

ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NO FLUXO E CONTROLE DE ETIQUETAS VERMELHAS EM UMA LINHA TPM UTILIZANDO RECURSOS DA INDÚSTRIA 4.0

ANALYSIS AND PROPOSAL OF IMPROVEMENTS IN THE FLOW AND CONTROL OF RED LABELS IN A TPM LINE USING INDUSTRY 4.0 RESOURCES

Thiago Siqueira de Souza ¹ & Flávio Lúcio Santos de Carvalho ²

^{1,2} [Centro Universitário Salesiano](http://www.unisaes.com.br) - Unisaes

¹ thiagossiqueira@outlook.com ² fcarvalho@salesiano.br

ARTIGO INFO.

Recebido em: 01.12.2021

Aprovado em: 21.02.2022

Disponibilizado em: 11.03.2022

PALAVRAS-CHAVE:

Planejamento e controle de manutenção; *total productive maintenance*, etiqueta vermelha, indústria 4.0; internet das coisas; *big data*; computação na nuvem; tecnologia *mobile*; digitalização.

KEYWORDS:

Maintenance planning and control; total productive maintenance; red label; industry 4.0; internet of things; big data; cloud computing; mobile technology; scanning.

*Autor Correspondente: Carvalho, F. L. S., de.

RESUMO

Baseando-se nos conceitos da indústria 4.0, como, a alta capacidade de inteligência, o aumento da produtividade, a busca por melhores eficiências nos processos e reduzindo custos, o artigo tem o objetivo de analisar o elevado tempo para resolução das etiquetas vermelhas e propor, conforme os conceitos, melhorias no fluxo e controle de etiquetas vermelhas (ETVs) na linha de produção "A" de uma indústria alimentícia situada na cidade de Vila Velha - ES. Para isso, recursos como tecnologia *mobile*, internet das coisas, *big data* e computação em nuvem integraram-se ao fluxo e controle de maneira a otimizar o processo, tratando as divergências no quadro do fluxo de etiquetas (QFET), eliminando perda de tempo em reparos, reduzindo o tempo para resolução das ETVs e contribuindo para o bem do meio ambiente com a proposta do método digital. Após a análise dos dados,

os resultados mostraram que etiquetas vermelhas de prioridade B tem o maior número de registros, logo, fez-se necessário analisar e propor melhorias baseadas nesse tipo de etiqueta.

ABSTRACT

Based on industry 4.0 concepts, such as high intelligence capacity, increased productivity, the search for better efficiencies in processes and reducing costs, the article aims to analyze the long time taken to resolve red labels and propose, according to the concepts, improvements in the flow and control of red labels (ETVs) in the "A" production line of a food industry located in the city of Vila Velha - ES. For this, resources such as mobile technology, internet of things, big data and cloud computing were integrated into the flow and control in order to optimize the process, dealing with divergences in the label flow framework (QFET), eliminating wasted time in repairs, reducing the time for resolution of ETVs and contributing to the good of the environment with the proposal of the digital method. After analyzing the data, the results showed that red labels of priority B have the highest number of records, so it was necessary to analyze and propose improvements based on this type of label.



1. INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial, no fim do século XVIII, a produção vem passando por constantes mudanças, visto que o seu desenvolvimento é voltado à “fábrica inteligente” (Franco *et al.*, 2020). Nessa época era utilizado a manutenção corretiva, no fim do século XIX que foi revolucionado, através da produção em massa e a eletricidade nas fábricas, a manutenção teve um grande salto e a partir daí, surgiu o conceito de manutenção preventiva (Santos *et al.*, 2018). Ferreira (2018) destaca a importância da manutenção nos equipamentos, que garante a operacionalidade da produção, buscando sempre o objetivo de reduzir o tempo de paradas imprevistas e aumentar a economia, controlando a produção através de recursos integrado ao sistema de informação, evitando possíveis falhas. Entretanto, se percebe que a natureza onipresente, ligada diretamente à quarta revolução industrial e suas tecnologias de comunicação, são utilizadas para interligar as operações de manufatura, produtos inteligentes e força humana (Franco *et al.*, 2020). A indústria 4.0 (I4.0) aparece a partir de grandes evoluções tecnológicas e traz consigo planos de uma indústria mais avançada (Sukarai e Zuchi, 2018).

Brettel *et al.* (2014) apontam a I4.0 como a nova revolução industrial, que tem a função de engrenar o crescimento e o desenvolvimento econômico. Franco *et al.* (2020) ainda afirmam que a I4.0 se refere a ambientes com alta capacidade de inteligência, onde as tecnologias da informação têm a capacidade de se conectar com todos os setores da fábrica, propondo uma melhor maneira de gerenciar o chão de fábrica.

