry, and investments in predictive maintenance, for example, aim to lower production costs and streamline the entire process. The general objective of this work is to present a study on how industry 4.0 can help in the maintenance management and planning in order to reduce the risk conditions of production line stoppages and their influence on equipment availability. Maintenance not only ensures intelligent management of available maintenance methods and technologies, but especially of people's attitudes to problems, and the opportunities that equipment and processes offer, what we call quality management. This is an evolution of the concept of maintenance, which aims at the maximum utilization of industrial assets, by eliminating all failures or losses, whether chronic or sporadic, perceived or not.

Keywords: TPM tool. Management. Industry. Maintenance. Total quality.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO TEÓRICA	12
2.1 Gestão de Manutenção	12
2.1.1 Conceito de Manutenção	12
2.1.2 Tipos de serviços de manutenção.....	15
2.1.3 Manutenção corretiva	15
2.1.4 Manutenção preventiva	16
2.1.5 Manutenção preditiva	16
2.1.6 Manutenção detectiva.....	17
2.1.7 Planejamento de Manutenção	18
2.1.8 A Abrangência das Atividades de Manutenção	19
2.2 ESTRATÉGIAS CORPORATIVAS DA PRODUÇÃO E OPERAÇÕES	21
2.2.1 Efetividade - qualidade x produtividade: eficácia x eficiência.....	21
2.2.2 Interação entre estratégia corporativa e estratégia de produção	22
2.2.3 Estágios de desenvolvimento da manufatura e serviços	22
2.2.4 Priorização dos objetivos de desempenho	25
2.2.5 Áreas de decisão estratégica de operações	26
2.3 ANÁLISE, PLANEJAMENTO E MENSURAÇÃO DE PROCESSOS	27
2.3.1. Análise e avaliação de processos	27
2.3.2. Benchmarking	28
2.3.3. Análise de processos em manufatura	29
2.3.4. Análise de processos em serviços	29
2.3.5. Reengenharia de processos no negócio	30
2.4 INDÚSTRIA 4.0	31
2.4.1 Breve Histórico da Indústria 4.0	32
2.4.1.1 IoT – Internet das Coisas	35
2.4.2 Componentes Principais da Indústria 4.0	36

2.5 REDES DE COMUNICAÇÃO INDUSTRIAL 4.0 NA GESTÃO DE MANUTENÇÃO	41
2.5.1 Rede de Fábrica.....	41
2.5.2 Rede de Plantas	42
2.5.3 Rede celular	42
2.5.4 Barramento (<i>Bus</i>) de campo	42
2.6 VANTAGENS DE UTILIZAÇÃO DE UMA REDE L NA MANUTENÇÃO	44
2.7 DESAFIOS NA AUTOMAÇÃO DE REDES NA INDÚSTRIA 4.0	45
2.7.1 O barramento PROFIBUS	46
2.7.2 Desafios da Indústria 4.0	47
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
4 CONCLUSÃO	54
5 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	56
REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

As indústrias inteligentes, também conhecidas como indústrias 4.0, são abordadas nesta pesquisa, devido às mesmas serem a evolução da automação de redes industriais, onde interligam toda a tecnologia que está sendo empregada nas máquinas de processos industriais.

A rede industrial junto com a automação tem elevado os níveis de automação existentes e com isso os ganhos de eficiência da produção, as melhorias de controle de processos e a confiabilidade de máquinas e equipamentos têm ganhado aumento e importância significativa. Existem diversas plataformas de comunicação industrial em aplicação, com protocolos de comunicação diferentes, com padrões de comunicação diversos, com níveis de transmissão de dados diversificados, com capacidades de transmissão diversas e compatibilidade das redes com os equipamentos de automação.

Para a aplicação da indústria 4.0, é muito importante estudar a intercomunicação dos diversos dispositivos e equipamentos que irão se conectar. Este trabalho justifica-se pelas redes industriais possuírem grande importância para a automação industrial, onde o controle do processo é muito complexo, o que torna este assunto muito importante para a indústria e comunidade acadêmica. A informática aplicada à automação tem ganhado destaque no ramo da automação e é uma grande responsável pelo aumento significativo da automação industrial, o que se faz necessária pesquisa e desenvolvimento sobre o assunto.

As redes industriais estão no foco da indústria 4.0, já que as automações existentes estão atendendo a todos os requisitos do mercado e o desafio maior agora é conectar os processos industriais, equipamentos e dispositivos em geral. O maior desafio é criar uma rede que possa interligar tudo isso e transmitir tais dados para posterior análise e processamento. O foco da indústria 4.0 está na possibilidade de conectar tudo o que for possível e útil e obter dados sobre determinado objeto, ou seja, será necessário ter redes de comunicação para obter todos estes dados. Esta é a importância deste assunto ser investigado, pois as redes industriais são de complexidade elevada, usam conceitos das áreas de automação e informática e é necessário analisar a parte de hardware e software para transmissão de dados.

Desta maneira a pergunta que norteia esta pesquisa é: como a indústria 4.0 pode auxiliar na gestão e planejamento de manutenção de forma a reduzir as condições de risco de paradas de linhas de produção e sua influência na disponibilidade de equipamentos?

Apresentar um estudo sobre como a indústria 4.0 pode auxiliar na gestão e planejamento de manutenção de forma a reduzir as condições de risco de paradas de linhas de produção e sua influência na disponibilidade de equipamentos.

Descrever a Indústria 4.0; apresentar um estudo sobre a gestão de manutenção e sua importância na indústria; discutir sobre como a indústria 4.0 pode auxiliar na gestão de manutenção.

As organizações devem buscar sempre métodos e técnicas diante das análises realizadas para que possa definir a estratégia que melhor se identifica com a missão da empresa, buscando assim, uma estratégia que permite a empresa alcançar competitividade diante de seus concorrentes.

Neste ambiente, a manutenção é um fator preponderante nas condições de competitividade das organizações devido a sua importância no processo de produção. Uma das causas para determinar essa condição é que a manutenção contribui fundamentalmente para reduzir custos de fabricação, para garantir a qualidade do serviço e do produto e para aumentar a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos garantindo melhorias no tempo de uso dos mesmos (MIRSHAWKA, 2014).

É primordial a compreensão de que a manutenção industrial tem como objetivo a provisão estratégica de maneira a otimizar a vida útil das máquinas e diminuir possíveis defeitos ou falhas, fator esse, que como consequência aumenta a disponibilidade e a confiabilidade operacional (MIRSHAWKA, 2014).

Justifica-se a pesquisa sobre este assunto, porque o valor criado pela Indústria 4.0 excede largamente as economias de custo de um único dígito que muitos fabricantes buscam atualmente. Esses são muitos termos e componentes de fato. No entanto, a Indústria 4.0 é uma visão bastante vasta e, cada vez mais, uma vasta realidade que também se estende além desses meros aspectos tecnológicos. É uma transformação industrial de ponta a ponta. A Indústria 4.0 é uma das principais formas de reverter o cenário brasileiro, até mesmo para aumentar a compreensão do que é digitalização. Já existem instituições, empresas e universidades trabalhando em torno da indústria 4.0, mas o movimento ainda está disperso. Para competir globalmente, a indústria nacional deve aumentar sua produtividade e qualidade, e sua participação na economia brasileira. As empresas precisam fazer uma transformação digital tanto em hardware quanto em software para ter uma integração completa de todos os processos. Os empresários e industriais brasileiros têm disposição e vontade, mas precisam de mais ousadia para dar um salto de desenvolvimento e entrar na nova era da indústria 4.0.

O tipo de pesquisa realizada neste trabalho será uma Revisão de Literatura, na qual será realizada uma consulta a livros, dissertações e artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados (livros, sites de banco de dados). Os autores encontrados em uma busca prévia foram Durr (2011), Eguti (2018), Groover (2011), (Niku) 2013, Rojas (2018), Rosário (2010), entre outros. O período dos artigos pesquisados serão os trabalhos publicados nos últimos dez anos.

As palavras-chave utilizadas na busca foram: “Indústria 4.0”; “Métodos de Controle industrial”; “Gestão de Manutenção”.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 GESTÃO DE MANUTENÇÃO

As subseções a seguir detalham importantes características das Técnicas de manutenção, favoráveis ao entendimento dessa pesquisa.

2.1.1 CONCEITO DE MANUTENÇÃO

O Dicionário Aurélio define a manutenção como as medidas necessárias para a conservação ou a permanência de alguma coisa ou de uma situação ou ainda como os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas. (FERREIRA, 2010, p. 405)

A manutenção industrial tem como responsabilidade a garantia de condições operacionais básicas e necessárias para o bom e perfeito funcionamento do maquinário e instalações industriais, ela tem importante contribuição com o meio ambiente, gera aumento da competitividade e lucratividade e garante assim, que o cliente esteja satisfeito. (FACHINI; SELLITTO, 2014).

Formalmente, a manutenção é definida como a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (NBR 5462-1994). Ou seja, manter significa fazer tudo que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, num nível de desempenho exigido. (ABNT, 1994, p.2)

Segundo Xenos (2004), as atividades de manutenção existem para evitar a degradação dos equipamentos e instalações, causada pelo seu desgaste natural e pelo uso. Esta degradação se manifesta de diversas formas, desde a aparência externa ruim dos equipamentos até perdas de desempenho e paradas da produção, fabricação de produtos de má qualidade e poluição ambiental.

Todas estas manifestações têm uma forte influência na qualidade e produtividade, principalmente em empresas nas quais os equipamentos desempenham um papel fundamental na produção. Baixa qualidade e produtividade acabam colocando em risco a sobrevivência da empresa. Como a manutenção de equipamentos pode desempenhar na melhoria da

produtividade, os ganhos potenciais com a melhoria do seu gerenciamento não podem ser simplesmente desprezados (XENOS, 2004).

Em seguida, vamos para a definição do termo qualidade.

- a) Eficiência: é conseguir que a produtividade seja favorável ou seja alcançar o resultado máximo com uma quantidade certa ou mínima de insumos ou recursos, alcançar resultados predeterminados ou esperados com um mínimo de recursos (GAITHER, 2001).
- b) A eficiência é mensurável através de um indicador ou um conjunto deles. Constitui uma das bases para alcançar competitividade e atividade de marketing na organização.
- c) Eficácia: é o grau em que o produto ou serviço atende às reais e potenciais necessidades ou expectativas de clientes ou destinatários (GAITHER, 2001).
- d) Efetividade: grau de conformidade com os objetivos planejados ou é o resultado ou o produto de dividir o Real / Plano ou o que é o mesmo: os resultados obtidos entre os objetivos definidos ou predeterminados. É o grau de conformidade com a entrega do produto ou serviço na data e hora em que o cliente realmente precisa disso (GAITHER, 2001).

A manutenção dos equipamentos pode incluir atividades relacionadas com o tratamento de falhas – detecção, reparo, investigação das causas fundamentais e estabelecimento de contramedidas para sua reincidência. Entretanto, estas devem ser atividades esporádicas e não podem se transformar em meio de vida das equipes de manutenção. Tratar falhas em equipamentos pode ser um bom negócio somente para as empresas que vivem de assistência técnica, através da venda de peças de reposição e de mão-de-obra. Para aqueles que precisam dos equipamentos para produzir seus produtos e serviços, as falhas são um desastre (XENOS, 2004).

O Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) impacta fortemente a saúde de uma organização. A manutenção industrial cuida desse “organismo”, os intramuros de uma companhia e o PCM a organiza e a melhora; se este for eficiente, a companhia irá dispor de saúde financeira para existir e colocar seus produtos no mercado, com qualidade superior e preço competitivo.

Segundo o dicionário Aurélio (FERREIRA, 1986) o conceito de manutenção pode ser definido como as providências necessárias para conservar ou para a permanência de alguma coisa ou de uma situação, bem como os cuidados técnicos indispensáveis para

funcionar regularmente de forma permanente os motores e máquinas. Conforme a NBR 5462/1994 (Confiabilidade e Manutenibilidade) manutenção é a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, com os objetivos de manutenção ou realocação de um item em um estado no qual possa desempenhar a função a necessária.

Formalmente, a manutenção pode ter sua definição baseada em combinações de ações técnicas e administrativas, englobando a de supervisionar, como o objetivo de manutenção ou realocação de algo em um estado no qual consiga exercer o desempenho da função requerida (NBR 5462-1994). Ou seja, manter tem o significado de fazer todas as ações que forem necessárias para garantir que o equipamento permaneça desempenhando as funções para as quais foi projetado, em um nível de desempenho eficiente.

Mantenibilidade, segundo a norma brasileira NBR-5462/1994 (Confiabilidade e Manutenibilidade) é o quanto é fácil manter ou realocar um item em uma situação em que ele possa fazer a execução das atribuições determinadas, em condições específicas de utilização, quando se executa a manutenção por meios procedimentais e prescritos.

Conforme Pinto e Xavier (2002), manutenibilidade ou mantenabilidade é a característica de um equipamento ou grupo de equipamentos que permita, em maior ou menor grau de facilidade, que se executem serviços de manutenção.

Para analisar a mantenabilidade de um equipamento, deve-se levar em conta os seguintes requisitos, conforme Pinto e Xavier (2002):

- Requisitos qualificados: são requisitos que orientam os operadores para executar as atividades, os informando a respeito de técnicas, materiais, ferramentas, disponibilidade, procedimentos para executar;

- Requisitos quantificados: são números usados para quantificação de tempos de execução, médias de paradas, tempos de indisponibilidade e quantidades de materiais sobressalentes;

- Suporte logístico: refere-se de todas as condições que são precisas para gerar suporte a alojamentos, transporte, produção, distribuição, viagens, manutenção de meios e ferramentas;

- Capacitação do pessoal de manutenção: refere-se ao desenvolvimento de habilidades profissionais e capacitação do pessoal de manutenção.

