

**UNIVERSIDADE PAULISTA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**A TRANSIÇÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**  
**PARA O MODELO DO NOVO PARADIGMA**  
**DA INDÚSTRIA 4.0**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista - UNIP, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

**EDSON PEREIRA DA SILVA**

**SÃO PAULO**

**2018**

**UNIVERSIDADE PAULISTA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**A TRANSIÇÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL PARA O MODELO DO NOVO  
PARADIGMA DA INDÚSTRIA 4.0**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista - UNIP, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. José Benedito Sacomano

**EDSON PEREIRA DA SILVA**

**SÃO PAULO**

**2018**

Silva, Edson Pereira da.

A transição da manutenção industrial para o modelo do novo paradigma da indústria 4.0 / Edson Pereira da Silva. - 2018.

72 f. : il. color.

Dissertação de Mestrado Apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista, São Paulo, 2018.

Área de concentração: Gestão de Sistemas de Operação.  
Orientador: Prof. Dr. José Benedito Sacomano.

1. Indústria 4.0. 2. ERP. 3. Manutenção. 4. Mobile. I. Sacomano, José Benedito (orientador). II. Título.

**UNIVERSIDADE PAULISTA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**A TRANSIÇÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL PARA O MODELO DO NOVO  
PARADIGMA DA INDÚSTRIA 4.0**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista - UNIP, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

**EDSON PEREIRA DA SILVA**

Aprovado em:

Banca Examinadora:

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Benedito Sacomano  
Universidade Paulista – UNIP

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Rodrigo Franco Gonçalves  
Universidade Paulista – UNIP

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Carlos Jacintho  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP

## **DEDICATÓRIA**

Dedico à minha esposa Sônia, que acreditou e me incentivou a prosseguir na realização deste Mestrado.

Aos meus filhos Gabriel e Pedro, que são a razão de todo meu esforço e para eles é o meu legado.

Aos meus pais João e Luzia, e sobretudo a Deus, que é a fonte de toda sabedoria e ciência.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, a quem transfiro incondicional honra e reconhecimento por esta realização, tudo é por Ele, e sem Ele nada disso teria acontecido.

Ao Prof. Dr. José Benedito Sacomano, por sua orientação, que me honrou compartilhando generosamente seu vasto conhecimento. Sua visão além dos horizontes da indústria foi decisiva no caminho trilhado para realização desta pesquisa.

Ao colega de Pós-Graduação Ataíde Pereira Cardoso Junior, por seu apoio nos desafios desta empreitada.

À Marcia Nunes, Secretária do PPGE - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção Stricto Sensu (Mestrado e Doutorado), que sempre nos atendeu com muita solicitude e esmero profissional.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UNIP, estes que colaboraram proporcionando momentos agradáveis de muito aprendizado, minha visão de mundo se transformou.

À Universidade Paulista - UNIP, que nos ofereceu estrutura acadêmica necessária, possibilitando a realização desta pesquisa. Seu grande prestígio entre as empresas do mercado acadêmico agrega muito valor a este trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## RESUMO

A manutenção e a gestão de ativos industriais encontram-se diante de um novo paradigma, a Indústria 4.0. São inúmeras as possibilidades oriundas deste novo paradigma para o setor de manutenção no aumento da qualidade de todo o contexto de suas operações, desde a gestão em suas atividades burocráticas até as atividades técnicas e especialistas. É imprescindível às organizações que pretendem manter-se atuante no mercado, que se apresenta cada vez mais competitivo, entender os efeitos que este novo modelo propõe. Desta forma, este trabalho analisa como a manutenção industrial está reagindo diante das possibilidades da chamada Indústria 4.0 e quais são os elementos que estão norteando esta mudança na manutenção industrial. São dois artigos que compõem esta dissertação: adotou-se a pesquisa documental com investigação dedutiva e a análise qualitativa, esta, apoiada pelo Programa para Análise de Dados Qualitativos com Auxílio de Computador, utilizando o software Atlas.ti; e um estudo de caso em uma indústria farmacêutica sobre a implantação de dispositivos mobile ao software de gestão da manutenção, verificando sua potencial relação com o avanço da manutenção industrial para o modelo proposto do novo sistema. Cabem aos objetivos específicos deste trabalho a criação de uma fonte de estudo para pesquisas posteriores. As referências literárias utilizadas são renomadas na área, nas quais conceitos sobre manutenção e seu sistema de controle foram descritos de forma clara e concisa. Os resultados concluem que a aplicação de dispositivos móveis em extensão ao software de gestão e as aplicações de manutenção preditivas são um ponto de transição da atual geração da manutenção e da gestão de ativos para o modelo proposto na Indústria 4.0.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0. ERP. Manutenção. Mobile.

## **ABSTRACT**

The maintenance and management of industrial assets are facing a new paradigm, Industry 4.0, there are innumerable possibilities arising from this new paradigm for the maintenance sector in the quality increase of every context of its operations, from the management in its activities bureaucratic as in technical activities and specialists. It is imperative for organizations that want to remain active in the increasingly competitive marketplace to understand the effects that this new revolution called Industry 4.0 proposes. In this way, this paper analyzes how industrial maintenance is reacting to the possibilities of the so-called industry 4.0, which are the elements that are guiding this change in industrial maintenance. Two papers that compose this dissertation were adopted, documental research with deductive research and qualitative analysis was supported by a Program for the Analysis of Qualitative Data with Computer Aid using Atlas.ti software and a case study in a pharmaceutical industry on the deployment of mobile devices to maintenance management software, verifying their potential relationship with the advance of industrial maintenance to the model proposed in the so-called industry 4.0. The specific objectives of this work are to create a study source for further research. The literary references used are renowned in the area, in which concepts about maintenance and its control system have been described in a clear and concise manner. The results conclude that the application of mobile devices in extension to management software and in predictive maintenance applications are a transition point from the current generation of maintenance and asset management to the proposed model in industry 4.0.

**Keywords:** Industry 4.0. ERP. Maintenance. Mobile



## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Estrutura da dissertação .....	16
Figura 2 – Evolução da Indústria até a geração 4.0.....	18
Figura 3 – Ciclo de informações na manutenção.....	19
Figura 4 – Sistemas mobile, interação homem e máquina.....	24
Figura 5 – Sistema mobile no controle do processo.....	25
Figura 6 – Sensores inteligentes na estrutura de controle.....	30
Figura 7 – Sensores inteligentes IO-Link no monitoramento preditivo.....	31

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIMAC – Associação Brasileira da indústria de Máquinas e Equipamentos

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos

CAQDAS – *Computer Assisted Qualitative Data Analysis Software* - Dados Qualitativos Assistidos por Computador

ERP – *Enterprise resource planning* - Sistema integrado

ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção

FEIMEC – Feira Internacional de Máquinas e Equipamentos

KPI – *Key performance indicator* - Indicador de desempenho

IoT – *Internet of Things* – Internet das Coisas

MÊS – *Manufacturing Execution Systems* - Sistemas de Execução da Manufatura

MRP – *Material Requirements Planning* - Planejamento de necessidades de material

MRPII – *Manufacturing Resource Planning* - Planejamento de Recursos de Manufatura

NETLOG – Conferência Internacional em Redes de Empresas e Gestão Logística

OS – Ordem de Serviço

PCM – Planejamento e Controle da Manutenção

TPM – *Total productive maintenance* - Manutenção Produtiva Total

TMR – Tempo Médio de Reparo

UNIP – Universidade Paulista

## SUMÁRIO

<b>1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Introdução.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Objetivos.....</b>	<b>13</b>
1.2.1 Objetivo geral.....	13
1.2.2 Objetivo específico.....	13
<b>1.3 Justificativa.....</b>	<b>14</b>
<b>1.4 Procedimento metodológico.....</b>	<b>14</b>
<b>1.5 Estrutura do trabalho.....</b>	<b>15</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 A manutenção e gestão de ativos no contexto dos elementos estruturantes da indústria.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Sistemas mobile em manutenção preditiva no contexto da indústria 4.0 apoiados no uso de sensores inteligentes.....</b>	<b>23</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1 Análise de conteúdo. Artigo apresentado no NETLOG 2018: O planejamento e o controle da manutenção no contexto da indústria 4.0.....</b>	<b>31</b>
<b>3.2 Estudo de caso. Artigo apresentado no ENEGEP 2017: Gestão da manutenção industrial em transição para indústria 4.0: Controle mobile, considerações sobre esta nova tecnologia.....</b>	<b>32</b>
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>63</b>
<b>4.1 Conclusão geral.....</b>	<b>63</b>
<b>4.2 Recomendações para trabalhos futuros.....</b>	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>68</b>

## 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

### 1.1 Introdução

A indústria contemporânea busca crescentemente a melhoria em seus processos, visando aumentar a sua produtividade, que passa, necessariamente, pela manutenção de suas máquinas e equipamentos, razão pela qual o setor de manutenção precisa de um trabalho eficaz para garantir a confiabilidade e a disponibilidade dos ativos. Com isso, obtém-se uma melhor utilização da sua capacidade frente à demanda, isto é, a manutenção atua nas organizações para evitar as falhas e cuida de suas instalações físicas, o que permite a continuidade do processo e garante, também, precisão, segurança e economia (BLANCHARD, 2013).

O termo manutenção também engloba o conceito de prevenção e está relacionado aos termos ‘manter’, ‘correção’ e também ‘restabelecer’. Esses termos significam para a manutenção e gestão de ativos continuar em um estado existente, ou seja, a manutenção é o conjunto de técnicas de atuação para que os ativos físicos (equipamentos, sistemas e instalações) cumpram ou preservem sua função (SOUZA, 2009).

A chamada 4ª Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, caracteriza-se pela digitalização e pela integração de produtos e processos produtivos. Neste sentido, a cadeia de suprimentos é a completa transformação de toda a esfera de produção industrial através da fusão de tecnologias digitais apoiadas na Internet pela indústria convencional e alavancada por tecnologias, como Big Data/Analytics e Internet das Coisas (IoT), o que exige a convergência das tecnologias da informação e operacional, da robótica, da computação cognitiva e dos processos de fabricação (EUROPEAN PARLIAMENT, 2015).

Considerando esta profunda mudança que traz consigo uma proposta de grandes transformações na esfera industrial e, conseqüentemente, a função manutenção e gestão de ativos, foi abordado o tema sob o ponto de vista de como estas mudanças começam a ocorrer na indústria, ou seja, o que está acontecendo atualmente na manutenção e que pode ser considerado pontos de transição da atual geração para o modelo que se estabelece na Indústria 4.0.

O tema se justifica pela necessidade de entender como se posiciona uma função de grande impacto nos processos produtivos, que é a manutenção, e qual a sua parcela de contribuição para o avanço e para o crescimento da indústria em transformação.

Segundo Alves (1995), os cientistas chamam de pesquisa “testar as suas hipóteses”,

isto é, verificar, na prática, quais das suas construções mentais é a verdadeira. Sob esta visão, a hipótese que orienta o presente trabalho foi a seguinte: é possível entender que a utilização de sistemas mobile em extensão aos softwares de gestão é um ponto de transição nas ações da manutenção para o modelo proposto pela Indústria 4.0?

Diante disso, criou-se o objetivo de analisar se os softwares de gestão da manutenção (ERP) com extensão mobile são sistemas que se enquadram nos elementos estruturantes da Indústria 4.0.

Realizou-se uma pesquisa documental com investigação dedutiva e análise qualitativa, esta última apoiada por um programa para análise de dados qualitativos com auxílio de computador utilizando o software Atlas.ti.

Foi produzido um estudo de caso em uma empresa farmacêutica na cidade de Guarulhos (SP), acompanhando a implantação do sistema mobile, objeto da análise. Ao final, foram analisadas as vantagens de implantação deste sistema (YIN, 2015).

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo geral caracterizar os elementos de transição da atual geração da Função Manutenção para o modelo do novo paradigma da Indústria 4.0.

### **1.2.2 Objetivo específico**

Para alcançar os objetivos específicos propostos nesta dissertação, foram traçados os seguintes pontos:

- Realizar um levantamento bibliográfico e estudo documental relacionado ao tema do projeto, verificando os termos que representam pontos de transição da atual geração da manutenção para o modelo da Indústria 4.0, utilizando o software para análise de dados qualitativos, o Atlas.ti.
- Realizar um estudo de caso em uma indústria farmacêutica, verificando se a implantação de sistemas mobile em extensão do software ERP de gestão da manutenção se caracteriza como um estado intermediário entre a Indústria 3.0 e 4.0.

### **1.3 Justificativa**

Encontrar nas ações da manutenção industrial possibilidades de melhoria em suas operações, com base nos fundamentos da Indústria 4.0.

O presente trabalho de pesquisa propõe analisar o evento da utilização de sistemas mobile em extensão ao software de gestão da manutenção (ERP) como um dos elementos de transição da atual geração da indústria brasileira, especificamente a função manutenção e gestão de atividades industriais.

A relevância deste estudo para a indústria brasileira e para a comunidade científica se dá ao fato de que estamos no limiar deste novo paradigma da Indústria 4.0. Seus conceitos e fundamentos encontram-se no estado da arte e o nível de aprofundamento dos problemas foi conduzido pelo pesquisador de forma profissional e didática.

Além da contribuição científica, este estudo facilita que um executivo da área de manutenção amplie sua visão referente à importância deste momento de transição, não só no setor de manutenção na indústria brasileira, mas, também, num contexto mais amplo, no qual empresas, academias e governos se mobilizam em torno do tema da Indústria 4.0.

### **1.4 Procedimento metodológico**

Nesse trabalho, optou-se por um estudo de caso em caráter exploratório e descritivo. Comumente, esse tipo de pesquisa envolve: levantamento bibliográfico, estudo de caso, análise de exemplos que contribuem para contribuição e estímulo à compressão (GIL, 2008).

Verificou-se no estudo de caso a implantação do sistema mobile em extensão ao software de gestão da manutenção (ERP) em uma indústria farmacêutica na cidade de Guarulhos (SP). A implantação deste sistema ocorreu como projeto piloto, considerando a viabilidade de extensão de implantá-lo nas demais unidades fabris do grupo (YIN, 2015).

Foi realizada uma pesquisa documental com investigação dedutiva e análise qualitativa, esta última apoiou-se por um programa para análise de dados qualitativos com auxílio de computador, por meio do software Atlas.ti, um instrumento de análise qualitativa, oriunda de fontes textuais, gráficas e vídeos. Segundo Walter e Bach (2009), a primeira edição do software Atlas.ti foi lançada na Bélgica, em 1993, desde então, tem sido utilizado em diferentes áreas do conhecimento e recentemente foi utilizado por pesquisadores, que se valem da análise de conteúdo. É uma ferramenta que auxilia na organização, no gerenciamento e no agrupamento do material a ser analisado, de maneira sistemática e

também criativa (VOSGERAU, MEYER & CONTRERAS, 2016).

Todo o trabalho foi realizado com o auxílio do orientador desta dissertação, que foi fundamental, desde a concepção do projeto até a sua finalização.

### **1.5 Estrutura do trabalho**

Esta dissertação de Mestrado está estruturada em quatro capítulos. O primeiro contempla considerações iniciais, com introdução, objetivos gerais e específicos, justificativa, procedimento metodológico e estrutura da dissertação.

No segundo capítulo está a fundamentação teórica em dois tópicos: manutenção e gestão de ativos no contexto dos elementos estruturantes da Indústria 4.0 e sistemas mobile; e manutenção preditiva no contexto da Indústria 4.0, ambos apoiados no uso de sensores industriais inteligentes.

A partir do terceiro capítulo é estabelecida a metodologia utilizada na pesquisa, a análise de conteúdo e o estudo de caso. Por isso, esta dissertação foi elaborada em formato de artigos, e são eles os capítulos referentes aos resultados obtidos para atender os objetivos específicos propostos.

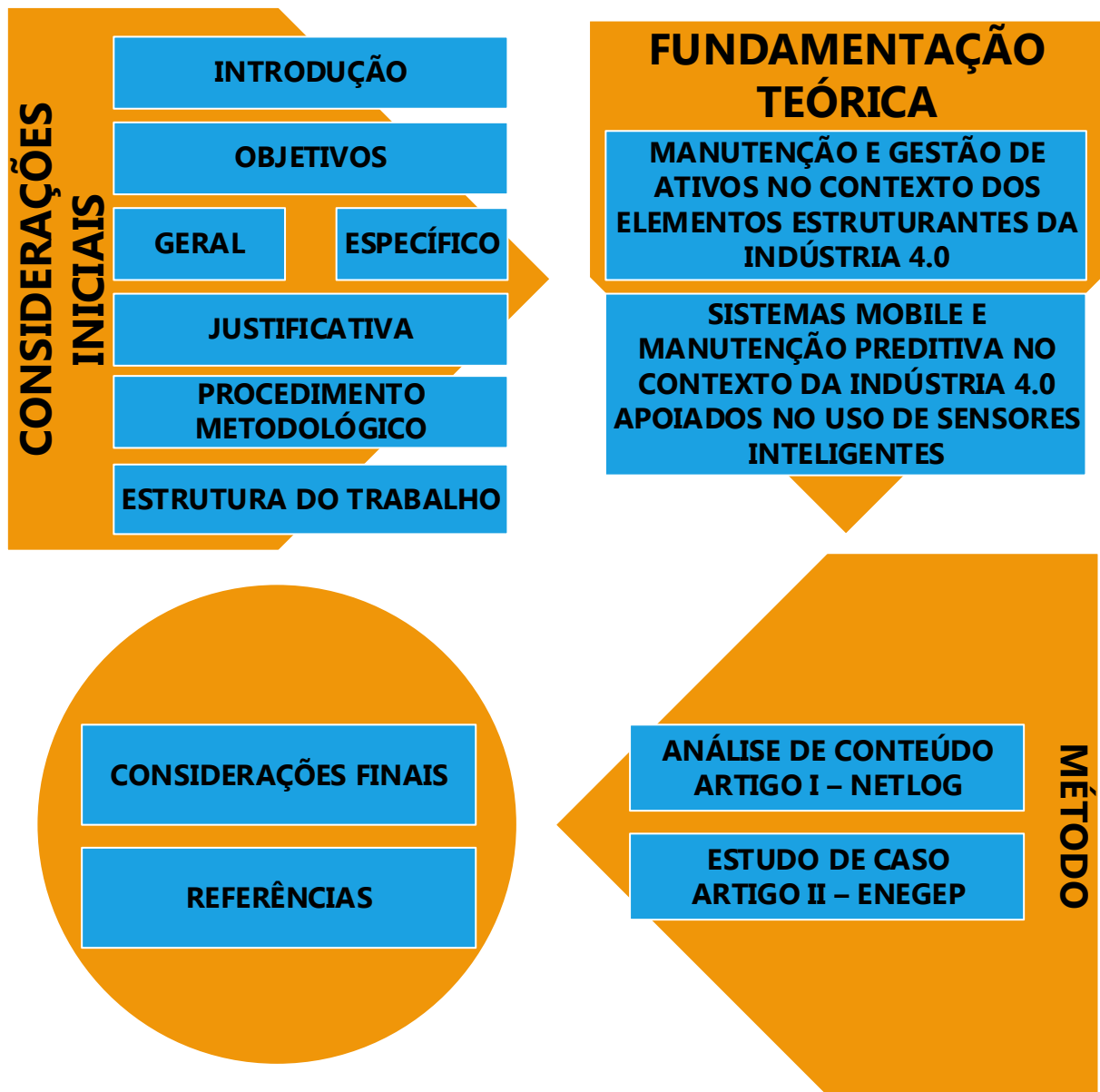
O primeiro artigo aprovado e apresentado, “O planejamento e o controle da manutenção no contexto da indústria 4.0”, foi no congresso internacional NETLOG 2018 (Conferência Internacional em Redes de Empresas e Gestão Logística), organizado pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista, em junho de 2018, na cidade de São Paulo.