Dos Reis e Silva (2020) garantem que a I4.0 busca sempre a excelência, influenciando diretamente na Gestão da Qualidade. Rüssmann *et al.* (2015) ressaltam algumas tecnologias responsáveis por construir e sustentar a base da quarta revolução industrial, são: internet das coisas (IoT); *big data* e computação em nuvem.

Para compreensão do estudo em questão, faz-se necessário esclarecer que as ETVs provêm de linhas TPM, ferramenta que busca maximizar a manutenção autônoma dentro do processo. Geralmente, utiliza-se 2 tipos de etiquetas, sendo uma delas a vermelha, onde se registra anomalias identificadas.

A necessidade de otimização no fluxo e controle de etiquetas vermelhas (ETVs) aparece quando problemas com tempo médio para resolução das ETVs e sua causa raiz, divergências que ocorrem no quadro do fluxo de etiquetas (QFET), acontecem por falta de autodisciplina. Desta forma, divergências como:

- Não registrar as ETVs;
- Não colocar as ETVs no QFET e;
- Colocar as ETVs incorretamente no QFET.

De fato, devem ser analisadas e tratadas. Essas divergências são consequências da falta de condições básicas nos equipamentos que gera muitas anomalias na linha e acaba aumentando o volume de registros de ETVs, dificultando o controle e com isso, acarretando o elevado tempo para resolução das ETVs.



Silva *et al.* (2017) garantem que existe uma perda significativa no fluxo entre o planejamento da manutenção, sua execução e controle, quando a coleta e inserção das informações para gestão das atividades desta área são realizadas pelo método não digital (planilhas e controles impressos), que são preenchidos à mão, e posteriormente são lançados no sistema do *software* de gestão da manutenção, o que ocasiona falhas no fluxo da informação, podendo prejudicar os resultados e até mesmo onerando os custos gerais dos serviços realizados.

Diante disso, Souza *et al.* (2017) afirmam que a I4.0 tem por função, desenvolver processos e produtos mais autônomos e eficientes. Seu objetivo é criar um sistema produtivo mais inteligente e melhorar a capacidade de resolução de problemas sem a necessidade de interferência humana. No entanto, para que isso aconteça, é necessário existir uma constante troca de informações entre todas as etapas da cadeia produtiva, operacional e manutenção.

No entanto, este artigo tem como objetivo geral analisar o elevado tempo para resolução das ETVs em uma linha de produção "A". Vale ressaltar, que por questões de sigilo, não foi mencionado o nome da empresa e nem o nome específico dessa linha, intitulada como linha de produção "A", que possui *Total Productive Maintenance* (TPM) implementado desde o ano de 2009, onde foi feito o levantamento dos dados referentes ao fluxo e controle de ETVs. A partir desta análise, almeja-se propor melhorias com base em recursos da I4.0 no fluxo e no controle de ETVs, enfatizando a *performance* da aplicação e evitando as possíveis divergências, além de destacar as oportunidades de melhorias que existem dentro do processo.

Para isso, destacam-se alguns objetivos específicos:

- Analisar o fluxo e controle de ETVs e as possíveis divergências que ocorrem;
- Levantar os possíveis impactos gerados ao setor de manutenção e no setor operacional, baseando-se nos resultados obtidos;
- Apresentar proposição de melhorias baseadas em recursos da I4.0, a fim de otimizar a funcionalidade do fluxo e controle de ETVs.

Este artigo está estruturado da seguinte maneira, capítulo 1: contextualizando e abordando temas que buscam explicar o problema e a possível solução; capítulo 2: os materiais que foram utilizados para desenvolver todo estudo, como: TPM, ETVs, indústria 4.0, IoT, *big data*, computação em nuvem, tecnologia *mobile*, planejamento e controle de manutenção (PCM), digitalização e revisão de literatura; capítulo 3: os métodos traçados e realizados, no decorrer de todo desenvolvimento, buscando organizar o estudo; capítulo 4: os resultados obtidos de acordo com a aplicação da proposta de melhoria e o capítulo 5: conclusão.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Diante da problemática, torna-se necessário esclarecer os conceitos utilizados no artigo, tanto para entender o I4.0 no contexto exposto, como também, para os conceitos básicos de pesquisa e análise do processo.



2.1. Total Productive Maintenance (TPM)

O TPM foi criado a fim maximizar as atividades dos funcionários voltadas à manutenção da produção. Seu objetivo principal é elevar a produtividade da empresa, através da eliminação das perdas, acidente zero, quebra zero, entre outros pontos da produção (Tonielo, 2004).