A manutenção nada mais é do que o trabalho que deve ser realizado de forma cíclica para a atenção dos equipamentos e elementos componentes dos edifícios, a fim de corrigir suas deficiências e efetivamente manter os serviços que prestam com ênfase especial das

partes que por causa de seu uso continuado ou por causa de sua localização, eles estão mais expostos à deterioração (SOUZA, 2015).

O acima se refere a todas aquelas atividades e tarefas que devem ser realizadas de forma constante e rotineira, a fim de conservá-lo em condições adequadas que lhe permitam atingir sua vida útil.

2.1.2 TIPOS DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO

A manutenção pode ser considerada como um sistema com um conjunto de atividades que são realizadas em paralelo com os sistemas de produção e contribuem para a obtenção de lucros crescentes e satisfação do cliente e também apontam que um sistema de manutenção pode ser visto como um modelo simples de entrada-saída. As entradas (insumos) são mão-de-obra, administração, ferramentas, peças sobressalentes e equipamentos, enquanto as saídas são fundamentalmente o equipamento que opera de forma confiável para alcançar a operação planejada na organização (DHILLON, BALBIR, 2006).

Os tipos de manutenção são caracterizados pela maneira como é feita a intervenção no sistema. Neste trabalho, serão descritas quatro práticas básicas de manutenção, consideradas como principais por diversos autores. São elas: manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva e manutenção detectiva.

2.1.3 MANUTENÇÃO CORRETIVA

Conforme Beliches (2000) a manutenção corretiva refere-se à realização de ações somente quando ocorrem falhas ou a deterioração da estrutura é avançada e se torna visível (geralmente), causando transtornos aos ocupantes do edifício, além de interromper o uso normal da estrutura.

Segundo Flores (2010), em muitos casos, o custo de realizar a atividade de reparo ou substituição é alto, porque muitas das correções feitas poderiam ser previstas e evitadas a tempo, quando o problema não tinha muita importância. Em resumo, a manutenção corretiva se concentra em atacar imediatamente (geralmente) o problema quando ele é visível ou suas consequências se tornaram notórias. Esta ação não é planejada, mas responde a uma necessidade, produto do uso da própria estrutura e sua interação com o ambiente.

2.1.4 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Segundo Leite (2013), a manutenção preventiva é uma atividade projetada para evitar grandes despesas em edifícios, especialmente nos casos em que grandes investimentos foram feitos. Busca prevenir falhas e deterioração nas estruturas, cujo custo de reparo é maior quando elas são apresentadas. A manutenção preventiva também visa prolongar a vida útil das obras civis e melhorar aspectos como estética e saneamento dos edifícios.

O objetivo da manutenção preventiva é evitar falhas precoces nos elementos que compõem um edifício. Os edifícios podem alcançar sua vida útil esperada se forem mantidos adequadamente, portanto, é o princípio fundamental no qual a manutenção preventiva é baseada. É também o mais recomendado, pois busca realizar um planejamento integral que permita alocar recursos (mão de obra, materiais etc.) adequados para mantê-lo em boas condições de funcionamento. Neste sistema, trata-se de realizar um processo de inspeções de rotina e sistemáticas, além de fazer algumas pequenas correções que impedem uma deterioração acelerada da propriedade (MIRSHAWKA, 2014).

A Manutenção Preventiva se torna adequada e inadequada de acordo com observações realizadas por Locus et al (2015); Flores (2010) e Leite (2013), expostas no quadro 1 a seguir:

Quadro 1 – ações adequadas e inadequadas para manutenção preventiva

Ações adequadas	Ações inadequadas
Os ativos adequados para a manutenção preventiva incluem aqueles que: - têm uma função operacional crítica - têm modos de falha que podem ser evitados (e não aumentados) com manutenção regular - têm uma probabilidade de falha que aumenta com o tempo ou uso.	As aplicações inadequadas para manutenção preventiva incluem aquelas que: - têm falhas aleatórias que não estão relacionadas com a manutenção (como placas de circuito) - não cumprem uma função crítica.

Fonte: Locus et al (2015); Flores (2010) e Leite (2013)

2.1.5 MANUTENÇÃO PREDITIVA

Com a rapidez da evolução tecnológica, os programas de manutenção começaram a ter a preocupação de aumentar a disponibilidade dos equipamentos por meio da aplicação de novas técnicas preditivas (CARVALHO, 2010).

Conforme Pinto e Xavier (2002, p. 41), “a manutenção preditiva é a atuação realizada com base em modificações de parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática”.

A manutenção preditiva também é conhecida por manutenção sob condição ou manutenção com base no estado do equipamento. Consiste no controle do equipamento em serviço, por meio de medidas com instrumentos específicos, com o objetivo de fazer a detecção de irregularidades nas condições normais de operação que necessitem de serviços de manutenção. Como objetivos da manutenção preditiva pode-se destacar uma operação confiável, a redução dos danos causados por falhas e minimizar os custos de manutenção. Além desses, objetiva-se (VIANA, 2002):

- a) A determinação do momento em que deve ser efetuado um trabalho de manutenção em alguma peça específica de uma máquina em operação;
- b) A eliminação da desmontagem para inspeção de rotina;
- c) O aumento do período de disponibilidade da máquina;
- d) A redução das intervenções de emergência e não planejadas;
- e) A prevenção do crescimento de danos na máquina e ao sistema;
- f) O aproveitamento dos componentes durante toda a sua vida útil;
- g) O aumento da confiabilidade da máquina dentro do processo;
- h) A programação antecipada de paralisação dos equipamentos.

2.1.6 MANUTENÇÃO DETECTIVA

A Manutenção Detectiva é a atuação efetuada em sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. A ação principal neste caso é detectar. Como exemplo simples e objetivo, é possível citar o botão de teste de lâmpadas de sinalização e alarme em painéis (CARVALHO, 2010).

A identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade. Em sistemas complexos, essas ações só devem ser levadas a efeito por pessoal da área de manutenção, com treinamento e habilitação para tal, assessorado pelo pessoal de operação.

Ferreira (2008, p. 23) exemplifica a aplicação da manutenção detectiva, com o objetivo do aumento da confiabilidade do processo:

Um exemplo clássico é o circuito que comanda a entrada de um gerador em um hospital. Se houver falta de energia e o circuito tiver uma falha, o gerador não entra. Por isso,

este circuito é testado/acionado de tempos em tempos, para verificar sua funcionalidade. FERREIRA (2008, p. 23)

Assim, a manutenção detectiva tem importância fundamental quando o nível de automação no interior das indústrias aumenta ou o processo é crítico e não possui suporte para falhas.

As grandes modificações que visam ao aumento da capacidade ou do volume de produção dos equipamentos estão fora do escopo das atividades de manutenção. Entretanto, dependendo de sua complexidade e dos recursos técnicos exigidos, essas modificações podem ser planejadas e implementadas pelas próprias equipes de manutenção existentes nas empresas (XENOS, 2004, p. 197).

2.1.7 PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO

Um plano de manutenção (preventivo / corretivo) para edifícios fornece benefícios para usuários e proprietários. Procura minimizar as falhas prematuras dos diferentes elementos componentes de um edifício, protegendo assim o investimento realizado. Evitar falhas na maioria dos casos é menos dispendioso do que repará-las. Além disso, implementar um plano ajuda os diferentes elementos do edifício a atingirem sua vida útil de maneira planejada. Por outro lado, um edifício bem preservado permite manter uma imagem desejável da empresa e contribui positivamente para o moral dos funcionários (SOUZA, 2015).

Um edifício sem manutenção é inseguro, portanto, um plano de manutenção busca atacar as falhas e a deterioração que comprometem a segurança do prédio e seus ocupantes.

Uma das razões fundamentais pelas quais a manutenção planejada deve ser realizada nos elementos que compõem uma obra civil são os custos que ela gera, que afetam o orçamento operacional da propriedade. Os custos de manutenção e uso de um edifício durante sua vida útil podem se tornar mais importantes do que os de construção ou instalação, na verdade eles são mais difíceis de prever, uma vez que, em grande parte, a manutenção será feita de forma corretiva (FLORES, 2010).

O planejamento eficaz deve incluir ordem de serviço, requisição de compra, desenhos e desenhos necessários, a folha de planejamento da força de trabalho e os padrões de tempo. Consequentemente, um procedimento de planejamento eficaz, de acordo com esses autores, deve incluir as seguintes etapas (CARVALHO, 2010):

- a) Determinar o conteúdo do trabalho;

- b) Desenvolver um plano de trabalho, com a sequência de atividades no trabalho e o estabelecimento dos melhores métodos e procedimentos para realizar; 3. Estabelecer equipes de trabalho;
- c) Planejar e solicitar os equipamentos e materiais que serão necessários;
- d) Atribuição de trabalho;
- e) Revisar os procedimentos de segurança;
- f) Estabelecer prioridades (emergência, urgência, rotina e agendada) para todo o trabalho de manutenção.

A falta de manutenção fará com que a curto prazo deixe de cumprir suas funções. Os custos de manutenção podem diminuir conforme o planejamento de manutenção aumenta. Esses custos podem ser úteis de duas maneiras: eles avaliam os resultados de manutenção interna e comparam o investimento com os resultados obtidos. Para conhecer os custos de manutenção, é necessário unir os conceitos administrativos e técnicos que explicam a origem do trabalho de manutenção, conhecer distribuições internas, consumo pontual, picos, peças frequentemente interpostas, causa de falhas e encontrar a relação ação-causa (LEITE, 2013).

Crítérios de avaliação do desempenho são somados aos custos operacionais com as manutenções corretivas, preventivas e preditivas. Esses fatores novos fazem a fundamentação das decisões dos responsáveis por planejar a manutenção, assim como pelas práticas, procedimentos, sua implementação e auxilia a interpretar os resultados. Já estão englobados nos aspectos a serem considerados, os recursos humanos disponíveis, treinamento e qualificação específica para desempenhar determinadas atribuições (MIRSHAWKA, 2014).

Pesquisas da Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN, 2005), que demonstra a situação da manutenção no Brasil, revelam que as empresas investem maciçamente na manutenção de suas plantas fabris. Os custos em manutenção representam em média 4,10% do faturamento bruto das organizações e apesar de todos os esforços, a indisponibilidade operacional em função da manutenção cresceu de 4,74% em 1997 para 5,80% em 2005, demonstrando a necessidade de uma melhor aplicação dos recursos.

Gestores da Manutenção devem atender necessidades antagônicas dentro do processo produtivo. De um lado, exige-se da manutenção o aumento da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, de forma a mantê-los em operação pelo maior tempo possível sem apresentarem falhas. Do outro, busca-se o menor custo possível.

2.1.8 A ABRANGÊNCIA DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO

As atividades de manutenção devem ter um escopo muito mais abrangente do que simplesmente manter as condições originais dos equipamentos. Muitas vezes, somente manter estas condições é insuficiente e a introdução de melhorias que visam a aumentar a produtividade também devem fazer parte do trabalho dos departamentos de manutenção. Assim, as atividades de manutenção de equipamentos em qualquer empresa podem ser divididas em dois tipos: a) Atividades de Manutenção; b) Atividades de Melhoria. (XENOS, 2004)

Cada uma tem objetivos distintos, sendo que as atividades de manutenção dos equipamentos visam manter as condições originais de operação e o desempenho destes por meio do reparo dos desgastes que houver.

Neste tipo de atividade, assume-se que qualquer tipo de manutenção poderá restabelecer o equipamento às suas condições originais de desempenho e confiabilidade intrínseca, nunca exceder estas condições. Este é, sem dúvida, o conceito mais comum de manutenção porque incorpora a essência deste serviço, cujo objetivo é manter as características e a capacidade dos equipamentos ao longo do tempo” (XENOS, 2004, p. 198).

As atividades de manutenção resultam de ações tomadas no dia-a-dia para prevenir ou corrigir eventuais anomalias ou falhas detectadas nos equipamentos pelos operadores ou pelas equipes de manutenção. Estas ações podem ser uma simples lubrificação, o reparo de uma falha, a substituição periódica de uma peça, uma grande reforma de um equipamento ou até mesmo cuidar da sua operação correta. Estas atividades devem ser executadas sistematicamente pelos departamentos de produção e manutenção através do cumprimento dos padrões de operação e manutenção dos equipamentos, incluindo os padrões de limpeza, lubrificação, inspeção, reforma, troca de peças, teste funcional, dentre outros. (XENOS 1998, p.20)

As atividades de melhoria dos equipamentos visam a melhorar as condições originais de operação, desempenho e confiabilidade intrínseca, através da incorporação de modificações ou alterações no seu projeto ou configuração original. O objetivo destas atividades é atingir novos patamares de produtividade para os equipamentos. As atividades de melhoria requerem ações específicas – tanto técnicas quanto gerenciais – que resultam na modificação de padrões e procedimentos existentes (XENOS, 1998, pg. 20).

Exemplos completos de atividade de melhoria voltados para os equipamentos incluem a definição de metas para aumentar sua capacidade de produção, melhorar a qualidade dos produtos e reduzir os custos de manutenção. Neste último caso, podemos

desdobrar ainda mais a redução de custos, resultando em aumento da vida útil do equipamento; redução da ocorrência de falhas; redução do tempo de manutenção preventiva; redução do custo das peças de reposição, dentre outros (KARDEC; NASCIF, 2009, p. 50).

As atividades de melhoria poderão dar origem a componentes de sistemas modificados ou mais modernos, peças mais resistentes e outras medidas concretas para aumentar a confiabilidade intrínseca ou a capacidade funcional dos equipamentos. Se estiver ao alcance do orçamento e do conhecimento técnico das equipes de manutenção, as atividades de melhoria também poderão resultar numa atualização tecnológica dos equipamentos. Por exemplo, painéis elétricos grandes e obsoletos podem ser substituídos por unidades mais modernas compactas e confiáveis (KARDEC; NASCIF, 2009).