O segundo artigo aprovado e apresentado no congresso XXXVII ENEGEP 2017 (Encontro Nacional de Engenharia de Produção), “A Engenharia de Produção e as novas tecnologias produtivas: Indústria 4.0, manufatura aditiva e outras abordagens avançadas de produção”, em outubro de 2017, na cidade de Joinville, Santa Catarina, com o título, “Gestão da manutenção industrial em transição para indústria 4.0: Controle mobile, considerações sobre esta nova tecnologia”.

O quarto capítulo do trabalho foi reservado para apresentar as considerações finais com a conclusão, resultados do trabalho e as recomendações para trabalhos futuros.

E, finalmente, foram apresentadas as referências. A Figura 1 ilustra a estrutura proposta desta pesquisa.

Figura 1 – Estrutura da dissertação



Fonte: Autor, 2018.



## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

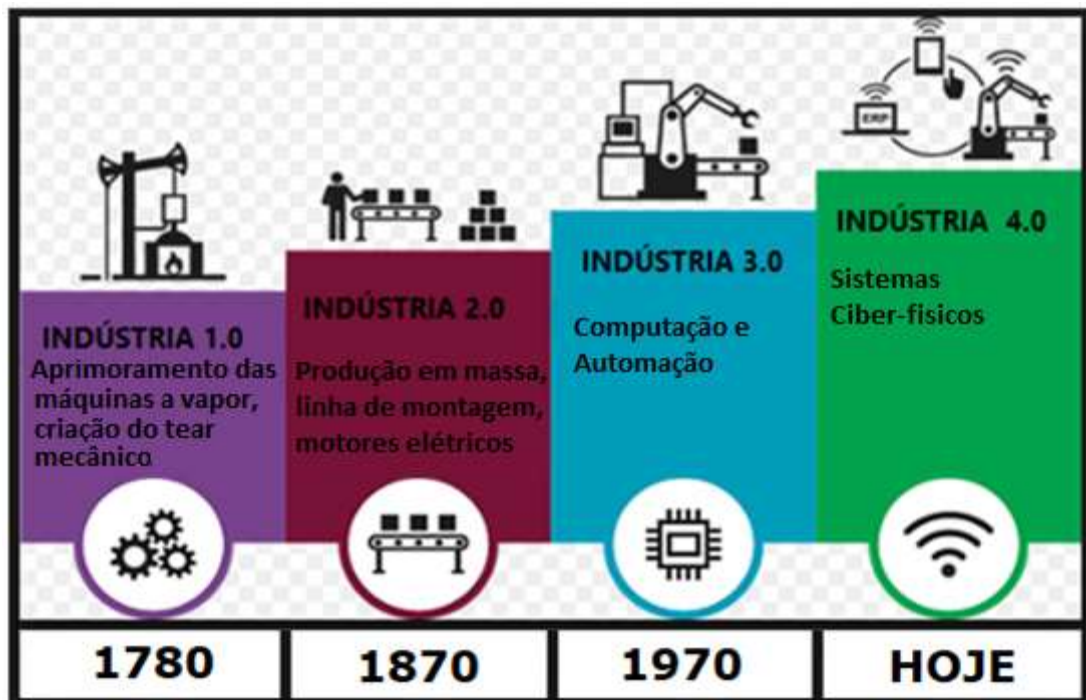
### 2.1 A manutenção e a gestão de ativos no contexto dos elementos estruturantes da Indústria 4.0

A Indústria 4.0 é a quarta geração da era industrial, caracterizada pela utilização de sistemas inteligentes e pela capacidade de tomar decisões autônomas, com elevado grau de automação. A Indústria 4.0 surge com a crescente da automação dos processos produtivos, juntamente com o avanço da tecnologia da Internet e a tecnologia desenvolvida no campo dos objetos inteligentes (produtos e máquinas) (CHOI et al., 2016; CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI, 2016; DE MORAIS; MONTEIRO, 2016).

Este conceito de Indústria 4.0 começou a tomar forma em 2011, quando foi anunciado pelo governo federal da Alemanha que o desenvolvimento dos princípios de tal sistema tornaria parte da sua iniciativa de desenvolvimento de alta tecnologia para 2020, no projeto “High-Tech Strategy by 2020 for Germany”, visando alcançar a liderança na área de inovação tecnológica nesse período (KAGERMANN et al., 2013). Foi, então, formado um grupo por representantes dos setores produtivos, político e acadêmico, que estabeleceram princípios para o fortalecimento da competitividade da indústria de manufatura. Assim, como ação subsequente, é formado na Alemanha um grupo de trabalho Indústria 4.0, o *Industrie 4.0 Working Group*, para o desenvolvimento de visões e recomendações para a implementação do referido conceito (KAGERMANN; LUKAS E WAHLSTER, 2011).

A primeira revolução ou geração industrial começou com a descoberta da máquina a vapor, no final do séc. XVIII, através da conversão da produção manual em produção mecânica. Posteriormente, a segunda geração da indústria ocorreu aproximadamente 100 anos mais tarde, com a linha de produção de acionamento elétrico. Desde a década de 40 do século XX, ela possibilitou a produção em série a custos mais eficientes. A Terceira Revolução Industrial começou em meados do século XX, momento em que a eletrônica aparece como verdadeira modernização da indústria após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945). O evento abrange o período que vai de 1950 e até o advento da chamada Indústria 4.0, ou a quarta geração, na atualidade. A Figura 2 demonstra o avanço da indústria até a quarta geração.

Figura 2 – Evolução da Indústria até a quarta geração



Fonte: Adaptado de Kagermann, 2013.

Diante desta nova Revolução Industrial, Indústria 4.0 e sistemas integrados, como MES (Manufacturing Execution Systems) e ERP (Enterprise Resource Planning), atuam em alto nível de automação na fábrica, participando de fluxo de informações que buscam apresentar informações em tempo real. No conceito de fábrica inteligente, a integração de todas as camadas dos processos industriais eleva as possibilidades na tomada de decisão. Este cenário propicia ao setor de manutenção e gestão de ativos integrar suas operações a um modelo de dados uniforme, o qual os requisitos resultantes de ciclos produtivos, cada vez menores, podem ser gerenciados técnica e economicamente (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2014; LASI et al., 2014; RUSSWURM, 2014; SCHRÖDER et al., 2015; SUGAYAMA; NEGRELLI, 2015).

Segundo Dorigo e Nascif (2013), a manutenção industrial tem avançado na aplicação de ferramentas de gestão de suas operações. Na indústria brasileira, este departamento tem se empenhado com o objetivo e a missão de alcançar confiabilidade e disponibilidade dos ativos industriais, de modo a atender a um processo de produção ou prestação de serviços com segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados.

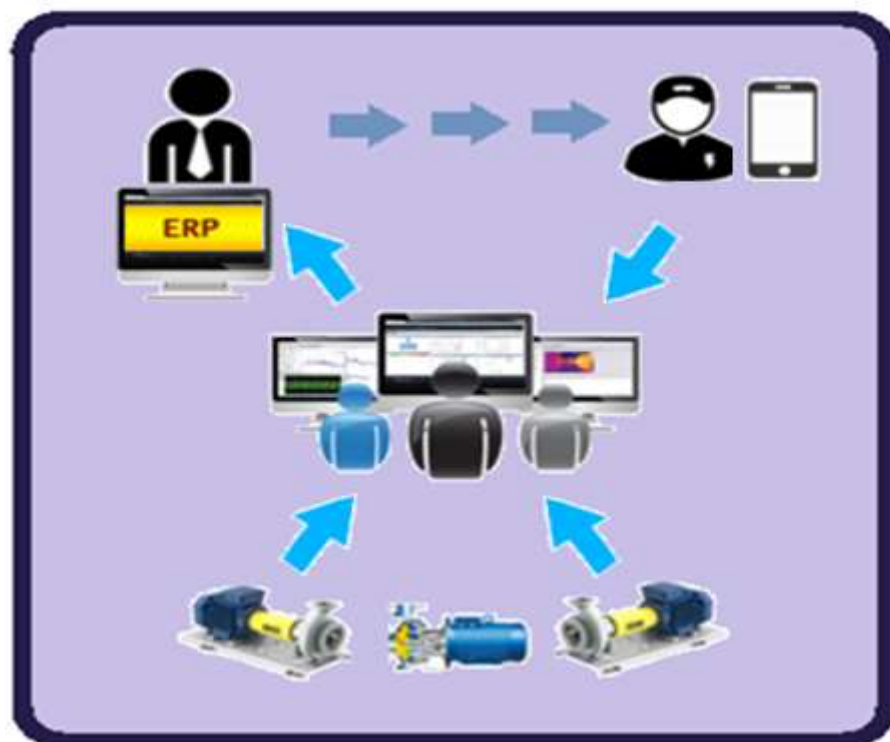
Para Kardec e Nascif (2013), confiabilidade é a probabilidade que um item pode desempenhar sua função requerida por um intervalo de tempo estabelecido, sob condições definidas de uso. Por ser uma probabilidade, a confiabilidade é uma medida numérica que

varia entre 0 e 100%, e a disponibilidade é o tempo em que o equipamento e o sistema de instalações estão disponíveis para operar (ou ser utilizado) em condições de produzir ou de permitir a prestação de serviço.

Considerando essa missão de garantia de confiabilidade e disponibilidade, a manutenção tem buscado as melhores práticas em suas ações, pois dependem de um fluxo assertivo de informações oriundas tanto de análises gerenciais, pelo nível gestor, por meio de coordenares e gerentes, como por vindas via relatórios realizados pelos técnicos de manutenção, que podem ser via preenchimento manuscrito ou por inserção direto no software de gestão.

O fluxo de informação que direciona toda rotina da manutenção, tanto de planejamento como de execução, é fruto do resultado de um ciclo que equivale ao levantamento do estado do ativo relativo à sua vida útil. Tal estado pode indicar a frequência e a quantidade das intervenções necessárias para o ativo desempenhar sua função requerida (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2010). A Figura 3 ilustra o caminho das informações da manutenção, a sua origem e os caminhos pelos quais são tratadas dentro do departamento.

Figura 3 – Ciclo de informações na manutenção



Fonte: Autor, 2018.

O monitoramento de um ativo buscando seu melhor estado de disponibilidade e confiabilidade é relativo a um tipo de manutenção, a manutenção preditiva, que acontece com ações de monitoramento de condição do equipamento em tempo real, ou seja, em pleno funcionamento. É também caracterizada pela interação de tecnologias da informação com aplicações de softwares nas operações de gestão, controle e execução de todas as atividades de manutenção (KARDEC; NASCIF, 2013).

Hoje, a chamada Indústria 4.0 propõe alguns elementos em sua estrutura, que projeta a manutenção preditiva como elemento de fundamental importância nesta mudança de paradigma.

A comunicação máquina a máquina ou, em inglês, *machine to machine* (M2M) é definida como a comunicação entre máquinas e/ ou equipamentos que as permite trocar informações e dados entre si de forma autônoma, ou seja, sem interferência humana. (SOMMER, 2015). Sensores inteligentes de monitoramento preditivo e em tempo real podem identificar a falha ou um desgaste prematuro de algum elemento de uma máquina automática e imediatamente acionar a manutenção, além de avisar sobre planejamento da manutenção e produção do ocorrido e apresentar possibilidades para minimizar o tempo que será gasto para manutenção.

Dessa forma, o trabalho do planejamento e do controle da manutenção (PCM) é reduzido, podendo resolver outras questões. Este conceito da comunicação máquina a máquina pode ter sistemas de detecção de falhas, de forma a procurar prever lacunas ou quebras e, de forma autônoma, chamar a manutenção quando necessário. Ademais, está isso está implícito no conceito moderno de manutenção preditiva, amplamente aplicável no contexto da Indústria 4.0 (HWANG, 2016).

Na chamada Indústria 4.0, o processo produtivo como um todo passa a ser amplamente monitorado com sensores identificadores, como códigos de barra ou etiquetas de RFID, que, após passarem por scanners, enviam as informações relevantes para os equipamentos de produção, de forma que a interrupção de uma sequência de operações necessárias ao funcionamento de uma determinada máquina ou equipamento propicie o imediato acionamento da equipe de manutenção, que, por sua vez, pode estar equipada com dispositivos móveis, e, desta forma, receber direto da máquina um chamado para uma intervenção de manutenção (SOMMER, 2015).

Quando é dada importância à manutenção preditiva na contextualização da manutenção nos moldes da Indústria 4.0, é porque o monitoramento não está somente restrito à meditada possibilidade de acionar um técnico para uma correção em tempo real de parada

de máquina por meio de um sinal enviado por ela diretamente ao técnico por um dispositivo mobile, mas da possibilidade de esses dados que são compilados no monitoramento serem imediatamente enviados para análise. A essa massa de dados é dado o nome de Big Data, assim como em inglês. Big Data pode ser definido como ativos de informação gerados em alto volume, velocidade e variedade, que demandam formas inovadoras de processamento de informação economicamente viáveis, para maior compreensão e tomada de decisão (GARTNER, 2016).

Como o exponencial aumento do volume de análise de dados é cada vez maior, usa-se o termo Big Data *analytics* para caracterizar a análise desta grande quantidade de dados. No contexto da Indústria 4.0, essa possibilidade de análise de dados é um grande ganho, pois possibilita analisar dados do histórico de manutenção corretiva, permitindo ações proativas antes que uma nova falha ocorra. Também é possível analisar dados obtidos em monitoramento preditivo, como temperatura, espectros de sons e vibrações mecânicas, além de imagens de peças, que permitem identificar e antecipar uma possível quebra ou falha do equipamento.

Essa interação e capacidade de intercomunicação entre os vários equipamentos, promovendo a transferência de dados e informações, a M2M, por meio de sistemas e redes de internet e/ ou intranet, é também um conceito que se apoia em um outro elemento da estrutura da Indústria 4.0, a internet das coisas, do inglês *Internet of Things* (IoT). Este conceito engloba situações nas quais os objetos estejam conectados pela rede uns aos outros, como, por exemplo, máquinas, veículos e aparelhos eletrodomésticos, de forma que podem ser acessados remotamente por dispositivos móveis, como celulares, *notebooks*, *tablets* ou fixos, como *desktops* ou outros que tenham conexão com a Internet (McKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2015).

A adoção de soluções de Internet das Coisas (IoT) aumenta a produtividade e dá maior eficiência à manutenção, conforme o seguinte exemplo: uma estrutura com arquitetura IoT e dotada de sensores inteligentes IO-LINK mede vibrações e temperatura instalados em máquinas rotativas, cujos dados enviados a um servidor em nuvem são analisados por um algoritmo baseado em um outro elemento da estrutura da Indústria 4.0. Isso faz com que a Inteligência Artificial gere uma previsão da quantidade de dias para ocorrência da falha em cada máquina (SALESFORCE, 2016).

A Inteligência Artificial estuda a criação de máquinas inteligentes por meio da Ciência da Computação, na qual as máquinas agem e reagem de forma muito parecida a de seres humanos, já que são projetadas para incluir algumas atividades, como reconhecimento de voz,

aprendizagem, planejamento e resolução de problemas (SALESFORCE, 2016).

A análise em tempo real dos padrões de falha são identificados e o status de cada ativo é avaliado, sendo possível gerar um cronograma de manutenção a tempo de evitar falhas, pois, com apoio da Inteligência Artificial são utilizados algoritmos aplicados à manutenção preditiva, determinando a confiabilidade de todos os ativos, de modo que as manutenções sejam realizadas nos melhores momentos e, eliminando a necessidade de parar uma linha de produção para realizar uma manutenção programada, que pode não ser realmente necessária, os custos com manutenção são reduzidos.

Outro elemento estruturante da Indústria 4.0 que permite ampliar das possibilidades para a manutenção é a Computação em Nuvem, conceito que vem do inglês, *cloud computing*. Neles os dados que estão sendo processados ou armazenados podem vir de servidores tanto no Brasil como de outros países, ou até mesmo nos dois lugares ao mesmo tempo, de forma que um seja uma cópia de segurança do outro (SALESFORCE, 2017).

Em um evento de parada de máquina para que uma atividade de manutenção seja realizada e que seja necessária a expertise de um técnico especialista que não está no local, pode ser um fator limitante e de muita perda para o processo produtivo de uma indústria. A Computação em Nuvem permite que este técnico tenha acesso aos dados usando qualquer dispositivo (celular, tablet, computador ou outro) e que esteja conectado à Internet (CENTRALSERVER, 2017), podendo, assim, auxiliar na tomada de decisão para a resolução de uma atividade complexa de manutenção.

Realidade aumentada é outro elemento da Indústria 4.0 que pode ser muito explorado nas atividades da manutenção. Esta tecnologia parte de um conjunto de tecnologias que fazem a visualização de dados digitais sobre as quais o mundo real, através da superposição de imagens e dados sobre objetos reais, coloque a informação relacionada diretamente com o contexto em que é aplicado.

Em manutenção, é possível se valer desta tecnologia e utilizá-la como instrução de trabalho em situações complexas com a ajuda de especialistas remotos, evitando erros e desmontagens desnecessárias de partes de máquinas e equipamentos, ademais de contribuir com aumento de eficiência e redução dos custos de manutenção.

É possível também utilizar a Realidade Aumentada no treinamento de técnicos de manutenção, já que antes o limite era de catálogos e desenhos técnicos em vista explodida. A Realidade Aumentada aumenta a percepção do técnico em relação à máquina, permitindo conhecer o equipamento virtualmente em maiores detalhes antes mesmo de uma primeira desmontagem para manutenção. Esta tecnologia contribui para o desenvolvimento e para a

motivação do time de manutenção.

Os sistemas ‘cyber-físicos’ são a integração entre os mundos virtual e físico. Com a ajuda de sensores e atuadores, os softwares são integrados a todas as partes do processo, e isso permite rápida troca de informações, alta flexibilidade de processos e controle preciso do processo produtivo, além de aumentar a funcionalidade dos processos da fábrica e permitir operações muito mais seguras e eficientes. Se usados corretamente, esses sistemas cyber-físicos e esta dinâmica de conexão entre o mundo virtual e o físico podem ser a chave para resolver problemas de ordem global, como interpretação de mudanças climáticas, problemas relativos às áreas de segurança, saúde, gestão de megacidades, entre outros. Tal desenvolvimento é reforçado pelo rápido avanço da tecnologia de redes globais, como a internet, e o fácil acesso a informações via nuvem de dados (HELLINGER; SEEGER, 2011; VDE-DKE, 2014).