2.2. Etiquetas vermelhas (ETVs)

Dentro de linhas TPM é comum o uso de etiquetas, dentre elas, as etiquetas vermelhas conforme a Figura 1. Tonielo (2004) explica que as etiquetas vermelhas são utilizadas para registro de anomalias nas quais apenas o manutentor consegue resolver, isto, porque os operadores não possuem conhecimento para resolvê-las. Um exemplo é o caso de problema mecânico no equipamento em que os operadores não podem atuar, devido ao risco de prensamento, corte etc.

Figura 1. Exemplo de etiqueta vermelha

O formulário é uma etiqueta vermelha com o título "MANUTENÇÃO" e "Nº DA ETIQUETA" 116542. Possui campos para "ETAPAS" (1-7), "LINHA", "EQUIPAMENTO", "TAG", "COLOCADA POR", "DATA" e "PRIORIDADE" (A, B, C). Há uma seção para "Qual o problema ocorrido (anomalia)?" com linhas para texto e "Local da Anomalia" com uma caixa de texto. Na base, há uma barra com "MELHORIA OFICINA" e "E M G U M E T C I" e uma barra de código de barras com "CS DOBZADAMESIDA FI CB PQ OD SEG".

Fonte: Autores (2021).

2.3. Indústria 4.0

A I4.0 tem o objetivo de unir robôs e seres humanos, utilizando sensores e interfaces homem-máquina, a fim de otimizar os serviços, aumentando a produtividade e reduzindo erros (Blanchet *et al.*, 2014).

Dentro da I4.0 existem algumas tecnologias habilitadoras que a compõe, dentre estas tecnologias, algumas foram detalhadas, a listar:

2.3.1. Internet das coisas (IoT)

É um conjunto de dispositivos físicos (chamados objetos inteligentes) que se conecta à Internet, torna-se capaz de receber e enviar informações sem intervenção direta do homem na execução destas ações (Whitmore *et al.*, 2014 apud Messias, 2015).



2.3.2. *Big data*

De acordo com Tepedino (2019), são centrais de armazenamento e tratamento de grandes bases de dados advindas de diversas fontes. Este tratamento dos dados, se bem-feito, permite evitar problemas não visíveis. Koo (2014) ainda afirma que a *Big data* em seu resumo é uma equação, tendo uma soma de características: volume + variedade + velocidade + veracidade, obtendo resultados que agregam valor ao processo.

2.3.3. *Computação em nuvem*

Uma infraestrutura com capacidade de grande armazenamento de dados, para auxiliar nos processos de manufatura e *big data*. Atualmente as companhias já utilizam largamente essa tecnologia, restrita aos dados e informações dela (Rüßmann apud Tepedino, 2019). Sua eficiência aumenta e flexibiliza os recursos computacionais. Além de permitir que os usuários movimentem seus dados e aplicações para a nuvem, podendo acessá-los com rapidez de qualquer local (Oliveira *et al.*, 2014).

2.3.4. *Tecnologia mobile*

Correia *et al.* (2015) afirmam que essa tecnologia é adaptável aos dispositivos móveis portáteis, flexibilizando o acesso 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 (Silva *et al.*, 2017).

2.3.5. *Planejamento e controle de manutenção (PCM)*

Para que as transições de informações sejam executadas com excelência, é necessário que exista um planejamento bem elaborado. O PCM é essencial dentro do setor de manutenção, responsável por encaminhar informações à gestão e coordenar as partes que a compõe, correspondendo aos serviços gerados a partir das demandas de anomalias existentes no setor (Oliveira, 2014).

2.3.6. *Digitalização*

De acordo com Russwurm (2014) “A digitalização torna os processos inovadores, *hardware* e *software* industrial são pilares tecnológicos importantes, para que aconteça a evolução na indústria.”

Diante do contexto, será possível garantir um fluxo e controle de ETVs mais eficiente, longe de divergências, perdas em tempos ociosos e tempo para se resolver as ETVs. E através das tecnologias impostas, será possível garantir o compartilhamento de informações e dados de forma rápida e síncrona, podendo acessá-las em qualquer lugar, a qualquer momento.

2.4. *Revisão de literatura*

Nessa fase foram analisados as barreiras encontradas, métodos aplicados e os resultados dentro de cada artigo utilizado. Dessa forma, foi possível enxergar as dificuldades encontradas para



aplicação das ferramentas utilizadas, os desafios encontrados para implantação e qual a melhor forma de se aplicar os recursos da I4.0.

Silva *et al.* (2017) abordam a relação da gestão de manutenção com a tecnologia *mobile*, onde foi analisado que ainda existem algumas barreiras para sua implantação, como a segurança das informações, resistência para adoção da mesma e o mau uso, embora tenham conhecimento de que a I4.0 aparece como um novo paradigma de produção, aumentando e customização da produtividade e reduzindo custos. Para isto, utilizou-se a metodologia de pesquisa bibliográfica, onde foi possível abordar os requisitos base: técnicos, funcionalidades, vantagens e desvantagens e a partir dos resultados, sugerir uma melhor metodologia para implantação da tecnologia *mobile*.