Atualmente a manutenção é provedora de eficiência dos ativos com potencial e capacidade de gerar valor dentro das empresas. Compreendida como um pilar do negócio central da organização. Obviamente não é exatamente o negócio central, mas fundamental para sustentá-lo.

2.2 ESTRATÉGIAS CORPORATIVAS DA PRODUÇÃO E OPERAÇÕES

2.2.1 EFETIVIDADE - QUALIDADE X PRODUTIVIDADE: EFICÁCIA X EFICIÊNCIA

O objetivo dos gerentes é criar excedentes, produtividade, o que implica eficiência, eficácia e efetividade (SLACK, N.; CHAMBER, S.; JOHNSTON, 2009).

A produtividade é definida como a relação entre resultados produtos (ou outros) e insumos (mão-de-obra, materiais, capital) dentro de um determinado período, considerando a qualidade. (GAITHER, 2001)

$$\text{Produtividade} = \text{Resultados} / \text{Entradas (período, qualidade)}$$

A produtividade implica eficiência, eficácia, efetividade e sempre em sua fórmula foi considerada a qualidade, para o bom desempenho individual e organizacional.

A palavra recurso é amplamente utilizada não só se refere àqueles que são economicamente necessários para realizar o processo de produção ou o serviço prestado, mas a todos os que venham a desempenhar um papel fundamental como energia, esforços humanos, o fator de tempo, a qualidade, etc (SLACK, CHAMBER, JOHNSTON, 2009).

A qualidade é uma ferramenta básica para uma propriedade inerente de qualquer coisa que permita compará-la com qualquer outra espécie própria. A palavra qualidade tem

vários significados. Basicamente, ela se refere ao conjunto de propriedades inerentes a um objeto que confere capacidade para atender a necessidades implícitas ou explícitas. Por outro lado, a qualidade de um produto ou serviço é a percepção que o cliente possui, é uma fixação mental do consumidor que assume conformidade com o referido produto ou serviço e sua capacidade de satisfazer suas necessidades (SLACK, CHAMBER, JOHNSTON, 2009).

2.2.2 INTERAÇÃO ENTRE ESTRATÉGIA CORPORATIVA E ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO

O gerenciamento de operações é a área de estudo que fornece conhecimento, modelos e ferramentas para a tomada de decisões no projeto, operação e melhoria do sistema de produção.

De acordo com a abordagem empresarial, indica que a gestão das operações está relacionada ao planejamento e controle de um processo de conversão. Incluem a aquisição de insumos e depois a verificação de sua transformação em produtos e serviços desejados pelos clientes (PEINADO, 2014).

Da mesma forma, indicamos que também é entendida como a administração das linhas de produção, com base em áreas funcionais de nível gerencial. O mesmo que se expressa nas decisões estratégicas (longo prazo), táticas (médio prazo) e operacional (curto prazo) que são tomadas em qualquer tipo de organização. E é hora de indicar o papel importante que o administrador desempenha nas operações da organização, pois é o organizador dos recursos materiais e humanos. E dependerá de um bom gerenciamento administrativo através de suas habilidades e conhecimentos que se desenvolva, permite detectar, prevenir e corrigir erros no planejamento de operações. (GAITHER, 2001)

Como as principais decisões estratégicas da atividade produtiva, mencionamos o seguinte (CORRÊA, 2011):

- a) Seleção e design do produto e do processo.
- b) Determinação da capacidade.
- c) Determinação do nível de estoques.
- d) Localização.
- e) Distribuição da planta

2.2.3 ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO DA MANUFATURA E SERVIÇOS

Seja qual for a abordagem organizacional que é usada para o desenvolvimento de novos produtos, as etapas seguidas para o desenvolvimento de novos produtos são sempre as mesmas. Um modelo idealizado do processo de desenvolvimento de novos produtos que consiste em seis etapas (CORRÊA, 2011):

- a) Geração de ideias. As ideias podem ser geradas a partir do mercado ou da tecnologia. As ideias do mercado são derivadas das necessidades do consumidor. A identificação das necessidades do mercado pode então levar ao desenvolvimento de novas tecnologias e produtos para atender a essas necessidades.

Por outro lado, ideias também podem surgir de tecnologia disponível ou nova. Exemplo: tecnologia de nylon, plásticos, semicondutores, circuitos integrados, etc. A exploração da tecnologia é uma fonte muito rica de ideias para novos produtos.

Entre as técnicas de geração de ideias, temos (CORRÊA, 2011):

- b) Lista de atributos: esta técnica requer listar os principais atributos de um produto existente e, em seguida, modificando cada um deles na busca de um produto melhorado.
- c) Relações forçadas: aqui vários objetos são considerados em relação ao resto.
- d) Estudo morfológico: esta análise procura identificar as dimensões estruturais de um problema e o exame das relações entre eles, a esperança reside em encontrar uma combinação nova.
- e) Identificação de necessidades e problemas: as técnicas criativas anteriores não exigem que o consumidor gere ideias. Os consumidores recebem uma lista de problemas e dizem quais deles vêm à mente quando esses problemas são mencionados.
- f) Tempestade de ideias: o problema deve ser específico, o grupo comum para esta técnica, consiste de seis a dez pessoas estimulando a criatividade do grupo por meio da tempestade de ideias. As ideias começam a fluir, uma ideia segue o outro e em uma hora é provável gravar cem ou mais ideias.
- g) Seleção de produtos. Nem todas as ideias novas devem ser desenvolvidas para transformá-las em novos produtos. As ideias para novos produtos devem passar pelo menos três testes: 1) potencial de mercado, 2) viabilidade financeira e 3) compatibilidade com operações. Antes de colocar as ideias do

novo produto no projeto preliminar, deve ser submetido às análises necessárias que são organizadas em torno desses três testes.

O objetivo desta análise é identificar quais são as melhores ideias e não chegar a uma decisão definitiva de comercialização e produção de resultados. Após o desenvolvimento inicial, análises mais extensas podem ser feitas através de testes de mercado e operações piloto antes de tomar a decisão final de introduzir o produto (SLACK, CHAMBER, JOHNSTON, 2009).

Vários métodos são desenvolvidos para ajudar na análise do produto. Um é o método que usa uma lista de mercado e envolve o desenvolvimento de uma lista de fatores, juntamente com um fator de peso específico para cada um. Cada fator é classificado de acordo com uma escala e uma pontuação total ponderada é calculada. Se a pontuação total estiver acima de um determinado nível mínimo, a ideia do novo produto é selecionada para desenvolvimento posterior. Alternativamente, o método pode ser usado para classificar os produtos em ordem de prioridade para sua seleção. (CORRÊA, 2011)

Entre algumas das muitas características que podem ser avaliadas estão: preço de venda, qualidade do produto, volume de vendas, operações compatíveis, vantagens competitivas, risco técnico, concordância com a estratégia da empresa. Os níveis de qualificação podem ser negativos, regulares, bons, muito bons e excelentes. Nós atribuímos pesos relativos a cada uma das características em porcentagem ou em forma numérica e os níveis são classificados em escalas de 1 a 5 ou de 1 a 10 como desejado. (CORRÊA, 2011)

A ideia de um novo produto também pode ser submetida a uma análise financeira típica, calculando um retorno aproximado do investimento. Para isso, é necessário estimar o fluxo de caixa do investimento, a receita e os custos de vendas do produto no futuro. As taxas de rendimento interno e os valores atuais podem ser calculados a partir dos fluxos gerados por cada uma das ideias para o produto em desenvolvimento (SLACK, CHAMBER, JOHNSTON, 2009).

- a) Projeto preliminar do produto: Esta etapa do processo de design do produto está relacionada ao desenvolvimento do melhor design para a ideia do novo produto. Quando o projeto preliminar é aprovado, um protótipo ou protótipos são construídos para testes e análises adicionais. O projeto preliminar leva em consideração uma série de compensações entre custos, qualidade e desempenho do produto. (CORRÊA, 2011)

O resultado deve ser um design de produto competitivo no mercado e que possa produzir operações. Como resultado da seleção do produto, apenas seu esqueleto é definido. O projeto preliminar do produto especifica completamente o produto.

- b) Construção do protótipo. A construção do protótipo pode assumir várias formas diferentes. Em primeiro lugar, vários protótipos que se assemelham ao produto podem ser fabricados à mão. Por outro lado, nos serviços, um protótipo pode ser um único ponto onde o conceito de serviço pode ser testado em seu uso real. (CORRÊA, 2011)
- c) Testes. Os testes nos protótipos procuram verificar o desempenho técnico e comercial. Uma maneira de apreciar o desempenho comercial é construir protótipos suficientes para suportar um teste de mercado para o novo produto. O objetivo de um teste de mercado é obter dados quantitativos sobre a aceitação do produto entre os consumidores. (CORRÊA, 2011)

O desempenho técnico dos protótipos também é testado. As mudanças de engenharia que são iniciadas como resultados dos testes nos protótipos são, então, incorporadas ao pacote de design final.

- d) Design definitivo. Durante a fase de projeto final, desenvolvem-se desenhos e especificações para este produto. Como resultado dos testes nos protótipos, algumas mudanças no design final podem ser incorporadas. A atenção é focada na conclusão das especificações de projeto para prosseguir com a manufatura. (CORRÊA, 2011)

No entanto, pesquisa e desenvolvimento não devem apenas desenvolver especificações de projeto para operações. Um pacote de informações deve ser desenvolvido para garantir a viabilidade de produzir o produto. Ele deve conter detalhes relacionados à tecnologia de processo, dados de controle de qualidade, procedimentos de teste de desempenho do produto e outros (SLACK, CHAMBER, JOHNSTON, 2009).

2.2.4 PRIORIZAÇÃO DOS OBJETIVOS DE DESEMPENHO

É necessário melhorar constantemente a produção e os serviços que são produzidos para se manterem competitivos. A inovação é uma necessidade básica de tudo o que é feito. Análise de valor ou engenharia de valor fornece uma maneira conveniente de organizar a inovação, focada na melhoria do valor dos produtos e serviços. (CORRÊA, 2011)

A análise de valor pode ser definida como a aplicação sistemática de um conjunto de técnicas que identificam as funções necessárias, estabelecem valores para elas e desenvolvem alternativas para realizá-las, ao menor custo possível. O objetivo é disponibilizar os executivos ou líderes da empresa, ferramentas para o uso correto dos recursos.

2.2.5 ÁREAS DE DECISÃO ESTRATÉGICA DE OPERAÇÕES

O planejamento e o design do produto é a parte mais importante do gerenciamento do Gerenciador de Operações, uma vez que é um dos principais êxitos comerciais neste mundo de globalização, de alta competição e de mudança. Seu principal objetivo é satisfazer o mercado e manter os custos baixos empresas (DA SILVA, 2018).

O desenvolvimento e o design de um produto estão relacionados às fases preliminares do planejamento da produção. Quando um novo produto é projetado, o designer deve levar em consideração os recursos que estão disponíveis na planta ou unidade de serviço ou que a empresa deve adquirir, modificar ou substituir (máquinas e equipamentos) ou terceirizar para outros fornecedores. Portanto, é óbvio que o desenvolvimento e design do produto é o principal fator no desenvolvimento e crescimento de uma planta industrial ou unidade de serviço e suas dependências, portanto, toda a organização (BIAGIO, 2015).

Aspectos a serem considerados (CORRÊA, 2011):

Política da empresa: Qual é a política de produtos de uma empresa? E como o design do produto afeta? Podemos dizer que não existe uma política única.

Você pode relacionar algumas políticas de design usadas em alguns casos:

- a) Uma cadeia de armazéns tem como objetivo oferecer produtos ao público a um preço mínimo, para qualquer qualidade. A empresa baseia sua política no pressuposto de que o tipo de bens que oferece não durará muito e, se eles forem baratos o suficiente, é possível que o volume de vendas seja tão grande que mesmo um benefício unitário muito pequeno resultará em lucros substanciais.
- b) Em alguns casos, a necessidade de segurança é tão grande que os custos são apenas de importância secundária.
- c) Em outros casos, o prestígio desempenha um papel muito importante.

- d) Por outro lado, outras empresas realizam um grande volume de produção de um produto mais barato para competir com modelos mais caros, adotando algumas de suas características e inovações conhecidas e vantajosas.
- e) No entanto, a maioria das empresas declara que seu objetivo é obter um equilíbrio satisfatório entre uma excelente qualidade e um preço razoável.
- f) Alguns avançam e se esforçam para melhorar esse equilíbrio, melhorando a qualidade e deixando o preço inalterado, ou melhorando os métodos de produção e oferecendo a mesma qualidade a um preço mais baixo.

Em qualquer caso, as decisões sobre o produto afetam cada uma das áreas de tomada de decisão operacional. A definição do produto é o resultado do desenvolvimento de uma estratégia de negócios. O design do produto é um pré-requisito para a produção, como é a previsão de seu volume. O design de novos produtos é crucial para a sobrevivência das empresas. Embora existam algumas empresas que experimentam poucas mudanças em seus produtos, a maioria das empresas deve revisá-las constantemente. (CORRÊA, 2011)

A função de operações é o receptor da introdução de novos produtos. Ao mesmo tempo, esses produtos são limitados pelas operações e tecnologia existentes.

2.3 ANÁLISE, PLANEJAMENTO E MENSURAÇÃO DE PROCESSOS

2.3.1 ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE PROCESSOS

A análise é uma avaliação rigorosa e independente de atividades concluídas ou em curso para determinar até que ponto os objetivos estipulados estão sendo alcançados e contribuindo para o processo de tomada de decisão empresas (DA SILVA, 2018).

