



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

MATHEUS VASCONCELOS VIANNA

**MANUTENÇÃO PROFISSIONAL UTILIZANDO TÉCNOLOGIAS DA INDÚSTRIA
4.0 NA METODOLOGIA WORLD CLASS MANUFACTURING: um estudo de
caso em uma fábrica de baterias**

Recife
2021

MATHEUS VASCONCELOS VIANNA

**MANUTENÇÃO PROFISSIONAL UTILIZANDO TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA
4.0 NA METODOLOGIA WORLD CLASS MANUFACTURING: um estudo de
caso em uma fábrica de baterias**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Justo Emílio Alvarez Jácomo.

Recife

2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária Sandra Maria Neri Santiago, CRB-4 / 1267

V617m Vianna, Matheus Vasconcelos.
Manutenção profissional utilizando tecnologias da indústria 4.0 na metodologia world class manufacturing: um estudo de caso em uma fábrica de baterias / Matheus Vasconcelos Vianna. – 2021.
67 f.: il., figs.

Orientador: Prof. Dr. Justo Emílio Alvarez Jacobo.
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Departamento de Engenharia Mecânica. Recife, 2021.
Inclui referências e anexos.

1. Engenharia mecânica. 2. Indústria 4.0. 3. Engenharia de manutenção. 4. WCM. I. Jacobo, Justo Emílio Alvarez (Orientador). II. Título.

UFPE

621 CDD (22. ed.)

BCTG/2022-410

MATHEUS VASCONCELOS VIANNA

**MANUTENÇÃO PROFISSIONAL UTILIZANDO TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA
4.0 NA METODOLOGIA WORLD CLASS MANUFACTURING: um estudo de
caso em uma fábrica de baterias**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em: 13/12/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Justo Emílio Alvarez Jácomo (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Dayse Cavalcanti de Lemos Duarte (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Luiz Adeildo da Silva Júnior (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

A priore, agradeço a Deus pelo dom da sabedoria e pela minha saúde, também agradeço à minha família, em especial meus pais, e minha irmã, por me propiciar a oportunidade de seguir minha carreira profissional e me apoiar de forma incessável para que eu pudesse alcançar meus objetivos.

Agradeço também aos meus amigos da UFPE, que me auxiliaram ao longo da minha trajetória acadêmica. Obrigado por todo o suporte no início da graduação, pelas horas dedicadas aos estudos, pelos conselhos e palavras de força e encorajamento. Não sei que caminhos a vida nos reserva, se teremos o prazer da vivência novamente, no entanto, o que recebi de cada um levarei comigo.

Agradeço também aos meus colegas de trabalho do Grupo Moura, em especial ao meu primeiro gestor, Igor Rocha, que me deu a oportunidade de ingressar numa indústria de grande porte e aplicar meus conhecimentos da graduação, de forma sistemática e com foco nos resultados e metas da empresa.

Por fim, agradeço também aos meus professores da UFPE, que desde do início da graduação, na Área II, depois no CTG, me apoiaram e me capacitaram para o mercado de trabalho e para toda a minha trajetória profissional.

RESUMO

A temática de indústria 4.0 é cada vez mais recorrente no ambiente industrial, isso ocorre devido ao aumento gradual da integração entre humanos, *interfaces* digitais, e máquinas. Para alavancar os resultados, muitas indústrias de grande porte utilizam a metodologia de Manufatura de classe mundial (WCM), buscando eliminar custos e reduzir desperdícios. Esse trabalho apresenta um estudo de caso em uma indústria de baterias, que objetiva a aplicação da metodologia do WCM no pilar de manutenção profissional, onde são inseridos os conceitos das ferramentas da indústria 4.0, desenvolvendo um aplicativo móvel, e um *dashboard* utilizando uma ferramenta de inteligência dos negócios. Como estruturação da metodologia do trabalho, são desenvolvidas as etapas do WCM em uma linha piloto (definida pela maior perda fabril), desde da fase reativa (condição básica), passando pela preventiva, até chegar na etapa proativa, onde são enfatizados os ganhos com automatização de processos e implementação da indústria 4.0. Como resultado da implementação do app, houve melhoria no gerenciamento da manutenção profissional, e da gestão de itens críticos, além da redução de quebras por manutenção, aumentando assim a produtividade da linha piloto. Podemos considerar finalmente que o trabalho atingiu seu objetivo de aplicar os conceitos de indústria 4.0 e WCM de forma metodológica, com um desenvolvimento de app de gestão da manutenção prático e usual ao chão de fábrica, abrindo também um leque de possibilidades para desenvolver outros trabalhos na área.

Palavras-chave: indústria 4.0; engenharia de manutenção; WCM.

ABSTRACT

The theme of industry 4.0 is increasingly recurrent in the industrial environment, this is due to the gradual increase in the integration between humans, digital interfaces, and machines. To leverage results, many large industries use the World Class Manufacturing (WCM) methodology, seeking to eliminate costs and reduce waste. This work presents a case study in the battery industry, which aims to apply the WCM methodology in the professional maintenance pillar, where the concepts of industry 4.0 tools are inserted, developing a mobile application, and a dashboard using a tool of business intelligence. As a structuring of the work methodology, the WCM stages are developed in a pilot line (defined by the highest manufacturing loss), from the reactive phase (basic condition), through the preventive phase, until reaching the proactive stage, where the gains with process automation and implementation of industry 4.0. As a result of implementing the app, there was an improvement in the management of professional maintenance and the management of critical items, in addition to a reduction in maintenance breaks, thus increasing the productivity of the pilot line. We can finally consider that the work achieved its objective of applying the concepts of industry 4.0 and WCM in a methodological way, with a practical and usual maintenance management app development on the factory floor, also opening a range of possibilities to develop other works.

Keywords: industry 4.0; maintenance engineering; WCM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da manutenção ao longo das revoluções industriais	12
Figura 2 - Percentual de empresas que tem conhecimento na temática de indústria 4.0	13
Figura 3 - Amostragem de empresas que adotaram ferramentas da indústria 4.0 ...	13
Figura 4 - Acompanhamento de ritmo de mercado	14
Figura 5 - Grau de importância sobre o tema de indústria 4.0	14
Figura 6 - Exemplo de painel para visualização de dados.....	15
Figura 7 - Desdobramento de custos anuais por setor da fábrica.....	16
Figura 8 - Tipos de perda no setor de placas	17
Figura 9 - Estratificação das perdas envolvendo paradas de equipamento no setor de placas.....	17
Figura 10 - Steps, do pilar PM, no gerenciamento da manutenção	18
Figura 11 - Hierarquia dos tipos de manutenção	22
Figura 12 - Comparativo de custos de manutenção por tipo	23
Figura 13 - – Esquerda - Análise termográfica, Direita - Análise de vibração em motor elétrico.....	25
Figura 14 - Interconectividade de ferramentas no chão de fábrica	27
Figura 15 - Ciclo da indústria 4.0.....	28
Figura 16 - Pilares técnicos do WCM	30
Figura 17 - Documento de Contaminação, limpeza e inspeção (CIL-R)	31
Figura 18 - 7 passos da implantação do Cil-R.....	32
Figura 19 - Classificação AM dos operadores baseados nos 7 passos de AM.....	33
Figura 20 - Características do Pilar de PM.....	33
Figura 21 - Fluxograma produtivo de uma fábrica de baterias chumbo-ácido	34
Figura 22 - Esquerda - Processo por atrito, Direita - Processo Barton	35
Figura 23 - Grades prontas para a utilização	36
Figura 24 - Fita laminada	36
Figura 25 - Grade expandida	37
Figura 26 - Máquina “batedeira” de massa.....	38
Figura 27 - Cone utilizado para empastar a massa	38
Figura 28 - Placas cortadas sendo transportadas até o fim de linha	39
Figura 29 - Baterias montadas	40

Figura 30 - Estrutura do estudo de caso	43
Figura 31 - Master Plan das etapas 0 e 1	44
Figura 32 - Na Esquerda - Limpeza do equipamento, na direita - Produção de etiquetas.....	44
Figura 33 - Esquerda - Etiquetas Vermelhas, direita - Etiquetas Verdes	45
Figura 34 - Treinamentos técnicos realizados	45
Figura 35 - Monitoramento do fechamento de etiquetas	46
Figura 36 - Restauração das máquinas para à condição básica	47
Figura 37 - Cronograma de atuação	47
Figura 38 - Calendário do plano preventivo no SAP/R3	48
Figura 39 - Histórico de registro de perdas e ordens.....	49
Figura 40 - Atributos do aplicativo	50
Figura 41 - Interface do aplicativo	50
Figura 42 - Interface de recebimento, acompanhamento, execução e finalização das ordens de serviço	51
Figura 43 - Interface da tela de inserção dos dados de entrada no aplicativo	52
Figura 44 - Interface da tela de consulta de ordens	52
Figura 45 - Aba do aplicativo referente aos materiais.....	53
Figura 46 - Datas para aplicação do step 6 e 7	54
Figura 47 - Dashboard em PowerBI	54
Figura 48 - Esquema de interface homem máquina	55
Figura 49 - Gráfico de falha quebra.....	56
Figura 50 - Gráfico horas paradas.....	57
Figura 51 - Gráfico de MTTR/MTBF	57
Figura 52 - Ordens executadas no app	58
Figura 53 - Quantidade de ordens abertas pelo setor de produção.....	58
Figura 54 - Gráfico do saldo dos itens críticos no almoxarifado	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	16
1.2	JUSTIFICATIVA DO TEMA.....	18
1.3	OBJETIVO GERAL	19
1.3.1	Objetivos Específicos	19
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1	CONCEITO DE MANUTENÇÃO	21
2.1.1	Manutenção Corretiva não planejada	22
2.1.2	Manutenção corretiva planejada	23
2.1.3	Manutenção preventiva	23
2.1.4	Manutenção preditiva	24
2.1.5	Indicadores de manutenção	25
2.1.6	Planejamento e controle da manutenção - PCM	26
2.2	INDUSTRIA 4.0.....	26
2.2.1	Manutenção e Tecnologias da indústria 4.0	28
2.2.2	Internet das Coisas (IoT)	28
2.2.3	Nuvem de dados	29
2.2.4	Big Data	29
2.3	WORLD CLASS MANUFACTURING - WCM	30
2.3.1	Manutenção Autônoma	30
2.3.2	Manutenção Profissional	33
2.4	PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO	34
2.4.1	Processo de fabricação de placas	34
2.4.2	Processo de montagem	39
2.4.3	Processo de formação e acabamento	40
3	MATERIAIS E MÉTODOS	41
3.1	MÉTODO DE ABORDAGEM QUALITATIVO	41
3.2	ESTUDO DE CASO.....	43
3.2.1	Etapas Reativas (Steps 0 e 1)	43
3.2.2	Etapas preventivas (Steps 2, 3, 4 e 5)	47
3.2.3	Etapas proativas (Steps 6 e 7)	53

4	RESULTADOS.....	56
5	CONCLUSÃO	60
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
	REFERÊNCIAS.....	62
	ANEXO a - FORMULÁRIO DE QUEBRA	Erro! Indicador não definido.
	ANEXO b - FORMULÁRIO DE QUEBRA.....	66
	ANEXO c - FORMULÁRIO DE QUEBRA.....	67

1 INTRODUÇÃO

A demanda por métodos fabris eficientes dentro dos processos produtivos de uma indústria, teve como consequência a criação de metodologias responsáveis por implementar ferramentas eficazes de gerenciamento da manutenção dentro do ambiente fabril.

Cada vez mais é possível identificar modelos de gerenciamentos flexíveis que fazem parte de uma cultura empresarial que garante uma maior longevidade em seu mercado de atuação (FONSECA; GODINHO FILHO, 2015). Logo, as organizações estão utilizando estratégias capazes de fornecer uma melhoria contínua em seus processos e atividades, minimização erros, eliminando desperdícios e diminuindo custos.

No século XX, emergiram ferramentas que tornaram os processos produtivos mais eficientes. Nesse contexto, os japoneses idealizaram a filosofia de pensamento conhecida como: *lean thinking* (pensamento enxuto). Esta que foi responsável por relevantes mudanças na metodologia de produção e de cultura empresarial (DUARTE, 2013).

Uma das metodologias de trabalho que se destacam no século XX foi a Manufatura de Classe Mundial (*World Class Manufacturing - WCM*). Este sistema se caracteriza como um conjunto de conceitos, princípios, políticas e técnicas baseadas no princípio da produção enxuta para gerenciamento de processos operacionais para uma empresa (PASSARELLA, 2007). O WCM é um método de gestão que visa à excelência operacional, indicando e eliminando as perdas existentes nos processos produtivos e administrativos, maximizando o uso do ativo industrial e garantindo a geração de produtos de alta qualidade a custos competitivos (FREITAS, 2016).

No século XXI, a 4ª revolução Industrial ou Indústria 4.0, possibilitou modificações profundas nas cadeias produtivas das empresas, e na sociedade, tendo caráter disruptivo, por conseguinte, criando mercados, e mudanças na forma de fazer negócios em variados segmentos da sociedade moderna (ZHOU, 2015).