A manufatura aditiva, ou o processo de fabricação por impressão 3D, é um dos elementos da Indústria 4.0 que consistem na fabricação de um produto a partir de um desenho digital; a máquina de fabricação, ou impressora 3D, constrói a peça sobrepondo finas camadas de material. Este processo gera pouco ou quase nada de desperdício de material e o resultado são peças mais leves e duráveis do que as fabricadas pelos métodos tradicionais, dado que acontecem menos soldas e usinagem no processo de fabricação (A VOZ DA INDÚSTRIA, 2017). A inteligência mencionada alavanca o setor de manutenção, pois a necessidade de peças não seriadas para suprir necessidade de manutenção é uma constante e, quando em situações de emergência, pode ser estratégica para que o departamento de manutenção não perca tempo e custos adicionais com estoques de peças sobressalentes.

## **2.2 Sistema mobile e manutenção preditiva no contexto da Indústria 4.0 apoiados no uso de sensores industriais inteligentes**

Segundo Research (2013), até 2020 serão mais de 5 bilhões de usuários de mobilidade no mundo, 80 milhões são estimados só aqui no Brasil. As vantagens dessa esfera de transformação e a acessibilidade tecnológica também podem, e devem ser sentidas na área de manutenção de ativos das empresas. A Figura 4 demonstra a interação do homem com a máquina por meio de um sistema de controle mobile, uma imagem cada vez mais comum em meio aos diversos processos produtivos na indústria contemporânea.

Figura 4 – Sistema mobile; interação homem e máquina



Fonte: Adaptado de Sick, 2018.

A utilização crescente de *smartphones* e tablets, associada à mudança de comportamento dos usuários desta tecnologia numa era caracterizada pela computação móvel, tem contribuído igualmente para a mudança de paradigma em termos da procura deste tipo de soluções por parte do setor industrial. Neste sentido, a tecnologia mobile avança marcando mudanças importantes na utilização dos sistemas ERP na gestão industrial.

ERP pode ser entendido como um termo genérico para designar o conjunto de atividades executadas por um software multi-modular, que integra as operações da empresa, incluindo desenvolvimento de produto, compra de itens, manutenção, manufatura, logística, finanças e recursos humanos, através da integração de todas as informações em um único banco de dados, compartilhado por todos os usuários (COLÂNGELO FILHO, 2001).

O sistema ERP também pode ser entendido como uma evolução dos sistemas de planeamento de recursos de manufatura (*Manufacturing Resource Planning* - MRPII), que, por sua vez, já era uma evolução dos sistemas de planeamento de requisições de materiais (*Material Requirements Planning* - MRP), sendo que o ERP passou a atender, além dos processos produtivos, manutenção, processos administrativos e financeiros da organização (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2007).

Hoje, dentro da proposta observada na estrutura formadora da Indústria 4.0, é natural verificar que a evolução dos sistemas ERP para situações com extensão por meio controle mobile através de *smartphones* e tablets, o fato do amplo acesso destes dispositivos móveis na população faz ser um fator de extrema vantagem em sua aplicação.

Este avanço na Tecnologia da Informação fornece vantagens para área de manutenção



e gestão de ativos de tal forma que tarefas, como abrir, consultar e atualizar ordens de serviço, que demandam grande tempo dos técnicos e engenheiros, agora são completamente revolucionadas pela mobilidade (CORREIA; RIBEIRO; CIUCCIO, 2015). A Figura 5 ilustra um *smartphone* com sistema ERP mobile no controle de vários processos.

Figura 5 – Sistema mobile no controle do processo



Fonte: Adaptado de Leão, 2018.

Um software de gerenciamento e controle para o setor de manutenção de ativos possibilita aos gestores e técnicos imediato acesso ao fluxo de informações inerentes ao processo e, conseqüentemente, mais qualidade no direcionamento das ordens de serviço (OS), que estão no plano diário de atividade na seção de manutenção. Este *software* ERP com módulo de extensão mobile permite que o profissional do setor da manutenção tenha acesso para verificar e inserir dados no sistema em qualquer local em uma unidade industrial e isso só é possível por meio de um aplicativo instalado em um *smartphone* ou tablet, o que garante mais agilidade e, por conseguinte, muito mais produtividade em todo o ciclo de ações, tanto de gestão como execução da manutenção.

A utilização dos sistemas mobile na manutenção acontece pela integração do processo físico aos sistemas digitais. O controle feito utilizando o ERP via mobile e as informações que vêm da máquina para o ERP oriundas da camada inferior de uma rede onde estão os sensores estão evoluindo para versões mais inteligentes e são chamados de sensores IO-Link.

O sensor é um dispositivo capaz de monitorar a variação de uma grandeza física e transmitir esta informação a um sistema de indicação que seja inteligível para o elemento de

controle do sistema. Todos os elementos sensores são denominados transdutores. A maior parte dos sensores são transdutores elétricos, pois convertem a grandeza de entrada para uma grandeza elétrica, que pode ser medida e indicada por um circuito eletroeletrônico denominado Controlador Lógico Programável, o CLP (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

Segundo Franchi (2009), o CLP é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais que utilizam uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos. Pode-se dizer que o CLP é um “microcomputador” aplicado ao controle de um sistema ou de um processo.

Os sensores inteligentes IO-Link são uma porta de entrada para a Indústria 4.0. Com a digitalização e a interconexão de máquinas, estes sensores são o elo que unem o mundo físico e o mundo virtual da produção, transformando-os em sistemas ciberfísicos, com máquinas que podem comunicar entre si de modo autárquico, otimizando, assim, os procedimentos do processo. A Indústria 4.0 se refere claramente à interconexão na área industrial (SICK, 2018).

Ao contrário de sensores clássicos não interconectados, os sensores inteligentes IO-Link aplicados na Indústria 4.0 fornecem mais do que apenas dados medidos; a capacidade integrada e descentralizada de computadores e as possibilidades de programação flexível são propriedades importantes que tornam a produção mais flexível, mais dinâmica e mais eficiente. (IFM, 2018).

Estes sensores inteligentes estão no contexto dos elementos estruturantes da Indústria 4.0, é uma situação está aplicada à Internet das Coisas (IoT). Um exemplo: em um transportador industrial localizado em uma área de pouco trânsito de pessoas, dotado de uma correia transportadora, que, quando por uma falha imprevista acontecer o desalinhamento desta correia, consequentemente provoca a parada do equipamento. Isso gera um gargalo no processo, e é possível, neste caso, substituir o sensor indutivo de leitura de posicionamento da correia por um sensor indutivo com interface e módulo IO-Link. Nesta situação, além de parar instantaneamente o equipamento, envia um sinal ao ERP e que imediatamente aciona o técnico de manutenção portador de um dispositivo móvel.

O sistema Mobile que tratamos nesta pesquisa nada mais é que uma extensão do ERP e suas funcionalidades em um dispositivo móvel, *smartphone* ou tablet. No entanto, as possibilidades apontadas em sua estrutura na Indústria 4.0 mudam o contexto de utilização do ERP, dado que a adoção de sensores inteligentes amplia a comunicação e o fluxo de

informações permite ao departamento de manutenção a tanto inserir como a acessar imediatamente o ERP. Tal atitude amplia a possibilidade de atendimento imediato em situações emergenciais de manutenção como a condição de monitoramento do equipamento em seu funcionamento, o que eleva a prática da modalidade de manutenção preditiva na indústria.

De acordo com Souza (2011), a manutenção preditiva é aquela que indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam seu estado quanto aos itens de desgaste e a verificação de interferências, como vibrações e temperaturas indesejáveis ao processo. Para Viana (2002), a manutenção preditiva é a manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir a um mínimo a manutenção preventiva, que é baseada em manutenção programada em períodos de tempos determinados pelo histórico de falhas, além de diminuir a manutenção corretiva, que atua emergencialmente quando uma falha acontece.

Para Kardec & Nascif (2009), a manutenção preditiva são as ações realizadas com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática de monitoramento da condição do equipamento enquanto está em efetivo funcionamento, portanto, através de técnicas preditivas, é feito o monitoramento da condição, e a ação, quando necessária, é realizada através de manutenção preventiva planejada.

Segundo Souza (2011), a manutenção preventiva se trata da manutenção que prognostica o tempo de vida útil das máquinas e dos equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado.

São objetivos da manutenção preditiva:

1. Predizer a ocorrência de uma falha ou degeneração;
2. Determinar, antecipadamente, a necessidade de correção em um elemento específico da máquina;
3. Eliminar as desmontagens desnecessárias para inspeção;
4. Aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos para operação;
5. Reduzir o trabalho de emergência e urgência não planejadas;
6. Impedir a ocorrência de falhas e o aumento dos danos;
7. Aproveitar o grau de confiança no desempenho de um equipamento no processo;

8. Determinar previamente as interrupções de fabricação para cuidar dos equipamentos;
9. Redução de custos de manutenção;
10. Aumento da produtividade e consequentemente da competitividade.

O monitoramento em função do estado permite uma detecção antecipada de danos emergentes em máquinas, assim, é possível planejar medidas de manutenção e aproveitar, da melhor forma, a vida útil restante de componentes importantes. A importância de ações de monitoramento preditivo permite uma detecção antecipada de danos emergentes em máquinas.

A manutenção preditiva no contexto da Indústria 4.0 apropria-se de elementos da Internet das Coisas (IoT), como a utilização de tecnologias, por exemplo, os sensores inteligentes com protocolo IO-Link, isto é, sistemas com sensores com protocolo de comunicação que permitem comunicações simples e escaláveis (PARKER BRAZIL TEAM, 2018).

O IO-Link é um protocolo aberto de comunicação que opera com uma padronização consensual do mercado para utilização de sensores inteligentes, com a finalidade de que sejam adaptados em diferentes redes de indústrias com componentes de diversos fabricantes. O termo vem de *input/output*, ou entrada/saída, referência à forma como o protocolo permite enviar e receber informações de forma independente. (LEUZE ELETRONIC, 2018).

Com o aumento da demanda de informações, é fundamental a interação entre todos os níveis através do uso de componentes inteligentes. Neste caso, é de fundamental importância o papel dos sensores inteligentes com protocolo IO-Link, pois permitem a transmissão de informações que vão muito além do binário “sim ou não”; podem ser coletadas e processadas pelo CLP para a elaboração de relatórios ou disparar um sinal quando algo estiver fora dos padrões. (LEUZE ELETRONIC, 2018).

Segundo Parker Brazil Team (2018), nas fábricas inteligentes, uma abordagem de manutenção preditiva somente pode ser implementada com sucesso se houver a coleta consistente de dados, em tempo real, e neste cenário entra em ação os sensores IO-Link, atuando na conexão do sistema ao controlador do processo. As redes nesta configuração são eficazes, versáteis e escaláveis. Isso projeta o setor de manutenção na era da Indústria 4.0, pois permite ampliar ações de manutenção preditiva, que antes eram limitadas a ações pontuais e manuais, como ações de monitoramento preditivo constante e automático.

Os sensores inteligentes com protocolo IO-Link apresentam a vantagem de serem

baseados em sensores convencionais, ou melhor, são de instalação compatível, utilizam o mesmo cabeamento para comunicação de dados de sinal e dados de serviço (IFM, 2018).

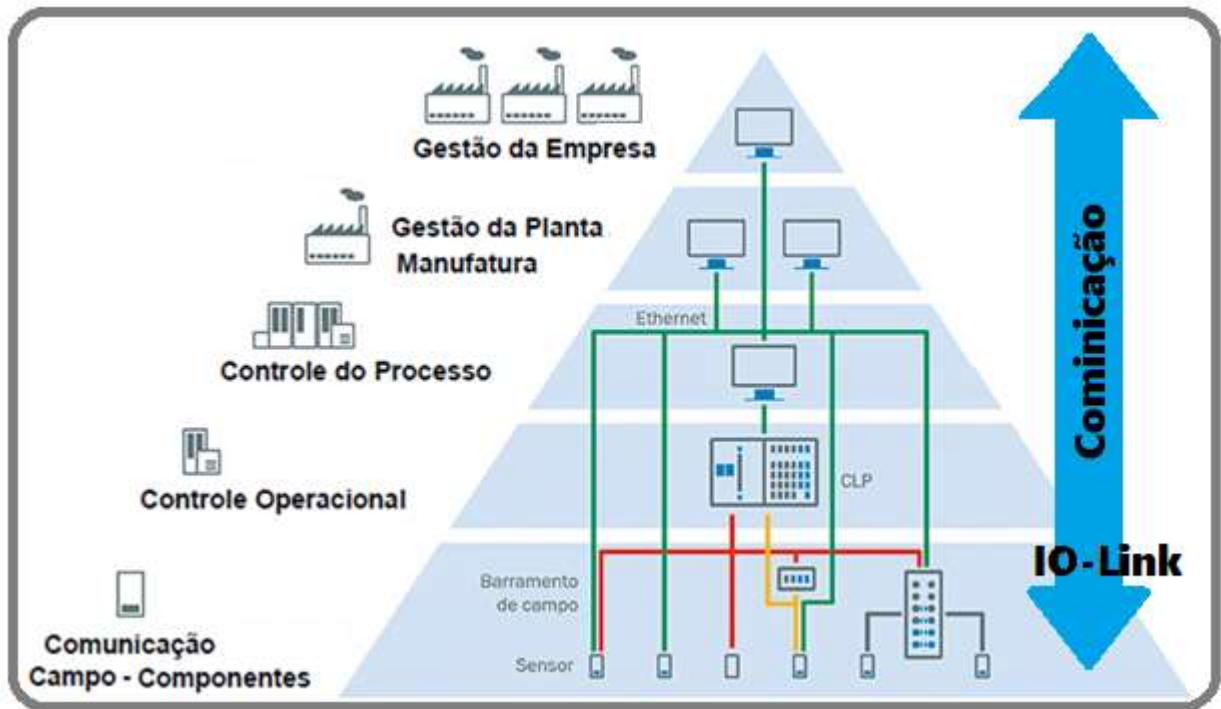
Devido à sua simplificada topologia ‘ponto a ponto’, este protocolo IO-Link pode ser instalado facilmente e até mais rápido do que as demais soluções de monitoramento e controle. Com múltiplos pontos de detecção, o IO-Link permite gerar e coletar dados precisos sobre a máquina, transmitindo-os em tempo real, para que os processos sejam monitorados intensivamente (PARKER BRAZIL TEAM, 2018). Outra vantagem é a pronta solução de problemas na fase de comissionamento, que pode ser realizada inclusive remotamente; eventuais configurações incorretas são fáceis de detectar, isolar e resolver com a tecnologia IO-Link.

Segundo IFM (2018), os sensores conectados em rede são parametrizados para disparar alarmes e evidenciar falhas a tempo de evitar que interrupções não planejadas ou o comprometimento da qualidade dos produtos ocorram na produção. Essa é uma ação proativa na manutenção: monitorar, diagnosticar e intervir na máquina antes que a falha aconteça, visto que a notificação antecipada de problemas pelo sensor garante aos operadores de manutenção planejar e agendar o ajuste corretivo para um momento mais favorável. Desta forma, consegue-se reduzir os custos e o impacto da parada enquanto os reparos são realizados com maior eficiência e controle (JUNIOR, 2018).

Hoje, o contexto da manutenção diante destas tecnologias apoiadas nas estruturas da Indústria 4.0 mudaram para um patamar no qual as ações propriamente ditas de manutenção envolvem tanto máquinas e equipamentos como também a manutenção de softwares, o entrelaçamento das funções e a fusão das competências acontecem de maneira que o profissional de manutenção se encontre diante de um cenário totalmente novo e que se expande cada vez mais rápido.

Segundo Leuze Electronic (2018), o próprio fato da utilização de sensores industriais com protocolo IO-Link já se avança para este tipo de manutenção. Uma vez que se agrega nas atividades de manutenção com interface nos diversos softwares da rede, o sistema não é só físico, são ciberfísicos, os próprios sensores inteligentes enviam informações sobre seu estado, apontando para a necessidade de limpezas, trocas de módulos ou até a substituição do dispositivo e, em caso de mau funcionamento, eles podem mascarar problemas sérios, acontecendo com outros equipamentos que ele deveria monitorar. A Figura 6 relata este sistema de sensores inteligentes com protocolo IO-Link.

Figura 6 – Sensores Inteligentes na estrutura de controle



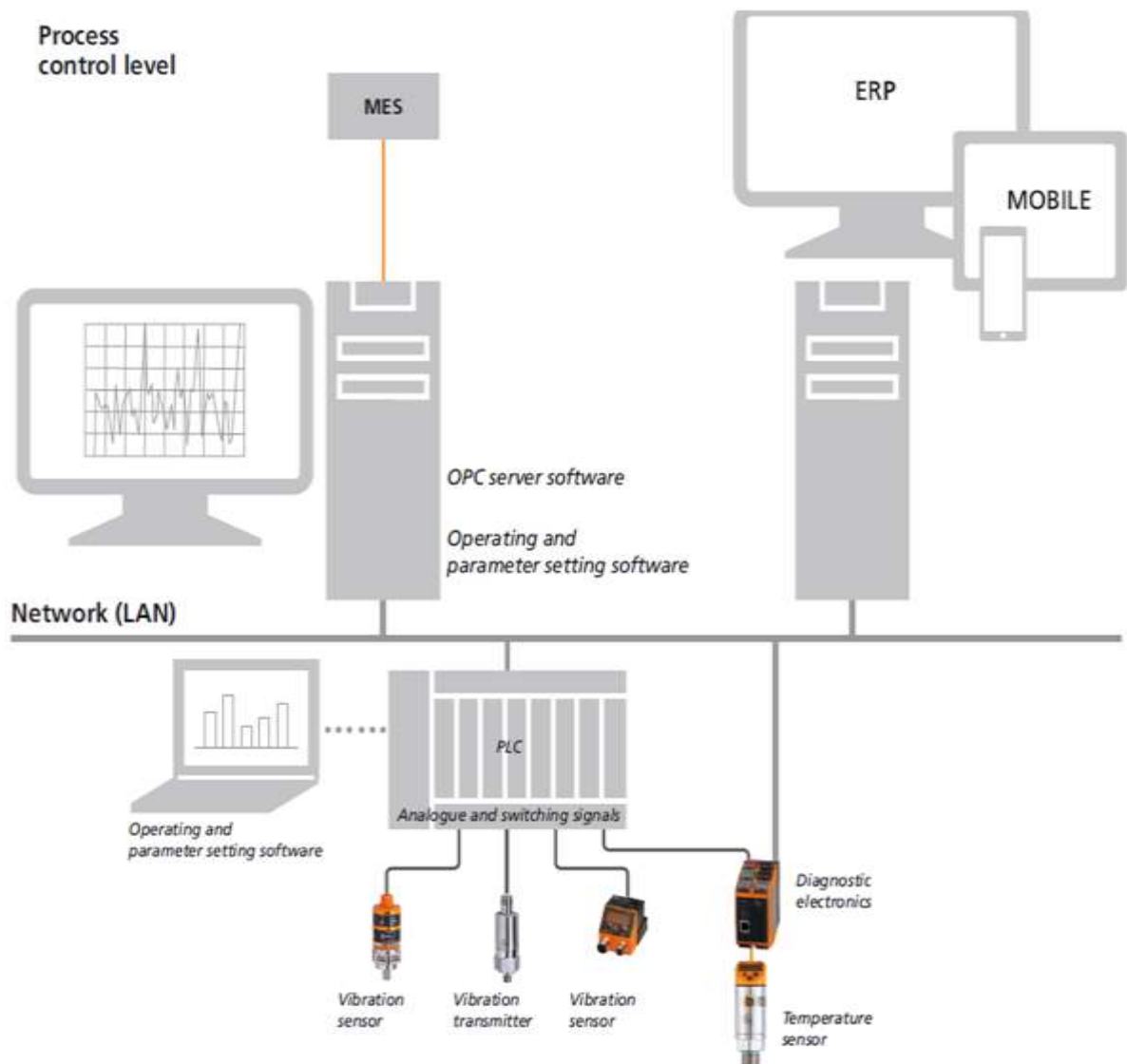
Fonte: Adaptado de SICK, 2018.