A avaliação, como a monitorização, pode ser aplicada a muitas coisas, incluindo uma atividade, um projeto, um programa, uma estratégia, uma política, um tópico, um setor ou uma organização. A distinção fundamental entre os dois é que as avaliações são feitas de forma independente para fornecer aos gerentes e funcionários uma avaliação objetiva de se eles estão ou não no caminho certo. Além disso, eles são mais rigorosos em seus procedimentos, design e metodologia, e geralmente envolvem uma análise mais ampla. No entanto, os objetivos de monitoramento e avaliação são muito semelhantes: fornecer informações que ajudem a tomar melhores decisões, melhorar o desempenho e alcançar os resultados planejados. (CORRÊA, 2011)

A estratégia geral de análise de processos complexos segue um caminho relativamente bem definido, consistindo nas seguintes etapas (BIAGO, 2015):

- a) Formulação do problema e estabelecimento de objetivos e critérios; delineamento das necessidades de operação.
- b) Inspeção preliminar e classificação do processo para decompor em subsistemas (elementos).
- c) Determinação preliminar das relações entre os subsistemas.
- d) Análise das variáveis e relacionamentos para obter um conjunto tão simples e consistente quanto possível.
- e) Estabelecimento de um modelo matemático (nos casos, quando aplicável) das relações como uma função das variáveis e parâmetros; descrição dos elementos que só podem ser representados de forma incompleta por modelos matemáticos.
- f) Avaliação da forma como o modelo representa o processo real, usando o julgamento crítico pessoal para acoplar representações matemáticas com não matemáticas.
- g) Aplicação do modelo; interpretação e compreensão dos resultados.

2.3.2 BENCHMARKING

O *benchmarking* é um processo sistemático e contínuo para avaliar os produtos, serviços e processos de trabalho de organizações reconhecidas como representantes das melhores práticas, com o objetivo de fazer melhorias organizacionais (SLACK, CHAMBER, JOHNSTON, 2009).

O processo de avaliação comparativa pode ser descrito como um processo estruturado. A estrutura do processo de avaliação comparativa geralmente é dada pelo desenvolvimento de um modelo de processo, passo a passo (DA SILVA, 2018).

No entanto, um processo estruturado não deve adicionar complexidade a uma ideia simples. E a estrutura não deve entrar no caminho do processo; por exemplo, eliminar a etapa onze de um processo de quatorze etapas não faz com que o processo falhe. Finalmente, um modelo de processo não precisa ser único, considerando que os primeiros modelos de benchmarking existem há menos de duas décadas.

2.3.3. ANÁLISE DE PROCESSOS EM MANUFATURA

A organização de fabricação produz produtos físicos e é fácil observar todo o processo de transformação neste tipo de organização, porque as matérias-primas tornam-se produtos (físicos). (CORRÊA, 2011)

Por exemplo:

- a) A indústria automobilística.
- b) A indústria de produção celular, etc.

Na organização de fabricação, os produtos não são facilmente reconhecíveis, pois não são físicos porque estão na forma de um serviço.

Por exemplo:

- a) Os hospitais oferecem serviços médicos e de cuidados de saúde.
- b) As companhias aéreas produzem serviço de transporte, etc.

Para o design das operações internas, elas podem ser projetadas conforme as operações de fabricação. As ferramentas de gerenciamento de produção mais utilizadas no planejamento do fluxo de processos são os desenhos de montagem, os diagramas de montagem, as folhas de roteamento e os fluxogramas do processo. Cada um deles é uma ferramenta de diagnóstico útil e pode ser usado para melhorar as operações durante o estado estável do sistema produtivo (CORRÊA, 2011).

O desenho da montagem é uma visão ampliada do produto, onde suas componentes aparecem. O diagrama de montagem usa as informações que aparecem no desenho da montagem e define como as peças estão integradas, sua ordem de montagem e, muitas vezes, o padrão de fluxo de material global (SLACK, CHAMBER, JOHNSTON, 2009).

2.3.4 ANÁLISE DE PROCESSOS EM SERVIÇOS

Em muitos casos, ao projetar um processo de serviço, os consumidores influenciam o processo; por exemplo, um banco, um supermercado, um hotel. Em geral, o tempo necessário para atender a cada cliente é muito variável, assim como a natureza do serviço solicitado. A capacidade de criar um inventário de serviços em períodos de baixa demanda para contrariar aqueles de alta demanda aumenta a dificuldade de nivelar o fluxo de produção (PEINADO, 2014).

Duas partes são distinguidas em uma operação de serviço: uma que estabelece contato com o cliente (operação externa) e outra que não tem contato com o cliente (operação interna). Para o projeto de operações de contato com o cliente, que quando o cliente é imerso no processo, é importante ter em conta suas necessidades psicológicas ao projetar a operação, o que deve refletir-se na distribuição das instalações. As pessoas responsáveis pelos clientes devem ser treinadas nas relações interpessoais, bem como nos detalhes técnicos das tarefas (CORRÊA, 2011).

Existem muitas maneiras de decompor um processo ao mesmo tempo em que é representado graficamente. Nos últimos anos, foram desenvolvidas técnicas de simulação que permitem representar e validar um processo através de um modelo de computador (SLACK, CHAMBER, JOHNSTON, 2009).

Uma vez analisados os componentes dos processos, sabemos o que está em um processo, mas não sabemos como funciona. Existe uma certa quantidade de propriedades dos processos que mostram isoladamente uma característica particular destes. Mas, o conjunto de propriedades mostra, com bastante fidedignidade, como funciona um processo. As quatro propriedades principais são: Capacidade, Eficiência, Flexibilidade e Produtividade (CORRÊA, 2011).

2.3.5. REENGENHARIA DE PROCESSOS NO NEGÓCIO

Reengenharia, ou BPR (*Business Process Reengineering*), pode ser considerada como uma das ferramentas de gerenciamento acima mencionadas. Na verdade, é um dos mais recentes, já que aparece no final dos anos oitenta, pela mão de dois autores: Michael Hammer e James Champy. O BPR não é, de longe, a única dessas ferramentas de gerenciamento que tem importância e aplicação prática, mas há outras de certa relevância entre as quais se destaca a TQM (*Total Quality Management*), ou o que é o mesmo, Gestão da Qualidade Total (CORRÊA, 2011).

O BPR, como uma das novas ferramentas de gerenciamento, deve ser entendido como uma reação à mudança das realidades empresariais. O objetivo é fornecer soluções que permitam combater: os desafios que os clientes impõem, as barreiras que a concorrência supõe e, acima de tudo, os riscos envolvidos na mudança profunda e fugaz da realidade empresarial empresas (DA SILVA, 2018).

A reengenharia é um método através do qual, de acordo com as necessidades do cliente, os principais processos de negócios são radicalmente redesenhados, do início ao fim, com o objetivo de obter melhorias espetaculares nas medidas críticas de desempenho, como custos, qualidade, serviço e velocidade (CORRÊA, 2011).

A reengenharia implica uma mudança radical na forma de conceber as organizações, uma vez que deixam de ser observadas como funções, divisões, tarefas ou produtos, para serem visualizados em termos de processos. Para conseguir isso, a reengenharia retorna à essência do negócio, questionando seus princípios fundamentais e a maneira como ele opera. A reengenharia significa uma revolução na gestão da empresa; seu sucesso não se baseia em melhorar o existente, mas em esquecer como as coisas foram feitas e redesenhá-las.

A reengenharia analisa o processo, observando-o completamente a partir do momento em que as primeiras entradas são recebidas para um resultado que, como princípio básico, deve ter valor para o cliente. Embora as tarefas individuais sejam importantes para o desenvolvimento de todo o processo, nenhuma delas é importante se o processo geral não funcionar; nenhum deles importa se o cliente não receber o produto esperado em tempo hábil empresas (DA SILVA, 2018).

O processo de reengenharia muda as perguntas "como, quando, onde e com quem?" E coloca a pergunta "Por quê?" Aqui mudou radicalmente a pergunta "Como podemos melhorar o que já estamos fazendo?" Por "O que O que estamos fazendo, é o que é certo?" "Fazer essas perguntas obriga as empresas a examinar as regras táticas e os pressupostos sobre os quais reside a gestão empresarial (CORRÊA, 2011).

Reengenharia envolve apagar tudo o que aconteceu e começar de novo. Primeiro, determina o que deve ser feito e, então, como deve ser feito. Ele esquece o que é e concentra-se no que deveria ser.

2.4 INDÚSTRIA 4.0

A indústria 4.0 corresponde às fábricas inteligentes com estruturas modulares e sistemas ciber-físicos para monitorarem todos os processos físicos, criando no mundo virtual uma cópia do mundo físico. Onde conseguem tomar decisões em tempo real. As principais características da indústria 4.0 são junção de tecnologias e a velocidade, causando impacto em todo o processo, onde desde a liderança responde com maior velocidade, até o cliente que estará mais exigente em relação aos produtos e serviços oferecidos (INDÚSTRIA 4.0, 2018).

A fábrica inteligente terá a inteligência artificial (AI) em conjunto, por exemplo, com a internet das coisas (IoT), que significa ser a internet integrada a itens utilizados no dia a dia, e o cloud computing, um serviço onde é armazenado arquivos ou bancos de dados em servidores da internet, onde esse processo agiliza e transforma toda cadeia produtiva de um negócio (MANCINI, 2017).

2.4.1 BREVE HISTÓRICO DA INDÚSTRIA 4.0

Para chegar à Indústria 4.0, deve-se primeiro lembrar as revoluções industriais que ocorreram ao longo da história no mundo. A primeira delas começou no século XVIII e se desenvolveu ao longo do século XIX.

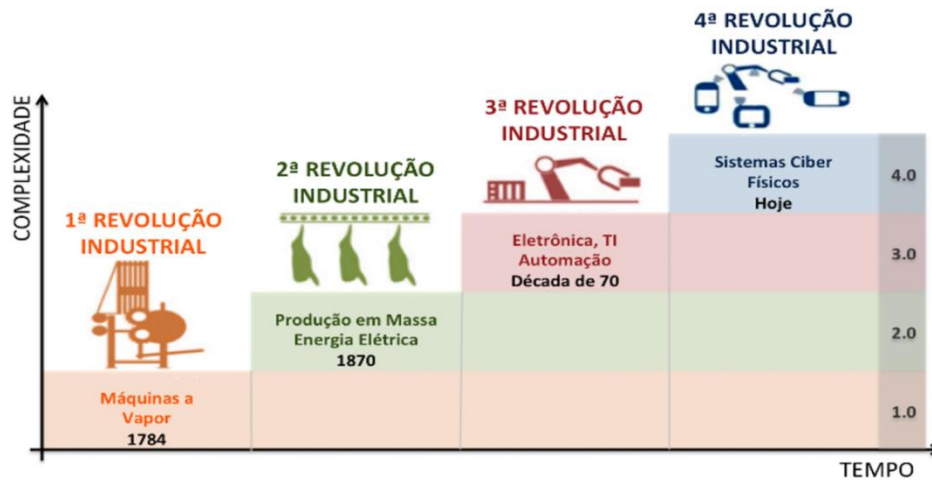
Introduz elementos mecânicos que facilitam as tarefas de produção, através do uso de energia hidráulica, vapor ou máquinas operatrizes (GRÜDTNER, 2017).

A segunda revolução industrial ocorreu no final do século XIX, quando a eletricidade começou a ser usada na produção, a produção em massa foi introduzida e um sistema foi iniciado para organizar as tarefas e os tempos designados as mesmas.

A terceira revolução veio mais recentemente, aproximadamente em 1970, quando as tecnologias de informação e eletrônica começaram a ser usadas com o objetivo de automatizar as tarefas de produção. Essa revolução também é chamada de revolução digital, e seu uso foi estendido.

A quarta e última revolução industrial está ocorrendo. Na Figura 1, pode-se ver graficamente o desenvolvimento dessas revoluções industriais ao longo do eixo do tempo, bem como as principais características de cada uma delas.

Figura 1: Revoluções Industriais ao longo do tempo



Fonte: Citisystems (2016).

Desde a invenção da capacidade mecânica possibilitada pela energia térmica e cinética no final do século XVIII, a evolução do setor industrial reformulou nossas vidas. As invenções resultantes são conhecidas como a primeira revolução industrial. Conseqüentemente, invenções em meados do século XIX, especificamente o surgimento do sistema de produção de tecnologia elétrica, constituíram a segunda revolução industrial e reformularam a indústria, permitindo a produção em massa (CHIEN, 2017).

Em 1969, o uso do Controlador Lógico Programável (CLP) permitiu a sinergia entre a tecnologia da informação e a eletrônica, facilitando o aumento da automação industrial que continua. Este desenvolvimento é reconhecido como a terceira revolução industrial.

As empresas de manufatura enfrentam desafios multifacetados, como a redução do ciclo de vida da inovação e da tecnologia e a demanda por produtos sob medida à custa da produção em larga escala.

Além disso, a presença da indústria nos países emergentes criou a pressão competitiva do mercado global. Essas empresas industriais têm capacidade de absorção tecnológica e se apresentam como empresas de manufatura com baixos custos operacionais que afastarão o mercado dos países desenvolvidos (ou seja, Alemanha, Estados Unidos e Itália) (HERMANN, 2015).

O governo e os setores manufatureiros, especificamente na Alemanha, estão tentando garantir sua participação de mercado através de invenções em direção à quarta revolução industrial, a chamada indústria 4.0 ou I4.0. A I4.0 explorará os avanços existentes em

tecnologia da informação, comunicações, automação e além para formar uma nova era industrial. O objetivo é criar um setor industrial nacional com capacidade de competir no mercado global, criando produtos de alto valor agregado por meio da inovação de produtos e serviços. As inovações capacitarão as empresas, dando-lhes uma vantagem competitiva única de maior eficiência, utilização de recursos e capacidade de resposta às necessidades dos clientes e da sociedade (HERMANN, 2015).

Outros países estão cientes dos desafios acima mencionados e alguns deles têm uma visão semelhante à da I4.0. Exemplos de tais visões incluem *Fabricca Intelligente* na Itália, *Flanders Make* na Bélgica, a *Smart Manufacturing Leadership Coalition* nos EUA, *Made in China* na China e *Made in India* na Índia.