Diferente das revoluções industriais de outrora, através da indústria 4.0 a gestão da manutenção industrial deixou de ter caráter reativo e corretivo. Passou a contar com auxílio da tecnologia e redes de comunicação com *interfaces* virtuais, passando a ter um espectro proativo, objetivando identificar falhas nos equipamentos (LEVANDOSKI, 2018). Como pode ser visto na figura 01 a seguir:

Figura 1 - Evolução da manutenção ao longo das revoluções industriais

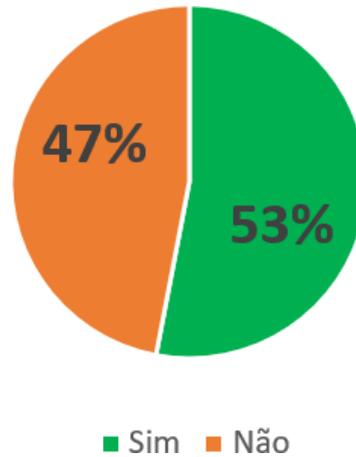
Revoluções Industriais	Indústria 1.0	Indústria 2.0	Indústria 3.0	Indústria 4.0
Características	Mecanização Poder do vapor tear de tecelagem	Produção em Massa Linhas de montagem Energia elétrica	Automação Computadores, Eletrônicos	Cyber Physical IoT, Redes Computação em Nuvem
Tipo de Manutenção	Reativa	Planejada	Produtiva Total	Preditiva
Inspeção	Inspeção Visual	Inspeção Instrumentada	Monitoramento de Sensores	Preditiva e Análises
OEE	<50%	50% - 75%	75% - 90%	>90%
Equipe de Manutenção	Treinado artesãos	Inspetores	Engenharia de Confiabilidade	Dados Inteligentes

OEE Overall Equipment Effectiveness = Disponibilidade x Desempenho x Qualidade

Fonte: Baptista et al. (2018)

Através de uma pesquisa realizada em novembro de 2020, constatou-se que metade das empresas não possuem conhecimentos sobre indústria 4.0, evidenciando as lacunas e desafios no desenvolvimento tecnológico dessas organizações (CNI, 2020). Os dados são apresentados na figura 02, a seguir:

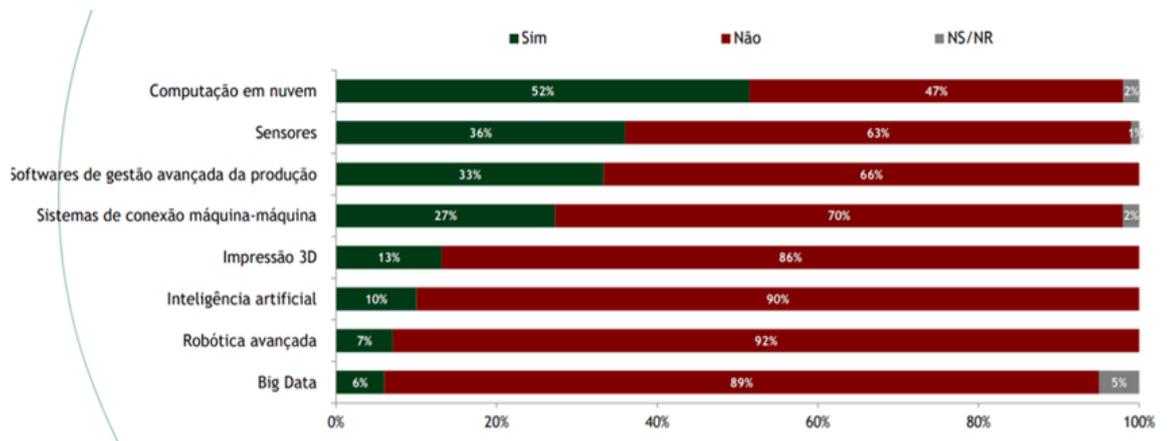
Figura 2 - Percentual de empresas que tem conhecimento na temática de indústria 4.0



Fonte: Adaptado de CNI (2020)

Com relação às indústrias que possuem alguma tecnologia de indústria 4.0, observa-se uma parcela muito baixa com relação à inovação (CNI, 2020). Os dados são apresentados na figura 3, a seguir:

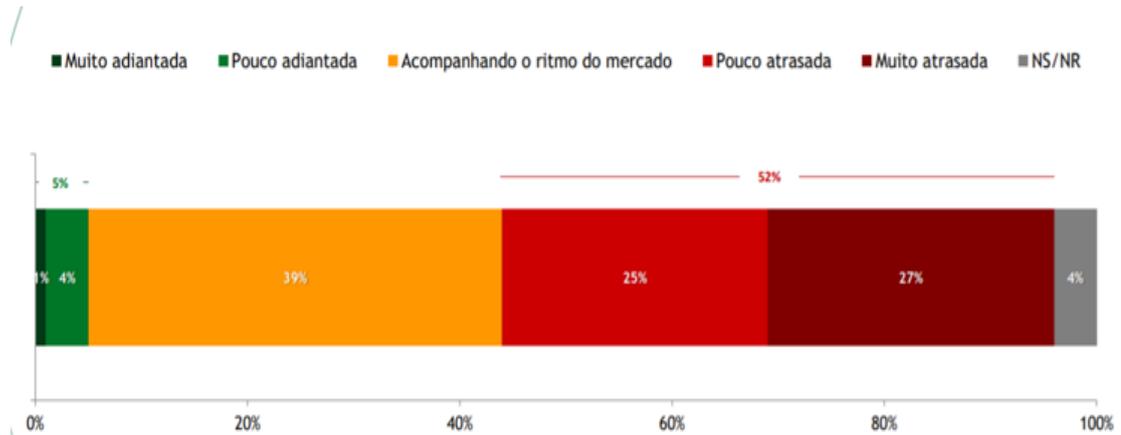
Figura 3 - Amostragem de empresas que adotaram ferramentas da indústria 4.0



Fonte: Adaptado de CNI (2020)

Em relação ao acompanhamento de ritmo de mercado, apenas 5% das indústrias conseguem estar um passo a frente, e 39% acompanharem no passo (CNI, 2020). Os dados são apresentados na figura 4, abaixo:

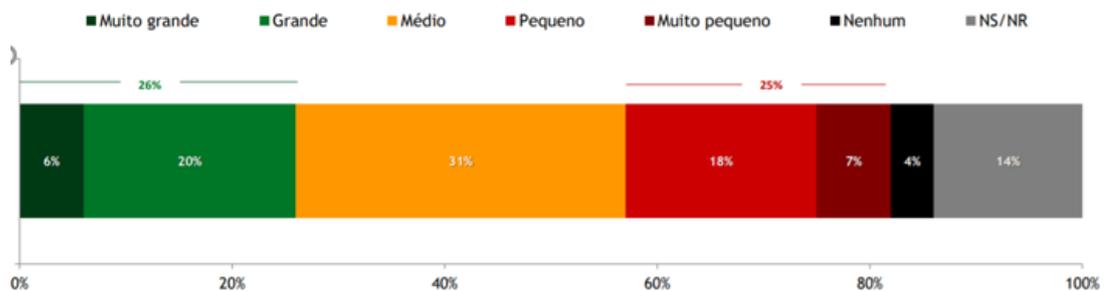
Figura 4 - Acompanhamento de ritmo de mercado



Fonte: Adaptado de CNI (2020)

Outro fator de extrema relevância que foi evidenciado na pesquisa, é o quanto as indústrias realmente dão importância ao tema. Como resultado, uma parcela de 26% das companhias estão cientes da gravidade do tema (CNI, 2020). Como é apresentado na figura 5, a seguir:

Figura 5 - Grau de importância sobre o tema de indústria 4.0

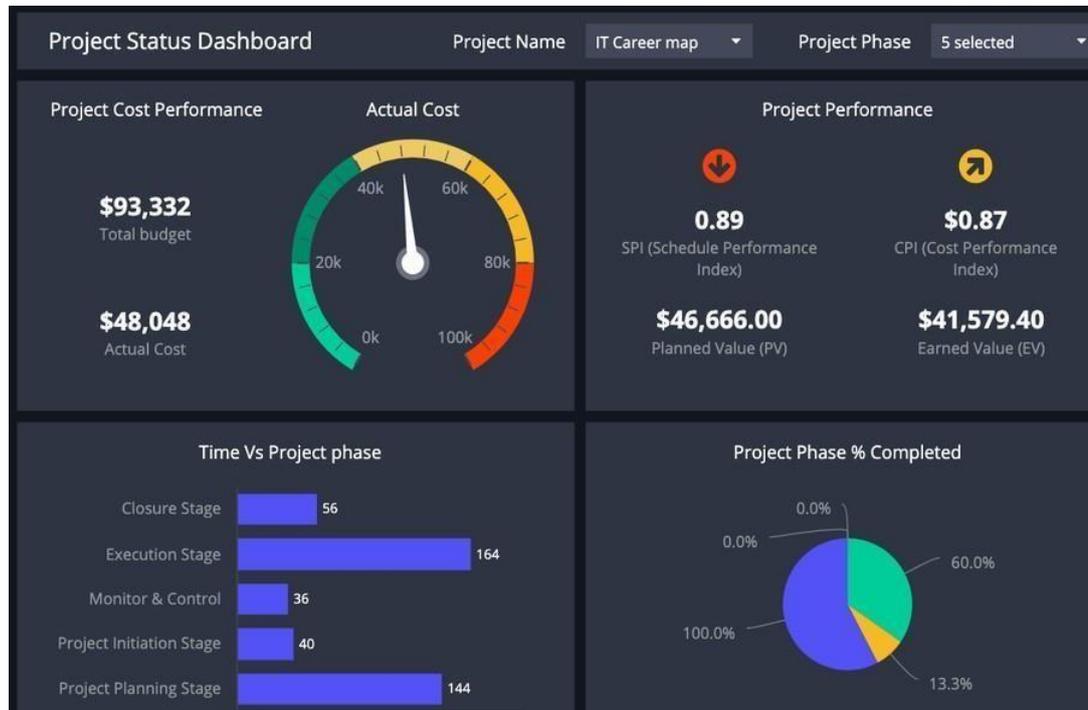


Fonte: Adaptado de CNI (2020)

Em um cenário de uma indústria 4.0, uma grande quantidade de dados relacionados à qualidade, manutenção, produtividade, materiais, máquinas e produtos, é gerada no processo produtivo. Todavia, muitas empresas desconhecem a utilidade dessas informações no gerenciamento do negócio. Esses dados tem pouca utilidade em sua forma bruta, por isso, devem ser tratados e interpretados para gerar informações e conhecimento. Logo, é necessário implementar ferramentas de inteligência dos negócios (Ferramentas BI), onde os dados resultantes dos processos produtivos se transformem em informações tangíveis e sejam posteriormente apresentados

no formato de *dashboard* (painel), para auxiliar na visualização dos dados e na tomada de decisão (GONÇALVES FILHO, 2005). Na figura 6, a seguir, é apresentado um exemplo de *dashboard*:

Figura 6 - Exemplo de painel para visualização de dados



Fonte: PowerData (2021)

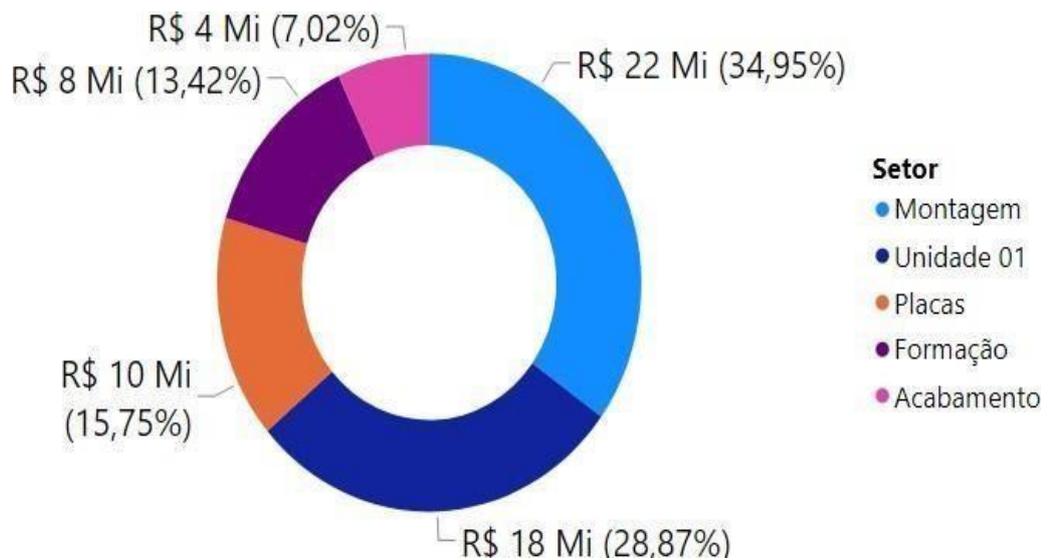
O alinhamento de ferramentas da indústria 4.0 com os conceitos de Manufatura de Classe mundial permite que processos produtivos sejam analisados de forma sistemática, com o olhar em duas vertentes:

- Na vertente do WCM ocorrendo o gerenciamento de processos em alto nível, visando a excelência operacional e redução de desperdícios;
- Na vertente de indústria 4.0 com a integração entre fábrica, gestor, fornecedor, mantenedor, etc. criando uma cadeia produtiva autônoma e eficiente.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

No processo produtivo de baterias, um dos processos iniciais da cadeia de produção consiste na fabricação de placas positivas e negativas. Logo, foi necessário definir as perdas fabris desse setor. O método escolhido foi caracterizar as perdas através da matriz C, ou, matriz de desdobramento de custos. Essa ferramenta, permite classificar de maneira sistemática, tudo aquilo que não possui valor agregado, ou, que gera desperdício, ou seja, tudo que não gera a produção fim da empresa, que no caso é a produção de baterias, se torna uma perda, quantificando e detalhando as perdas fabris em custo de produção, em medidas físicas (horas, *Kwh*, unidades, etc). Na figura 7, abaixo, pode-se observar a matriz de custo:

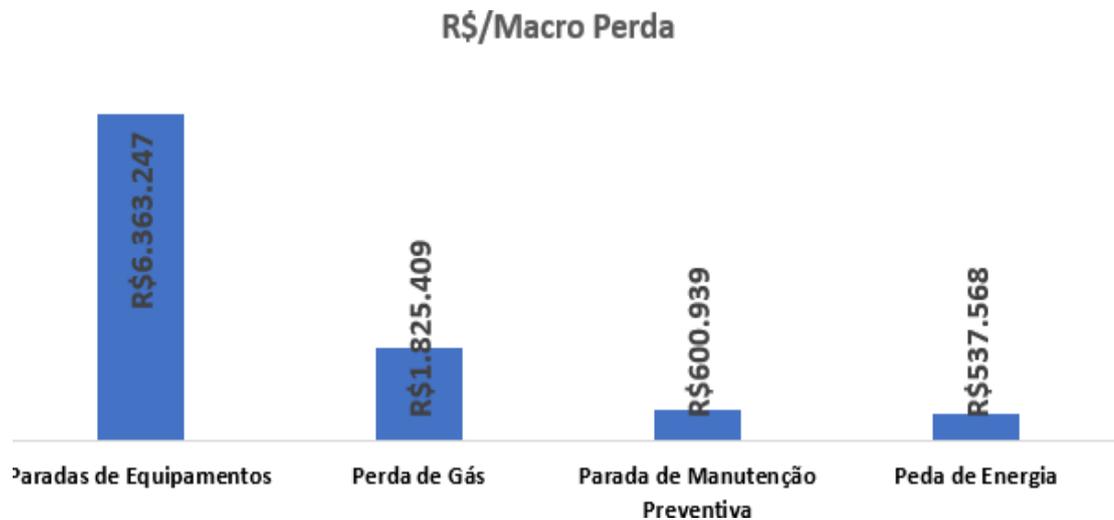
Figura 7 - Desdobramento de custos anuais por setor da fábrica