De acordo com Accenture GE (2015), a manutenção preditiva é o caminho mais prudente e rentável a seguir, ações preditivas aliadas a elementos de IoT podem proporcionar até 30% de economia nos gastos com manutenção e até 70% de redução no tempo de parada por falhas em equipamentos.

Análises preditivas têm se tornado um poderoso instrumento de tomada de decisão mais assertiva e levado empresas que investiram nesta cultura analítica a obter vantagens competitivas e a entender que uma decisão pode ser muito mais assertiva se for possível simular o resultado antes que o evento aconteça (FORRESTER RESEARCH INC, 2013).

Segundo IFM (2018), são atividades na manutenção preditiva, como monitoramento de vibrações mecânicas e análises termográficas, que são beneficiadas por inovações como os sensores inteligentes com protocolo IO-Link. Uma vez que, com este novo cenário, monitorado por sensores inteligentes em múltiplos pontos de detecção, é facilmente extensível e proporciona a mudança de cena, de monitoramento e análise intermitente para a condição de monitoramento contínuo em tempo real, conforme Figura 7.

Figura 7 – Sensores Inteligentes IO-Link no monitoramento preditivo



Fonte: Adaptado de IFM, 2018.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Análise de conteúdo. Artigo 2, apresentado no NETLOG 2018: O planejamento e o controle da manutenção no contexto da Indústria 4.0

Este artigo foi resultado de uma pesquisa documental com investigação dedutiva e análise qualitativa, e apoiada pela tecnologia computacional CAQDAS (*Computer Assisted Qualitative Data Analysis Software*). Foi utilizado o software Atlas.ti para analisar a

manutenção e a gestão de ativos industriais quanto à sua projeção do atual modelo para o modelo proposto na Indústria 4.0.

O software Atlas.ti (*Qualitative Research and Solutions*) é um exemplo de CAQDAS (CAQDAS – *Computer Assisted Qualitative Data Analysis Software*), uma tecnologia computacional que pode ser utilizada com diferentes tipos de softwares para análise de dados. Cada vez mais tem sido utilizada com a finalidade de facilitar o processo de análise de grande quantidade de dados, de manejar os limites de tempo e de contribuir para alcançar o rigor e a cientificidade em pesquisas qualitativas (FRIESE, 2014).

Este Artigo apresenta uma análise de termos e tendências em pesquisas recentes sobre a Indústria 4.0 e sobre a função manutenção, bem como a utilização do sistema mobile em Software ERP de Gestão da Manutenção.

Este Artigo foi aceito e apresentado na Conferência Internacional em Redes de Empresas e Gestão Logística NETLOG 2018, organizada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista em junho de 2018 na cidade de São Paulo (SP) – Brasil.



**NETLOG 2018**  
International Conference on Network  
Enterprises & Logistics Management

---

## O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

Edson Pereira da Silva<sup>1\*</sup>, José Benedito Sacomano<sup>2</sup>, Ataíde Pereira Cardoso Junior<sup>3</sup> e João José Giardulli<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção, UNIP, Rua Dr Bacelar, 1212, São Paulo, Brasil, E-mail. edsonpersilva@gmail.com

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção, UNIP, Rua Dr Bacelar, 1212, São Paulo, Brasil, E-mail. jbsacomano@gmail.com.

<sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção, UNIP, Rua Dr Bacelar, 1212, São Paulo, Brasil, E-mail. ataide@unip.br.

<sup>4</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção, UNIP, Rua Dr Bacelar, 1212, São Paulo, Brasil, E-mail. jjgiardulli@uol.com.br



## RESUMO

O novo paradigma da indústria 4.0 torna imprescindível às organizações que tenham interesse em manter-se atuante no Mercado que se apresenta cada vez mais competitivo, atualizar sua forma de gerenciar seus ativos é fundamental para sobrevivência. Este trabalho propõe analisar como o setor de Gestão da Manutenção e Ativos através do setor de Planejamento e Controle da Manutenção está reagindo diante das possibilidades oriundas desta nova geração da Indústria, a chamada indústria 4.0. Este artigo, utilizando metodologia de pesquisa bibliográfica e análise qualitativa, aborda as vantagens geradas pela implantação do sistema ERP no setor de Planejamento e Controle de Manutenção no contexto da indústria no Brasil e sua projeção para a proposta indústria 4.0, cabem aos objetivos específicos desse trabalho. A criação de uma fonte de estudo para pesquisas posteriores e a contribuição quanto à escassez do assunto nessa área tornaram-se motivadores para o desenvolvimento desse trabalho. As referências literárias utilizadas são renomadas na área, na qual conceitos sobre manutenção e seu sistema de controle foram descritos de forma clara e concisa. Isso vale também para os Sistemas de Informação (SI) e ERP onde foram descritas suas implicações na estrutura organizacional. Adotou-se o como instrumento de análise qualitativa nesta pesquisa o software Atlas.ti, verificando o setor de manutenção e gestão de ativos quanto a sua projeção do atual modelo para o modelo proposto na indústria 4.0.

**Palavras-chave.** ERP, Indústria 4.0, Manutenção, Mobile, PCM, Atlas.ti, Software de Gestão da Manutenção.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, as corporações vêm buscando sensíveis melhorias de seus processos de manutenção com objetivo de aumentar a capacidade produtiva, de forma a melhorar sua competitividade e atuação no mercado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS - ABRAMAN, 2018; COLTRO, 1996; SELLITTO, 2005). Um dos pontos primordiais nessa procura é estimular a disponibilidade e a confiabilidade das máquinas e equipamentos para que obtenham a melhor utilização da sua capacidade frente a demanda.

A Indústria 4.0 é a transformação digital da fabricação, alavancada por tecnologias como Big Data/Analytics, IoT -Internet das Coisas, exigindo a convergência de Tecnologia da Informação e Tecnologia Operacional, robótica, computação cognitiva e processos de fabricação. Visando ter fábricas conectadas, fabricação inteligente descentralizada e sistemas de auto otimização (EUROPEAN PARLIAMENT, 2015).

Para apoiar as diversas atividades da manutenção e para que elas contribuam de forma relevante e efetiva na estratégia organizacional dentro do novo paradigma da indústria 4.0, o departamento de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) busca a estruturar-se por meio de um sistema de informação apropriado ao gerenciamento da manutenção, pela implantação de sistemas específicos ou através de módulos de ERP, sistemas esses que promovem a integração entre os diversos departamentos da organização.

Entretanto, o fato de se adotar um software específico de manutenção ou um ERP não garante o sucesso nas operações de um departamento de manutenção. Este sucesso está relacionado com a atenção e esforço que a organização vai empregar na realização das atividades de implantação do sistema. Uma vez implantado, certamente as dimensões: humana, tecnológica e organizacional sofrerão alterações.

Esta pesquisa teve como objetivos específicos: descrever o processo de gestão da manutenção

especificamente o departamento de Planejamento e Controle da Manutenção; apresentar os principais impactos estruturais, tecnológicos, comportamentais advindos das mudanças alavancadas pelas novas perspectivas propostas no modelo da indústria 4.0 apresentar os principais impactos nas atividades deste departamento.

Para o alcance destes objetivos, realizou-se submissão do referencial bibliométrico ao Software Atlas.ti em análise qualitativa comparando os diversos pontos relacionados à Indústria 4.0 e o Planejamento e Controle da Manutenção.

## 2. MANUTENÇÃO - ATIVIDADE ESTRATÉGICA NA ORGANIZAÇÃO

A indústria moderna percebe a imediata necessidade de melhoria em seus processos e desta forma cumprir as metas estabelecidas em sua estratégia organizacional. A atividade de manutenção passou a ser fator relevante no processo organizacional, a melhoria em produtividade passa necessariamente pelas ações da gestão da manutenção e ativos, razão pela qual este setor precisa de um trabalho eficiente garantindo confiabilidade ao processo produtivo com facilidade, precisão, segurança e economia (BLANCHARD, 2013).

A figura abaixo ilustra o departamento de Gestão de Ativos e Manutenção destacando as principais funções que desempenha com cada um dos demais departamentos de uma indústria.



FIGURA 1 – Funções do Departamento de Manutenção e Gestão de Ativos, Baseado em BLANCHARD 2013

## **2.1 DEFINIÇÕES E BREVE HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO**

Branco Filho (2008) indica a manutenção como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

A manutenção pode também ser definida como o ramo da Engenharia que visa manter, por longos períodos, os ativos fixos da empresa em condições de atender plenamente as suas finalidades funcionais (Arruda, 2002).

Segundo Pinto (2012) a evolução da Manutenção pode ser caracterizada em 3 gerações desde o fim do século XIX, estas fases acompanharam naturalmente as gerações das revoluções industriais acompanhando a evolução técnico industrial da humanidade.

a) Primeira Geração que abrange o período que está compreendida antes da Segunda Guerra Mundial, quando a indústria era pouco mecanizada;

b) Segunda Geração que vai desde a Segunda Guerra Mundial até os anos 60. Com as guerras surgiu o aumento das indústrias e sua modernização;

c) Terceira Geração que está compreendida a partir da década de 70 quando houve uma aceleração no processo de mudança na indústria.

Hoje o setor de Gestão da Manutenção e Ativos se encontra no desafio de se adequar a realidade da Indústria 4.0, portanto, também avança para esta quarta geração, onde podemos então dizer que este setor está em transição da terceira para quarta geração.

## **2.2 O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO E SUAS ATRIBUIÇÕES**

São muitas as atribuições do PCM e conseqüentemente tem destacada importância para os resultados da manutenção, esta condição pode variar de uma empresa para outra devido ao modelo de gestão adotado. Segundo PINTO e XAVIER (2012), algumas dessas atribuições quanto ao planejamento das manutenções e que seriam:

### **2.2.1 ELABORAÇÃO DO CRONOGRAMA DE ATIVIDADES**

Que após definição das ações necessárias, o PCM entra em ação para elaboração do cronograma.

### **2.2.2 PROGRAMAÇÃO DE PARADA DE MÁQUINAS OU LINHAS PRODUTIVAS**

Com o cronograma elaborado e tempo definido para a intervenção, faz-se a programação junto às áreas da Produção e do PCP.

### **2.2.3 INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA AS MANUTENÇÕES PROGRAMADAS**

Essa é uma forma de padronização com a descrição das atividades e recursos necessários para cada tipo de intervenção inclusive para as rotas de lubrificação em geral das máquinas e/ou equipamentos.

### **2.2.4 PLANEJAMENTO DOS RECURSOS PARA AS MANUTENÇÕES PROGRAMADAS**

Conforme a ação descrita nas instruções de serviços faz-se o planejamento dos recursos necessários como peças, componentes, materiais diversos e mão de obra.

### **2.2.5 ACOMPANHAMENTO E VERIFICAÇÃO**

Nessa etapa tudo o que foi planejado agora precisa de um acompanhamento dessas atividades de todas as fases anteriormente definidas.

### 2.2.6 ANÁLISE DE FALHAS

Participa junto a equipe técnica de execução das análises de falhas e consequentemente a reformulação de planos e até a mudança de tipo de manutenção.

## 2.3 O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO NO CLICLO GERENCIAL DA MANUTENÇÃO

Dentro da indústria, o setor de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) é responsável por traçar estratégias de manutenção que sejam capazes de garantir a confiabilidade e disponibilidade dos ativos (SILVEIRA, 2009). Além de manter essa disponibilidade e confiabilidade, o PCM também deve manter a produtividade da equipe de manutenção, este setor é propriamente o elo entre a atividade real a ser executada e todo o planejamento desta atividade, ou seja, tudo que é realizado como atividade de manutenção passa necessariamente por este departamento.

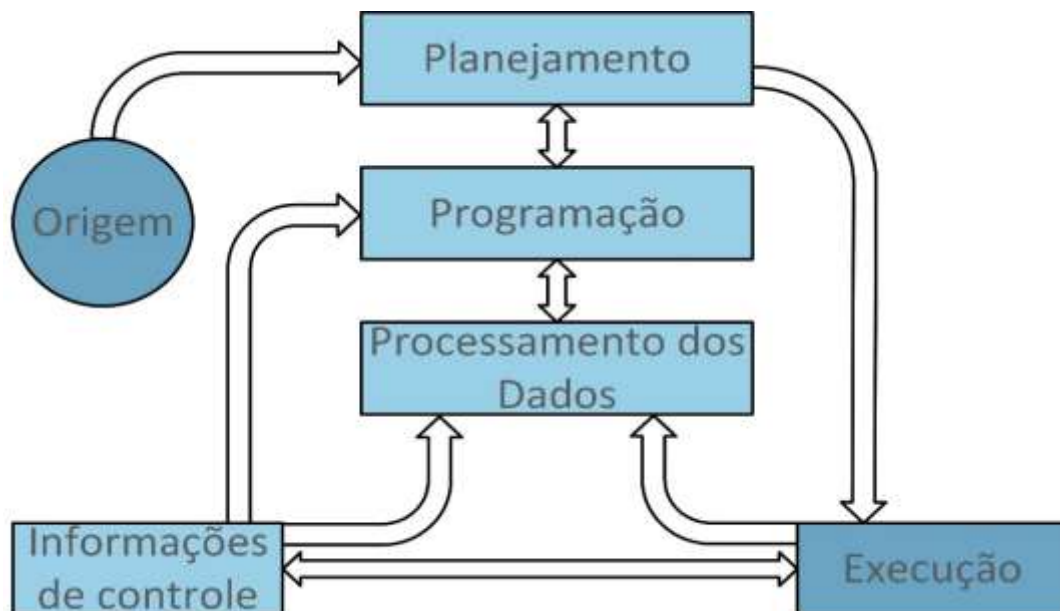


FIGURA 2 – Ciclo de Gerenciamento dos Serviços, baseado em SILVEIRA 2009

Segundo Souza (2013) as necessidades dos serviços de manutenção nos equipamentos é algo que deve ser corretamente e de preferência periódica, é função do departamento de manutenção, identificar junto ao setor de planejamento e controle da Produção (PCP) estas necessidades para garantir menor número de horas em indisponibilidade para o processo. Desta forma, quando surge uma ordem de serviço (OS) a partir da produção, significa que algo faltou para ser considerado no plano preventivo.

O setor de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) diante dos novos desafios propostos pelas possibilidades que surgem apoiadas nas novas tecnologias da informação que permitem imediato acesso as informações de origem e destino das atividades de manutenção, continuará sendo o elo entre a máquina e o homem no que tange às atividades de manutenção, contudo a dinâmica do mesmo deverá passar por transformações, desde a coleta de informação e identificação de sinais de falha, até o direcionamento e execução da manutenção (SOUZA, 2013).

### 3. INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL

Em uma pesquisa realizada em janeiro de 2016 pela CNI (Confederação Nacional da Indústria), foram levantados alguns dados sobre como está a adoção no processo no Brasil. A pesquisa foi realizada em 2.225 empresas, sendo 910 pequenas, 815 médias e 500 grandes. O cenário mapeado concluiu que em o Brasil ainda está em um processo lento de familiarização com a Indústria 4.0. 57% das empresas desconhecem as tecnologias voltadas para a indústria 4.0, dos 43% que conhecem alguma tecnologia 66% afirmam não tem previsão imediata de implantação devido aos altos custos envolvidos.

O desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil envolve desafios que vão desde os investimentos em equipamentos que incorporem essas tecnologias, à adaptação de layouts, adaptação de processos e das formas de relacionamento entre empresas ao longo da cadeia produtiva, criação de novas especialidades e desenvolvimento de competências, entre outras.

Poucas empresas estarão preparadas para enfrentar todas estas mudanças de uma vez. Existem, por outro lado, milhares de empresas que deverão participar do processo de difusão dessas novas tecnologias paulatinamente, de acordo com suas trajetórias, suas capacitações e suas estratégias.

Nesse contexto, o foco de uma iniciativa visando ao desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil deve ser em empresas que mais cedo entrarão no novo paradigma e estimular as demais a apressarem sua inserção na nova onda, sob risco de não conseguirem sobreviver no novo ambiente competitivo.

### 4. O PCM NA INDÚSTRIA 4.0 - O QUE MUDA

Em meados de 1950. Entre o período da 2ª Guerra Mundial e o período de Pós-Guerra a indústria teve que rever alguns conceitos básicos, dentre eles estava a manutenção Industrial, e ao rever a forma de atuação da Manutenção Industrial, foi introduzida na indústria a Manutenção preventiva.

Segundo PINTO e KARDEC (2012) o conceito de manutenção preventiva é: executar ações de manutenção, de tempos em tempos, visando reestabelecer as condições originais do equipamento, antes que surjam falhas potenciais.

É objetivo do PCM traçar estratégias que garantem a confiabilidade e disponibilidade dos ativos, elevando a produtividade. Um conceito que também mudou foi o conceito de produtividade.

Segundo MONCHY (1989) o conceito de produtividade está relacionado cada vez mais atividades de manutenção com menos recursos (menos tempo, pessoas, peças de reposição e consequentemente, menos dinheiro). O PCM deve se adequar a esse novo conceito, caso tenha interesse em se manter um setor competitivo, estratégico e alinhado com os objetivos globais.

Uma vez que paramos de atuar de tempos em tempos (Manutenção Preventiva) e passamos a atuar com base na condição do equipamento (Manutenção Preditiva), fazendo apenas aquilo que é realmente necessário para manter nosso ativo (VIANA, 2002).

Agora estamos na Quarta Revolução Industrial, e junto vem a Quarta Geração da Manutenção, que visa trazer uma infinidade de novos conceitos para suportar essa nova fase da indústria.

O setor de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) está há mais de 70 anos atuando e desde então, não tem passado por atualizações significativas, o maior marco referente à atualização do setor foi a informatização, que aconteceu há mais de 40 anos. Antes tudo era feito e controlado manualmente, com o uso do papel e caneta, fato este ainda e infelizmente presente em algumas indústrias, como; criação de planos de manutenção, controle de ordens de serviços, cálculo de indicadores.