O termo I4.0 entrou em uso no início desta década para descrever a próxima revolução industrial. Lee et al. (2015) definiram 4.0 como “a quarta revolução industrial que aplica os princípios dos sistemas ciberfísicos (CPS), Internet e tecnologias orientadas para o futuro e sistemas inteligentes com paradigmas avançados de interação homem-máquina”. Lasi et al. (2014) expandiu essa visão para toda a cadeia de valor, do modelo de negócio para ofertas de serviços de baixo nível e trabalhos em processo, definindo 4.0 como “(...). As consequências resultantes também têm um efeito na cadeia de valor, os modelos de negócio, os serviços à jusante e os trabalhos em curso”. Akesson (2016) destacou a necessidade de customização como “(...). É voltado para requisitos de clientes cada vez mais individualizados”. Essas definições afirmavam que a 4.0 é uma questão de digitalização e interação de comunicação, mas não mostravam como esses facilitadores potenciais podem ser usados no chão de fábrica dos promissores sistemas de manufatura 4.0.

A maioria dos pesquisadores concordou que a 4.0 é a quarta revolução e mudará o conceito de manufatura. 4.0 é um novo conceito que está no estágio preditivo, oferecendo uma oportunidade para empresas e instituições moldarem o futuro, uma vez que falta uma definição clara e consistente de 4.0. Neste artigo, consideramos a definição de 4.0 por Herman et al. (2015) como um termo coletivo para tecnologias e conceitos de organização da cadeia de valor. Dentro das Fábricas Inteligentes estruturadas modulares da 4.0, o CPS monitora processos físicos, cria uma cópia virtual do mundo físico e toma decisões descentralizadas. Sobre a IoT, o CPS se comunica e coopera entre si e com os humanos em tempo real. Através da IoS, os serviços internos e interorganizacionais são oferecidos e utilizados pelos participantes da cadeia de valor”. Acredita-se que essa definição considera a maioria dos

facilitadores do 4.0, incluindo componentes de chão de fábrica com estrutura modular, autonomia e descentralização, CPS, sistemas virtuais, IoT e IoS.

Como Blanchet et al. (2014), esta quarta revolução industrial ainda está ocorrendo neste momento e há setores que estão mudando de forma mais acentuada e rápida do que outros, que estão evoluindo de forma mais constante e lenta. Seja como for, em todas as áreas, objetos físicos, máquinas, processos ou sistemas de produção estão sendo introduzidos dentro de uma rede de informações conectada à Internet. Ligado a esta quarta revolução industrial, o conceito de "Indústria 4.0" nasceu em 2011.

Eles dizem que Hermann et al. (2015) que o termo nasceu como resultado da iniciativa "Industrie 4.0", uma associação que surgiu na Alemanha com o objetivo de melhorar a competitividade global da Alemanha no cenário produtivo, e que foi formada, entre outros, por grandes personalidades do mundo dos negócios, política e educacional. Esta iniciativa acabou levando a um projeto de grande importância cujo objetivo é alcançar a liderança em inovação tecnológica, propondo objetivos importantes a serem cumpridos desde o momento de sua criação até 2020.

2.4.1.1 IOT – INTERNET DAS COISAS

A Internet das coisas, entretanto, refere-se à conexão de dispositivos (além dos exemplos usuais, como computadores e smartphones) para a Internet. Carros, utensílios de cozinha e até mesmo monitores de coração podem ser conectados através do IoT. E à medida que a Internet das coisas surja nos próximos anos, mais dispositivos irão juntar-se a essa lista.

A Internet das Coisas (IoT – Internet of Things) é uma revolução tecnológica que trouxe dispositivos eletrônicos para o uso em nosso cotidiano, que são equipados com inteligência onipresente. Com essa crescente imersão tecnológica, nos parece cada vez mais inteligente apostar em segurança da informação, pois dados confidenciais transitam pela rede sem a devida proteção, e sua violação pode causar os mais variados tipos de danos (GRÜDTNER, 2017).

BI Intelligence, o serviço de pesquisa Premium do Business Insider, prevê que 5,8 bilhões de dispositivos IoT de propriedade de empresas e governos usarão computação em névoa em 2020, em comparação com 570 milhões de dispositivos em 2015. Muitos dispositivos IoT não possuem seu próprio poder de computação e computação em névoa

normalmente fornece uma melhor maneira de coletar e processar dados desses dispositivos do que a nuvem.

A computação em nuvem e o IoT transformarão a maneira como armazenamos e transmitimos as enormes quantidades de dados que geraremos nos próximos anos. Mas a Internet das coisas afetará profundamente outras áreas da vida cotidiana na próxima geração (GRÜDTNER, 2017).

O que torna tudo ainda mais fascinante (e à primeira vista complexo) é a convergência de dois mundos que foram desconectados até agora: Tecnologia da Informação (TI) e Tecnologia Operacional (OT) com a indústria digital hiper-conectada, a ligação de digital e sistemas de produção físico-cibernéticos e a Industrial IoT com aplicações habilitadas pelas plataformas Industrial IoT, um “subconjunto de plataformas IoT com uma abordagem geralmente mais vertical”, como partes (e nomes) que descrevem essa quarta revolução industrial.

A integração de TI e OT ainda está longe de ser um fato, embora existam diferenças, dependendo dos projetos do Indústria 4.0. Como ainda é cedo na jornada de maturidade e visão da Indústria 4.0, há principalmente um foco em projetos (enquanto a Indústria 4.0 em um nível mais maduro é um dado holístico) e tais projetos podem variar muito. Projetos em torno de eficiência energética, gerenciamento de energia de fábrica e HVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado), por exemplo, nos levam a um mundo completamente diferente (com diferentes soluções, habilidades e padrões) do que, por exemplo, manufatura aditiva, robótica ou realidade aumentada para nomear alguns. No final, a integração e convergência é o que será, pois, os especialistas continuarão a ser necessários.

2.4.2 COMPONENTES PRINCIPAIS DA INDÚSTRIA 4.0

A Quarta Revolução Industrial é a fase de digitalização do setor manufatureiro e é impulsionada pelo aumento nos volumes de dados, a energia em sistemas de computadores e conectividade. Embora muitas das tecnologias que convergem já existam, embora de forma embrionária e sem a robustez que elas fornecem, a diferença em relação ao passado é baseada na maneira como elas se combinam para gerar rupturas significativas.

Entre os pilares tecnológicos da Indústria 4.0 estão (RÜßMANN et al., 2014):

Sistemas de integração: Eles permitem a integração de tecnologias operacionais com tecnologias de informação e comunicação. Eles conectam máquinas com máquinas (M2M12),

máquinas com produtos e integram as diferentes áreas da unidade produtiva, impactando na gestão interna da empresa. Mas, além disso, permitem, por meio de plataformas digitais, a conexão entre a empresa e outros atores de sua cadeia de valor como fornecedores, atores do sistema de logística e transporte, atingindo o cliente.

Máquinas e sistemas autônomos (robôs): Máquinas inteligentes que automatizam tarefas anteriormente circunscritas apenas ao domínio humano. No mundo da indústria, a tendência é avançar na automação dos processos produtivos, na navegação e no controle, na integração de sensores e atuadores, na comunicação das interfaces. Procura aumentar a robótica colaborativa para ir para fábricas inteligentes onde todas as áreas da empresa podem trabalhar de forma conectada e com alto nível de automação em tarefas. Por exemplo, uma tendência crescente em fábricas inteligentes é a adaptação de veículos guiados automaticamente (AGV) que podem circular pela fábrica, transportando produtos intermediários e finais (de peso significativo) de uma estação para outra, compartilhando o espaço com os outros. AGV e colaborando com os trabalhadores.

Internet das coisas (IoT): Permite uma comunicação multidirecional entre máquinas, pessoas e produtos, facilitando a tomada de decisões com base nas informações que a tecnologia coleta de seu ambiente. Utiliza novos sensores e atuadores que, combinados com a análise de big data e cloud computing, permitem máquinas autônomas e sistemas inteligentes (OECD, 2016) 14. A IoT é uma tecnologia fundamental para que a indústria de manufatura avance para a fabricação de produtos inteligentes (incorporando serviços em produtos), gere um relacionamento mais próximo com os consumidores finais e capture informações sobre o desempenho e uso de seus produtos, mesmo quando na posse do cliente. Por exemplo, aparelhos com IoT que, através de uma conexão Wi-Fi, reportam às informações do fabricante em tempo real e precisas como falhas, consumo, horas de uso, etc.

Fabricação aditiva: Permite fabricar peças a partir da superposição de camadas de diferentes materiais tomando como referência um desenho anterior, sem moldes, diretamente de um modelo virtual. Essa tecnologia descentraliza os estágios de design e desenvolvimento de produtos e introduz um maior componente de serviços e software para a fabricação. Na indústria aeronáutica, por exemplo, é usado para a produção de peças mais leves do que o tradicional, permitindo economia de combustível devido ao peso da aeronave reduzida. A impressão 3D oferece enormes vantagens para jogar peças e objetos cuja produção implique alguma dificuldade, quer pela especificidade e complexidade da sua concepção ou porque leva muitas horas de trabalho e forçado a reconfigurar máquinas e linhas, com enorme perda

de produtividade. Portanto, a manufatura aditiva é usada para prototipar e produzir componentes individuais muito específicos em pequenos lotes ou pequenas tiragens. A possibilidade de fabricar localmente poderia ter um impacto sobre o comércio nas cadeias globais de valor (ALMEIDA; CAGNIN, 2019).

Big Data e Big Data Analysis: Refere-se a dados caracterizados por volume (grande quantidade), velocidade (para a qual são gerados, acessados, processados e analisados) e variedade de dados estruturados e não estruturados (OECD, 2016). Esses dados podem ser reportados por máquinas e equipamentos, sensores, câmeras, microfones, telefones celulares, softwares de produção, e podem vir de várias fontes, como empresas, fornecedores, clientes e redes sociais. A análise desses dados usando algoritmos avançados é a chave para a tomada de decisões em tempo real, pode conseguir melhores padrões e processos de qualidade do produto, e facilita o acesso a novos mercados (um fenômeno conhecido como dados Inovação base). Essa é uma das tecnologias da Indústria 4.0 mais demandadas no nível corporativo. De acordo com uma pesquisa realizada pela PwC, quase 73% das empresas pesquisadas disseram que a análise de big data desempenha um papel fundamental no processo de tomada de decisão. Para os entrevistados, um outro uso desta ferramenta é para controlar e melhorar o planejamento de negócios e fabricação e é considerado útil para um melhor foco no cliente (ALMEIDA; CAGNIN, 2019).

Computação em Nuvem: Oferece armazenamento, acesso e uso de serviços de informática online. Pode ser expresso em três níveis diferentes, de acordo com o serviço prestado: infraestrutura como serviço, plataforma como serviço e software como serviço. Essa tecnologia permite que as empresas acessem os recursos do computador de maneira flexível, com baixo esforço administrativo e de diferentes dispositivos, oferecendo agilidade, interoperabilidade e escalabilidade. Muitos dos aplicativos que até recentemente exigiam a instalação de um programa em um servidor hospedado por empresas agora são executados remotamente. Isso é fundamental para aplicações industriais com altos requisitos de computação (ALMEIDA; CAGNIN, 2019).

Simulação de ambientes virtuais: Permite ajustar e representar virtualmente a operação conjunta de máquinas, processos e pessoas em tempo real antes de serem colocadas em operação, o que ajuda a evitar quebras, economizar tempo e avaliar o resultado final em um ambiente controlado. Ou seja, permite reduzir os custos associados aos processos de aprendizagem (de "tentativa e erro") através de uma representação virtual para o design de novos produtos, ou para testar diferentes configurações nas operações da planta de produção.

Por exemplo, os operadores podem testar (no mundo virtual) diferentes configurações para obter uma "configuração virtual ideal" que será refletida na linha de produção física. Além disso, as experiências obtidas no mundo real servirão para melhorar o ambiente virtual, gerando um tipo de colaboração entre a planta física e sua representação virtual ("planta virtual") (ALMEIDA; CAGNIN, 2019).

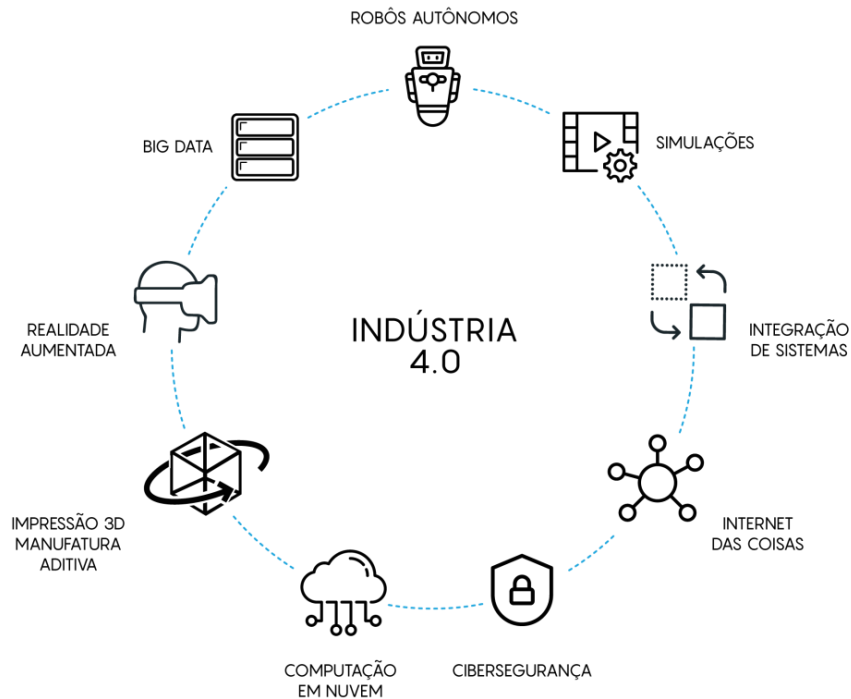
Inteligência Artificial: Ele é baseado no desenvolvimento de algoritmos que permitem que os computadores processem dados em uma velocidade incomum (uma tarefa que anteriormente exigia vários computadores e pessoas), também alcançando aprendizado automático. Os algoritmos são nutridos por dados e experiências recentes e estão sendo aperfeiçoados, permitindo que a máquina tenha habilidades cognitivas específicas para os seres humanos, como visão, linguagem, compreensão, planejamento e decisão com base em novos dados. Na indústria, permite o desenvolvimento de modelos neurais aplicados ao processamento de imagens, reforçando a segurança e o controle de qualidade; a previsão de séries temporais de consumo elétrico e o desenvolvimento de estratégias de controle para o gerenciamento otimizado das estações de produção, entre outros (ALMEIDA; CAGNIN, 2019).