Fonte: O Autor (2021)

Ao estratificar as perdas do setor de placas, define-se a macro perda por tipo de parada, como pode ser visto a seguir, na figura 8:

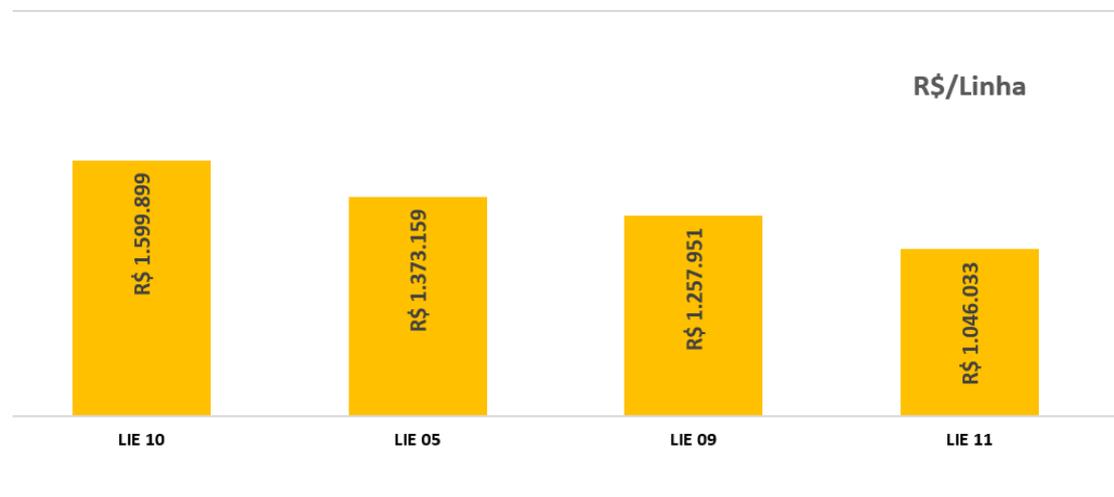
Figura 8 - Tipos de perda no setor de placas



Fonte: Adaptado de CNI (2020)

Após isso, estratificaram-se as perdas envolvendo “paradas de equipamentos”, como pode ser visto na figura 9:

Figura 9 - Estratificação das perdas envolvendo paradas de equipamento no setor de placas

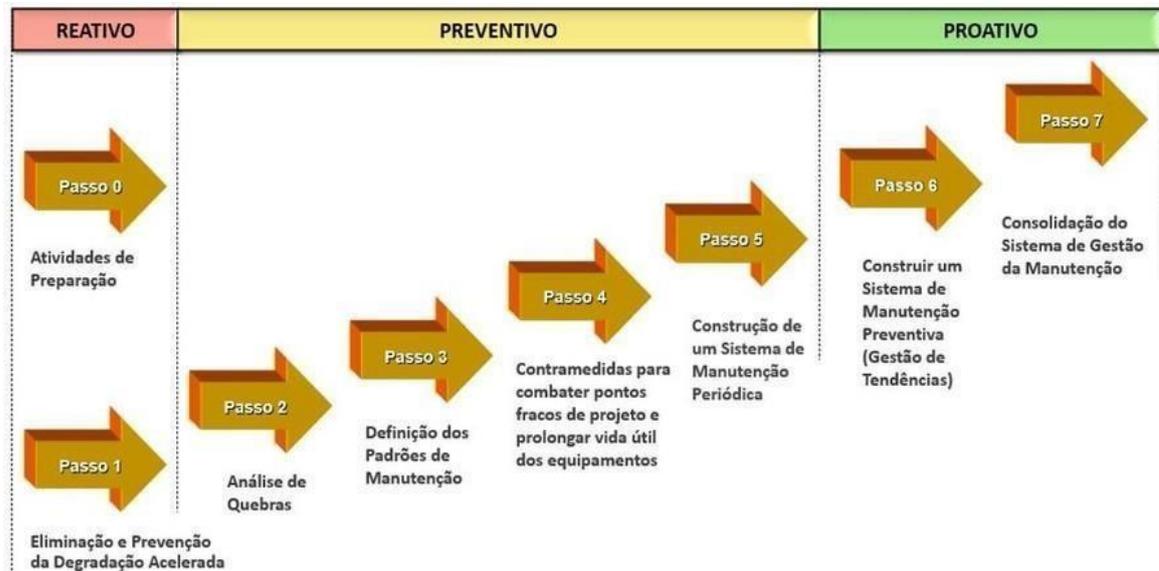


Fonte: O Autor (2021)

Identificou-se que a linha 10, de empastamento das placas (LIE10), era a que possuía o maior custo fabril relacionado à parada de equipamento. Logo, a LIE10 seria tratada como linha modelo e o trabalho de manutenção estaria concentrado nesse local. Como o tema é voltado dentro do escopo de atuação do gerenciamento da manutenção, alinhado com o WCM, o trabalho será voltado ao pilar de manutenção profissional (PM), e a evolução

irá ocorrer até o terceiro passo do pilar, incluindo algumas atividades de *steps* posteriores, como pode ser visto na figura 10 abaixo:

Figura 10 - Steps, do pilar PM, no gerenciamento da manutenção



Fonte: O Autor (2021)

Então, o desenvolvimento do presente trabalho, irá ocorrer inicialmente na zona reativa (*Step 01*) e também na zona preventiva (*Steps 02 e 03*), passando por algumas ações de manutenção preditiva, que é previsto no *step 6*.

1.2 JUSTIFICATIVA DO TEMA

A necessidade de atingir um alto nível de competitividade nacional e internacional faz com que as indústrias busquem metodologias eficientes de melhoria de seus processos. Logo, um dos grandes desafios dos profissionais de engenharia consiste, justamente, em aplicar a melhoria contínua em seus ambientes de atuação. Essas melhorias são, costumeiramente, utilizadas para buscar redução de custos de processos, seja eliminando desperdícios, aumentando a produtividade ou diminuindo os custos de operação.

No processo produtivo do ramo de baterias automotivas, existem demasiadas perdas associadas, que corroboram para o aumento do custo de produção, tais como: perdas com manutenção, energia, gás, etc. Que não agregam valor ao produto final. Portanto, este trabalho tem relevada importância, visto que, terá foco em utilizar os conceitos de WCM e indústria 4.0 para reduzir custo com paradas de equipamentos voltados a manutenção

profissional.

1.3 OBJETIVO GERAL

Desenvolver e aplicar conceitos voltados ao WCM e indústria 4.0 numa fábrica de produção de baterias, aplicando novas tecnologias que facilitem o trabalho da manutenção profissional, focando na redução de perdas, aumento de produtividade, otimizando a gestão da manutenção e automatizando os processos produtivos.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Desenvolver um aplicativo móvel que auxilie no gerenciamento da manutenção profissional e medir indicador de aderência.
- Aplicação dos conceitos de indústria 4.0 com o foco no aumento de produtividade em 80% da linha piloto.
- Elevar o patamar da indústria de baterias no WCM com o desenvolvimento do pilar de manutenção profissional ao step 05 e automatizando os processos produtivos.
- Reduzir em pelo menos 50% os itens críticos em falta no almoxarifado com implementação de um dashboard em PowerBI, para gestão de peças de reposição.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 1 é a introdução ao trabalho, contextualizando a relevância da pesquisa através de informações gerais sobre indústria 4.0 e WCM, além dos objetivos e metodologia do trabalho.

O Capítulo 2 aborda a fundamentação teórica, apresentando as ferramentas que foram necessárias para entrega do trabalho, detalhando mais sobre manutenção profissional e a importância da ferramenta para o resultado na organização. Também fundamenta aspectos e como a indústria 4.0 contribui para desenvolver as empresas.

No Capítulo 3, posterior a etapa de referencial teórico, serão elencados os materiais e métodos com os resultados e discussões, apresentando como o estudo de caso foi realizado.

O Capítulo 4 apresenta a conclusão do trabalho em questão.

O Capítulo 5 fala sobre os trabalhos futuros.

O Capítulo 6 exhibe as referências do trabalho e o 7 os anexos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONCEITO DE MANUTENÇÃO

Para tratarmos do tema de manutenção de forma detalhada, a priori precisamos definir os conceitos fundamentais do tema.

Manutenção defini-se como realização de todas as atividades necessárias objetivando assegurar que um determinado equipamento continue desempenhando as suas funções para as quais foi projetado e fabricado, em níveis satisfatórios (XENOS, 1998). Também pode-se definir manutenção como

Pode-se dizer que a manutenção desempenha um papel estratégico nas organizações empresariais que desejam produzir em larga escala. Para Helmann (2006), As atividades envolvendo a manutenção proporcionam confiabilidade e a disponibilidade dos processos produtivos, evitando falhas, e possíveis deteriorações por meio da preservação dos equipamentos.

Através das definições supracitadas, fica evidente a importância da manutenção no ambiente fabril, visto que, as paradas não programadas das máquinas e equipamentos na linha de produção, geram queda na receita, por conseguinte, gerando prejuízos para a empresa.

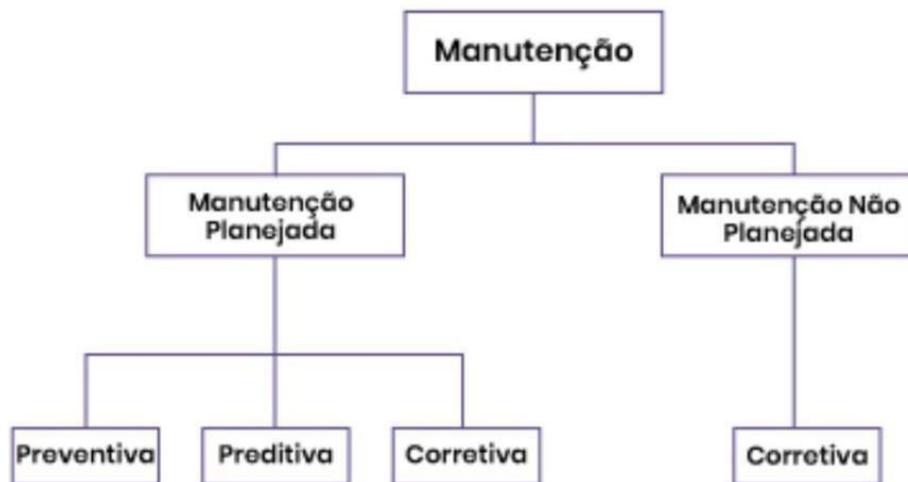
Quando estas paradas não programadas ocorrem, eleva-se o custo da produção, diminuindo a produtividade, o lucro, e o nível de comprometimento do pessoal e da empresa com a qualidade final do produto que está no processo de produção.

A caracterização das formas de manutenção pode ser dividida em (RODRIGUES, 2018):

- Manutenção planejada (preventiva, preditiva e corretiva);
- Manutenção não planejada (manutenção corretiva devido a quebras).

A hierarquia dos tipos de manutenção pode ser vista na figura 11, a seguir:

Figura 11 - Hierarquia dos tipos de manutenção

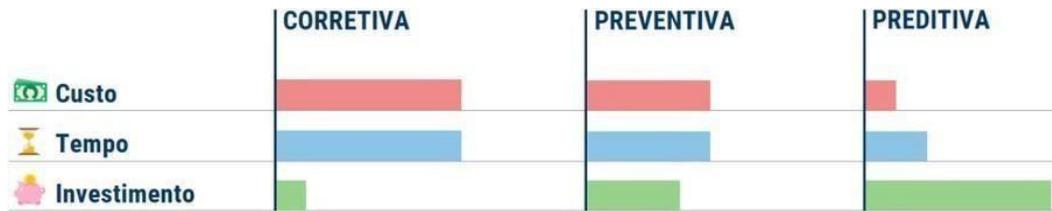


Fonte: Engeteles (2018)

2.1.1 Manutenção Corretiva não planejada

Manutenção Corretiva é o ato de corrigir uma falha ou desempenho inferior ao esperado (PINTO; XAVIER, 2007). Também pode ser definido que Manutenção Corretiva é a mais antiga de todas, sendo usado por qualquer empresa que possua itens físicos, sem que haja qualquer necessidade de planejamento estratégico de gerenciamento de manutenção (LUCATELLI; OJEDA; CATARINA, 1998). É a manutenção com base na quebra, ou seja, parando o processo produtivo, gerando perdas diretas para produção, sempre após a ocorrência de uma falha não esperada. Este tipo de manutenção pode provocar um alto custo, visto que propicia perdas de produção e de qualidade dos produtos (ARAUJO, 2021). Uma análise comparativa dos custos é vista na figura 12, onde o custo é de fato o valor gasto na manutenção, tempo é o valor temporal que leva pra realizar o tipo de manutenção e investimento é o quanto é necessário financeiramente para implementar a atividade de manutenção (Preditiva por exemplo, é necessário de treinamentos e equipamentos de medição robustos para realizar a manutenção).

Figura 12 - Comparativo de custos de manutenção por tipo



Fonte: Totvs.com (2021)

2.1.2 Manutenção corretiva planejada

É o tipo de manutenção corretiva, que se caracteriza pela correção das falhas de forma planejada, que só é possível na maioria das situações quando se observam a redução do desempenho das máquinas (RODRIGUES, 2018). Também existem outras opções que levam o equipamento a operar até a sua quebra, quando se percebe que os custos deste tipo de manutenção podem ser menores que os custos gerados pela parada da máquina para manutenção (GONÇALVES JUNIOR; RIBEIRO, 2016).

2.1.3 Manutenção preventiva

A Manutenção Preventiva é intervenção realizada para reduzir ou evitar a falha, ou queda no desempenho, conforme o planejamento prévio (PINTO; XAVIER, 2007). Esse tipo de intervenção também pode ser definida como a substituição de peças ou componentes antes de atingirem o tempo de vida útil, que poderiam causar risco de falha. (LIMA; CASTILHO, 2006).

É o tipo de manutenção planejada que se trabalha com base no tempo, ou seja, se define uma periodicidade para se realizar a manutenção nos componentes, objetivando reduzir ou evitar que as falhas possam surgir nas máquinas e equipamentos. As falhas seguem uma lógica temporal ou em função do uso do equipamento, não sendo aleatórias. A Manutenção Preventiva requer um planejamento estratégico das atividades, baseado nos manuais dos fabricantes e no histórico do equipamento e programação, dentro do processo produtivo da empresa. O custo da manutenção preventiva, em sua maioria, é inferior à manutenção corretiva (TELES, 2018).