Com a informatização, foram introduzidos *softwares* para gestão da manutenção e esses softwares automatizaram algumas ações, evitando a ocorrência de falhas humanas na gestão e controladoria da manutenção.

Uma falha muito grande dentro do ambiente de PCM é a extrema preocupação com as tarefas de caráter administrativas e burocráticas, deixando de lado as de caráter técnico, que são aquelas que realmente aproximam o setor do seu objetivo.

As mudanças que chegarão ao setor de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM), podem ser resumidas em quatro tópicos: Total previsão de Falhas, Elevação da Produtividade da Manutenção, Redução dos Custos de Manutenção e Desenvolvimento Técnico da Equipe.

#### **4.1 TOTAL PREVISÃO DE FALHAS**

A combinação das seguintes técnicas pode resultar na total previsão de falhas, onde passamos a tratar as falhas funcionais (aquelas que impedem que o equipamento desenvolva sua função dentro do processo) não sejam tratadas como uma opção.

- Rastreabilidade
- IoT *Industrial Internet Of Things* – Internet das coisas
- Big Data e Data Analytics
- Nuvem de Dados

Exemplos:

1. Através da Rastreabilidade de Componentes, podemos acompanhar toda sua vida útil em tempo real, e através de um software, decidir qual é o melhor momento para realizar a sua troca. Dessa forma, temos um altíssimo índice de confiabilidade, um altíssimo índice de disponibilidade e um baixo custo de manutenção.
2. Através da combinação da Industrial Internet Of Things, Big Data, Nuvem de Dados e sistemas ciberfísicos, podemos ter sensores de vibração em equipamento rotativos e esses sensores que monitoram em tempo real, de forma extremamente precisa, os níveis de vibração dos equipamentos. Dessa forma, assim que uma falha surgir, o próprio equipamento dá o diagnóstico do problema, diz o que deve ser feito para corrigir e altera automaticamente o seu regime de trabalho para garantir que a falha não se agrave até que seja corrigida. Enquanto isso tudo é analisado por sistemas e os dados são armazenados em nuvem.

## 4.2 ELEVAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA MANUTENÇÃO

Hoje, um dos desafios da manutenção é manter a produtividade dos técnicos. No Brasil, o índice de produtividade de um técnico de manutenção gira em torno de 12% a 25%, o que é totalmente improdutivo (ABRAMAN,2018).

As causas desta improdutividade, podem ser eliminadas ou otimizadas com técnicas nascidas na indústria 4.0. Sendo elas:

Realidade Aumentada; Visão Artificial e Robô Colaborativo

Exemplos:

1. Através de um robô colaborativo, podemos eliminar o tempo que um técnico despende em busca de ferramentas e peças para realização do trabalho.
2. Podemos eliminar o tempo usado para obtenção de instruções sobre a atividade que irá ser realizada por meio da realidade aumentada.

## 4.3 REDUÇÃO DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Estima-se que em até 2025, a implantação de processos oriundos da indústria 4.0 pode resultar na redução de 10% a 40% dos custos de manutenção, redução no consumo de energia de 10 a 20% e aumento da produtividade de 10 % a 25%, (MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE,2015)

As possibilidades que permitem essas reduções nos custos de manutenção são:

1. Eliminação de boa parte do estoque de peças de reposição por meio da Manufatura Aditiva. Ou seja, as empresas poderão fabricar as peças de reposição de acordo com a demanda.
2. Eliminação de boa parte do estoque de peças de reposição por meio da Total Previsão de Falhas. Dessa forma, as compras serão feitas apenas de acordo com a necessidade.
- Robôs Colaborativos poderão substituir mão de obra que trabalha com atividades repetitivas e sem necessidade de alguma especialização.
3. Técnicas Avançadas de Simulação poderão evitar e prever possíveis falhas em projetos e processos, poupando tempo e dinheiro para solução de possíveis problemas.
4. Elevação na produtividade da mão de obra permitirá um quadro de funcionários enxuto.

#### **4.4 UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS ERP COM MÓDULO MOBILE NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO (PCM)**

Segundo ABI RESEARCH (2013) até 2020 serão mais de 5 bilhões de usuários de mobilidade no mundo, é estimado 80 milhões só aqui no Brasil. As vantagens dessa esfera de transformação e acessibilidade tecnológica também podem, e devem ser sentidas na área de manutenção de ativos das empresas.

O avanço chegou também com soluções tecnológicas que trazem essas vantagens para área de manutenção de ativos, de tal forma que tarefas como abrir, consultar e encerrar ordens de serviço, tarefas que demandam grande tempo dos técnicos e engenheiros, agora são completamente revolucionadas pela mobilidade (CORREIA; RIBEIRO; CIUCCIO, 2015).

Um software específico de manutenção de ativos ajuda a gestão da área a ter mais controle e qualidade nas ordens de serviço (OS) ao receber informações mais precisas. Melhor que isso, só se esse software pudesse ser levado com o responsável pelo setor aonde quer que ele fosse. Isso já é possível por meio de um aplicativo instalado em um Smartphone ou tablet, desenvolvido para garantir mais agilidade e consequentemente, muito mais produtividade em todo ciclo das ações tanto de Gestão como Execução da manutenção.

#### **5. ANÁLISE QUALITATIVA DOS TERMOS: MANUTENÇÃO E INDÚSTRIA 4.0 / PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO E SOFTWARES ERP PARA GESTÃO DA MANUTENÇÃO UTILIZANDO SOFTWARE ATLAS.TI**

O *software Atlas.ti* é um instrumento de análise qualitativa, oriunda de fontes textual, gráfica e vídeo. Segundo WALTER e BACH (2009), a sua primeira edição foi lançada na Bélgica em 1993. Desde então tem sido utilizado em diferentes áreas do conhecimento e recentemente tem sido utilizado por pesquisadores que se valem da análise de conteúdo. É uma ferramenta que auxilia na organização, gerenciamento e agrupamento do material a ser analisado de maneira sistemática e também criativa (VOSGERAU, MEYER & CONTRERAS, 2016).

O projeto desenvolvido no Atlas TI é denominado Unidade Hermenêutica, isto é, um recipiente onde as fontes de dados, os códigos, as famílias de código, pontos de vista de rede, etc. estão disponíveis para a realização do trabalho. Todos os materiais associados formam uma unidade de pesquisa.



## 5.1 UNIDADES HERMENÊUTICAS – FAMÍLIAS DE TERMOS

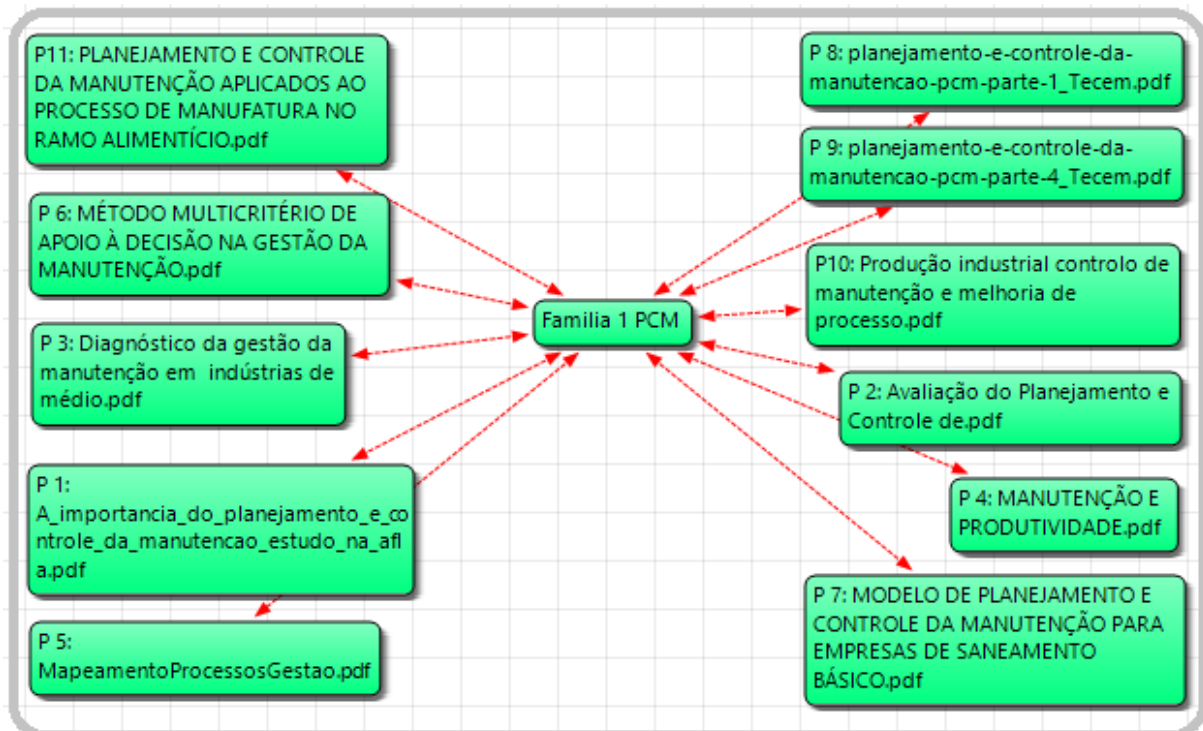


FIGURA 3 – Análise qualitativa da família 1 referenciada ao termo PCM, do Autor 2018

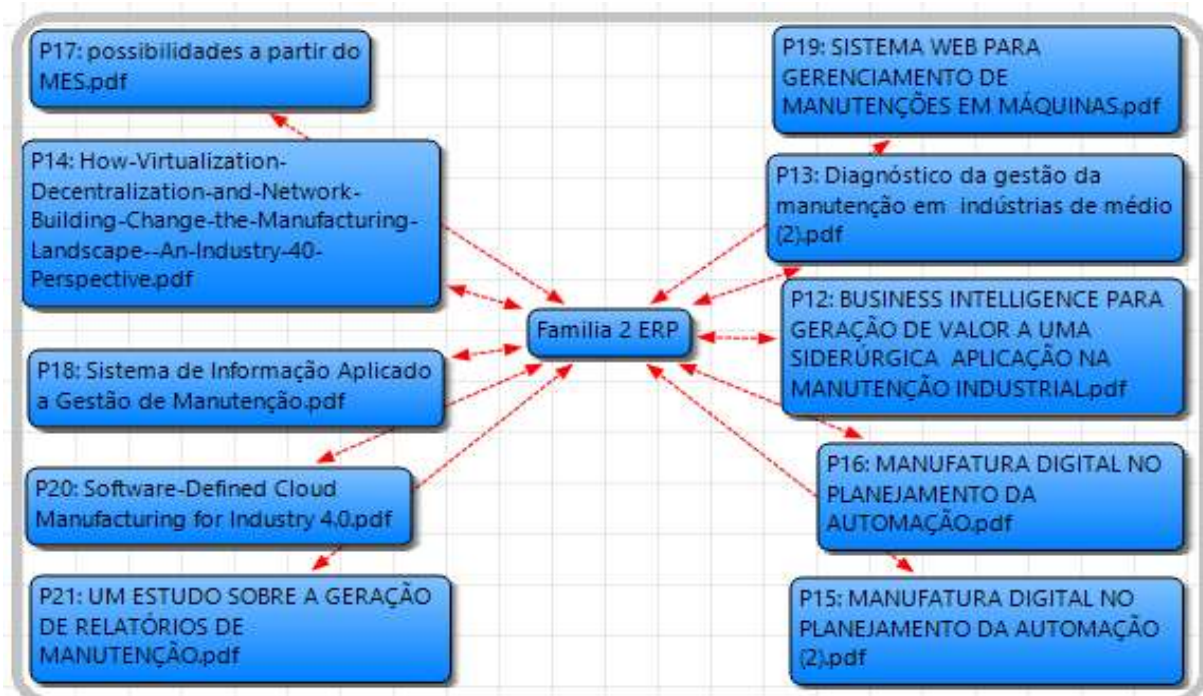


FIGURA 4 – Análise qualitativa da família 2 referenciada ao termo ERP, do Autor 2018

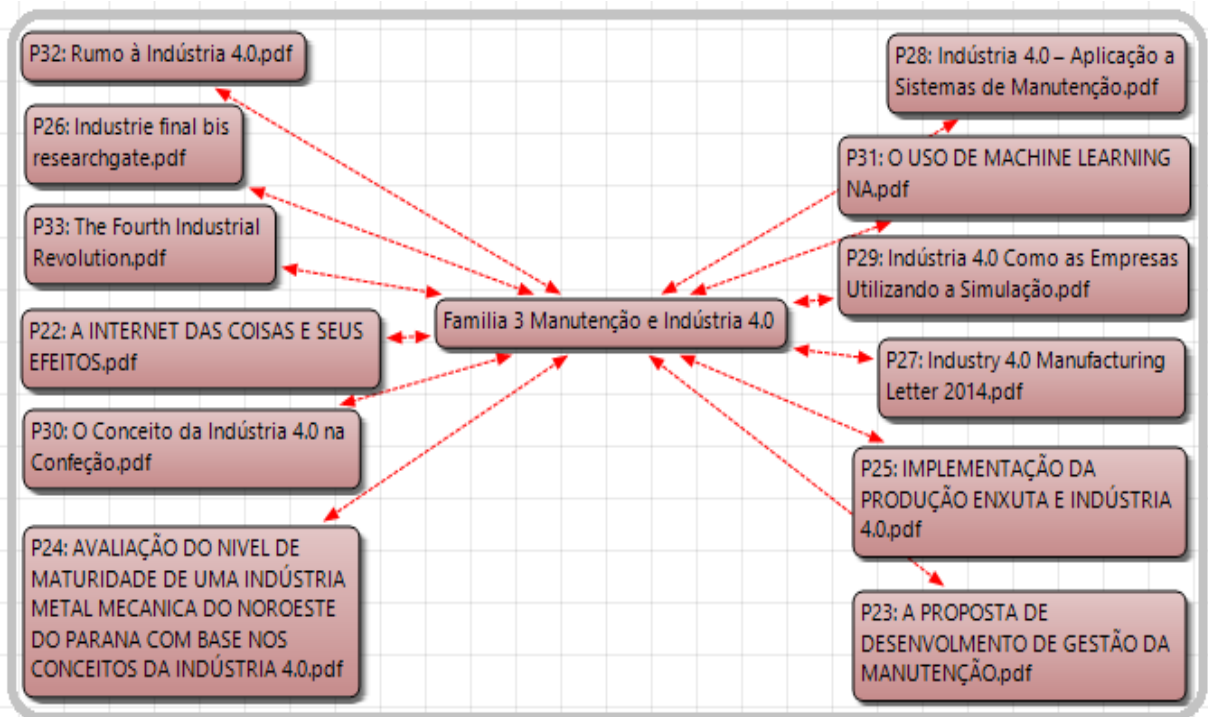


FIGURA 5– Análise qualitativa da família 3 referenciada ao termo Manutenção e Indústria 4.0, do Autor 2018

## 5.2 ANÁLISE QUALITATIVA ENTRE CÓDIGOS (PALAVRAS-CHAVE)

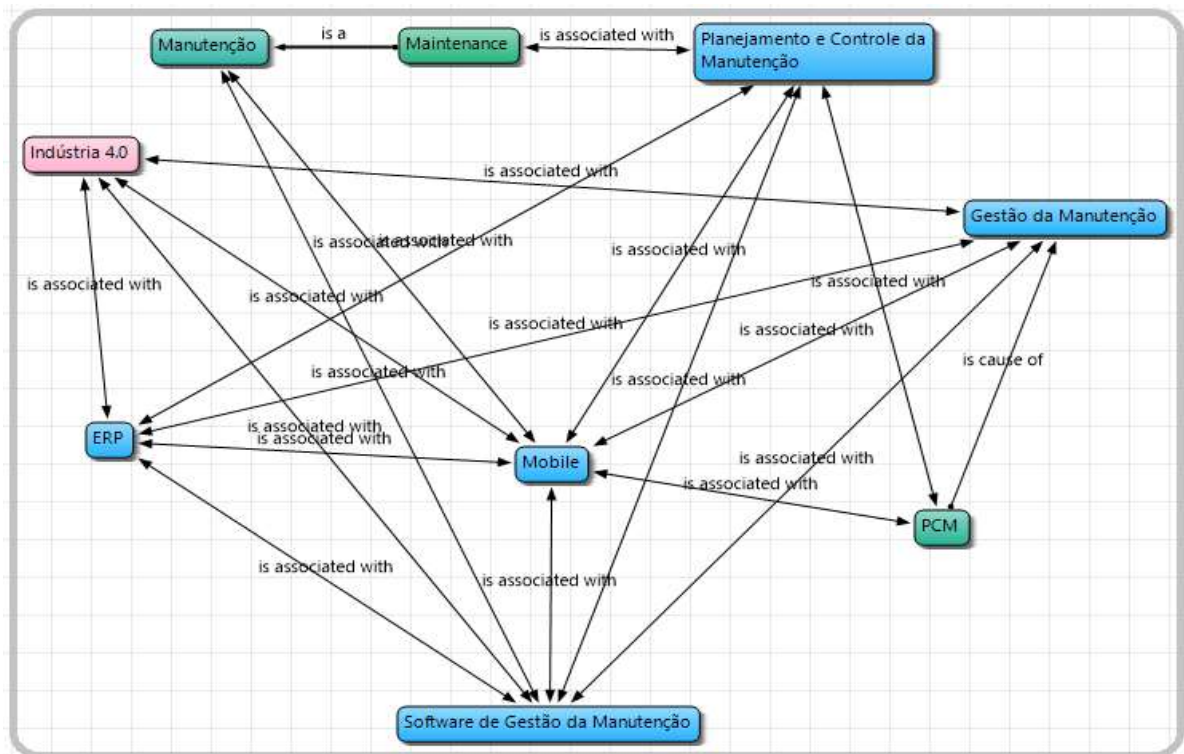


FIGURA 6 – Análise qualitativa das unidades de código, do Autor 2018

### 5.3 ANÁLISE QUALITATIVA ENTRE UNIDADES HERMENÊUTICAS E OS CÓDIGOS (PALAVRAS-CHAVE)

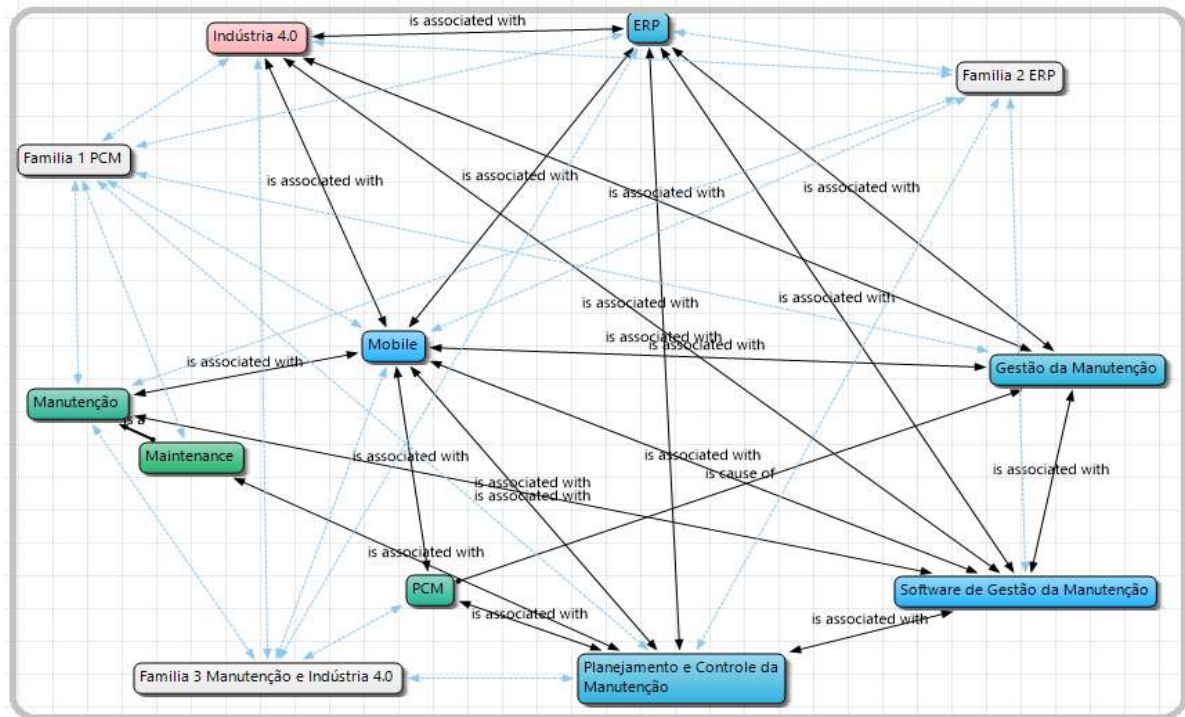


FIGURA 7 – Análise qualitativa das unidades de código e as famílias referenciadas, do Autor 2018

## 7. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram elencados no *software* Atlas.ti unidades hermenêuticas reunindo estudos nas áreas de Planejamento e Controle da Manutenção, *softwares* ERP para gestão da Manutenção e Indústria 4.0 (com foco em manutenção). Foi realizada análise qualitativa comparando Famílias de termos, realizando entrelaçamento destes termos utilizando códigos que representam as seguintes citações ou palavras chaves; ERP, Gestão da Manutenção, Indústria 4.0, Manutenção, PCM, Planejamento e controle da Manutenção, *software* de Gestão da Manutenção e Mobile.