Cybersecurity: É essencial que todas as outras tecnologias alcancem uma penetração adequada nesta fase da digitalização. A evolução para uma indústria inteligente e a crescente integração dos atores das cadeias de valor através da internet, computação em nuvem e plataformas digitais, requer o desenvolvimento de mecanismos de segurança cibernética em ambientes industriais. Na medida em que mais dispositivos, máquinas e pessoas estiverem conectados, a oferta de ferramentas preventivas que detectarão, anteciparão e neutralizarão as ameaças nos sistemas de informação das empresas será avaliada (ALMEIDA; CAGNIN, 2019).

Realidade aumentada: Permite complementar o ambiente real com objetos digitais. São sistemas que combinam simulação, modelagem e virtualização, permitindo novas fórmulas para o design de produtos e a organização de processos, garantindo flexibilidade e agilidade na cadeia produtiva. Esses sistemas têm uma variedade de aplicações, como a seleção de peças em um depósito, o envio de instruções para o reparo de falhas através de dispositivos móveis ou o treinamento de recursos humanos em ambientes virtuais que simulam a realidade da planta. Embora essa tecnologia esteja em um estágio inicial de desenvolvimento, espera-se que as empresas façam um uso muito mais amplo delas para fornecer aos funcionários informações em tempo real, melhorar a tomada de decisões e

otimizar os processos de produção (OCDE, 2016). Portanto a figura 2 representa a indústria 4.0 e os pilares que a compõem.

Figura 1: Pilares tecnológicos da Indústria 4.0



FONTE: WP_CONTENT (2018).

O fornecimento dessas tecnologias é completado com outras: drones, sensores inteligentes, controladores, plataformas eletrônicas abertas, sistemas de localização, sistemas de auto-identificação e blockchain²¹ são alguns dos muitos exemplos que emergem da convergência dos pilares tecnológicos acima mencionados e desempenham um papel igualmente relevante na ampliação da matriz tecnológica. Ao longo deste documento, chamar todo esse universo tecnológico de "novas tecnologias industriais digitais" ou "tecnologias 4.0".

A aplicação das tecnologias da indústria 4.0 inverte a lógica do processo de produção convencional: as máquinas de produção industrial não "processam" mais o produto, mas o produto se comunica com a máquina para "dizer exatamente o que fazer" (SCHMIDT et al., 2015).

2.5 REDES DE COMUNICAÇÃO INDUSTRIAL 4.0 NA GESTÃO DE MANUTENÇÃO

As redes industriais são uma forma de automação de indústria, que consistem em protocolos de comunicação usados para supervisionar e gerenciar processos, como é o caso dos processos de gestão de manutenção. Neste capítulo são abordadas as redes industriais na Indústria4.0.

A manutenção preditiva é uma técnica que nos permite prever possíveis incidentes ou erros em ativos e processos de produção por meio de diferentes tecnologias. Entre outras, as novas tecnologias que estão sendo implementadas para realizar essa manutenção são IoT, análises avançadas e Inteligência Artificial. Essas tecnologias permitem a medição, análise e monitoramento de parâmetros que definem os ativos e o ambiente da fábrica que os cerca. A previsão e prevenção antecipada de falhas ou paralisações de infraestrutura, ativos ou equipamentos, além de garantir a intervenção imediata com a consequente redução de custos, gera maior eficiência nos negócios das empresas (DA SILVA, 2018).

As comunicações para gestão de manutenção preditiva dentro da Indústria 4.0, devem ter algumas características particulares para responder às necessidades de intercomunicação em tempo real. Além disso, eles devem resistir a um ambiente hostil, onde há uma grande quantidade de ruído eletromagnético e condições ambientais adversas. No uso de comunicações industriais, duas áreas principais podem ser separadas: comunicação no nível de campo e comunicação com o SCADA. Em ambos os casos, a transmissão de dados é feita em tempo real ou, pelo menos, com um atraso que não é significativo em relação aos tempos do processo, podendo ser crítico para o nível de campo. Dependendo do ambiente em que serão instalados, dentro de um ambiente industrial, existem vários tipos de redes (WOLLSCHLAEGER; SAUTER; JASPERNEITE, 2017):

2.5.1 REDE DE FÁBRICA

Para redes de escritório, contabilidade e administração, vendas, gerenciamento de pedidos, depósito, etc. O volume de informações trocadas é muito alto e os tempos de resposta não são críticos.

2.5.2 REDE DE PLANTAS

Interconexão de módulos e células de fabricação entre si e com departamentos como design ou planejamento. Geralmente é usado para a ligação entre as funções de engenharia e planejamento com as de controle de produção na fábrica e sequenciamento das operações. Como exemplo, a transmissão para um sistema de controle numérico do programa de usinagem desenvolvido no departamento de CAD / CAM. Essas redes devem lidar com mensagens de qualquer tamanho, gerenciar com eficiência os erros de transmissão (detecção e correção), cobrir grandes áreas (pode atingir vários quilômetros), gerenciar mensagens com prioridades (gerenciamento de emergência versus transferência de arquivos CAD / CAM) e tem ampla largura de banda para suportar dados de outras sub-redes, como voz, vídeo etc.

2.5.3 REDE CELULAR

Interconexão de dispositivos de fabricação que operam em modo sequencial, como robôs, máquinas CNC, PLCs, veículos guiados automaticamente (AGV). As características desejáveis nessas redes são: gerenciar mensagens curtas eficientemente, capacidade de lidar com tráfego de eventos discretos, mecanismos de controle de erros (detectar e corrigir), possibilidade de transmitir mensagens prioritárias, baixo custo de instalação e conexão por nó, recuperação rápida no caso de eventos de rede anormais e alta confiabilidade.

2.5.4 BARRAMENTO (*BUS*) DE CAMPO

Um *bus* é, em termos gerais, "um sistema de dispositivos de campo (sensores e atuadores) e dispositivos de controle que compartilham um barramento digital serial bidirecional para transmitir informações entre eles, substituindo a transmissão analógica convencional ponto a ponto". Eles permitem substituir a fiação entre os sensores do atuador e os elementos de controle correspondentes. Este tipo de barramentos deve ser de baixo custo, com tempos de resposta mínimos, permite a transmissão serial através de um barramento de dados digital com a capacidade de interconectar controladores com todos os tipos de dispositivos de entrada e saída, simples e permitir controladores escravo inteligentes.

Os sinais dos processos industriais, originados ao pé da máquina, são normalmente transmitidos com extensiva fiação ponto-a-ponto, mesmo usando transmissores "inteligentes". Isso significa que cada sensor ou atuador localizado no campo é conectado aos módulos de

entrada / saída dos PLCs, usando um par de fios por instrumento. Quando a distância entre o sistema de instrumentos e controle começa a ser considerável ou onde há no processo de um grande número de instrumentos, devemos levar em conta os custos de fiação, especialmente quando a necessidade de um grande número de reserva motoristas é estabelecida para futuras extensões. Por estas razões, a filosofia de fieldbus está sendo implementada definitivamente. Com este sistema é possível a substituição de grandes feixes de fios para um simples de dois condutores de cabos ou fibra óptica, comum para todos os sensores e actuadores, com as consequentes poupanças económicas envolvidas. A comunicação da variável do processo será totalmente digital.

Inicialmente, os barramentos de campo não são muito normalizados, portanto, há uma grande variedade deles com características diferentes dependendo de quais aplicativos são pretendidos. A verdade é que atualmente pode-se dizer que os ônibus de campo estão atingindo um período de maturidade, considerando a coexistência de um pequeno número de padrões com possíveis soluções de comunicação entre eles.

Barramentos de campo, se corretamente escolhidos para a aplicação, oferecem inúmeras vantagens, tais como:

- a) Flexibilidade: A montagem de um novo instrumento envolve a conexão elétrica simples ao barramento e uma configuração / programação subsequente, normalmente remota (a partir da sala de controle). No caso de barramentos abertos, será possível conectar instrumentos de diferentes fabricantes ao mesmo barramento.
- b) Segurança: Transmissão simultânea de sinais de diagnóstico de sensores e atuadores, permitindo assim instalações mais seguras.
- c) Precisão: Transmissão totalmente digital para variáveis analógicas.
- d) Facilidade de manutenção: É possível diagnosticar a operação incorreta de um instrumento e realizar calibrações remotamente a partir da sala de controle. Isso possibilita a localização rápida de conexões errôneas na instalação, com os quais os erros de conexão são menores e resolvidos mais rapidamente (redução de paradas e perdas de produção).
- e) Redução da complexidade do sistema de controle em termos de hardware:
- f) Redução drástica da fiação.
- g) A necessidade de grandes gabinetes de conexão para controlar o equipamento associado é eliminada.

- h) Redução do número de PLCs.
- i) Redução do tempo de instalação e pessoal necessário para isso.

Pelo contrário, a principal desvantagem que o uso de um barramento de campo oferece é a possível quebra do cabo de barramento. Isso levaria à queda de todos os elementos que estavam conectados ao barramento e provavelmente uma paralisação geral do processo. Deve-se notar também que, atualmente, os ônibus de campo são muito robustos contra interferências e ambientes agressivos.

2.6 VANTAGENS DE UTILIZAÇÃO DE UMA REDE L NA MANUTENÇÃO

Segundo Lugli e Santos (2014), as redes industriais foram criadas, nas indústrias brasileiras há cerca de 10 anos. Muitas delas ainda utilizam sistemas com PLCs (ou CLPs), chamados sistemas ponto a ponto ou tradicionais. Nesse caso, cada ponto de entrada e saída (I/O) é conectado ao CLP. O Problema nesse caso é o alto custo de implementação, pois existe maior quantidade de hardware (cabos) e a dificuldade para encontrar problemas no projeto. O surgimento das redes industriais foi para resolver esses dois tipos de problemas. As redes industriais são chamadas também de redes determinísticas, pois existe tempo exato de tráfego de dados (tempo de varredura). A diferença entre uma rede comum de computadores é o fato de ser probabilística, isto é, não possuir tempo exato para tráfego de dados (LUGLI;SANTOS, 2014).

Também pode ter aplicações de tecnologias de comunicação sem fio integradas em uma rede industrial na parte superior e na parte inferior, exemplo uma comunicação sem fio ponto a ponto, é o controle de movimentos de uma ponte rolante industrial. Nos últimos anos, após serem padronizadas as tecnologias de redes sem fio para os ambientes comerciais, iniciou-se a migração para as indústrias, no controle de processos, visto que a comunicação sem fio já era utilizada a mais de 10 anos, entre as primeiras aplicações sem fio, o controle de veículos guiados automaticamente (AGV) e guindastes. Nessas aplicações sem fio, rádios são utilizados para um controle flexível dos dispositivos móveis (LUGLI; SANTOS, 2014).

Esforços de colaboração em redes, estejam ou não atravessando fronteiras, não são vistos apenas como uma abordagem para diminuir os custos de fabricação; a cooperação entre empresas de rede é cada vez mais vista como um meio de reduzir os custos de desenvolvimento, acelerar o desenvolvimento de produtos e processos e maximizar as oportunidades de comercialização em projetos de inovação. A capacidade de construir e

manter redes interorganizacionais, tais como joint ventures, acordos de licenciamento, codesenvolvimento (entre fornecedores e clientes) e alianças estratégicas levou a mais inovações de produtos e processos. Isso também abrange a extensão de recursos, com serviços de manufatura como uma tendência emergente e os recursos incorporados nos serviços de manufatura respondendo parcialmente à demanda por personalização (DZUBA, 2017).

Esta transformação digital no setor industrial dá origem à criação de fábricas inteligentes que se adaptam às novas tecnologias, obtendo inúmeros benefícios como:

-Baixos custos de manutenção: Com os algoritmos de inteligência preditiva e o aumento da conectividade das máquinas, haverá menos tempo de inatividade nas máquinas de produção e menores custos durante a manutenção.

Reduzir custos operacionais: Graças à Internet das Coisas, todas as máquinas e sensores serão conectados uns aos outros de forma que sejam mais eficientes, incluindo a redução de estoque ou um melhor planejamento do trabalho de produção.

Melhorar a tomada de decisão: Eles permitem a comunicação mais direta e fluida entre fornecedores, fabricantes e clientes, permitindo assim reagir rapidamente a mudanças nos produtos a serem fabricados de maneira mais ágil.

Clientes mais satisfeitos: Todo o uso de dados graças ao Big Data permite que você adapte todos os seus processos às necessidades do cliente, alcançando resultados rápidos e de qualidade que farão a satisfação do cliente maior.