2.1.4 Manutenção preditiva

Manutenção preditiva, consistem na a manutenção com base em condição, ou seja, é necessário acompanhar um parâmetro (Vibração, Temperatura, Ruído, Viscosidade) para tomar decisões acerca os equipamentos (TELES, 2018). Também pode ser definida como (2006) como a atuação realizada com base em modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. O gerenciamento destes parâmetros não interfere no funcionamento dos equipamentos, pois, as medições e verificações são realizadas com o equipamento em funcionamento. A decisão da intervenção é tomada quando se identifica que a degradação se aproxima de um limite pré-estabelecido (PINTO; XAVIER, 2007).

A manutenção preditiva utiliza tecnologias oriundas da Indústria 4.0, através de sensores e dispositivos IoT; como na análise e tratamento dos dados coletados, uso de conceitos de *Big Data*, e acompanhamento remoto dos equipamentos (LEVANDOSKI, 2018).

Os parâmetros medidos dependem principalmente das especificações das máquinas, sendo destacada (TELES, 2018):

2.1.4.1 Análise das vibrações nos mancais de rolamento ou deslizamento;

2.1.4.2 Análise dos lubrificantes, para identificar desgaste acentuado de algum componente;

2.1.4.3 Acompanhamento do histórico de temperatura do equipamento

2.1.4.4 Variações na corrente elétrica que podem indicar falhas não perceptíveis por outras técnicas;

Exemplos de análises preditivas podem ser vistos na figura 13, a seguir:

Figura 13 - – Esquerda - Análise termográfica, Direita - Análise de vibração em motor elétrico



Fonte: Engeteles (2018)

2.1.5 Indicadores de manutenção

Toda evolução relacionada à manutenção objetiva aumentar a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos. Partindo desse pressuposto, são necessários indicadores para mensurar os processos produtivos, e em específico o desempenho relacionado ao funcionamento dos equipamentos para monitorar a produtividade da empresa.

A confiabilidade diz respeito ao funcionamento de um sistema, produto ou serviço conforme o especificado e durante um determinado intervalo de tempo (S(SLACK; CHAM-BERS; JOHNSTON, 2007). Confiabilidade também pode ser definida como a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo (NBR 5462, 1993).

Disponibilidade define-se como a capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados (TELES, 2018).

O índice de disponibilidade técnica pode ser calculado através de uma fórmula, onde: MTBF (Mean Time Between Failures) = Tempo médio entre falhas (TMEF). E MTTR (Mean Time to Repair) = Tempo Médio para Reparo

(TMPR).

2.1.6 Planejamento e controle da manutenção - PCM

Primeiramente, ao definir as responsabilidades do PCM é necessário destacar o controle da manutenção para toda empresa. Planejar é entender como a situação presente e a visão estratégica do futuro influenciam sobre a tomada de decisão na companhia (CORRÊA; GIANESI, 2009). O PCM tras pra si, um papel de extrema relevância, não só para a manutenção, mais sim para toda a cadeia fabril, pois, a função dele é centralizar os grandes indicadores (Custos, MTBF, MTTR, Projetos de Engenharia de manutenção), contribuindo para que a melhoria da empresa.

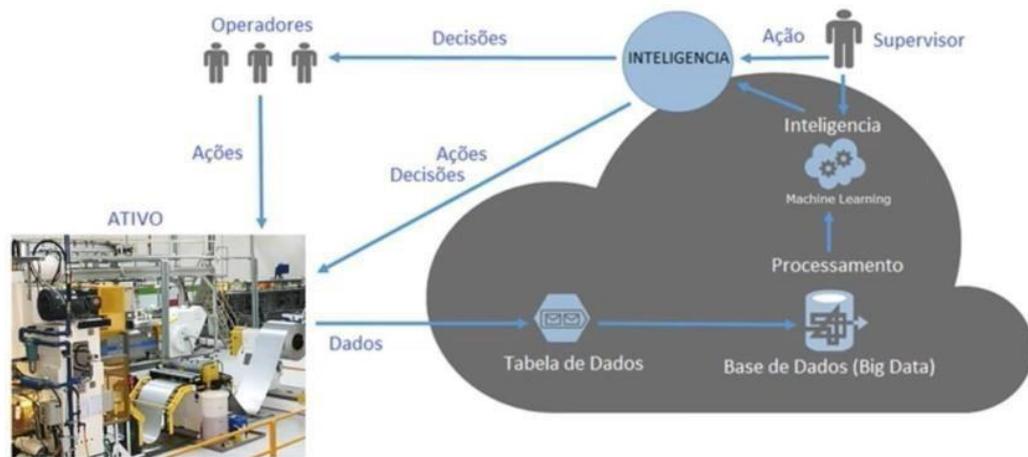
O planejamento pode ser definido como o desenvolvimento de processos, técnicas, e atitudes administrativas, que proporcionam uma situação viável de avaliar as implicações futuras de decisões presentes em função dos objetivos empresariais, facilitando a tomada de decisão no futuro, de modo mais rápido, coerente, eficiente, e eficaz (OLIVEIRA, 2004).

2.2 INDÚSTRIA 4.0

A indústria 4.0 surgiu como consequência da quarta revolução industrial, a partir de uma estratégia do governo alemão, apresentada em 2011, para o desenvolvimento de alta tecnologia em toda cadeia produtiva do país, alavancando sua economia, após a perda de mercado nos últimos quarenta anos com relação ao valor agregado de sua base industrial (VIEIRA, 2016). A indústria 4.0 tem como principal objetivo desenvolver mudanças nos processos produtivos, através de uma integração entre as máquinas e o mundo virtual, sendo também classificada de fábrica inteligente, onde monitoram os processos físicos e os recriam num ambiente virtual para tomada de decisões (TELES, 2018). Outro ponto de extrema relevância é que a indústria 4.0 promove a interconectividade existente entre as máquinas e os colaboradores dos vários complexos industriais de uma mesma empresa, possibilitando uma troca de informações e dados mais eficiente para melhor obtenção de soluções no ambiente fabril, com o objetivo de otimizar processos e aumentar produtividade, além de redução de custos a médio prazo (VIEIRA,

2016). Na figura 14, a seguir observa-se a integração dos processos no ambiente fabril:

Figura 14 - Interconectividade de ferramentas no chão de fábrica



Fonte: O Autor (2021)

Algumas das vantagens da indústria 4.0 segundo BORLIDO, 2017 são:

- Redução de custo referente a paradas inesperadas;
- Aumento da segurança, através da automatização dos processos produtivos;
- Conservação ambiental, pela monitoramento dos padrões produtivos de modo a se antecipar falhas que possam vir a gerar prejuízos ambientais;
- Aumento da qualidade dos produtos pela automatização do maquinário;
- Fim do desperdício através de filosofias como a Produção Puxada, gerando custos de produção apenas quando há uma demanda;

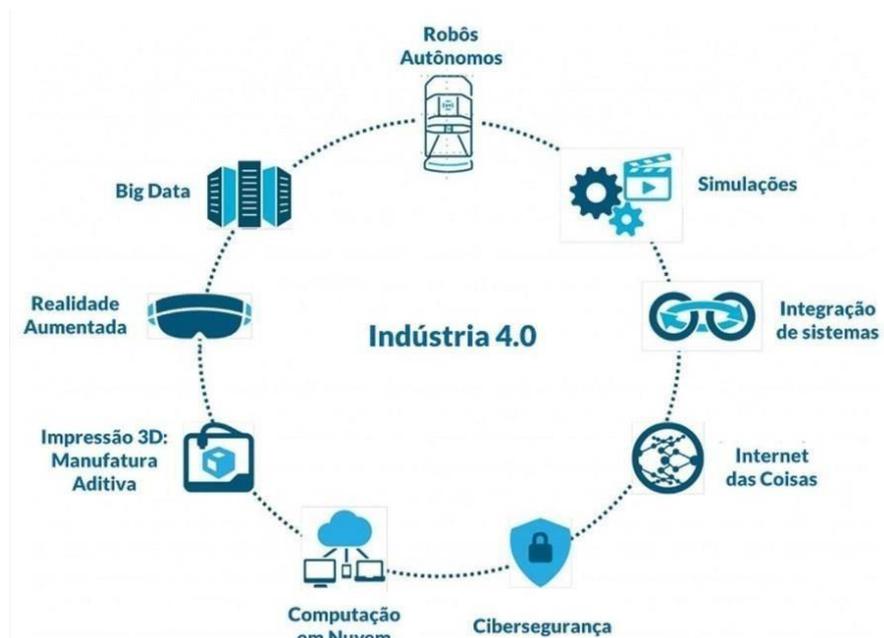
Sua aplicabilidade só está sendo permitida devido a 4 motivos, destacados a seguir (BORLIDO, 2017):

- O aumento da capacidade de armazenamento de dados;
- Novas maneiras de interação homem-homem, máquina-máquina e homem-máquina;

- Tecnologias que possibilitam uma facilidade na transferência de dados digitais para equipamentos fisicamente utilizáveis.

Diante do que foi citado acima, um fator de extrema importância, é a necessidade do desenvolvimento da mão de obra qualificada, que precisa acompanhar todo o desenvolvimento da indústria 4.0, para trabalhar de forma estratégica, no processo produtivo. Os colaboradores de uma empresa deverão ser capazes de assimilar e extrair o máximo proveito das tecnologias implementadas em um determinado ambiente industrial. Na figura 15, abaixo, é apresentada a integração das ferramentas que compõe a indústria 4.0.

Figura 15 - Ciclo da indústria 4.0



Fonte: Fluipress (2021)

2.2.1 Manutenção e Tecnologias da indústria 4.0

Segunda a literatura dentre as tecnologias apresentadas na indústria 4.0, as mais utilizadas pela manutenção são três: Internet das coisas (IoT – Internet of Things), nuvem de dados, Big Data Analytics.

2.2.2 Internet das Coisas (IoT)

Nos últimos anos, os contínuos avanços tecnológicos fomentaram o

desenvolvimento de sistemas de comunicação sem fio de alto desempenho, a chamada visão da Internet das Coisas (IoT) (ABINC, 2017). A capacidade de conectar dispositivos ou objetos, ao mesmo tempo, em que oferece a possibilidade de compartilhar informações relacionadas ao ambiente circundante, é mais um passo na direção da criação de Sistemas Ciberfísicos (CPSs) eficazes, nos quais o monitoramento e controle tarefas podem ser executadas . (ALECRIM, 2016)

No âmbito industrial, dentro da manutenção, obtem-se informações das máquinas, através de dispositivos e sensores eletrônicos instalados e conectados entre si na internet, podendo ser acessado remotamente. Logo, ocorre um aumento da eficiência operacional, segurança industrial, e diminui custos. Nesse contexto, o conceito da Internet das Coisas vem sendo cada vez mais difundido e aplicado.

2.2.3 Nuvem de dados

A nuvem de dados tem como principal objetivo, armazenar dados em servidores compartilhados que estão interligados na internet. As informações ficam armazenadas numa nuvem-compartilhada, que podem ser acessadas por computador ou *smartphone*, além da sincronização automática de dados, garantindo a segurança das informações (LAROCK, 2017).

2.2.4 Big Data

É a área da indústria 4.0 que estuda como tratar, analisar, e obter informações a partir dos conjuntos de dados com grande porte, para serem analisados por sistemas tradicionais. O termo big data surgiu em 1997 e seu uso foi utilizado para nomear essa quantidade crescente e não estruturada de dados sendo gerados a cada segundo. Ao longo das últimas décadas, a quantidade de dados gerados cresceu exponencialmente. A disseminação do uso da Internet aumentou de forma abrupta a quantidade de dados produzidos. Com relação à manutenção pode-se usar o *big data para*: Verificar nível de óleo, corrente do motor, termografia, teste de vibração, análise de ultrassom, e etc (AZAMBUJA;LITAIFF, 2021).

2.3 WORLD CLASS MANUFACTURING - WCM

O WCM (*World Class Manufacturing* ou Manufatura de Classe Mundial), é uma metodologia que integra outras metodologias existentes: o *Just in Time*, TQC (Total Quality Control), TPM (*Total Productive Maintenance*), e o TIE (*Total Industrial Engineering*), com a diferença de possuir um pilar CD (*Cost Deployment*, ou, Desenvolvimento dos Custos) responsável pelo gerenciamento de todo o custo fabril (SCHONBERGER, 1986). Essa metodologia é fundamentada em 10 pilares técnicos, como pode ser visto na figura 16, a seguir :

Figura 16 - Pilares técnicos do WCM



Fonte: WCMBrasil (2018)

O trabalho será desenvolvido em 2 pilares técnicos, MP (Manutenção Profissional e MA(Manutenção Autônoma), com ênfase no MP.