## 8. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados obtidos no entrelaçamento dos códigos com as unidades hermenêuticas evidenciaram a tendência na utilização dos *softwares* ERP com modulo Mobile como evidência de transformação do modelo tradicional de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) para o cenário da Indústria 4.0, conforme relatório abaixo demonstrando “sete” convergências para o Código “Mobile” sendo este valor o maior entre os Códigos relacionados.

Relatório de Classificação tipológica de vista: Família 1 PCM, Família 2 ERP, Família 3 Manutenção e Indústria 4.0:

PF:Família 1 PCM (11)  
 PF:Família 2 ERP (10)  
 PF:Família 3 Manutenção e Indústria 4.0 (12)  
 CÓ:Maintenance {1-2}

CÓ:Manutenção {81-3}  
 CÓ:Software de Gestão da Manutenção {1-6}  
 CÓ:Mobile {11-7}  
 CÓ:ERP {24-5}  
 CÓ:PCM {1-3}  
 CÓ:Indústria 4.0 {2202-4}  
 CÓ:Gestão da Manutenção {1-5}  
 CÓ:Planejamento e Controle da Manutenção {110-5}

O uso do software Atlas.ti apontou para a possibilidade de uma organização contínua na base de dados, proporcionando mecanismos de procura rápida e flexível, apresenta oportunidade para projetar a pesquisa do tema em trabalhos futuros com maior profundidade.

## 8. CONCLUSÃO

As interfaces dos sistemas ERP com utilização de módulos MOBILE permitem imediato relatório e diagnóstico capaz de fornecer a informação no contexto exato, no momento exato ao técnico certo para ação imediata. A manutenção no contexto da indústria 4.0 se beneficia diretamente das vantagens deste novo contexto industrial que permite alertar as pessoas adequadas, nos momentos adequados, coordenando necessidades produtivas com necessidades humanas e interligando os mais diversos departamentos, conseguindo oferecer soluções ao nível da eficiência muito mais vantajosas e benéficas.

## REFERÊNCIAS

- ABRAMAN. Associação Brasileira de Manutenção. Acessado 24 fevereiro de 2018. <http://www.abraman.org.br>
- ABI Research. More Than 30 Billion Devices Will Wirelessly Connect to the Internet of Everything in 2020. Fonte: ABI Research. Acessado em 22 de fevereiro de 2018. <https://www.abiresearch.com/press/more-than-30-billion-devices-willwirelessly-conne/>
- BRANCO FILHO, Gil. 2008. Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção. Rio de Janeiro: Ciência Moderna
- Confederação Nacional da Indústria – CNI. Desafios para indústria 4.0 no Brasil. Brasília: CNI, 2016.
- CORREIA, Adriano José; RIBEIRO, Gilvan Alves; CIUCCIO, Ricardo Luiz. 2015. O desafio para a implantação de sistemas de controle mobile na manutenção industrial. In: XXX Congresso Brasileiro de Manutenção e Gestão de Ativos. Campinas de 3 a 7 de agosto de 2015.
- European Parliament. Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth. Setembro de 2015. Disponível em: <[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS\\_BRI\\_\(2015\)568337\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI_(2015)568337_EN.pdf)>. Acesso em: 22 de Março de 2018.
- Mckinsey Global Institute. (2015). The Internet Of Things: Mapping The Value Beyond The Hype. Acessado em 26 de fevereiro de 2018
- [http://www.mckinsey.com/insights/business\\_technology/the\\_internet\\_of\\_things\\_the\\_value\\_of\\_digitizing\\_the\\_physical\\_world](http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/the_internet_of_things_the_value_of_digitizing_the_physical_world)
- MONCHY, François. 1989. A Função Manutenção – Formação para a Gerência da Manutenção Industrial. São Paulo. Editora Durban.
- PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Aquino Nascif. 2012. Manutenção: Função Estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark.
- Santos, B. P., Silva, L. A., Celes, C. S., Borges, J. B., Peres, B. S., Vieira, M. M. Loureiro, A. A. Internet das Coisas: da Teoria à Prática. Livro Texto Minicursos - SBRC 2016, p. 15. Salvador. de 30 de maio a 03 de junho de 2016.
- SILVEIRA, Nilton Rosa da; TREIN Fabiano André. 2009. PCM, Administração ao Planejamento e Controle de Manutenção: Aplicada aos Processos de Manufatura. Novo Hamburgo.
- SOUZA, Valdir Cardoso de. 2009. Organização e Gerência de Manutenção. São Paulo: All Print.
- VIANA, Herbert Ricardo Garcia. 2002. PCM – Planejamento e Controle de Manutenção. Rio de Janeiro: Qualitymark.
- Vosgerau, D. S. R., Pocrifka, D. H. & Simonian, M. 2016. Etapas da análise de conteúdo complementadas por

ciclos de codificação: possibilidades a partir do uso de software de análise qualitativa de dados. In Anais do CIAIQ2016 (789-798). Porto:. Acesso em: 20 março. 2018. <http://proceedings.ciaiq.org/index.php/ciaiq2016/article/view/671>

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio de Aquino.2013. Manutenção: função estratégica. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark.

### **3.2 Estudo de caso. Artigo II, apresentado no ENEGEP 2017: Gestão da manutenção indústria em transição para indústria 4.0: Controle mobile, considerações sobre esta nova tecnologia**

Esta análise foi resultado de projeto realizado como um estudo de caso em uma indústria farmacêutica em Guarulhos (SP), como parte integrante do projeto sobre a implantação de dispositivos mobile ao software de gestão industrial (ERP). Foi identificado que a inovação do sistema está relacionada com os elementos estruturantes da Indústria 4.0.

A utilização de sistemas informatizados para gestão dos processos industriais por meio dos softwares ERP já tem sido utilizado na indústria e sua utilização remonta ao período anterior ao modelo de Indústria 4.0. Contudo, as possibilidades de estender a utilização do ERP em dispositivos moveis, aludindo aos sistemas mobile, é uma inovação, o uso desta tecnologia e as possibilidades para o setor de manutenção e gestão de ativos está diretamente atrelado aos elementos estruturantes da Indústria 4.0, pois se enquadram em conceitos da Internet das Coisas (IoT) e permite controle e acesso a informações, tanto por parte da equipe de execução da manutenção, dos técnicos de manutenção, como dos gestores deste departamento.

Houve oportunidade de analisar a implantação deste sistema nesta indústria farmacêutica, onde verificou-se uma quebra de paradigma na equipe envolvida.

Este artigo foi aceito e apresentado no Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP 2017), organizado pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), em sua 37ª edição, realizada em outubro de 2017, na cidade de Joinville (SC).

O trabalho foi reproduzido *in totum* no e-book “Gestão da Produção em Foco, capítulo 9”, pela Editora Poisson. ISBN 978-85-93729-96-6 DOI: 10.5935/978-85-93729-96-6.2018B001.



**XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

“A Engenharia de Produção e as novas tecnologias produtivas: indústria 4.0, manufatura aditiva e outras abordagens  
Avançadas de produção”

# **GESTÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL EM TRANSIÇÃO PARA A INDÚSTRIA 4.0: CONTROLE MOBILE, CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTA NOVA TECNOLOGIA**

**Edson Pereira da Silva (UNIP)**

edsonpersilva@gmail.com

**Jose Benedito Sacomano (UNIP)**

sacomano@terra.com.br

**Adriano Jose Correia (SENAI)**

adrianojc11@hotmail.com

**Gilvan Alves Ribeiro (SENAI)**

gilvanalvesribeiro@yahoo.com.br

**Ricardo Luiz Ciuccio (SENAI)**

rciuccio@hotmail.com



*A Indústria 4.0, novo paradigma de produção, promete aumento de produtividade e customização em massa, com redução de custos. A gestão de manutenção tem agora a tecnologia mobile, que apoiada na Internet se propõe a melhorar esta gestão, reduzindo custos, aumentando a produtividade, qualidade e confiabilidade de seus serviços, de forma sustentável. Este artigo, utilizando metodologia de pesquisa bibliográfica, aborda os requisitos técnicos, funcionalidades, vantagens e desvantagens, sugerindo metodologia de implantação da tecnologia mobile, de interesse para a indústria e academia, uma ferramenta para a gestão da manutenção industrial em transição para a Indústria 4.0. Muitas são as vantagens possibilitadas pelo uso desta tecnologia, contudo algumas barreiras como a segurança das informações, resistência à adoção desta tecnologia, e mau uso da mesma, ainda são pontos para melhorias.*

*Palavras-chave: Gerenciamento de manutenção, Indústria 4.0, inovação, indicadores, mobilidade, custo, tecnologia, sustentabilidade*

## 1. Introdução

Qualidade e confiabilidade são determinantes nas operações de manutenção nas indústrias (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS - ABRAMAN, 2017; COLTRO, 1996; SELLITTO, 2005); isto para dar sustentação de forma que as indústrias possam inovar e desenvolver soluções, a fim de participar de forma competitiva e sustentável no mercado (BARBIERI, 2010).

A inovação não se dá apenas em produtos, mas também nos modelos produtivos. A denominada Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, é identificada pela digitalização e integração entre produtos e processos produtivos, cadeia de suprimentos e principais *stakeholders* em grau crescente (CHOI et al., 2016; CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI, 2016; DE MORAIS; MONTEIRO, 2016). Indústria 4.0 é a completa transformação de toda a esfera de produção industrial através da fusão de tecnologias digitais apoiadas na Internet, com a indústria convencional (EUROPEAN PARLIAMENT, 2015). Com o uso da Internet como meio de troca de informações, um número ilimitado de dispositivos pode ser conectado, compartilhando informações, o que passou a se chamar Internet das Coisas, ou *Internet of Things* (IoT, da sigla em inglês) (CNI, 2016).

No que se refere aos requisitos para uma empresa ter um processo estabelecido nos moldes sugeridos da Indústria 4.0 o setor de manutenção deverá sofrer profundas mudanças em seus processos, e o uso da tecnologia mobile como suporte de manutenção deverá se difundir cada vez mais na Indústria 4.0

O setor de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) continuará sendo o elo entre a máquina e o homem no que tange às atividades de manutenção, contudo a dinâmica do mesmo deverá passar por transformações, desde a coleta de informação e identificação de sinais de falha, até o direcionamento e execução da manutenção (SOUZA, 2009).

O propósito deste estudo é pesquisar o uso da tecnologia mobile como suporte à gestão de manutenção, vantagens e desafios, de interesse para a indústria e academia, neste momento de transição para a Indústria 4.0, objeto de escassos estudos acadêmicos.



## 2. O sistema de controle mobile na indústria 4.0

Este trabalho se baseia em um estudo de caso e pesquisa bibliográfica, com base em referências publicadas em livros, periódicos, sites e anais de congressos (MARTINS; THEÓPHILO, 2009).

O modelo de produção passou por várias fases, com novas práticas e tecnologias sendo aplicadas à manufatura, visando a aumentar sua eficiência e eficácia (MENDES; SAMPAIO, 2016). Na Indústria 4.0, o mundo físico se funde com o virtual; baseados na Internet, produção, manutenção, fornecedores, compradores, distribuidores e até mesmo produtos e máquinas são integrados e conectados digitalmente, proporcionando uma cadeia de valor integrada como jamais visto antes (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015; FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – FIRJAN, 2016; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

A manutenção industrial no Brasil faz uso reduzido de softwares nos processos de gestão da manutenção, e limitado é o número das indústrias que utilizam sistema de gestão totalmente informatizado. Há um *gap* na dinâmica entre o planejamento da manutenção, sua execução e controle e, uma vez que a coleta e inserção das informações para gestão das atividades desta área são realizadas pelo uso de planilhas e controles impressos na realização da maioria das atividades da rotina do setor de manutenção, sendo preenchidos à mão, para posteriormente serem digitalizadas e lançados no sistema do software de gestão da manutenção, possibilitando falhas no fluxo da informação, podendo prejudicar os resultados e até mesmo onerando os custos gerais dos serviços realizados.

Para aprimorar o gerenciamento departamento de manutenção, melhor controlar o almoxarifado de peças de manutenção e reduzir o *gap* entre execução e inserção de dados no sistema, foram desenvolvidos dispositivos móveis de controle, ou seja, acesso ao software de manutenção via aplicativos em dispositivos moveis - mobile.

Os softwares de gestão da manutenção com modulo mobile são desenvolvidos em plataformas que usam aplicativos de fácil compreensão tendo característica intuitiva e atrativa, facilitando a implantação do sistema, trazendo uma tecnologia que contribui para o aumento da qualidade e desempenho do processo como um todo. Inovar aperfeiçoando tanto as ferramentas de controle quanto sua aplicação é estrategicamente importante para promover o aumento de produtividade com maior qualidade e confiabilidade da manutenção (CORREIA; RIBEIRO; CIUCCIO, 2015).

## 2.1. Módulos de controles portáteis

A tecnologia mobile pode ser utilizada nos seguintes dispositivos: Palm, Pocket PC, Smartphones e Tablets, operando no sistema Android e iOS. Os dispositivos móveis portáteis possibilitam acesso de forma flexível ao software de manutenção em qualquer localidade da empresa, possibilita rápida entrada de dados e acesso imediato às informações nas operações de manutenção, possibilitando executar abertura, fechamento e cancelamento de ordens de serviço e coleta acumulativa de dados (CORREIA; RIBEIRO; CIUCCIO, 2015).

Informações registradas no aparelho móvel são registradas de forma imediata ou a *posteriori* no banco de dados do software de manutenção ampliando a eficiência do processo. Há também módulos para controles em campo, controle sobre materiais de almoxarifado, inspeções periódicas, cadastros básicos e históricos.

Essas soluções trabalham em ambiente web, ou seja, pela Internet, permitindo realizar consultas a diversos dados, aumentando de forma significativa a eficiência do processo, pois viabiliza a inserção imediata, em tempo real, das informações recolhidas.

## 3. Requisitos técnicos para instalação

As soluções móveis estruturadas para possibilitar as operações de controle da manutenção, podem utilizar os sistemas operacionais: Android 2.3 ou superior, Windows Mobile 5.0 ou superior (Fig. 1) ou Palm OS 3.5 ou superior. Alguns softwares de manutenção possuem versões para sistemas como IOS 7.0 ou superior. Os aparelhos requerem reduzidos pré-requisitos de hardware, bem como tela de tamanho conveniente, e câmera com resolução que possa atender as necessidades básicas. Naturalmente os fabricantes do aplicativo sugerem sistemas operacionais e modelos mais adequados às necessidades e funcionalidades requeridas conforme cada cliente.

Figura 1. Alguns sistemas operacionais



Fonte: Arena 4G  
(2016)

Em loja virtual ou pelo Google Play é possível fazer o download dos aplicativos para a qual o software esteja disponível, utilizando-se do próprio aparelho móvel de origem (figura 2). Há aplicativos padrões, com um banco de dados mínimo, para potenciais clientes poderem conhecer gratuitamente como os softwares funcionam. O cliente uma vez autorizado terá acesso a todas as funcionalidades, podendo utilizar o serviço em sua rotina de trabalho, gerando e processando informações a fim de serem armazenadas e utilizadas, tudo conforme as licenças e planos de serviços previamente adquiridos por sua empresa.

Figura 2. Dispositivos móveis



Fonte: Engeman (2016)

## 4. Características e funcionamento

### 4.1 Digações de serviços realizados

Na manutenção, o fluxo de informação se dá em vários níveis e a velocidade em que ocorre o processamento dessas informações interfere na confiabilidade e qualidade das ações de manutenção, tanto na sua execução quanto no planejamento. A utilização dos dispositivos móveis reduz o tempo e facilitam a coleta das informações oriundas da execução, assim como a tratativa, apropriação e entrega das informações tornadas disponíveis pelo planejamento da manutenção, graças à eliminação de algumas etapas do processo pela utilização destes dispositivos. A inclusão das informações é direta e em tempo real, implantadas no sistema por digitação no dispositivo, que é sincronizado ao ERP ou *Software* de suporte à gestão da manutenção. A tela de consulta às atividades a serem realizadas pelo

profissional da manutenção é apresentada na Figura 3.