A indústria inteligente 4.0 tem um futuro promissor no setor industrial como a conhecemos hoje, há cada vez mais melhorias aplicadas neste campo, essas mudanças produzirão mudanças importantes em termos dos empregos necessários nas novas fábricas inteligentes, alguns dos mais importantes são:

- a) Controle de qualidade e análise de dados
- b) Produção assistida por robô
- c) Logística de veículos autônomos
- d) Manutenção preditiva de máquinas

2.7 DESAFIOS NA AUTOMAÇÃO DE REDES NA INDÚSTRIA 4.0

Os desafios para automação de redes industriais são inúmeros, pois existem vários tipos de protocolos existentes, onde cada um tem suas vantagens e desvantagens e serão

avaliadas os mais conhecidos protocolos e empregados na Indústria 4.0 (INDÚSTRIA 4.0, 2018).

Dentre vários protocolos existentes na comunicação industrial, o protocolo AS-I (Atuator Sensor e Interface), com baixo custo e ser de alta confiabilidade e simplicidade, e com características de tempo real, é uma alternativa adequada para desenvolver sistemas de automação industrial. O protocolo PROFIBUS é outro tipo de rede industrial, com dois tipos distintos de protocolos: PROFIBUS DP e PROFIBUS PA, o PROFIBUS DP opera sobre o meio físico RS-485 e fibra óptica. Já o PROFIBUS PA opera sobre o meio físico Manchester (LUGLI; SANTOS, 2014).

2.7.1 O BARRAMENTO PROFIBUS

PROFIBUS (*PROCESS FIEL BUS*) é um dos principais barramentos (bus) utilizados no mundo. É um barramento de campo aberto, que pode ser implementado em várias áreas, como fabricação, automação de processos e construção. Ele é padronizado na norma DIN 19245 (no início de 1991) para mais tarde, em 1996, ser incluída na norma CENELEC Europeia EN 50170, que oferece um alto nível de confiança para o usuário, bem como a possibilidade de comunicação entre equipamentos de diferentes fabricantes, sem a necessidade de ajustes especiais na interface. A família PROFIBUS consiste em três versões ou protocolos de comunicação, a saber (CARVALHO, 2018; DZUBA, 2017):

- PROFIBUS-DP (Periferia Descentralizada, DIN E 19245), perfil de protocolo para o acoplamento da periferia descentralizada, com tempos de reação rápidos.

- PROFIBUS-PA (Automação de Processo) é a extensão do PROFIBUS-DP compatível em comunicação com uma tecnologia que permite aplicações em áreas com risco de explosão.

- PROFIBUS-FMS (Especificação de Mensagem de Campo, DIN 19245) é aplicável para comunicação PLC em células pequenas e para comunicação com dispositivos de campo com interface FMS. Nesta versão, a funcionalidade é mais importante do que obter um pequeno tempo de reação.

O PROFIBUS é um barramento que pode ser implementado tanto no nível de E / S (nível do atuador / sensor) quanto no nível de campo e processo, graças às suas características de velocidade e tempo de resposta. O PROFIBUS especifica as características técnicas e funcionais de um sistema fieldbus serial para o qual os controladores digitais descentralizados

podem ser conectados do nível de E / S ao campo e ao nível do processo. O PROFIBUS distingue entre dispositivos mestre e escravo (LUCAS-ESTAN, 2018):

- PROFESSORES Eles determinam a comunicação de dados no barramento. Um professor pode enviar mensagens, sem a necessidade de um pedido ou solicitação externa, quando ele possui direitos de ônibus. No protocolo PROFIBUS, eles também são chamados de estações ativas.

- ESCRAVOS Eles são elementos da periferia. Escravos típicos incluem dispositivos de entrada / saída, válvulas, transmissores de medição e acionamentos. Um escravo não tem o direito de acessar o barramento e só pode reconhecer as mensagens recebidas ou enviar mensagens para o mestre quando o último assim o exigir. Os escravos também são chamados de estações passivas.

A velocidade de transmissão do barramento PROFIBUS pode variar de 9,6 Kbit/s a um máximo de 12 Mbit/s. O comprimento máximo da rede também é variável, dependendo do meio físico utilizado (fibra elétrica ou ótica). O número máximo de estações é 127 (endereços de 0 a 126) (LUCAS-ESTAN, 2018).

2.7.2 DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0

Khan et al. (2017) dizem que as empresas têm enfrentado desafios para desenvolver a Indústria 4.0, principalmente em relação a *Big Data* e *Big Data Analysis*, tais como:

- a) Coletar dados de automação industrial;
- b) Criar uma padronização para integrar os dados cibernético e físicos;
- c) Modelar e integrar dados para a interoperabilidade do sistema de automação;
- d) Manusear dados que foram produzidos pela IoT, sensores que sejam capazes de se comunicar via wireless, informática em nuvem, IIoT;
- e) Acessar em tempo real o *big data*;
- f) Manter a segurança e privacidade dos dados;
- g) Desenvolver Algoritmos para a *Big Data Analysis*;
- h) Desenvolver Softwares para visualizar, analisar e encapsular de dados.
- i) Conforme Wan, Cai e Zhou (2015), o desenvolvimento da indústria 4.0 possui desafios técnicos relacionados a softwares e hardwares:
- j) Mecanismo de decisão e negociação inteligentes;
- k) Protocolos para rede wireless de alta velocidade;

- l) *Big Data Analysis* específica para manufatura;
- m) Modelar e analisar sistemas de automação;
- n) Manter e monitorar a segurança cibernética e física;
- o) Desenvolver dispositivos e máquinas modulares e flexíveis.

A cadeia de valor da Internet industrial permite, em teoria, através de novos padrões de comunicação, abordar todo o ciclo de qualquer produto ou serviço, desde o desenvolvimento e engenharia, passando pela fabricação, uso, manutenção e reciclagem. Ao contrário da cadeia de valor da Internet do consumo, é altamente fragmentada e requer maiores níveis de coordenação entre as empresas que compõem os componentes da cadeia. Por exemplo, empresas de tecnologia de rede e serviços de computação em nuvem precisam dos produtores de objetos - sensores com sensores - tanto quanto eles exigem que desenvolvam em conjunto o setor de aplicativos de software e hardware (LEE, 2015).

Esta cadeia de valor da Internet industrial está organizada em quatro segmentos principais: (i) dispositivos (partes e sistemas operacionais), (ii) comunicações, (iii) plataformas habilitadoras de aplicativos (administração de comunicações, dados e identidade e segurança) e (iv) desenvolvimento e integração de produtos. O primeiro segmento corresponde à fabricação eletrônica de dispositivos com sensores para a captura de dados, ou seja, a produção de sensores, MEMS, nós, controladores e outros dispositivos para obtenção de dados. O segundo é o das redes de comunicação celular e sem fio, que corresponde ao campo dos circuitos integrados e considera microprocessadores, chips e protocolos utilizados para comunicação e processamento de informações. O terceiro segmento está associado ao desenvolvimento de plataformas de software para gerenciamento de comunicações e gerenciamento de dados, e corresponde ao projeto IIOT de sistemas de hardware e software para monitoramento de sistemas, análise de dados e protocolos de segurança para análise e a resposta de dados. Por fim, o quarto segmento corresponde à integração de aplicações em indústrias verticais, ou seja, o design de aplicações, serviços e manutenção remota e operado com interfaces de *cloud computing* e API (CARVALHO, 2018).

As principais características desta nova indústria conectada 4.0 podem ser resumidas da seguinte forma (LASI, 2014):

Conexão vertical na forma de uma rede: Os sistemas cibernéticos são interligados entre si e com trabalhadores, gerentes, desenvolvedores, fornecedores, clientes e até mesmo com o próprio produto, uma vez vendido, graças à Internet das Coisas e à Internet de Serviços (*Cloud Computing*).

Virtualização: O mundo real da planta é capturado por sensores, criando uma imagem virtual dele, que por sua vez é conectada a Modelos de Simulação, Aplicativos de Análise Preditiva e Software para ajudar na tomada de decisões. Tudo isso ajudado pelo Big Data.

Descentralização: A tomada de decisão é executada pelos Sistemas Cibernéticos, auxiliada por Modelos Preditivos e Aplicações para Tomada de Decisão.

Reação em tempo real: A captura de informações, seu processamento e decisões tomadas a esse respeito são feitas em tempo real.

Orientação para o cliente: A arquitetura da Indústria 4.0 foi projetada para estabelecer um feedback direto entre o usuário, o produto e seu projetista.

Modularidade: Em um mercado tão mutável, uma Fábrica Inteligente deve se adaptar às mudanças que ocorrem no mercado com rapidez e eficiência, enquanto um estudo de mercado e uma mudança de produção podem levar no mínimo uma semana para que as fábricas inteligentes sejam preparadas adaptar-se a mudar rapidamente e seguir as tendências do mercado.

Análise avançada: Sem dúvida, uma das partes mais valiosas desta indústria 4.0, a capacidade de melhorar e otimizar programas e processos de produção é uma parte vital de qualquer empresa que deseja manter um alto nível de produtividade e eficiência. Análises avançadas para tomar decisões sobre planejamento são de importância vital nessas fábricas 4.0, alcançando maior agilidade na cadeia de produção e evitando gargalos.

A nova era industrial 4.0 permitirá que a inovação deixe suas áreas tradicionais (o produto), para polinizar outras áreas da empresa. Assim, serão encontrados 10 tipos de inovação (HERMANN, 2015):

- a) Modelo de negócio: mudar a maneira de monetizar seu cliente.
- b) Operar em redes: capitalizar os processos, tecnologias, ofertas, canais e marcas de outras empresas através da cooperação.
- c) Estrutura: reorganizar os ativos da empresa.
- d) Processos: alterar o modo como as atividades do dia a dia são realizadas.
- e) Produtos: simplificação e personalização são apenas alguns exemplos.
- f) Sistemas de produtos: criar linhas de negócios que melhoram umas às outras.
- g) Serviços: mudando a maneira que se usa o produto são alguns exemplos.
- h) Canais: mudar o caminho para alcançar o cliente.

- i) Marca: alterar as razões pelas quais os clientes reconhecem você, lembram de você e preferem você.
- j) Experiência do usuário: mudar a maneira como seu cliente se relaciona com sua empresa e seu produto em todos os níveis.

Mesmo que essa "nova indústria 4.0" não seja nova e esteja bem fundamentada, ainda há muitos obstáculos a superar para torná-la um padrão. A proteção e segurança dos dados é considerada um dos dois obstáculos mais importantes que devem ser superados para realizar a quarta revolução industrial. Também observamos que outros tópicos mais convencionais, como finanças, são considerados de extrema importância para podermos aplicar com sucesso o padrão Industrial 4.0 (SCHMIDT, 2015).

Isso tem muitas repercussões no setor de segurança, uma vez que uma parte importante desse progresso é baseada na Internet das coisas (*Internet of Things*) e nos serviços, o que exigirá que as indústrias tenham uma infraestrutura melhor protegida, combinada com funcionários devidamente treinados. O setor de segurança ainda está lutando para aumentar a conscientização sobre segurança da informação em termos gerais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Um dos princípios da Indústria 4.0 é coletar e compartilhar informações em tempo real. Além disso, o Ministério da Educação e Pesquisa da Alemanha define o termo Indústria 4.0, entre outras coisas, dizendo que os sistemas ciber-físicos ajudam a melhorar a flexibilidade das redes, o que se traduz em máquinas e plantas capazes de modificar seu comportamento antes ordens ou condições diferentes. Esses sistemas são capazes de receber informações, analisá-las e modificar sua maneira de agir dependendo das informações.

A Internet das coisas e a computação em nuvem são diferentes, mas cada uma terá seu próprio trabalho para enfrentar esse novo mundo de dados. Quanto ao papel da computação na nuvem na Internet das Coisas, a computação em nuvem e o IoT servem para aumentar a eficiência em nossas tarefas diárias, e os dois têm uma relação complementar. O IoT gera enormes quantidades de dados e a computação em nuvem fornece um caminho para que esses dados viajem para seu destino. A Amazon Web Services, uma das várias plataformas de nuvem da IoT no trabalho hoje, aponta seis vantagens e benefícios da computação em nuvem:

- a) A despesa variável permite que você apenas pague pelos recursos de computação que você usa, e não mais.
- b) Fornecedores como a AWS podem alcançar maiores economias de escala, o que reduz custos para os clientes.
- c) Você não precisa mais adivinhar suas necessidades de capacidade de infraestrutura.
- d) A computação em nuvem aumenta a velocidade e agilidade ao disponibilizar recursos aos desenvolvedores.
- e) Pode-se economizar dinheiro em centros de dados operacionais.
- f) Pode-se implantar suas aplicações em todo o mundo em questão de minutos.

Algumas das plataformas de nuvem IoT mais populares no mercado incluem Amazon Web Services, GE Predix, Google Cloud IoT, Microsoft Azure IoT Suite, IBM Watson e Salesforce IoT Cloud.

Juntamente com a computação em nuvem e a IoT, os outros processos importantes nessa revolução da indústria, como por exemplo, os sistemas autônomos, Big Data e realidade aumentada contribuirão de forma gigantesca com o processo de inovação e rapidez nos processos, acarretando uma elevação da indústria à outro patamar, onde a mesma será capaz

de alavancar sua produção em larga escala, bem como reduzirá tempo e custos com a manutenção, terá ainda total precisão de possíveis falhas e por fim uma grande contribuição no desenvolvimento técnico dos envolvidos no processo.

A gestão da manutenção atualmente contempla a seguinte composição:

- Manutenção Atual: Técnico especializado em manutenção; equipamentos de análise.

Esse arranjo atual converge para a utilização de um dos tipos de manutenção: corretiva; preventiva e preditiva, onde permite que eu obtenha como resposta somente o que aconteceu e o que está acontecendo, sendo baseado em diagnósticos. Já com a associação da indústria 4.0, a manutenção passa a ter a seguinte composição:

- Manutenção 4.0: Técnico especializado em manutenção (associado à I.A.); gerenciamento de ativos (associado ao Big Data).