2.3.1 Manutenção Autônoma

A Manutenção Autônoma (MA) tem como objetivo trazer o maquinário para seu estado ideal de funcionamento, prevenindo a deterioração através de operações autônomas corretas e *checklists* diários, estabelecendo as condições básicas necessárias para garantir que o equipamento esteja sempre em boas condições de funcionamento (YAMASHINA, HAJIME, 2000). Tem como meta eliminar as quebras por falta de condição básica e garantir o aumento da eficiência do equipamento, deixando-o sempre disponível para produzir

quando necessário. O pilar MA visa desenvolver uma manutenção que o próprio operador da máquina pode executar, como limpeza, lubrificação e inspeção que são atividades simples e que não exigem nenhuma ferramenta avançada, garantindo assim a condição básica do equipamento e conseqüentemente, reduzindo quebras. Na figura 17, a seguir, observa-se um documento de gestão a vista:

Figura 17 - Documento de Contaminação, limpeza e inspeção (CIL-R)



Fonte: SlideShare.net (2021)

Sua implantação dá-se em sete grandes passos, trazendo um aumento gradativo da capacitação dos operadores, habilitando-os a realizar atividade de manutenção, a conhecer profundamente seus equipamentos e processos com o objetivo de zerar as quebras por condição básica. Os 7 passos podem ser visto na figura 18, abaixo:

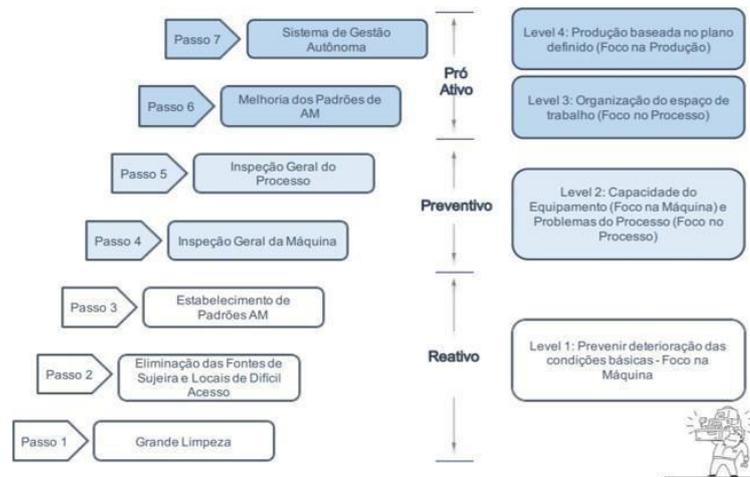
Figura 18 - 7 passos da implantação do Cil-R

Passo	Descrição	Caracterização
Passo 1	Limpeza Inicial	
Passo 2	Eliminação das fontes de sujeira e locais de difícil acesso	Reativo
Passo 3	Estabelecimento de padrões de AM	
Passo 4	Inspeção Geral da Máquina	
Passo 5	Inspeção Geral do Processo	Preventivo
Passo 6	Melhoria dos Padrões	
Passo 7	Sistema de gestão autônoma completamente implantado	Proativo

Fonte: O Autor (2021)

Os primeiros cinco passos da manutenção autônoma são centrados nos seus aspectos mecânicos e voltados apenas ao trabalho reativo e preventivo, sem se antecipar a possíveis problemas. Já o passo 6 abrange a área de trabalho inteira e o processo de produção, ordenando e organizando materiais e ferramentas, padronizando e gerenciando visualmente todas as atividades. No passo 7 tem-se o início das atividades verdadeiramente autônomas. Esta é a fase na qual os funcionários realizam atividades de manutenção com independência e onde os operadores iniciam a autogestão dos mesmos (TONDATO; QUINTILHANO, 2018). A Manutenção Autônoma busca consolidar a ideia de que cada um executa e controla o seu trabalho, sendo responsável pela mentalidade do conceito “efabrico, você conserta” para “do meu equipamento cuido eu” (JUSTA, 2017). Na figura 19, a seguir, apresenta-se os passos do pilar AM:

Figura 19 - Classificação AM dos operadores baseados nos 7 passos de AM

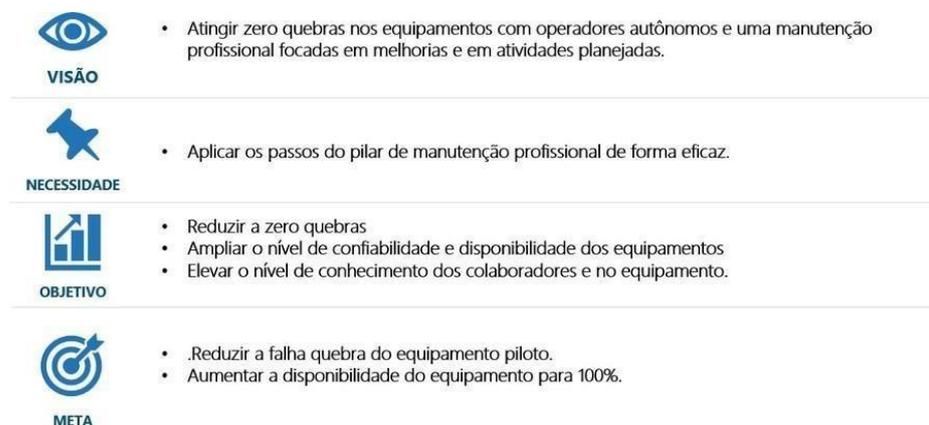


Fonte: WCMBrasil (2018)

2.3.2 Manutenção Profissional

O pilar de Manutenção Profissional abrange as atividades ligadas com a implementação e estabilização de um sistema de manutenção, com o foco de reduzir a zero o número de quebras nos equipamentos, maximizando a disponibilidade do ativo a um baixo custo (CYRINO, 2019). Os passos referentes ao pilar foram apresentados na figura 09 do trabalho, e na imagem 20, a seguir, apresentam-se as características do pilar de PM:

Figura 20 - Características do Pilar de PM.



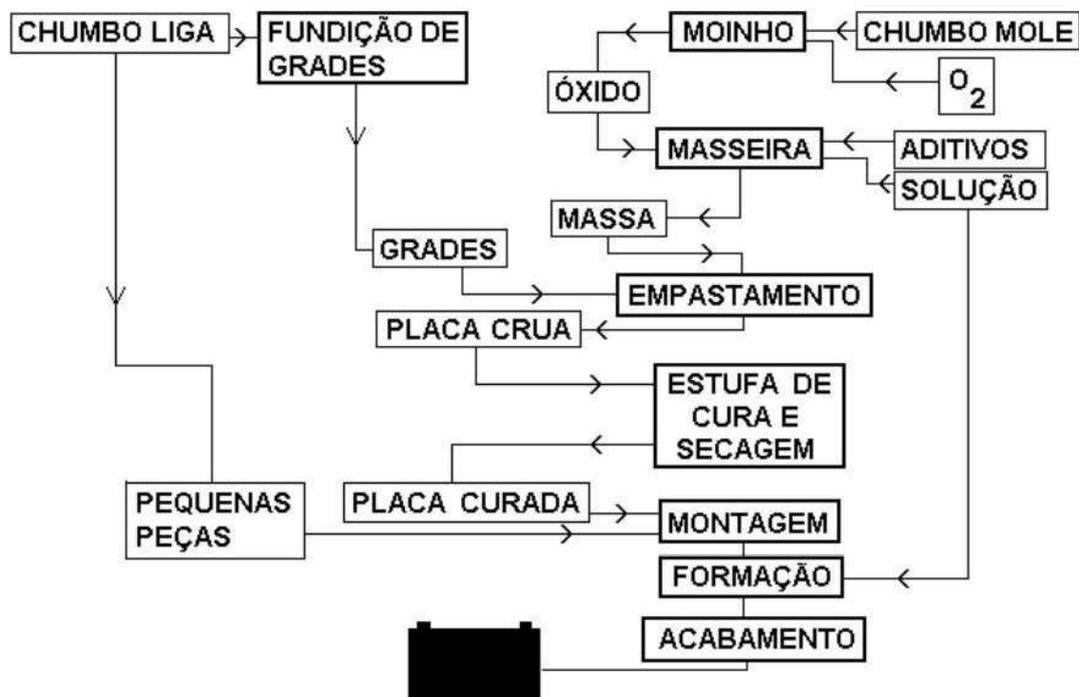
Fonte: O Autor (2021)

2.4 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO

Todo o embasamento teórico dessa etapa do trabalho foi baseada no manual de produção de baterias da Acumuladores Moura S.A.

No processo de produção de baterias, temos 03 grandes áreas produtivas, são elas: Produção de placas, montagem da bateria, formação e acabamento (ACUMULADORES MOURA, 2012). Todo o processo de produção de baterias é visto na figura 21, a seguir:

Figura 21 - Fluxograma produtivo de uma fábrica de baterias chumbo-ácido



Fonte: Acumuladores Moura (2012)

O enfoque do trabalho será no setor de produção de placas de baterias, devido a estudo de caso, toda via serão explorados os 03 grandes processos de produção dos acumuladores.

2.4.1 Processo de fabricação de placas

Primeira etapa consiste em produzir óxido chumbo (PbO), que é a matéria-prima da massa da placa. Esse óxido pode ser produzido por 02 tipos de processos, o primeiro é denominado barton onde uma corrente de ar atravessa o

Pb fundido para formar óxido de chumbo e o processo por atrito onde ocorre atrito mecânico entre pequenos pedaços de chumbo no moinho.

Na imagem 22, a seguir, é apresentado os dois processos:

Figura 22 - Esquerda - Processo por atrito, Direita - Processo Barton



Fonte: O Autor (2021)

Em paralelo a produção do óxido, ocorre a produção da grade da placa, material aderente a massa, a grade pode ser fundida, ou laminada. No processo de fundição de grades, o lingote de chumbo entra no cadinho, se transforma em chumbo líquido, e passa por uma linha aquecida, até chegar no molde, onde será realizada a fundição e transformação da grade, que pode ser vista na figura 23, a seguir.

Figura 23 - Grades prontas para a utilização



Fonte: O Autor (2021)

No processo de laminação, o lingote de chumbo passa por um cadinho de fusão e por um cadinho de processo, até chegar numa concha, onde ele será fundido e posteriormente laminado, através de um trem de laminação com 6 espessuras diferentes, até finalmente chegar na fita com o tamanho adequado, como pode ser visto na figura 24, a seguir:

Figura 24 - Fita laminada



Fonte: O Autor (2021)

Após laminada, a fita será expandida através de uma máquina expansora, onde ocorrem processos de expansão e conformação controlada, para que a grade seja formada e posteriormente ocorra o processo de empastamento. A grade expandida pode ser vista na figura 25, a seguir:

Figura 25 - Grade expandida



Fonte: O Autor (2021)

No processo de produção da massa, os componentes (Aditivos, água e ácido) são adicionados ao óxido de chumbo em quantidades formuladas, então a mistura é homogeneizada nas “batedeiras”, como pode ser vista na figura 26, a seguir:

Figura 26 - Máquina “batedeira” de massa



Fonte: O Autor (2021)

Após pronta, a massa é transportada por um cone até chegar no cabeçote, onde é comprimida contra as grades. Esse processo é chamado de empastamento, visto na figura 27, abaixo:

Figura 27 - Cone utilizado para empastar a massa



Fonte: O Autor (2021)

Então, as placas são cortadas numa máquina chamada *divider* e passam por um túnel para pré - secagem com a finalidade de impedir que as placas colem entre si, até chegar no final de linha, onde o operador coloca elas num cavalete para seguir para o próximo processo, como é visto na figura 28 a seguir:

Figura 28 - Placas cortadas sendo transportadas até o fim de linha



Fonte: O Autor (2021)

Após o empastamento, as placas passam para processo de conversão completa de chumbo livre em óxido de chumbo. Esse processo ocorre em grande estufas com temperatura controlada, para criar as ligações químicas necessárias para reorganizar os cristais de massa. As placas podem passar até 60h nas estufas.

2.4.2 Processo de montagem

No processo de montagem da bateria, as placas positivas e negativas são inter- caladas com separadores entre elas, (processo chama de envelopamento). Após isso As orelhas das placas são unidas para formar o *strap*, onde, primeiramente a placa envelopada é colocada na cesta da máquina, depois a orelha da placa é lixada e óleo fluxo é aplicado. Após isso, as placas passam pela estação do molde, onde é realizada a montagem final, juntamente da caixa.

As paredes das caixas são perfuradas para permitir a união inter-célula

(furação). Para isso, os elementos são depositados nas respectivas células, é realiza-se a solda *intercell* através de fusão homogênea, garantindo baixa resistência elétrica, após isso, a tampa da bateria é selada na caixa e por último, é feita a soldagem dos postes terminais (levantamento dos bornes).

Figura 29 - Baterias montadas



Fonte: O Autor (2021)

2.4.3 Processo de formação e acabamento

Objetiva formar eletro quimicamente o acumulador (dar carga inicial a bateria), ocorrendo a conversão de óxido de chumbo (precursor) em dióxido de chumbo (positiva) e Pb esponjoso (negativa). As baterias são enchidas com uma solução apropriada de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e em seguida, carregadas sob correntes e temperaturas controladas, ao final, pode ser necessário corrigir a densidade da bateria para que ela atinja a tensão desejada, ao final deste processo, a bateria está pronta para uso.

Posteriormente, no processo de acabamento é realizado a colocação de componentes como rolhas, etiquetas, densímetro, além de testes finais de aprovação (simulação de partida), para seguir com o processo de embalagem.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta etapa do projeto de pesquisa será descrito a forma de realização do trabalho, sendo apresentada a metodologia para alcançar os objetivos.

3.1 MÉTODO DE ABORDAGEM QUALITATIVO

A pesquisa de cunho qualitativo trabalha com crenças, valores, hábitos, atitudes e opiniões, dando grau de profundidade e complexidade dos fenômenos, processos e fatos, estabelecendo viés de comportamento para a pesquisa (SILVA, 2010). Ela segue as seguintes características (ROMANELLI; ALVES, 1998):

- O significado é de vital importância para esse tipo de abordagem;
- Os investigadores analisam os dados de forma indutiva, fazendo correlações dos dados com a teoria embasada;
- Interesse pelo processo de coleta dos dados;
- Investigação tende a ser mais descritiva;
- Investigador é o elemento principal da pesquisa.

A pesquisa com abordagem qualitativa deve ter um critério de validade e cientificidade, compreendendo e estudando a realidade estudada (MINAYO; SANCHES, 1993).

Partindo dos princípios estabelecidos, o presente trabalho utilizou o método qualitativo, visto que, houve a necessidade de compreender tanto os processos de fabricação de baterias automotivas, quanto as ferramentas gerenciais utilizadas nesses processos (WCM).

Para validar o projeto, também foram estudados indicadores referentes ao conhecimento do tema relacionado à indústria 4.0, objetivando compreender a necessidade de aplicação de ferramentas.

Após definir a forma de abordagem da pesquisa (qualitativa) podemos classificá-la, segundo os dois critérios a seguir (OLIVEIRA, 2014):

- Quanto aos meios de como se pesquisar;
- Quanto a finalidade da pesquisa.

Quanto aos fins, esta pesquisa pode ser classificada como exploratória e descritiva. É exploratória porque objetiva entender a respeito do tema abordado e descritiva por possuir o objetivo de descrever características de um fenômeno, experiência, ou população. Essa pesquisa tem a tendência de assumir a forma de uma pesquisa bibliográfica com estudo de caso (OLIVEIRA, 2014).

Considera-se como bibliográfica por envolver o intercâmbio de dados e informações que estão contidos em livros e principalmente, em artigos científicos, dentro do escopo do tema estudado (VERGARA, 1997).

Estudos de caso são um método de pesquisa ampla sobre um assunto específico, permitindo aprofundar o conhecimento sobre ele e, assim, oferecer subsídios para novas investigações sobre a mesma temática. (VERGARA, 1997).