Figura 3. Tela de consulta às atividades

The screenshot shows a mobile application interface for activity consultation. The screen is titled 'Atividade 1'. It contains several sections:

- Descrição:** 1 - INSPEÇÃO DO AR CONDICIONADO
- Texto:** Não há
- Equipamento:** AR CONDICIONADO 01 - AR CONDICIONADO 01
- Table:**

VL. Min.	VL. Max.	VL. Ref.	Valor
17,00	27,00	23,00	
- Temperatura - selecione a opção abaixo:** Seleccione
- Situação:** EA - Em andamento
- Comentário:** Preencha o comentário

The interface is displayed on a mobile device with a status bar at the top showing the time 14:56 and various icons. At the bottom, there are three navigation icons: a back arrow, a home icon, and a recent apps icon.

Fonte: Astrein (2016)

## 4.2 Coletas de dados no planejamento e controle de manutenção

O PCM planeja suas atividades em função das informações provenientes das necessidades de manutenção, oriundas tanto das inspeções preventivas quanto das necessidades comunicadas por seus clientes internos, bem como do fluxo de insumos, como os materiais de reposição (PINTO, 2013). A tecnologia mobile possibilita a redução do tempo de coleta destas informações.

## 4.3 Importação de serviços realizados

O banco de dados da tecnologia mobile permite a verificação de pendências em serviços anteriores e até mesmo verificar quais materiais foram utilizados, facilitando e aperfeiçoando o processo, pois a disponibilidade do histórico é imediata, vide Figura 4.

Figura 4. Tela de O.S. para execução



Fonte: Astrein (2016)

#### 4.4 Fechamentos, encerramento e cancelamento de ordens de serviço (OSs)

A tecnologia mobile permite estender a todos da equipe, a execução, fechamento ou encerramento e cancelamento quando necessário das ordens de serviço (OSs), realizando esta atividade em tempo real no campo, sem a necessidade do preenchimento de documentos impressos para posterior inserção no sistema.

A tecnologia mobile reduz o processo de fluxo de informação com vantagens, como a redução do *backlog*, eliminando o conflito entre OSs que já foram executadas em campo e constam ainda pendentes no sistema, ou emitidas em duplicidade, minimizando a necessidade de reuniões de acerto.

#### 4.5 Consistências dos dados coletados

A inclusão de dados em tempo real no encerramento das ordens de serviço pela tecnologia mobile gera consistência dos dados, dado que minimiza conflitos gerados pela falta de anotação e apropriação de horários entre outros verificados nas ordens de serviço.

#### 4.6 Leitores de código de barras integrado à câmara do dispositivo móvel

O módulo almoxarifado da tecnologia mobile permite realizar controle do almoxarifado de manutenção de forma rápida e eficaz, melhorando gestão de manutenção. É possível utilizar a câmara do dispositivo móvel para realizar a leitura do código de barras do item a ser pedido e retirado do almoxarifado. As tecnologias de conexão utilizadas nas plataformas mobiles podem ser vistas na Figura 5.

Figura 5. Tecnologia agregada

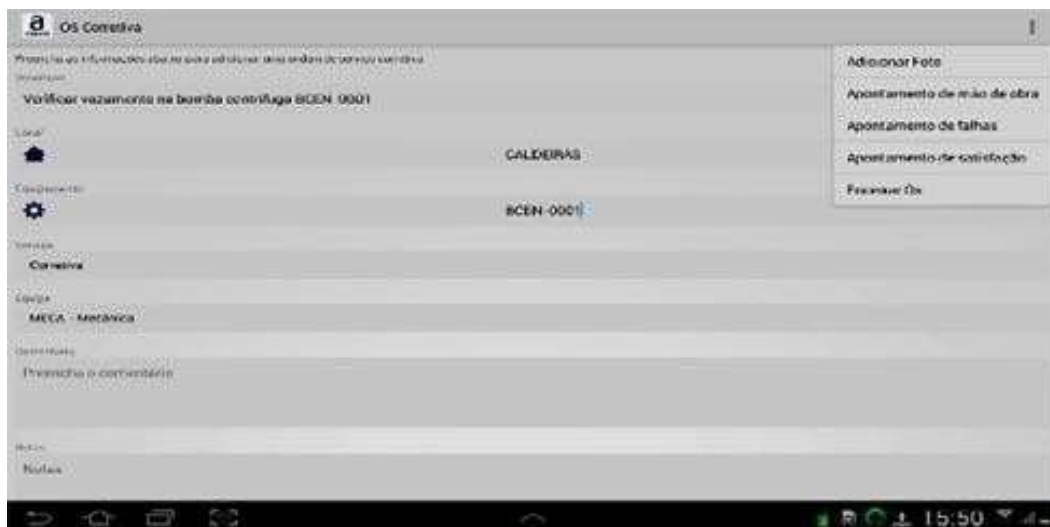


Fonte: Engeman (2016)

#### 4.7 Adições de anexos às OSs

A tecnologia mobile não sofre as limitações quanto à inserção de informações qual nos processos convencionais de documentação impressa. Como os *checklists* e as ordens de serviço e de controle e inspeção de materiais de estoque ficam disponíveis nos dispositivos móveis, é possível anexar imagens e até vídeos mostrando o progresso da tarefa em execução. A inclusão desses anexos pode ser por meio de arquivos nas mais diversas extensões, conforme Figura 6.

Figura 6. Tela para anexar arquivos



Fonte: Astrein (2016).

#### 4.8 Inclusões de OSs diretamente no dispositivo móvel

Em ambiente não digital, a abertura de uma ordem de serviço se dá por uma solicitação via anotações ou rascunhos ou até mesmo via software. Posteriormente esta solicitação será analisada pelo planejador de manutenção gerando uma ordem de serviço. Na tecnologia mobile este procedimento acontece em tempo real, utilizando-se o próprio dispositivo para gerar a ordem de serviço. A figura 7 demonstra exemplo de tela de abertura de solicitação de manutenção.

Figura 7. Tela Solicitação de Serviços



Fonte. Engeman (2015)

#### 4.9 Alertas de novas OSs geradas para o dispositivo móvel

As solicitações de serviço de manutenção ou chamados são gerados pelo cliente ou pelo planejamento da manutenção, sendo analisados e enviados aos líderes, supervisores, ou coordenadores, por meio de documento impresso ou e-mail. O fluxo dessas informações pode gerar problemas para a realização do serviço solicitado, como duplicidades de OSs, quando a execução da manutenção e a gestão de planejamento não são centralizadas. Com a tecnologia mobile, o processo é feito de forma mais eficaz, possibilitando ao programador remeter a solicitação de serviço diretamente para o executante, permitindo também acesso estendido a todos os envolvidos na execução da atividade.

#### 4.10 Funcionamento em modo online e off-line

A utilização dos módulos portáteis pode se dar nos modos online e off-line. Online - os dados já são remetidos ao servidor e ficam disponíveis no software de manutenção imediatamente. Off-line - os dados ficam armazenados no próprio dispositivo mobile, sendo posteriormente sincronizados e enviados ao sistema quando houver uma conexão disponível.

#### 4.11 Personalizações na tecnologia mobile

Há opções de personalização dos softwares de manutenção com aplicação por meio de dispositivos mobile, assim o layout de ícones pode ser alterado conforme gosto e necessidades dos usuários, possibilitando alterações nas configurações básicas, dentre elas, o idioma do sistema. A figura 8 apresenta exemplos de personalização de idiomas do aplicativo.

Figura 8. Configuração de idiomas



Fonte: Engeman (2016).

### 5. Vantagens em relação aos controles manuais

A tecnologia mobile apresenta vantagens sobre os controles manuais.

Possibilita maior rastreabilidade das informações, uma vez que as informações e registro histórico das atividades de manutenção são inseridos no sistema em tempo real, garantindo-se cumprir diversas normas e indicadores que o setor de manutenção precisa seguir.

Propicia a reduzir a burocracia quando da distribuição das atividades, melhorando o



indicador de tempo médio de reparo (TMR), aumentando a disponibilidade dos ativos da empresa, e tornando ágil a circulação de informações, pois após a seleção das ordens de serviço envia-se a mesma diretamente para os dispositivos portáteis sem a necessidade de passar pela coordenação e supervisão da execução dos grupos de manutenção.

O aplicativo do módulo de estoque para almoxarifado na tecnologia mobile melhora a eficiência na retirada e controle de peças. Através de suas câmaras digitais, os dispositivos móveis têm o recuso de leitor de códigos de barras, possibilitando retirar de material do almoxarifado, registrando diretamente pelos dispositivos sem necessidade de preenchimentos manuais das solicitações de materiais, aprimorando a rastreabilidade das informações e tornando simples a realização dos inventários. A figura 9 ilustra a aplicação do leitor de código de barras.

Figura 9. Módulo de almoxarifado / Código de barras



Fonte: Astrein (2016)

A preocupação com o desenvolvimento sustentável tem crescido no setor industrial, assim como em vários outros setores da economia, com a conscientização sobre os impactos ao meio ambiente (ACSELRAD, 1999; BARBIERI et al., 2010). A sustentabilidade está apoiada no desenvolvimento econômico, que possa respeitar o meio ambiente, e gerar o desenvolvimento social (Elkington, 2004). A tecnologia mobile com os dispositivos móveis é uma solução que possibilita minimizar do uso de documentos impressos, reduzindo o impacto ao meio ambiente.

## **6. Processo de implantação**

O processo de implantação da tecnologia mobile requer atenção, pois a introdução de novo método de trabalho traz a quebra de paradigmas já estabelecidos, portanto este processo deve ser feito de forma cuidadosa, para que uma possibilidade de melhoria não gere transtornos ou até inviabilize a sua implantação. A mudança de cultura possivelmente provoque reações de resistência na equipe envolvida, assim é preciso sensibilizar a equipe para as vantagens que este novo modelo de trabalho vai proporcionar.

Não é incomum na composição da equipe de colaboradores do setor de manutenção haver colaboradores antigos na empresa que venham a entender o uso da tecnologia mobile na manutenção como forma de redução do quadro de funcionários, e por consequência o medo do desemprego pode se tornar uma séria barreira a se transposta. Sugerem-se os passos abaixo, para a implantação da tecnologia mobile, de forma que seja minimizado o efeito negativo relacionado à rotina de trabalho da equipe como um todo.

### **6.1 Projeto piloto**

Recomenda-se no desenvolvimento da implantação, a utilização de um projeto piloto. Separa-se uma parte da linha de produção, equipamento ou processo para ali ser implantada em escala piloto à ferramenta mobile, possibilitando realizar comparativos de produtividade e mensurar indicadores de disponibilidade e desempenho.

O projeto piloto também pode ser iniciado anteriormente aos demais departamentos da empresa pelo almoxarifado, este setor tem muita movimentação de funcionários da manutenção em geral, assim, o uso desses controles acaba despertando a curiosidade da equipe. Utilizando-se a ferramenta inicialmente na rotina diária de entrada, saída de materiais e gestão do inventário, a facilidade de seu uso passa a despertar o interesse e tornar o almoxarifado um exemplo a ser seguido pelos membros das equipes de manutenção.

Sugere-se usar colaboradores chave, ou seja, funcionários que se destacam dentro do setor e demonstram certa facilidade de adaptação a novas tendências e tecnologias. Isso possibilitará mostrar para o restante da equipe a facilidade da utilização do software. Recomenda-se que essa fase dure um limitado espaço de tempo, a ser usada como uma demonstração do potencial da ferramenta mobile, evitando-se assim possíveis conflitos dentro da própria equipe, ou entre equipes.

Os gestores precisam ter cuidado especial, quando a mudança iniciar em sua totalidade, para que as equipes não se percam utilizando os outros programas presentes nos celulares ou tablets. Sugere-se ao gestor o monitoramento das atividades e desempenho individual dos

membros das equipes.

Para tentar minimizar os problemas de segurança, dado toda troca de informação ser feita via Internet, o software tem acesso controlado por senha, assim qualquer alteração ou simples ingresso no sistema só pode se dar por pessoal devidamente cadastrado e autorizado, procurando-se reduzir assim possíveis acessos indevidos ou manipulações de dados. A figura 10 apresenta a tela com o pedido de confirmação de senha do usuário, visando aumentar a segurança do sistema.

Figura 10. Acesso de usuários



Fonte: Astrein (2016)

## 6.2 Treinamento

É crucial o investimento em tempo inicial de treinamento dos usuários e/ou executantes, quando será possível identificar os colaboradores que possuem mais facilidade em absorver essa melhoria, e verificar os possíveis problemas de funcionamento do sistema quando de sua implantação. É importante que as equipes sejam treinadas, para garantir uma melhor assimilação dessa nova forma, além de disseminar a utilização do software. Os fabricantes ministram os treinamentos de homologação e uso geral do sistema, e na maioria dos casos está incluído no pacote de aquisição da ferramenta (CORREIA; RIBEIRO; CIUCCIO, 2015). O receio de utilização da tecnologia mobile para o gerenciamento da manutenção é suprimido com o seu uso de forma regular. Tem-se observado a valorização da mão de obra que a utiliza (SOUSA et al., 2016), por estar alinhada à tendência da digitalização de tarefas, modernizando e facilitando das suas atividades, propiciando continua melhoria dos indicadores de manutenção e por consequência os de produção, importante ferramenta para

a gestão de manutenção industrial em transição para a Indústria 4.0.

## **7. Conclusão**

A indústria 4.0 é caracterizada pela digitalização e integração em grau crescente entre produtos e processos produtivos, cadeia de suprimentos e principais *stakeholders*, propiciada pelo uso da Internet como meio de troca de informações, quando uns números ilimitados de dispositivos podem ser conectados, compartilhando informações.

O uso da tecnologia mobile para a gestão e controle da manutenção industrial alinha-se a este novo paradigma de produção, onde dispositivos móveis, tais como: Palm, Pocket PC, Smartphones e Tablets, utilizam softwares que possibilitam minimizar o tempo dedicado às tarefas burocráticas e/ou que não acrescentam valor às atividades de manutenção, ao mesmo tempo em que reduz custos despendidos com controles manuais e uso intensivo de papel, colaborando para a sustentabilidade.

A tecnologia mobile possibilita melhor rastreabilidade, registro das informações, e até a melhor instrumentação do profissional de manutenção para a execução das suas atividades, pela possibilidade de incorporar fotos e filmes da execução das tarefas, além da rápida disseminação das informações entre os membros das equipes de manutenção. Com isto a tecnologia mobile propicia aumento da produtividade e maior disponibilidade dos ativos da empresa para a operação, em alinhamento com o paradigma da Indústria 4.0.

A inserção da tecnologia mobile para a gestão da manutenção é vista de maneira positiva, pelas melhorias advindas, trazendo qualidade, confiabilidade e agilidade para as intervenções da manutenção, um importante passo para a inserção das empresas na Indústria 4.0.

Geram preocupações a segurança de dados, por ser uma tecnologia apoiada na web, precisando ser melhorada para dar maior confiabilidade; o uso indevido dos celulares e tablets pelos funcionários para fins particulares, e a resistência à sua implantação.

Sugere-se que futuras implantações da tecnologia mobile possam utilizar este estudo por base, gerando futuros trabalhos acadêmicos complementando esta pesquisa e trazendo novos conhecimentos ao meio acadêmico e empresarial.

## **Agradecimentos**

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), fundação do Ministério da Educação (MEC), pela bolsa que propiciou esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ARENA 4G. **Qual sistema operacional mais inovou em 2015? [ENQUETE]**. Disponível em: <<https://arena4g.com/qual-sistema-operacional-mais-inovou-em-2015-enquete/>>. Acesso em 27 abr. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS – ABRAMAN. **Congresso Brasileiro de Manutenção e Gestão de Ativos**. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/sidebar/congresso/cbm:>> Acesso em 16 abr. 2017.
- ACSELRAD, Henri. Discursos da sustentabilidade urbana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 1, n. 1, p. 79-90, 1999.
- ASTREIN. **ILP-Mobile**. Disponível em: <<http://www.astrein.com.br/solucoes/gestao-de-ativos/ilp-mobile>>. Acesso em: 13 mai. 2016.
- BARBIERI, José Carlos et al. Inovação E Sustentabilidade: Novos Modelos e Proposições/Innovation And Sustainability: New Models And Propositions/Innovación Y Sostenibilidad: Nuevos Modelos Y Propositiones. **Revista de Administração de Empresas**, v. 50, n. 2, p. 146, 2010.
- CHOI, S. S., KANG, G., JUNG, K., KULVATUNYOU, B., MORRIS, K.C.: Applications of the factory design and improvement reference activity model. In: I. A. Nääs et al. (Eds.) **IFIP 2016: APMS 2016** (2016).
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Desafios para indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016.
- COLTRO, Alex. A gestão da qualidade total e suas influências na competitividade empresarial. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 1, n. 2, p. 1-7, 1996.
- CORREIA, Adriano José; RIBEIRO, Gilvan Alves; CIUCCIO, Ricardo Luiz. O desafio para a implantação de sistemas de controle mobile na manutenção industrial. In: **XXX Congresso Brasileiro de Manutenção e Gestão de Ativos – Expoman 2015**. Campinas, SP, 2015.
- DE MORAIS, Roberto Ramos; MONTEIRO, Rogério. A indústria 4.0 e o impacto na área de operações: Um ensaio. In: V SINGEP – **Simpósio de Gestão De Projetos, Inovação e Sustentabilidade**. São Paulo, 2016.
- Elkington, J.: Enter the Triple Bottom Line. In: Henriques, A. and Richardson J. (Org.). **The Triple Bottom Line, Does it All Add up? Assessing the Sustainability of Business and CSR**. Earthscan, Londres, 1–16, 2004.

ENGEMAN. **O Sistema de Manutenção Mais Flexível do Brasil**. Disponível em:  
< <http://www.engeman.com.br>>. Acesso em: 13 mai. 2016.

EUROPEAN PARLIAMENT. **Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth**. Setembro de 2015. Disponível em: <[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS\\_BRI\(2015\)568337\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf)>. Acesso em: 14 abr. 2016.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – FIRJAN. Panorama da inovação – Indústria 4.0. **Cadernos SENAI de Inovação**. Rio de Janeiro: 2016.

HERMANN, M; PENTEK, T; OTTO, B. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review**. 2015. Disponível em: <[http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4\\_0-Scenarios.pdf](http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf)>. Acesso em: 14 abr. 2016.

KAGERMANN, H., WAHLSTER, H., HELBIG, J. Securing the future of German manufacturing industry: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 - Final Report of the Industrie 4.0 working group. **Acatech – National Academy of Science and Engineering**, 1-82 (2013).

MARTINS, G. A; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MENDES, Rafael B.; SAMPAIO, Renelson Ribeiro. Internet das coisas e physical web aplicados a plataformas multilaterais físicas. In: **Workshop de Gestão, Tecnologia Industrial e Modelagem Computacional**. 2016.

PINTO, João Paulo. **Manutenção Lean**. Lisboa: 2013.

SELLITTO, Miguel Afonso. Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos. **Revista Produção**, v. 15, n. 1, p. 44-59, 2005.

SOUSA, Saymon Ricardo de Oliveira; AGOSTINO, Ícaro Romolo Sousa; DAHER Ricardo Oliveira; CUTRIM; Rialberth Matos; MELO JR; José Samuel de Miranda. A implantação de um sistema de informações para o monitoramento e análise de falhas: Um estudo aplicado ao processo de manutenção industrial de equipamentos móveis. **Revista Espacios**, v. 37 (23), p. 21, 2016. SOUZA, Valdir Cardoso de

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho foi desenvolvido em formato de Artigos acadêmicos, estando eles alinhados aos objetivos gerais e específicos apresentados no Capítulo 1.