Já com o seguinte arranjo, contribui para que haja ações para eliminação de falhas por tendência, onde o objetivo é trabalhar com base em prognósticos, obtendo assim respostas para o questionamento do que acontecerá.

A redução do tempo entre os processos também é de suma importância nessa evolução da manutenção, onde a partir da aplicação das tecnologias da indústria 4.0 nos processos, desde o acontecimento do evento até a ação realizada, trará bastante lucro para a indústria da seguinte forma:

- Aplicação de monitoramento em tempo real no intervalo entre o evento e a busca pelos conhecimentos necessários;
- Aplicação do Big Data associado à I.A. para a realização da análise total;
- Aplicação de decisões automatizadas no processo de aprovação das ações;
- Aplicação da integração de sistemas, a partir do aprendizado de máquina (Machine Learning), no momento da realização da ação.

Então a partir da aplicação dessas tecnologias nas etapas mencionadas, a indústria passará a obter enorme benefício, refletido em ganho de lucros e aumento na produtividade.

Considerando as ideias abordadas nessa pesquisa, as empresas terão grandes desafios que vão desde os investimentos financeiros em equipamentos que incorporem essas tecnologias, à adaptação dos processos e das formas de relacionamento com outras empresas ao longo da cadeia produtiva, criação de novas especialidades e desenvolvimento de competências, entre outras. Poucas empresas estarão preparadas para enfrentar essas mudanças, por outro lado, empresas conseguirão assimilar o processo de difusão dessas

tecnologias paulatinamente, de acordo com suas capacitações e estratégias, onde elas serão responsáveis pela iniciativa de mudança e estímulo para a inserção das demais, essas por sua vez, sob o risco de não conseguirem sobreviver no novo ambiente competitivo, em caso de não aderência da nova tecnologia.

4 CONCLUSÃO

Como foi visto nesta pesquisa, o foco da chamada "transformação digital" está intimamente ligada ao que é conhecido como a "quarta revolução industrial", porque a digitalização e a Indústria 4.0 andam de mãos dadas, o que significa a aplicação em escala industrial de sistemas automatizados com ênfase especial nos processos em escala produtiva e a interligação entre unidades produtivas, conseguindo criar redes de produção digital que permitam acelerá-la e utilizar recursos de forma mais eficiente. Existem quatro alavancas: automação, acesso digital ao cliente, conectividade e informação digital, que ilustram o grau de transformação que já se está testemunhando.

A indústria 4.0 e a fabricação inteligente estão otimizando os sistemas de manufatura, encurtando o ciclo de desenvolvimento de novos produtos, reduzindo os custos de fabricação e permitindo processos de produção totalmente integrados e automatizados, com máquinas capazes de autoadministração e manutenção; que fornece informações que poderão ser acessadas globalmente em tempo real, através da internet e de diversos dispositivos móveis, facilitando a criação de redes de cooperação e colaboração; e, da mesma forma, uma melhor tomada de decisão.

Ao mesmo tempo, modificará as atuais estratégias empresariais de *offshoring*, já que o trabalho automatizado incorpora uma produção mais barata e eficiente no país de origem, que reverterá em benefício do processo de localização, favorecendo que as indústrias nacionais recuperem todos os processos de a cadeia de valor (*botsourcing*), propiciando, por sua vez, a criação de emprego no país. O casamento entre o Big Data e a robotização anuncia uma nova economia e, portanto, um novo mundo de trabalho, todos reconhecem os benefícios desse desenvolvimento e, ao mesmo tempo, destacam sua incerteza sobre o emprego.

Acredita-se que a transformação digital não está apenas mudando a economia, mas também a natureza do mercado de trabalho. A quarta revolução industrial, a irrupção de robôs e IA vai mudar o mercado de trabalho. Desde a configuração dos teares a vapor, a automação destruiu os empregos antes de criar novos, em qualquer um dos parâmetros da economia. A diferença é que as revoluções anteriores contribuíram com força ou proeza física para a civilização, ao passo que agora as capacidades vão muito além, porque são cognitivas.

O uso de redes industriais 4.0 permite gerenciar melhor a rede e planejar melhor as estratégias de investimento e marketing. Além disso, economiza tempo da equipe (comercial, instalação e manutenção), pois fornece todas as informações da rede e de seus clientes,

minimizando o suporte necessário à equipe e permitindo que eles sejam mais autônomos. A plataforma de redes industriais permite que as informações que o pessoal gerencia venham do servidor da empresa, evitando etapas intermediárias, reduzindo a possibilidade de erro nas intervenções de manutenção.

5 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

A integração de TI e Tecnologia Operacional (OT) ainda está longe de ser um fato, embora existam diferenças, dependendo dos projetos do Indústria 4.0; desse modo, muitas discussões e pesquisas têm que ser desenvolvidas para buscar a integração entre TI, OT e IoT.

É cedo na jornada de maturidade e visão da Indústria 4.0 e as novas pesquisas têm que voltar seu foco em projetos (enquanto a Indústria 4.0 em um nível mais maduro é um dado holístico) e tais projetos podem variar muito.

As pesquisas devem focar também em projetos em torno de eficiência energética, gerenciamento de energia de fábrica e HVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado), por exemplo, nos levam a um mundo completamente diferente (com diferentes soluções, habilidades e padrões) do que, por exemplo, manufatura aditiva, robótica ou realidade aumentada para nomear alguns.

No final, a integração e convergência é o que será, pois os especialistas e pesquisadores continuarão a ser necessários.

REFERÊNCIAS

- ÅKESON, L. **Industry 4.0: Cyber-Physical Systems and their impact on Business Models**. 2014.
- ALMEIDA, Julio Sergio Gomes de; CAGNIN, Rafael Fagundes. **A indústria do futuro no Brasil e no mundo**. IEDI. Março/2019. Disponível em: <https://iedi.org.br/media/site/artigos/20190311_industria_do_futuro_no_brasil_e_no_mundo.pdf>. Acesso em: 5 Ago. 2019.
- ARNOLD, C.; KIEL, D.; VOIGT, K. **Innovative Business Models for the Industrial Internet of Things**. BHM Berg-und Hüttenmännische Monatshefte, v. 162, n. 9, p. 371-381, 2017.
- BELICHES, C., MCCARTHY, D. E AL-ANI T. **Condição-baseado Manutenção de máquinas usando modelos ocultos de Markov**. Sistemas Mecânicos e Processamento de Sinal, 14 (4), p. 597-612, 2000.
- BIAGIO, L. O. **Como administrar a produção**. São Paulo: Manole, 2015.
- BLANCHET, M.; RINN, T.; VON THADEN, G.; DE THIEULLOY, G. **Industry 4.0: The new industrial revolution. How Europe will succeed**. Roland Berger Strategy Consultants GmbH. München. 2014. Disponível em: http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_TAB_Industry_4_0_2014_0403.pdf. Acessado em 10 de ago. de 2019.
- BLOGIFM. **Automação Industrial**. 2017. Disponível em: <http://www.blogifm.com.br/wp-content/uploads/2017/04/Capture.jpg>. Acesso em 25 de ago. de 2019.
- CARVALHO, P. S. S. **Vantagens da manutenção preventiva: um estudo de caso na empresa produtora de cal Tecnocal Ltda em Arcos – MG**. (Trabalho de Conclusão de Curso). Universitário de Formiga, Formiga, 2010.
- CHIEN, C. F.; HONG, T. Y.; GUO, H. Z. **An empirical study for smart production for TFT-LCD to empower Industry 3.5**. J. Chin. Inst. Eng. 40, 552–561. 2017.
- CITISYSTEMS. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/wp-content/uploads/2016/02/Ind%C3%BAstria-4.0.jpg>. Acesso em ago. de 2019.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2011. 690p.
- DA SILVA, EDSON PEREIRA. **A transição da manutenção industrial para o modelo do novo paradigma da indústria 4.0**. Tese de Doutorado. Universidade Paulista. 2018.
- DHILLON, BALBIR S. **Manutenção, Manutenção e Confiabilidade para Engenheiros**. CRC Press, 2004.

DIRK DRIVES. **Automação Industrial**. Disponível em: <<http://www.dirkdrives.com.br/automacaoindustrial.html>>. Acesso em: ago. 2018.

DZUBA, Everton; AVILA, Julio Cesar; FERREIRA, Neroly Carlos Alves. **Cloud computing para controle, atualização e gerenciamento de planta didática de manufatura**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2017.

ERIKSSON, J.; COESTER, M.; HENNIG, C.H. **Redes industriais- Panorama histórico e novas tendências** - Revista Controle e Instrumentação, nº 119, Agosto 2006, pg 86-89.

FACHINI, Silmar José; SELLITTO, Miguel Afonso. **Análise estratégica da gestão da manutenção industrial de uma empresa de metalomecânica**. Revistas E-Tech. v. 7 n. 1 (2014): 10ª Edição - Tecnologia. DOI <https://doi.org/10.18624/e-tech.v7i1.400>.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário Novo Aurélio da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1984.

FLORES, K. **Manutenção baseada em risco**. JR East Technical Review, 17, pp.1-4, 2010

GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administração da Produção e Operações**. Editora Thomsom, 2001.

GROOVER, M. P. **Automação Industrial e Sistemas de Manufatura**. 3ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

GRÜDTNER, Lukas Derner. **Segurança no contexto de IoT e Fog Computing**. Florianópolis. 2017. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~carlos.westphall/Lukas.pdf>>. Acesso em: 5 Ago. 2019.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review**. Technische Universitat Dortmund. working paper, 2015.

INDÚSTRIA 4.0. **Indústria 4.0**. Disponível em: <<http://www.industria40.gov.br/>>. Acesso em: ago. 2019.

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009.

KHAN, M. et al. **Big data challenges and opportunities in the hype of Industry 4.0**. 2017 Ieee International Conference on Communications (icc), [s.l.], p.325- 331, maio 2017.

LASI, Heiner et al. **Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering**, v. 6, n. 4, p. 239-242, 2014.

LEE, Jay; BAGHERI, Behrad; KAO, Hung-An. **A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems**. Manufacturing Letters, v. 3, p. 18-23, 2015.

LEITE, F. **Manutenção baseada em risco - Técnicas e aplicações.** Journal of Hazardous Materials, 142 (3), pp. 653-661, 2013

LOCUS et al. **Processo orientado para os negócios Concepção de sistemas de planejamento de recursos empresariais (ERP) Pequenas e médias empresas.** International Journal of Production Research, vol. 44, n. 18-19, pp. 3797-3811, 2015

LUCAS-ESTAN, M. C.; SEPULCRE, M.; GOZALVEZ, J. **Arquitectura de Red de Comunicaciones Inalámbricas para la Indústria4.0.** Libro de Actas del XXXIII Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio (URSI 2018), 5-7 September 2018, Granada, Spain, 2018.

LUGLI, A. B.; SANTOS, M. M. D. **Redes Industriais: Características, Padrões e Aplicações.** 1. Ed. São Paulo: Érica, 2014. 128p.

MANCINI, M. **Internet das coisas.** 2017. Disponível em: <<https://pmisp.org.br/documents/acervo-arquivos/241-internet-das-coisas-historia-conceitos-aplicacoes-e-desafios/file>>. Acesso em: 30 Set. 2019.

MAZZAFERRO, José Antônio Esmerio. **Indústria 4.0 e a Qualidade da Informação.Soldag.** insp., São Paulo, v. 23, n. 1, p. 1-2, Mar. 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-92242018000100001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 Set. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-9224/si2301.01>.

MIRSHAWKA, V. **Manutenção preditiva: caminho para zero defeitos.** São Paulo: Makron / McGraw-Hill, 2014.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N. L. **Manutenção – Combate aos Custos de Não Eficácia: A Vez do Brasil.** São Paulo: Makron Books do Brasil, 1993.

MORAES, C. C. de; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de Automação Industrial.** 2. ed. LTC, 2007.

MORIMOTO, C.E. **Redes, guia prático.** GDH Press e Sul Editores, 2008.

NISE, N. S. **Engenharia de sistemas de controle.** 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Pesquisa, Ensino e Práticas de Gestão de Operações: Consonâncias e Divergências entre Três Mundos.** Revista de Administração Contemporânea, v. 18, n. 5, p. 627-649, 2014.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio de A. Nascif. **Manutenção: função estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark: Abraman, 2002.

RÜBMANN, M. et al. **Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries.** Boston Consulting Group, v. 9, 2015.

SCHMIDT, R. et al. **Industry 4.0-potentials for creating smart products: empirical research results**. In: **International Conference on Business Information Systems**. Springer, Cham, p. 16-27. 2015.

SHROUF, F., ORDIERES, J., MIRAGLIOTTA, G. **Smart factories in industry 4.0: a review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of things paradigm**. Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2014 IEEE International Conference on(pp. 697-701). IEEE. 2014.

SILVEIRA, P. R.; SANTOS, W. E. **Automação e controle discreto**. 9. ed. São Paulo: Érica, 2007.

SLACK, N.; CHAMBER, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, W. **Não vá com o fluxo**: Web services Padrões de composição expostos. IEEE Intelligent Systems, 18 (1), 2015.

VIANA, H. R. G. **Planejamento e Controle da Manutenção**. Qualitymark. Rio de Janeiro, 2012.

WAN, J.; CAI, H.; ZHOU, K. **Industrie 4.0: Enabling technologies**. **Proceedings Of 2015 International Conference on Intelligent Computing And Internet of Things**, [s.l.], p.135-139, jan. 2015.

WOLLSCHLAEGER, Martin; SAUTER, Thilo; JASPERNEITE, Juergen. **The future of industrial communication: Automation networks in the era of the internet of things and industry 4.0**. IEEE Industrial Electronics Magazine, v. 11, n. 1, p. 17-27, 2017.

WP-CONTENT. Disponível em: <<https://xgb.com.br/wp-content/uploads/2017/05/xGB-Arte-Site-01-1024x885.png>>. Acesso em: 30 Set. 2019.