Logo, este trabalho surge como um estudo de caso dentro do pilar de manutenção profissional do WCM, onde utilizamos ferramentas da indústria 4.0, (aplicativos móveis integrando sistemas, ferramentas de BI para visualizar dados) na etapa de step preventivo para garantir a excelência operacional e padronização dos processos. A estrutura desse estudo de caso é apresentada na figura 30, a seguir:

Figura 30 - Estrutura do estudo de caso



Fonte: O Autor (2021)

3.2 ESTUDO DE CASO

3.2.1 Etapa Reativa (*Steps 0 e 1*)

Primeiramente, foi gerado o *masterplan* das etapas 0 e 1, que consiste em um cronograma das atividades a serem cumpridas nessa primeira etapa, como é visto na figura 31, a seguir:

Figura 31 - Master Plan das etapas 0 e 1

STEP	ATIVIDADES	RESPONSÁVEL	DATA PLANEJADA
Step 0	Definição do time de PM	Matheus Vianna	27/04/2021
Step 0	Radar Chart do time PM	Matheus Vianna	05/05/2021
Step 0	Classificação dos equipamentos (AA, A, B e C)		27/04/2021
Step 0	Definição da área modelo através do Cost Deployment (CD)	Matheus Vianna	28/04/2021
Step 0	5S da oficina da manutenção e de lubrificantes do equipamento modelo		14/06/2021
Step 0	Organização da documentação técnica (manuais e listas de peças do almoxarifado)	Caique	30/05/2021
Step 0	Definir Fluxo de Manutenção e de Lubrificação		15/05/2021
Step 0	Gestão das peças de reposição de manutenção EMP 11	Wallace	30/05/2021
Step 0	Gestão da lubrificação por cores e símbolos (montar calendário de lubrificação, identificar todos os pontos de lubrificação e monitoramento/executar)		15/05/2021
Step 0	Estabelecer sistema de gestão e análise das quebras (Formulário de EWO, reuniões periódicas, etc.). Começar analisar quebras da fábrica através do EWO.	Matheus Vianna	23/04/2021
Step 1	Realizar abertura/fechamento de etiquetas de PM (solucionar no mínimo 90% das etiquetas emitidas)		06/05/2021
Step 1	Analisar e estratificar as etiquetas de PM	Ricardo	10/05/2021
Step 1	Restaurar todos os componentes da máquina modelo. (Retrofit)		27/05/2021

Fonte: O Autor (2021)

Após a delimitação da linha piloto e a equipe que seria utilizada na demanda, a próxima etapa foi a realização da limpeza, realizando o levantamento de todas as pendências de manutenção com base na condição básica, reunindo toda a equipe de produção e manutenção na linha de empastamento, para realizar a restauração no equipamento, como é visto na figura 32, a seguir:

Figura 32 - Na Esquerda - Limpeza do equipamento, na direita - Produção de etiquetas



Fonte: O Autor (2021)

Após isso, foram geradas etiquetas, vermelhas voltadas a manutenção, e verdes voltadas para e seguranças do colaborador, como pode ser visto na figura 33, abaixo. A abertura das etiquetas é crucial para realizar o avanço nas etapas.

Figura 33 - Esquerda - Etiquetas Vermelhas, direita - Etiquetas Verdes

The image shows two maintenance tags. The left tag is red and titled 'MANUTENÇÃO AUTÔNOMA ANOMALIA ENCONTRADA'. It contains the following information:

- Sector: LGE-03
- Equipamento: COM 1110-03
- Data de detecção: 13/05/26
- Detectado por: CCE1155111
- DESCRIÇÃO DA ANOMALIA: Retirada do papel da linha danificada
- TIPO DA ANOMALIA:
 - Fonte contaminação
 - Local inseguro
 - Origem definida de qualidade
 - Falha infusa
 - Local difícil acesso
 - Condição básica
 - Objeto desnecessário
- MANUTENÇÃO
- COLOQUE ESTA ETIQUETA NO

 The right tag is green and titled 'SEGURANÇA RISCO ENCONTRADO'. It contains the following information:

- Sector: LGE-03
- Equipamento: COM 1110-03
- Data de detecção: 13/05/26
- Detectado por: CCE1155111
- DESCRIÇÃO DO RISCO: Falha de manutenção não realizada no papel da linha.
- TIPO DO RISCO:
 - Engren. ou/ou corrente exposta
 - Fiocho desafiado / exposto
 - Parte quente exposta
 - Ilum. muito / temperatura / ruído
 - Pressuramento das mãos
 - Queda acidental
 - Contaminação
 - Parte móvel exposta
 - Estouro físico
 - Vaz. Gás
 - Piso irregular
 - Outros
- MANUTENÇÃO
- COLOQUE ESTA ETIQUETA NO EQUIPAMENTO

Fonte: O Autor (2021)

Também foram ministrados treinamentos técnicos, focados na metodologia WCM e de manutenção profissional, como é visto na figura 34, a seguir:

Figura 34 - Treinamentos técnicos realizados

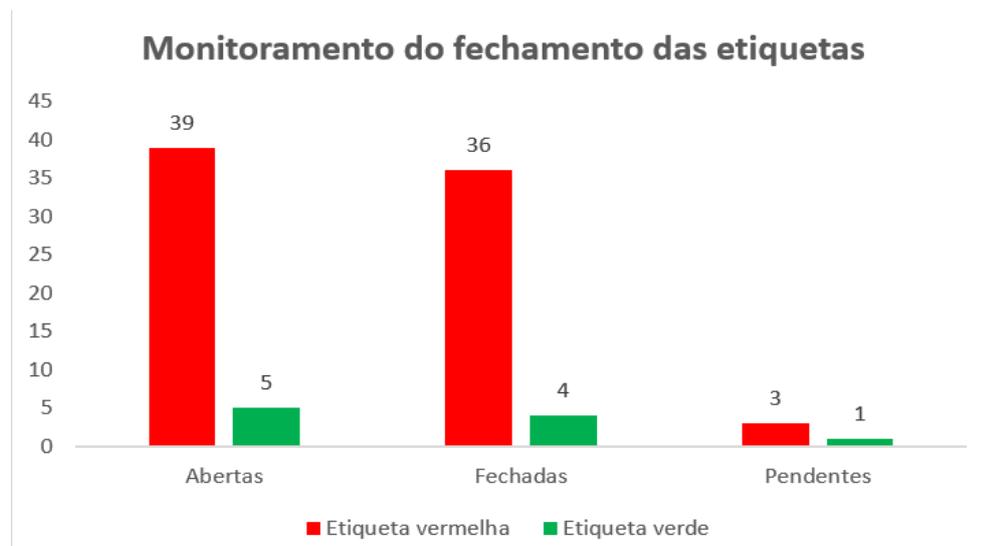


Fonte: O Autor (2021)

Além de aplicar uma prova técnica para que a equipe participante do trabalho nivele o conhecimento e alcance melhores resultados.

Como principais resultados dessas primeiras etapas, consideradas reativas, foram o fechamento de 90% das etiquetas como poder ser visto na figura 35, a seguir:

Figura 35 - Monitoramento do fechamento de etiquetas



Fonte: O Autor (2021)

Os principais problemas de manutenção, relacionados a condição básica, foram sanados, trazendo a máquina para a condição original, facilitando que as próximas etapas sejam trabalhadas de forma preventiva e proativa, como pode ser visto na figura 36, a seguir:

Figura 36 - Restauração das máquinas para à condição básica



Fonte: O Autor (2021)

3.2.2 Etapas preventivas (Steps 2, 3, 4 e 5)

Após a etapa, o objetivo na etapa preventiva, é de garantir que as condições básicas do equipamento se perpetuem. Definindo padrões e periodicidades de manutenção preventiva, que estejam adaptados e direcionados a realidade do equipamento em questão. Para isso, determinou-se um cronograma de atuação. Apresentado na figura 37, abaixo:

Figura 37 - Cronograma de atuação

Step 2	Análise das quebras utilizando EWO (Realizar a análise detalhada das quebras até se chegar a causa raiz)	Matheus Vianna	12/09/2021
Step 2	Desenvolver Quick / Standard kaizen / Major Kaizen com foco na solução das quebras. Atuar priorizando os componentes mais críticos (Alto MTTR / Baixo MTBF)		19/09/2021
Step 3	Estabelecer Calendário de Manutenção	Matheus Vianna	01/10/2021
Step 4	Desenvolver SMP's (Procedimentos de manutenção padronizado) para os itens "A", que impactam em Segurança e apresentam alto índice de complexidade de manutenção.		15/10/2021
Step 5	Desenvolver registro de quebras e mapeamento de ordens de manutenção	Matheus Vianna	30/10/2021

Fonte: O Autor (2021)

3.2.2.1 Análise de quebras (EWO)

Como análise de quebras, foi desenvolvido um formulário de EWO, que consiste em um documento que relata o problema e utiliza de ferramentas de qualidade (5W1H + 5 PORQUES) para a causa raiz das quebras, evitando que ela ocorra novamente.

Nos anexos desse trabalho é apresentado um exemplo de quebra que ocorreu na linha piloto do trabalho de manutenção profissional, após a restauração das condições básicas, portanto, é necessário tratar a causa raiz utilizando um plano de ação robusto.

3.2.2.2 Plano preventivo

Outra resultado realizado, foi a implementação do calendário preventivo via sistema (SAP/R3), definido de acordo com o acompanhamento do funcionamento da máquina, após a restauração nas condições básicas, garantindo que a máquina não irá quebrar mais por condição básica, como poder ser visto na figura 38, a seguir:

Figura 38 - Calendário do plano preventivo no SAP/R3

Oper	SOp	CenTrab	Centro	Chav...	ChvMode	C...	Txt.breve operação
<input type="checkbox"/>	0010	OFCPLACA	0001	ZPM1		0	SUBSTITUIR VEDAÇÕES
<input type="checkbox"/>	0020	OFCPLACA	0001	ZPM1		0	SUBSTITUIR ROLAMENTOS

Fonte: O Autor (2021)

3.2.2.3 Implementação do aplicativo *PM RUN*

Até 2014 todo trabalho de registro de perdas por manutenção era feito de forma manual, sem nenhuma tecnologia e automatização, até que em 2019 foi adotado na indústria de produção de baterias, o sistema SAP, que integrou a

manutenção com o almoxarifado.

Porém, não era suficiente, foi aí que com parceiros da empresa ITSS, foi desenvolvido um dispositivo de telefonia móvel, baseados nos conceitos de indústria 4.0 e big data, para que os profissionais de manutenção possam abrir as ordens de forma dinâmica, sem usar o computador, ganhando produtividade e reduzindo perdas com espera de requisição de peças e acesso ao computador. Na figura 39, a seguir, apresenta-se a linha do tempo acerca o histórico de registro ordens e perdas:

Figura 39 - Histórico de registro de perdas e ordens



Fonte: Acumuladores Moura (2021)

A vantagem do uso do aplicativo, consiste em que ele possui tanto a versão *desktop*, quanto também a versão mobile (Celular), a conectividade do SAP e a *interface* com o WCM, ferramentas que já são de uso corriqueiro na indústria de produção de baterias, os atributos são apresentados na figura 40, abaixo:

Figura 40 - Atributos do aplicativo

ATRIBUTOS	SMAM	itss	manusis 4.0 Sistema de Gestão de Ativos	PROMETHEUS GROUP
Versão Desktop	●	●	●	●
Versão Mobile	●	●	●	●
Conectividade SAP	●	●	●	●
Interface WCM	●	●	●	●
Valor	\$	\$\$	\$\$\$	\$\$\$\$ *

Fonte: ITSS (2021)

3.2.2.4 Desenvolvimento do aplicativo

O desenvolvimento da ferramenta foi realizado com a ITSS, objetivando ser utilizado por diversos elos da cadeia de manutenção. A interface pode ser vista na figura 41, a seguir:

Figura 41 - Interface do aplicativo

Interface amigável

Ordens de Manutenção

- 1 **Lista de Ordens**
Opções diversas para sequenciar as ordens em tela, facilitando a visualização e execução
- 2 **Ordem Digital:**
Informações essenciais do cabeçalho da ordem.
- 3 **Score de Operações**
Indica a quantidade de operações pertencentes a uma determinada ordem.



Fonte: ITSS (2021)

Dentro da interface do aplicativo, temos uma aba de "nota" que é aberta pela produção para manutenção, onde os mantenedores recebem as ordens de serviço para serem executadas e posteriormente, finalizadas, como pode ser visto na figura 42, a seguir:

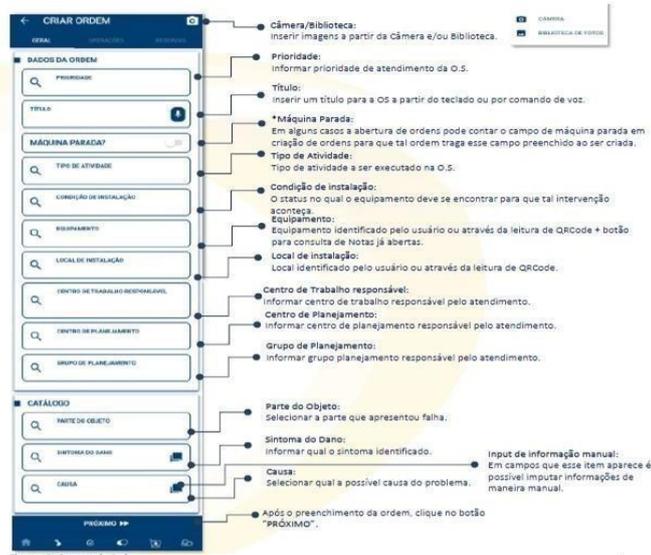
Figura 42 - Interface de recebimento, acompanhamento, execução e finalização das ordens de serviço



Fonte: ITSS (2021)

Dentro de cada ordem, é necessário inserir dados de entrada, tais como: tipo de atividade (Preventiva, Corretiva, Preditiva), qual equipamento vai ser realizado o serviço, e a prioridade da atividade, como pode ser visto na figura 43, a seguir:

Figura 43 - Interface da tela de inserção dos dados de entrada no aplicativo



Fonte: ITSS (2021)

Além da opção da criação da ordem de manutenção, no aplicativo existe também a possibilidade de consulta das ordens pendentes, por equipamento, para isso, utiliza-se a ferramenta de QR code (que fica no equipamento) para localizar ele no aplicativo. A interface dessa tela é vista na figura 44, abaixo:

Figura 44 - Interface da tela de consulta de ordens



Figura 27 - Consulta de ordens.

Figura 28 - Consulta de ordens.