Este capítulo refere-se à apresentação das informações apresentadas durante o desenvolvimento deste estudo e aos pontos de relevância para a conclusão do tema proposto, que se verificou por meio dos resultados apresentados pela utilização do software Atlas.ti, que é válido o argumento de que sistemas mobile são um ponto na transição do contexto atual da manutenção para o modelo da Indústria 4.0.

### 4.1 Conclusão geral

O primeiro Artigo verificou que a manutenção é uma atividade estratégica na organização industrial. A manutenção em seu departamento de planejamento e controle da manutenção, o PCM, que é a imediata necessidade de melhorias na indústria, também passa por este departamento, pois sua participação por meio de funções tem relativa importância no contexto do desenvolvimento industrial.

Assim como a indústria passou historicamente por evoluções até a recém-chegada da sua quarta geração, a manutenção também evoluiu, tanto acompanhando quanto propiciando o cenário atual proposto pela Indústria 4.0. Entende-se que, hoje, a função manutenção e a gestão de ativos encontra-se no desafio de adequar-se à realidade da Indústria 4.0 e, portanto, também avança para esta quarta geração, já que podemos, então, dizer que a manutenção está em transição da terceira para quarta geração.

Verificou-se neste primeiro artigo o que muda no PCM com a Indústria 4.0 e, desta forma, verificou-se que as mudanças que chegarão ao setor de planejamento e controle de manutenção (PCM) podem ser resumidas em quatro tópicos: i) Total previsão de falhas, ii) Elevação da produtividade da manutenção, iii) Redução dos custos de manutenção e iv) Desenvolvimento técnico da equipe.

A pesquisa apontou que, diante da estrutura da Indústria 4.0, a manutenção passará por uma elevação de produtividade, visto que a implantação de técnicas nascidas na Indústria 4.0 propiciam redução de tempo improdutivo. Um exemplo que já é verificado e que corrobora com as análises desta pesquisa é a utilização de realidade aumentada e a visão artificial para treinamento de novas instruções de trabalho, importantes nas ações de equalização técnica em equipes de manutenção.

O estudo permitiu verificar que, com elementos da Indústria 4.0, o setor de manutenção tem oportunidades de redução de custos em suas operações, como: eliminação de boa parte do estoque de peças de reposição por meio da manufatura aditiva; eliminação de boa parte do estoque de peças de reposição por meio da total previsão de falhas, comprando peças de reposição apenas de acordo com a necessidade.

Com uma pesquisa documental, com uma investigação dedutiva e com uma análise de dados qualitativos através do software Atlas. Ti, foram elencadas unidades hermenêuticas e reuniram-se estudos nas seguintes áreas: planejamento e controle da manutenção e softwares ERP para gestão da manutenção e Indústria 4.0 (com foco em manutenção). Foi realizada uma análise e comparados as famílias de termos e o entrelaçamento deles, utilizando códigos que representam as seguintes citações ou palavras-chave: ERP, Gestão da Manutenção, Indústria 4.0, Manutenção, PCM, Planejamento e Controle da Manutenção, Software de Gestão da Manutenção e Mobile.

Os dados obtidos no entrelaçamento dos códigos com as unidades hermenêuticas evidenciaram a tendência na utilização dos softwares ERP com módulo mobile como evidência de transformação do modelo tradicional de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) para o cenário da Indústria 4.0. O software Atlas.ti gerou um relatório demonstrando maior número de convergências para o código “mobile”, sendo este com maior número de convergências entre os códigos relacionados.

Ao concluir a pesquisa do primeiro artigo, verificou-se que interfaces dos sistemas ERP com utilização de módulos mobile permitem imediato relatório e diagnóstico capazes de fornecer ao técnico a informação no contexto e no momento exatos para a ação imediata. A manutenção no contexto da Indústria 4.0 se beneficia diretamente das vantagens deste novo contexto industrial, que permite alertar as pessoas nos momentos adequados, coordenando necessidades produtivas com necessidades humanas, além disso, interliga os mais diversos departamentos ao oferecer soluções muito mais vantajosas e benéficas ao nível de eficiência.

Este primeiro Artigo é uma aproximação inicial ao tema manutenção na Indústria 4.0, dado que a abordagem em termos acadêmicos é ainda bastante escassa nas bases de dados.

O segundo Artigo apresentou um estudo de caso, no qual foi verificado *in loco* a implantação do sistema mobile em uma indústria farmacêutica na cidade de Guarulhos (SP). A proposta do trabalho foi apresentar uma pesquisa empírica ao acompanhar os passos da implantação do projeto piloto.

O estudo de caso verificou os módulos de controles portáteis chamados de dispositivos mobile e apresentou os requisitos técnicos para implantação, características e funcionamento,



coleta de dados no planejamento e controle da manutenção, além de detalhes de como é a utilização e a operação do sistema, ou seja, abertura, fechamento e encerramento de ordens de serviço via mobile, adição de anexos, como imagens, vídeos e arquivos nas mais diversas extensões, por exemplo, planilhas e textos.

O estudo apresentou também as possibilidades de personalização que o sistema pode ter, razão pela qual ter sido utilizado um software adquirido de uma empresa nacional desenvolvedora desta tecnologia e que apresentou, nesta ocasião, a possibilidade de adequar o sistema, delimitando as necessidades da companhia.

Esta observação no segundo Artigo apresentou as vantagens do sistema mobile em relação aos controles manuais de rotina da empresa assistida. Os resultados foram: maior rastreabilidade das informações, uma vez que informações e registro histórico das atividades de manutenção são inseridos no sistema em tempo real, e quando as informações são inseridas imediatamente no sistema, a tratativa delas pelo departamento de planejamento e controle da manutenção é imediatamente antecipada. Isso possibilitou melhorar os indicadores de desempenho atribuídos ao setor de manutenção, como, por exemplo, o indicador de tempo médio de reparo (TMR), pois a implantação do sistema mobile também permitiu a redução da burocracia quanto à distribuição das atividades; o aumento da disponibilidade dos ativos da empresa, agilizando a circulação de informações, visto que, após a seleção das ordens de serviço, envia-se a mesma diretamente para os dispositivos portáteis sem a necessidade de passar pela coordenação e pela supervisão da execução dos grupos de manutenção.

A implantação do sistema mobile também se tonou um projeto sustentável. Com a redução da utilização de documentos impressos como ordens de serviços, diminuiu-se a utilização de papel e, conseqüentemente, o impacto ao meio ambiente.

Observou-se neste estudo de caso que o projeto estabeleceu uma quebra de paradigmas estabelecidos, pois a equipe de manutenção na empresa analisada contava em seu time com profissionais que não detinham expertise quanto ao uso das tecnologias digitais, o que proporcionou oportunidade também de crescimento para aqueles que de bom grado aderiram ao projeto, bem como também se estabeleceu o desafio aos gestores do time de manutenção em readequar aqueles que se apresentaram relutantes a ele.

Ao concluir a pesquisa do segundo Artigo, percebeu-se a necessidade de buscar mais informações acerca do contexto de implantação de sistemas com tecnologia de última geração, como a extensão mobile do software ERP na manutenção, no entanto, ficou demonstrada a eficácia deste sistema e que sua utilização agrega muitas vantagens ao setor de manutenção.

Considerando a estrutura proposta da Indústria 4.0, os sistemas ERP com extensão mobile têm se apresentado como um elemento de ligação entre o físico e o digital. Este é ponto em que o encarregado pela manutenção interage com a máquina, recebendo sinais de desempenho e estado. Estes sistemas admitem agilidade e maior flexibilidade na tomada de decisão, permitindo que as informações estratégicas e correlacionadas aos demais setores da empresa aconteçam de forma imediata e assertiva.

Concluiu-se que o sistema mobile é um elemento de transição do atual modelo da manutenção para o modelo proposto na Indústria 4.0, eles estão na estrutura dos elementos estruturantes deste modelo. Como sistemas ciberfísicos apoiados em computação em nuvem e tecnologia IoT, o controle mobile é peça fundamental e necessária para que o setor de manutenção e gestão de ativos possa estar alinhado aos princípios da Indústria 4.0 e pode-se dizer que a indústria que tem esta tecnologia em sua estrutura está em vias de transição para o novo paradigma da quarta geração industrial.

O presente trabalho apresentou contribuições ao comprovar que os softwares ERP com extensão mobile são um ponto de transição do atual modelo para o modelo proposto na Indústria 4.0 para as operações da manutenção e gestão de ativos. Fica evidente que esta evolução acontece tão rápido que a percepção do fato da utilização de dispositivos móveis no controle industrial pode passar despercebida para alguns que já estão habituados ao uso intenso de dispositivos móveis, como os *smartphones* em quase todas as atividades do cotidiano. Cabe ressaltar que, mesmo diante desse fenômeno, ainda é uma situação de quebra de paradigma dentro das equipes de manutenção, pois ainda temos na indústria brasileira um perfil de profissional de manutenção muito resistente a mudanças e ainda agarrado aos velhos paradigmas, o que torna um desafio todas estas transições que estão acontecendo com o advento da Indústria 4.0.

Um ponto evidente na pesquisa foi que a utilização de dispositivos móveis com acesso ao software ERP é um fato possível devido à evolução dos sensores para uma geração inteligente apoiada no protocolo de comunicação IO-Link. Tal tecnologia no contexto da Indústria 4.0 projeta a manutenção para um patamar onde a manutenção preditiva, ou manutenção proativa, se destaca de maneira que possa surgir a hipótese de que não há como operar uma unidade industrial dentro dos conceitos da Indústria 4.0 sem este tipo de manutenção, dado que a conectividade proporciona monitoramento, e o monitoramento promove predição, e a predição gera ações antecipadas ao promover aumento de confiabilidade e disponibilidade dos ativos industriais.

Ao concluir a pesquisa, espera-se que esta dissertação, através dos estudos

desenvolvidos e das informações oferecidas, seja uma referência para futuros trabalhos, beneficiando a academia, como a indústria. O tema da Indústria 4.0 está no limiar e na vanguarda do desenvolvimento científico, assim, é salutar dizer que o modelo da Indústria 4.0 pode alavancar os progressos econômicos e sociais das organizações brasileiras, indispensáveis à geração de empregos e à melhoria da coesão social em nosso país.

## **4.2 Recomendações para trabalhos futuros**

Como futuros trabalhos, pretende-se: i) Aprofundar o estudo do protocolo IO-Link no Brasil, pois, segundo especialistas do setor, o país ainda não detém suficiência nesta tecnologia; ii) Aprofundar o estudo sobre as aplicações mobile na manutenção sob o aspecto das empresas nacionais que desenvolvem esta tecnologia ao realizar estudo de multicasos e verificar companhias nacionais que estão desenvolvendo-a.

## REFERÊNCIAS

ACCENTURE GE. Industrial Internet Insights Report for 2015. Disponível em: <[https://www.accenture.com/ch-en/\\_acnmedia/Accenture/next-gen/reassembling-industry/pdf/Accenture-Industrial-Internet-Changing-Competitive-Landscape-Industries.pdf](https://www.accenture.com/ch-en/_acnmedia/Accenture/next-gen/reassembling-industry/pdf/Accenture-Industrial-Internet-Changing-Competitive-Landscape-Industries.pdf)>.

Acesso em: 17 jul. de 2018.

A Voz da Indústria. 2017. Disponível em: <https://avozdaindustria.com.br/uso-de-impressao-3d-na-industria/>. Acesso em: 12 mai. 2017.

BLANCHARD, B. **Logistics engineering and management**. 6th ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 2003.

CENTRALSERVER. O que é e como funciona o cloud computing? 2017. Disponível em: <<https://www.centralserver.com.br/blog/o-que-e-e-como-funciona-o-cloud-computing/>>.

Acesso em: 07 fev. 2018.

CHOI, S. S., KANG, G., JUNG, K., KULVATUNYOU, B., MORRIS, K. C.: Applications of the factory design and improvement reference activity model. In: I. A. Nääs et al. (Eds.) IFIP 2016: APMS 2016 (2016).

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Desafios para indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016.

COLANGELO, L. F. **Implantação de Sistemas ERP** (Enterprise Resources Planning): Um enfoque de longo prazo. 1ª. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção. MRP II / ERP: Conceitos, Usos e Implantação**. 5ª. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

DE MORAIS, Roberto Ramos; MONTEIRO, Rogério. **A indústria 4.0 e o impacto na área de operações**: Um ensaio. In: V SINGEP – Simpósio de Gestão De Projetos, Inovação e Sustentabilidade. São Paulo, 2016.

FERNANDES, S. D. G. Desenvolvimento e implementação de um sistema integrado para linhas de produção. 2015. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/36891>>. Acesso em: 23 nov. 2015.

FORRESTER RESEARCH INC. The Forrester Wave™: Big Data Predictive Analytics Solutions, Q1 2013. Disponível em: <http://www.datamanager.it/sites/default/files/docs/1-KWYFVB.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2017.

FRANCHI, C. M. **Controladores lógicos programáveis**, 2. ed., São Paulo: Érica, 2009.

FRIESE S. **Qualitative data analysis with ATLAS.ti**. 2ª ed. London (UK): Sage; 2014.

GARTNER. From the Gartner IT glossary: what is big data? 2016. Disponível em: <<https://research.gartner.com/definition-what-is-big-data?resId=3002918&srcId=1-8163325102>>. Acesso em: 08 mai. 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HELLINGER, A.; SEEGER, H. Cyber-Physical Systems - Driving force for innovation in mobility, health, energy and production. Acatech Position Paper, National Academy of Science and Engineering, n. December, p. 48, 2011.

IFM. Do sensor ao ERP. Disponível em: <https://www.ifm.com/br/pt/shared/technologien/schwingungsuberwachung/vom-sensor-bis-ins-erp/do-sensor-ao-erp>.> Acesso em 13 out. 2018

JUNIOR, S. L. **Internet da Coisas: fundamentos e aplicações em arduino e NodeMCU**. São Paulo: Saraiva, 2018.

KAGERMANN, H.; LUKAS, W.; WAHLSTER, W. Industrie 4.0: mit dem internet der dinge auf dem weg zur 4. Industriellen revolution. VDI nachrichten, Berlin, n. 13, abr. 2011.

KAGERMANN, Henning; WAHLSTER, Wolfgang; HELBIG, Johannes (Ed.). Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0: final report of the industrie 4.0 working group. [S.l.]: Forschungsunion; Acatec, 2013. Disponível em:

<[http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Material\\_fuer\\_Sonderseiten/Industrie\\_4.0/Final\\_report\\_\\_Industrie\\_4.0\\_accessible.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf)>.

Acesso em: 12 set. 2017.

KARDEC, A. NASCIF. J. **Manutenção Preditiva: fator de sucesso na gestão empresarial**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

LEÃO, T. Indústria 4.0: o que é e quais são as novidades. Disponível em: Blog Industrial Nomus (2018): <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/industria-4/>. Acesso em: 21 set. 2018.

LEUZE ELETRONIC. Por que usar o protocolo io-link em sensores? Veja mais! (2018). Disponível em: blog.leuze.com.br: <https://blog.leuze.com.br/por-que-usar-o-protocolo-io-link-em-sensores-veja-mais/>. Acesso em: 04 de jun. 2018.

McKINSEY GLOBAL INSTITUTE. *The internet of things: mapping the value beyond the hype: Executive Summary*. New York: McKinsey & Company, 2015. Disponível em: <[https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/The%20internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking\\_the\\_potential\\_of\\_the\\_internet\\_of\\_Things\\_Executive\\_summary.ashx](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/The%20internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking_the_potential_of_the_internet_of_Things_Executive_summary.ashx)>. Acesso em: 08 maios de 2018.

MARTINS, P. G. **Administração da Produção**. Edição: 3a ed. [S.l.]: Saraiva, 2015.

MARTINS, P. G. **Administração da Produção - Serie Fácil**. Edição: 1a ed. São Paulo, SP: Saraiva, 2012.

MILREU, F. J. S. *et al.* **Determinant Factors of the Production and Planning Control Environment Designed for Enterprise Networks: The Results for A Business Unit of Brazilian ENTERPRISE**. [S.d.]. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ICIEOM2013\\_BSA\\_172\\_989\\_21329.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ICIEOM2013_BSA_172_989_21329.pdf)>. Acesso em: 22 nov. 2015.

NEUMANN, C. **Projeto de Fábrica e Layout**. Edição: 1a ed. [S.l.]: Elsevier, 2015.

NASCIF, J. DORIGO, L.C. **Manutenção orientada para resultados**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

OLIVEIRA, D. DE P. R. DE. **Manual de Consultoria Empresarial**. Conceitos, Metodologia e Práticas. [S.l.]: Atlas, 2015.

PARKER BRAZIL TEAM. Caminho Conectado para Produtividade. Disponível em: <<http://blog.parker.com: http://blog.parker.com/br/parker-brazil-team>>. Acesso em: 02 set. 2018.

RESEARCH, A. Mobile Service Providers 2013. Disponível em: <<https://www.abiresearch.com/market-research/mobile-service-providers>>. Acesso em: 04 mai. 2017.

SALESFORCE. *O que é cloud computing?* Entenda a sua definição e importância, 2017. Disponível em: <<https://www.salesforce.com/br/blog/2016/02/o-que-e-cloud-computing.html>>. Acesso em: 03 fev. 2018.

SALESFORCE. Entenda os principais conceitos e o que é Inteligência Artificial, 2016. Disponível em: <https://www.salesforce.com/br/products/einstein/ai-deep-dive/>. Acesso em: 12 mar. 2018.

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. Operations management – 6th ed. 2010.

SICK. Interconexão e digitalização na fábrica interconectada do futuro. Disponível em: <https://www.sick.com/br/pt/interconexao-e-digitalizacao-da-producao/w/industry40-connectivity/>. Acesso em: 12 jun. 2018.

SOMMER, L. Industrial revolution – Industry 4.0: are German Manufacturing SMEs the first victims of this revolution? *Journal of Industrial Engineering and Management – IEM*, v. 8, n. 5, p. 1512-1532, 2015.

SOUZA, V. C. de. **Organização e gerência de manutenção**. São Paulo: All Print, 2009.

SOUZA, V. C. **Organização e gerenciamento da manutenção: programação e controle de manutenção**. 4<sup>a</sup>. Ed. – São Paulo: All Printe Editora. 2011.

THOMAZINI, Daniel. ALBUQUERQUE, Pedro U. B. **Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações**. 5<sup>a</sup> ed. São Paulo: Érica, 2005.

VDE-DKE. The German Standardization Roadmap Industrie 4.0. Vde Association for Electrical, Electronic & Information Technologies, v. 0, p. 1–60, 2014.

VIANA, H. R. G. **PCM, planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2002.

YIN, R. **Estudo de Caso**. Edição: 5<sup>a</sup> ed. [S.l.]: Bookman, 2015.