Fonte: ITSS (2021)

Outra ferramenta de grande riqueza do aplicativo é a possibilidade de requisitar e consultar os itens do almoxarifado pelo celular, consultando saldo e preço, sem precisar ter acesso a computador. Como pode ser visto na figura 45, a seguir:

Figura 45 - Aba do aplicativo referente aos materiais



Figura 22 - Lista de materiais

Fonte: ITSS (2021)

3.2.3 Etapas proativas (Steps 6 e 7)

Como etapas finais, no processo de consolidação da manutenção profissional, aliado aos conceitos de WCM e principalmente visando o avanço da indústria 4.0 e automatização dos processos, as etapas 06 e 07 surgem, para facilitar o trabalho do profissional de manutenção e dar ele um papel analítico, fora do escopo rotineiro de atuação. As datas para aplicação do *step 6 e 7* são apresentadas na figura 46, a seguir:

Figura 46 - Datas para aplicação do step 6 e 7

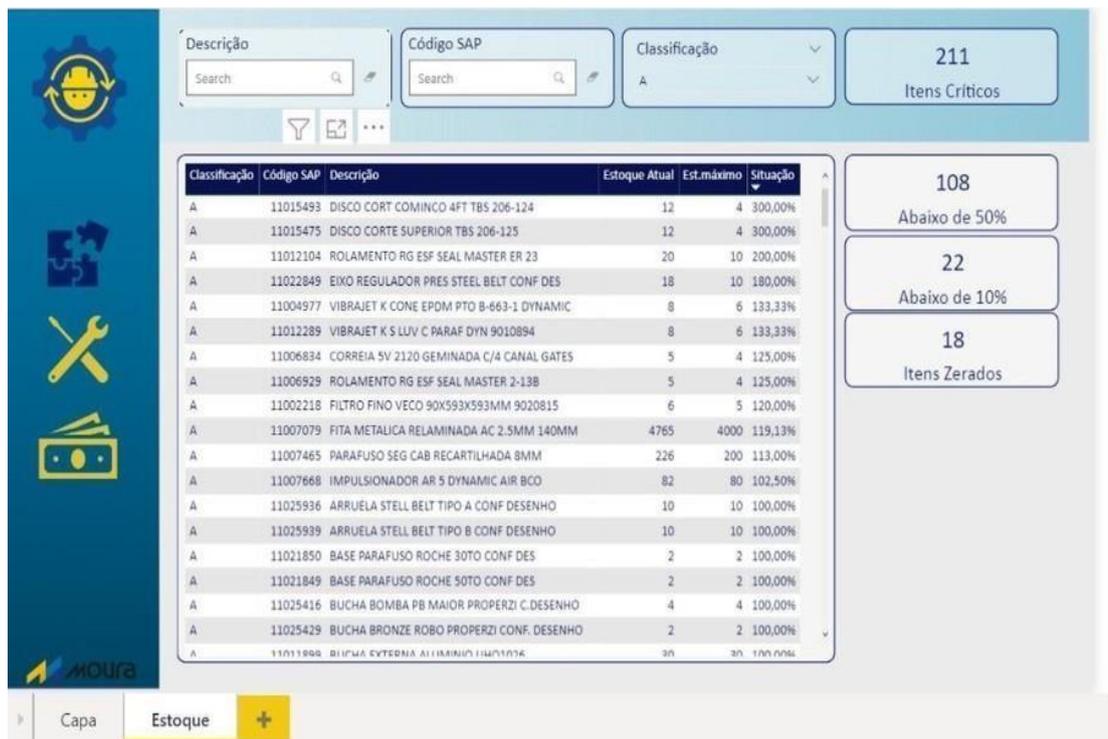
Step 6	Desenvolver gestão de estoque para itens críticos na manutenção	Matheus Vianna	30/11/2021
Step 7	Desenvolver modelo preditivo em equipamentos críticos do processo produtivo	Matheus Vianna	30/11/2021

Fonte: O Autor (2021)

3.2.3.1 Aplicação de gerenciamento de itens críticos através de *Dashboard*

Na etapa 06, foi desenvolvido um *Dashboard*, utilizando o PowerBI que pode ser visto na figura 47, priorizando uma série de itens de almoxarifado, como itens críticos, o nível de criticidade é apresentado (A – Interfere na produção, B – Perda de desempenho, C – Não interfere).

Figura 47 - Dashboard em PowerBI



Fonte: O Autor (2021)

Onde a partir do *input* da manutenção o almoxarifado consegue gerenciar de forma diferenciado os itens mais importantes do processo produtivo.

Figura 48 - Esquema de interface homem máquina



Fonte: O Autor (2021)

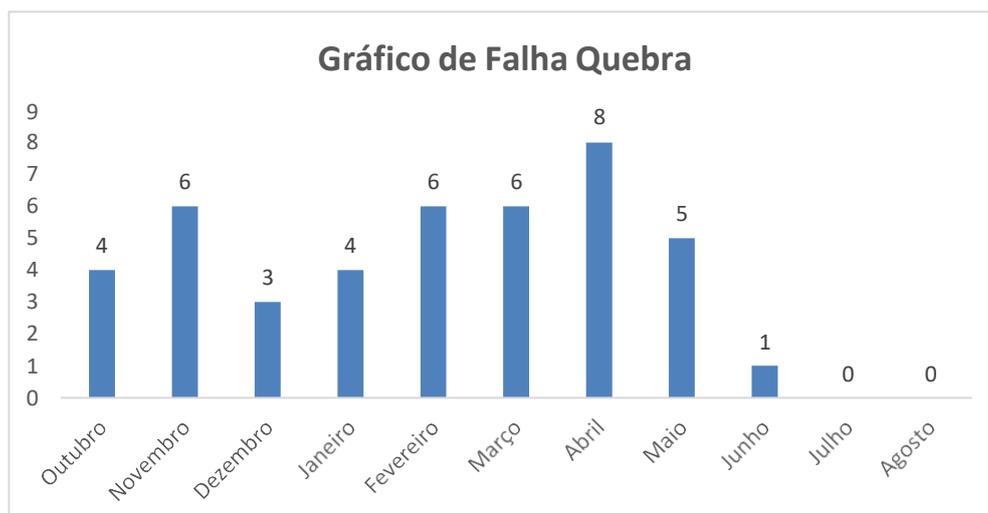
4 RESULTADOS

Diante do que foi citado anteriormente, o projeto trouxe um desenvolvimento do tema WCM e da indústria 4.0 e vamos detalhar os resultados dos seguintes indicadores abaixo:

- Hora parada na linha piloto
- Falha quebra na linha piloto
- Tempo médio de reparo (MTTR) na linha piloto
- Tempo médio entre falhas (MTBF) na linha piloto
- Aderência ao aplicativo pela manutenção
- Redução de itens críticos em falta no estoque do almoxarifado

Primeiramente, após a etapa reativa (Junho/21), tivemos uma grande queda na quantidade de quebras, como mostram os gráficos:

Figura 49 - Gráfico de falha quebra



Fonte: O Autor (2021)

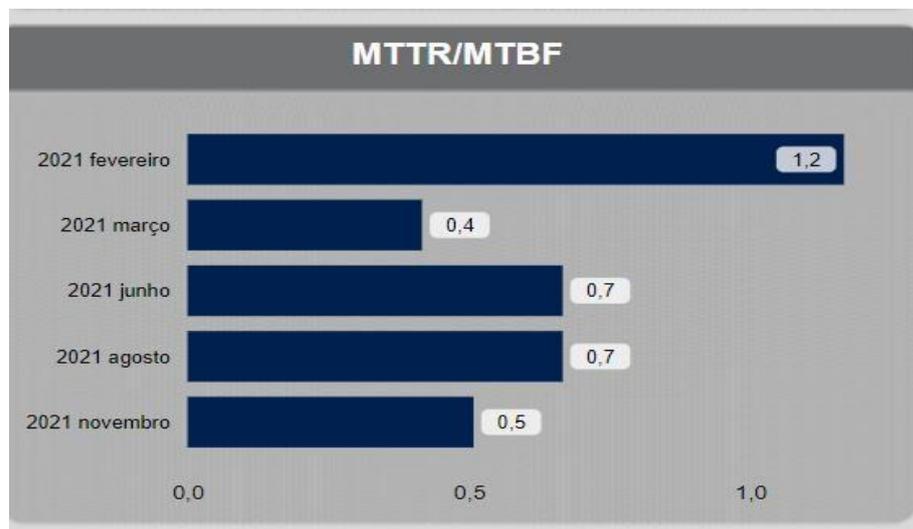
Figura 50 - Gráfico horas paradas



Fonte: O Autor (2021)

Sobre os tempos médios de reparo e entre falhas, também tivemos uma redução após a etapa reativa, conforme figura 51:

Figura 51 - Gráfico de MTTR/MTBF

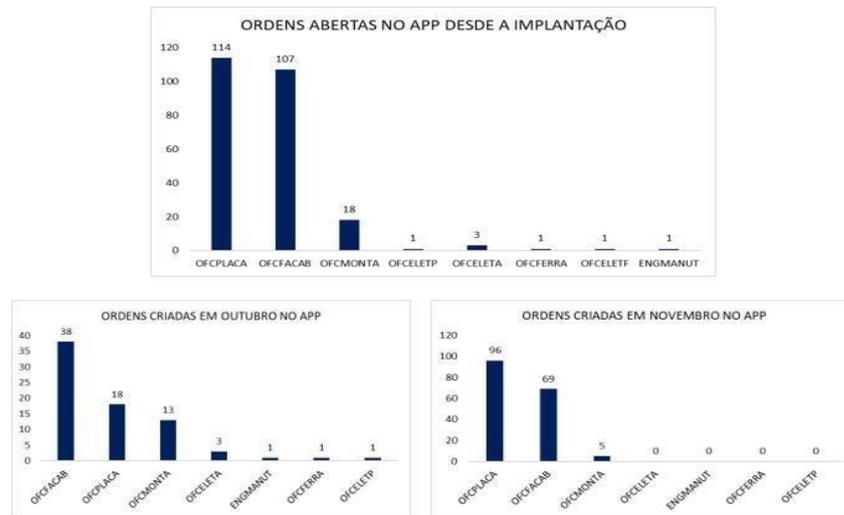


Fonte: O Autor (2021)

Com relação a implementação do aplicativo e do uso do *dashboard* de itens críticos, houve aumento de produtividade da equipe de manutenção, principalmente dos mantenedores do setor de placas, sendo esse o

departamento que mais executou ordens de serviço naquele setor, evidenciando a utilidade das ferramentas utilizadas e o engajamento dos colaboradores com as ferramentas. Os resultados de abertura de ordens são evidenciados na figura 52, a seguir:

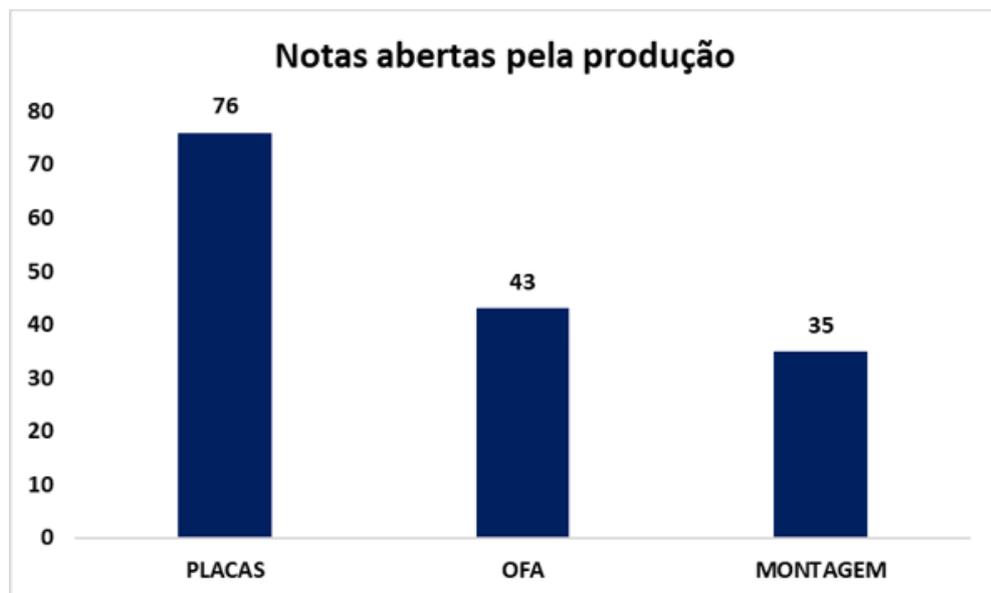
Figura 52 - Ordens executadas no app



Fonte: O Autor (2021)

Na figura 53, apresenta-se a quantidade de ordens abertas pelo setor de produção deste o início da utilização das ferramentas:

Figura 53 - Quantidade de ordens abertas pelo setor de produção

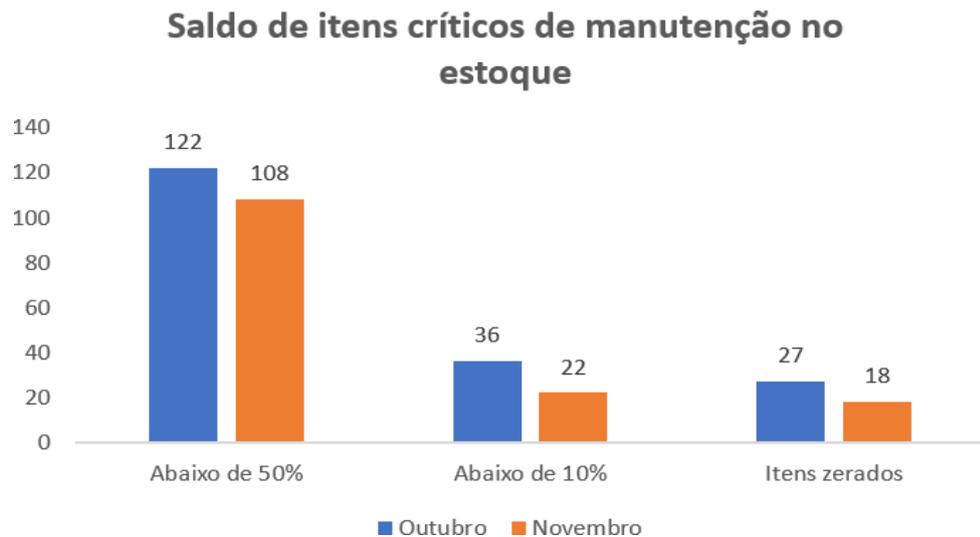


Fonte: O Autor (2021)

Diante de todos os indicadores citados acima, podemos dizer que o projeto foi satisfatório e alcançou os resultados propostos, tanto no tema de produtividade, falando de manutenção (Redução de horas paradas e falha quebra), mas também na aderência da equipe de manutenção ao aplicativo para registro de ordens, sendo o setor de placas o de maior uso do aplicativo no estudo de caso

Com relação ao dashboard para controle de itens críticos, os resultados também foram positivos, tivemos um queda na quantidade itens com saldo no almoxarifado abaixo de 50,10% e de itens zerados.

Figura 54 - Gráfico do saldo dos itens críticos no almoxarifado



Fonte: O Autor (2021)

5 CONCLUSÃO

A participação do autor desse estudo ocorreu em todo o processo de preparação e aplicação das ferramentas de indústria 4.0, e na disseminação dos conceitos de WCM em uma indústria de baterias automotivas. Esses fatores tornaram possível o entendimento da importância e eficiência dessas ferramentas para aperfeiçoar o funcionamento das áreas onde são aplicadas.

Pode-se concluir que houve sucesso na aplicação das ferramentas de indústria 4.0 no pilar de manutenção profissional do WCM. Pois, a princípio foram apresentadas as ferramentas tanto de inteligência dos negócios (painel em PowerBI) quanto o desenvolvimento do aplicativo focado em uma indústria de baterias automotivas. E através das evidências apresentadas no capítulo 4, percebeu-se um aumento de produtividade dos mantenedores através do crescimento na abertura de etiquetas de manutenção tanto nos meses de outubro, quanto no mês de novembro.

Como detalhado no capítulo de resultados, além dos indicadores relacionados ao aplicativo e dashboard que foram satisfatórios, conseguimos atingir também os indicadores de disponibilidade, chegando a zero quebras e conseqüentemente, zero horas paradas na linha piloto. Também alcançamos o resultado de 85% de OEE na linha piloto, todos esses resultados foram definidos nos objetivos específicos e foram alcançados no trabalho.

Como explicitado no início desse estudo, o ambiente competitivo das corporações atuantes no mercado levam-nas a uma busca incessante e contínua de reduzir desperdícios e otimizar tempo de operação. Para atingir os objetivos, aplicaram-se ferramentas da indústria 4.0, de Business Intelligence, alinhadas com a metodologia do WCM, para melhorar o gerenciamento da manutenção no pilar de PM. Por conseguinte, ocorreu a melhoria na gestão produtiva do setor de placas em sua totalidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi citado anteriormente, um leque de trabalhos futuros se apresenta, visto que, pode-se desenvolver outros trabalhos da mesma temática, porém, aplicado nos outros pilares do WCM, ficando como sugestão o desenvolvimento de um aplicativo focado no gerenciamento e estratificação de defeitos de qualidade, para facilitar as atividades dos analistas de qualidade, conseqüentemente melhorando gestão do pilar de qualidade do WCM.

Como trabalhos futuros, também destaco a consolidação da manutenção preditiva como modelo de gestão, de forma que a manutenção esteja voltada para o trabalho de análise por condição dos equipamentos, através de ferramentas como medição de vibração em tempo real, termografia e outros conjuntos de parâmetros, para tomada de decisão, dentro das ferramentas da indústria 4.0, que vem se desenvolvendo no âmbito industrial.

REFERÊNCIAS

- ABINC. **O que é a Internet das Coisas ?** 2017. Disponível em: <http://abinc.org.br/www/2017/01/16/o-que-e-a-internet-das-coisas/>. Acesso em: 21/10/2021.
- ACUMULADORES MOURA. **Processos de Fabricação de Baterias Chumbo Ácido**. 01. ed. Belo Jardim, 2012. Acesso em: 25/10/2021.
- ALECRIM, E. O que é Internet das Coisas (Internet of Things)? 2016. Disponível em: <https://www.infowester.com/iot.php>. Acesso em: 01/11/2021.
- ARAUJO, E. **Manutenção Industrial: O que é, Exemplos e Quais os Principais Tipos?** 2021.
- AZAMBUJA, A. J. G. de; LITAIFF, A. P. T. **As competências e habilidades profissionais de aprendizagem para o uso do Big Data e Ciência de Dados na tomada de decisão no ambiente da Indústria 4.0**. 2021.
- BORLIDO, D. J. A. **Indústria 4.0 – Aplicação a Sistemas de Manutenção**. 2017. 65 p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) — Universidade do Porto.
- CNI. **Empresas com tecnologia da indústria 4.0 enfrentam melhor a pandemia**. 2020.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just-in-time, MRP II e OPT - Um Enfoque Estratégico**. São Paulo: Atlas, 2009. Acesso em: 25/10/2021.
- CYRINO, L. **Manutenção profissional, Pilar do WCM**. 2019.
- DUARTE, I. C. V. **Melhoria Contínua Através do Kaizen: Estudo de Caso**. 2013
- FERCIEN. **IOT NA INDÚSTRIA 4.0**. 2018.
- FONSECA, J. G.; GODINHO FILHO, M. Lean office, através da ferramenta kaizen, no processo de venda de aeronaves executivas de uma indústria aeronáutica: um exemplo de aplicação. **Encontro nacional de engenharia de produção**, Fortaleza, p. 1 – 16, Outubro 2015.
- FORTULAN, M. R.; GONÇALVES FILHO, E. V. Uma proposta de aplicação de business intelligence no chão-de-fábrica. **Gestão & Produção**, scielo, v. 12, p. 55 – 66, 04 2005.
- FREITAS, I. S.; BARROS FILHO, L. C. de. Diagnóstico da implantação da Metodologia de Gestão Estratégica World Class Manufacturing (WCM) nas indústrias de Pernambuco. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, Recife, v. 3, n. 1, p. 74 – 82, Dezembro 2016.
- GONÇALVES JUNIOR, J. J. M. U.; RIBEIRO, M. V. U. **Redução de custo na manutenção de ativos no Ambiente Industrial**. 2016.

HELMANN, K. S.; MARÇAL, R. F. M. Ponderação sobre os critérios considerados para suportar a tomada de decisão quanto ao momento de se efetuar a manutenção preventiva em processos industriais. In: ENEGEP, X. (org.). **XXVI ENEGEP**. Fortaleza - CE: [s.n.], 2006. p. 1 – 8.

JUSTA, M. **Bases da Manutenção Produtiva Total por Marcelo Justa**. 2017. LAROCK, T. **Gerenciando bancos de dados na nuvem**. 2017. LEVANDOSKI, M. **Manutenção na Indústria 4.0. Quality Way**, São Paulo, 2018.

LIMA, F. D. A.; CASTILHO, J. C. de N. **Aspectos da Manutenção dos equipamentos científicos da Universidade de Brasília**. 2006.

LUCATELLI, M. V.; OJEDA, R. G.; CATARINA, U. F. de S. **Estudo de procedimentos de manutenção preventiva de equipamentos eletromédicos I**. 1998.

MINAYO, M. C. de S.; SANCHES, O. Quantitativo-Qualitativo: Oposição ou Complementaridade? **Caderno de Saúde Pública**, v. 3, n. 9, p. 239 – 248, Janeiro 1993.

NBR 5462. ABNT. **Confiabilidade de Manutenibilidade**, Rio de Janeiro, p. 1 – 37, Março 1993.

OLIVEIRA, A. C. R. de. **ANÁLISE DOS INDICADORES DE QUALIDADE DOS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA DE TELEFONIA FIXA DO ESTADO DA PARAÍBA**. 2014.

OLIVEIRA, D. de P. R. **Planejamento Estratégico:: Conceitos, Metodologia e Prática**. São Paulo: Atlas, 2004.

PASSARELLA, M. Benchmarking Production System, Process Energy, and Facility Energy Performance Using a Systems Approach. **Journal of Business and Management**, Seattle, p. 1 – 19, Maio 2007.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. **Manutenção, Função Estratégica**. [S.l.: s.n.], 2007. Acesso em: 24/10/2021.

RODRIGUES, G. **Manutenção preditiva, preventiva e corretiva: entenda a diferença entre elas**. 2018.

ROMANELLI, G.; ALVES, B. A FALTA DICOTOMIA QUALITATIVO-QUANTITATIVO:

OPOSIÇÃO OU COMPLEMENTARIDADE. **Diálogos metodológicos sobre a prática de pesquisa**, Ribeirão Preto, p. 159 – 174, Janeiro 1998.

SCHONBERGER, R. J. **World Class Manufacturing: The lessons of simplicity applied**. 1. ed. [S.l.]: Macmillan, 1986. 285 p. Acesso em: 26/04/2020.

SILVA, G. C. R. F. da. **O MÉTODO CIENTÍFICO NA PSICOLOGIA: ABORDAGEM QUALITATIVA E QUANTITATIVA**. 2010. Acesso em:

25/10/2021.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração de Produção**. São Paulo: Atlas, 2007. Acesso em: 24/10/2021.

TELES, J. **Tipos de Manutenção de acordo com a NBR 5462**. 2018.

TONDATO, R.; QUINTILHANO, S. R. A manutenção autônoma como ferramenta de melhoria contínua: Um estudo de caso em uma empresa Paranaense. In: EGENEP (org.). **XXXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. VERGARA, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração: Bacharelado em Administração Pública - Curso a Distância. Atlas, São Paulo, 1997.

VIEIRA, E. E. G. **Panorama da Inovação: Indústria 4.0**. 2016.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: Editora de desenvolvimento gerencial, 1998. v. 171.

YAMASHINA, HAJIME. **Challenge to worldclass manufacturing**. Institute **Journal of Quality & Reliability Management**. Kyoto, 2000.

ZHOU, K.; LIU, T.; ZHOU, L. Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities and Challenges. **2015 12th International conference on fuzzy systems and knowledge discovery (FSKD)**, p. 2147 – 2152, 201

ANEXO d - FORMULÁRIO DE QUEBRA

TRATAMENTO DE QUEBRA <small>(Emergency Work Order - EWO)</small>				Nº ORDEM: 500224469			
UGB2 / Linha	Operação / Processo	Equipamento			Matrícula	Mantenedor (Participou da intervenção corretiva)	Tempo
10	EMPASTAMENTO	EMPASTADEIRA			9016061	JAILSON DA SILVA BARROS	00:40
Turno	Início	Fim	Duração (min)		9018910	VALDECIO HENRIQUE	00:40
MANHÃ	Data 17.06.2021	Data 17.06.2021	00:40				
	Hora 13:00	Hora 13:40					
Espera	Diagnose	Preparação de material	Falta de material	Execução	Teste e liberação		
	00:10	00:10		00:15	00:05		
Descrição da quebra (Como está Descrita na Ordem)					Descrição intervenção (se provisória indicar o que fazer para completá-la)		
Especialidade: <u>MECÂNICA</u> QUEBRA DA BASE DO REDUTOR DE TRAÇÃO DO TAMBOR DE EMPASTE					FOI REALIZADO A RETIRADA DA PARTE QUE ESTAVA DANIFICADA E FEITO SERVIÇO DE SOLDAGEM		
Intervenção Imediata					provisório a intervenção marcar "X" (neste campo)		

Fonte: O Autor (2021)

ANEXO e - FORMULÁRIO DE QUEBRA

Clarificação do Problema (6-1-2-3-5-4) / Análise 5 Porquês

PARADA DO EQUIPAMENTO, QUEBRA DA BASE DO REDUTOR DE TRAÇÃO DO TAMBOR DE EMPASTE, NO REDUTOR DO TAMBOR, DURANTE O PROCESSO ALEATORIAMENTE, IMPACTANDO DIRETAMENTE NA PARADA DA PRODUÇÃO

	1º Por quê?	2º Por quê?	3º Por quê?	4º Por quê?	5º Por quê?
1ª Causa Confirmada	QUEBRA DA BASE DO REDUTOR DE TRAÇÃO DO TAMBOR DE EMPASTE	DEGRADAÇÃO DA BASE/ CAVALETE	DEVIDO A ÁGUA QUE É UTILIZADA NA LIMPEZA DO PISO	COROEU A SOLDA DA BASE NO CAVALETE	FRAGILISANDO A SOLDA FALILITANDO O ROMPIMENTO DA MESMA

Fonte: O Autor (2021)

ANEXO f - FORMULÁRIO DE QUEBRA

Tipo de causa raiz										
Escasos robustez (A - B - C - D - I - J - K)				Solicitação excessiva (E - F - G - H - O - P - Q)				Degradação (L - M - N - R - S)		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
INFLUÊNCIA EXTERNA (Proteção falha de energia, Temperatura ambiente, fenômenos ambientais)	PEÇA DE REPOSIÇÃO INADEQUADA (Adaptação de peça de reposição ou má qualidade do componente)	FALHA EM COMPONENTE ELETRÔNICO-ELETRÔNICO (Falha aleatória)	FALHA DE SOFTWARE O	FALTA DE CONHECIMENTO DO MANTENEDOR	ERRO DO MANTENEDOR "ROTINA" (Condições de trabalho ou comportamento)	FALTA DE CONHECIMENTO DO OPERADOR	ERRO DO OPERADOR "ROTINA" (Condições de trabalho ou comportamento)	FRAGILIDADE DE PROJETO STEP 3 EEM (Fase de projeto)	ERRO DURANTE A CONSTRUÇÃO DO EQUIPAMENTO STEP 4 EEM	ERRO DURANTE A INSTALAÇÃO DO EQUIPAMENTO STEP 5 EEM
L	M	N	P	P	Q	R	S			
MANUTENÇÃO INSUFICIENTE (PREVENTIVA) (Falta de manutenção preventiva ou plano ineficaz)	NÃO CUMPRIMENTO DO PLANO PREVENTIVO (Atividade programada e não realizada)	ATIVIDADE PREVENTIVA NÃO PROGRAMADA (Indisponibilidade de máquina para realizar atividade)	NÃO OBSERVAÇÃO DOS PARÂMETROS DE FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO (Tensão, velocidade, temperatura, etc)	EQUIPAMENTO TRABALHANDO COM CARGA EXCESSIVA (Equipamento operando acima da capacidade normal de trabalho)	PRODUTO FORA DE ESPECIFICAÇÃO (Peça fora de especificação causando falha no equipamento, problemas de geometria)	FALTA DE MANUTENÇÃO DAS CONDIÇÕES DE BASE	NÃO CUMPRIMENTO DO CIL-R (Atividade programada e não realizada)			
Ações contra causa raiz										
Atividade							Quem ?		Quando ?	
FOI REFORSDADO A SOLDA DA BASE DA MOTOR NO CAVALETE							VALDECIO/JAISON		17/06/2021	
CONFECCIONAR MÃO DE FORÇA PARA AUMENTAR A RESISTENCIA NA BASE							VALDECIO		15/07/2021	

Fonte: O Autor (2021)