Souza *et al.* (2017) expõem a transição entre a terceira revolução industrial para a quarta revolução industrial, isto é, a digitalização da indústria como um dos principais focos nas indústrias. Desse modo, o artigo destaca os principais aspectos que garantem cada vez mais que essa transição seja necessária e as contribuições notadas com sua implantação. Por fim, conclui-se que empresas que não investirem em infraestrutura para suportar a I4.0, serão extintas pelo fato de não conseguir acompanhar e, automaticamente, competir com as demais concorrências.

Reis e Shirabayashi (2020) identificaram como as indústrias brasileiras têm se comportado quanto à implantação da I4.0, dando ênfase na aplicação de uma de suas tecnologias, a IoT. Para isto, foi desenvolvido uma revisão sistemática da literatura referente aos últimos 5 anos, com o intuito de identificar tais aplicações, neste contexto, os resultados obtidos mostram que a IoT cresce com um grande potencial nas indústrias brasileiras e se sabe que sua aplicação se torna um diferencial competitivo no mercado, mas ainda assim, sua aplicação se encontra incipiente em alguns setores.

Silva *et al.* (2020) destacam a intensificação da quarta revolução industrial cada vez mais constante no dia a dia, levantou pontos que a I4.0 traz em seus conceitos, além de enfatizar os efeitos percebidos no que diz respeito a funcionário. Para desenvolvimento do estudo foi realizado uma busca sistemática em artigos científicos, com o objetivo de explicar as tecnologias, a organização (que a recebe) e o funcionário.

3. METODOLOGIA

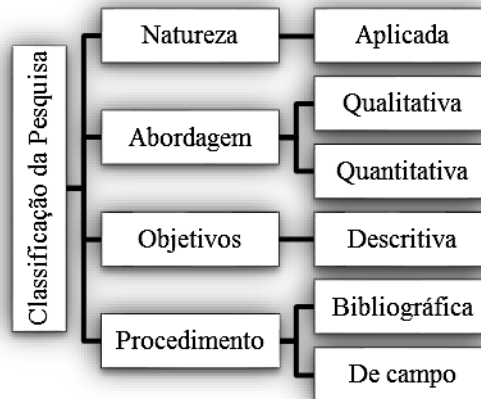
A metodologia cuida das formas para se fazer a ciência, através dos procedimentos, ferramentas e caminhos utilizados para se chegar ao objetivo de pesquisa (Demo, 1985). No entanto, essa etapa demonstra como a pesquisa foi desenvolvida e quais foram as etapas para se atingir os objetivos e, como foi realizado a classificação da pesquisa dentro da área.

3.1. Classificação da Pesquisa

Segundo Moresi (2003), essa fase é essencial, pois explica e justifica o tipo de pesquisa utilizado, selecionando o modelo (quanto a natureza), os paradigmas teóricos e quais a técnicas serão utilizadas para coletar e analisar os dados. Este estudo classifica-se conforme a Figura 2 e cada uma das classes será detalhada na sequência.



Figura 2. Classificação da Pesquisa



Fonte: Autores (2021).

Na primeira fase de classificação, que se refere a natureza, a pesquisa foi definida como aplicada, de forma que se produziu conhecimento quanto a proposta de aplicação dos recursos da I4.0 no fluxo e controle de ETVs.

Neste contexto, na forma de abordagem qualitativa, descreveu e interpretou os fatos, analisando-os indutivamente. Desta forma, os dados obtidos referente aos elevados tempos para se resolver as ETVs, serviu de análise para as propostas de melhorias, através de recursos da I4.0.

Na abordagem quantitativa foi feito o levantamento de dados numéricos e, através de análises estatísticas, foi possível destacar alguns pontos que venha influenciar no elevado tempo para se resolver as ETVs e propor melhorias de acordo com os resultados adquiridos e necessidade do processo.

Por sua vez, a classificação quanto aos objetivos, a pesquisa foi classificada como descritiva, onde na busca, os dados foram analisados, interpretados e classificados de acordo com os tipos de prioridade e os tempos médio que cada uma leva para se resolver as ETVs, para isto, foram utilizadas técnicas padronizadas de coleta de dados (sistema e observação sistemática), a fim de enxergar melhor o problema.

Por fim, esta pesquisa foi considerada bibliográfica quanto os procedimentos técnicos, devido a utilização de material publicado como, por exemplo, artigos científicos referentes ao tema de pesquisa. Consequente, a classificação se estendeu para uma pesquisa de campo que, conforme Costa (2007) explica, é feito uma observação no local onde os fatos ocorrem, permitindo a análise e estudo das condições estabelecidas.

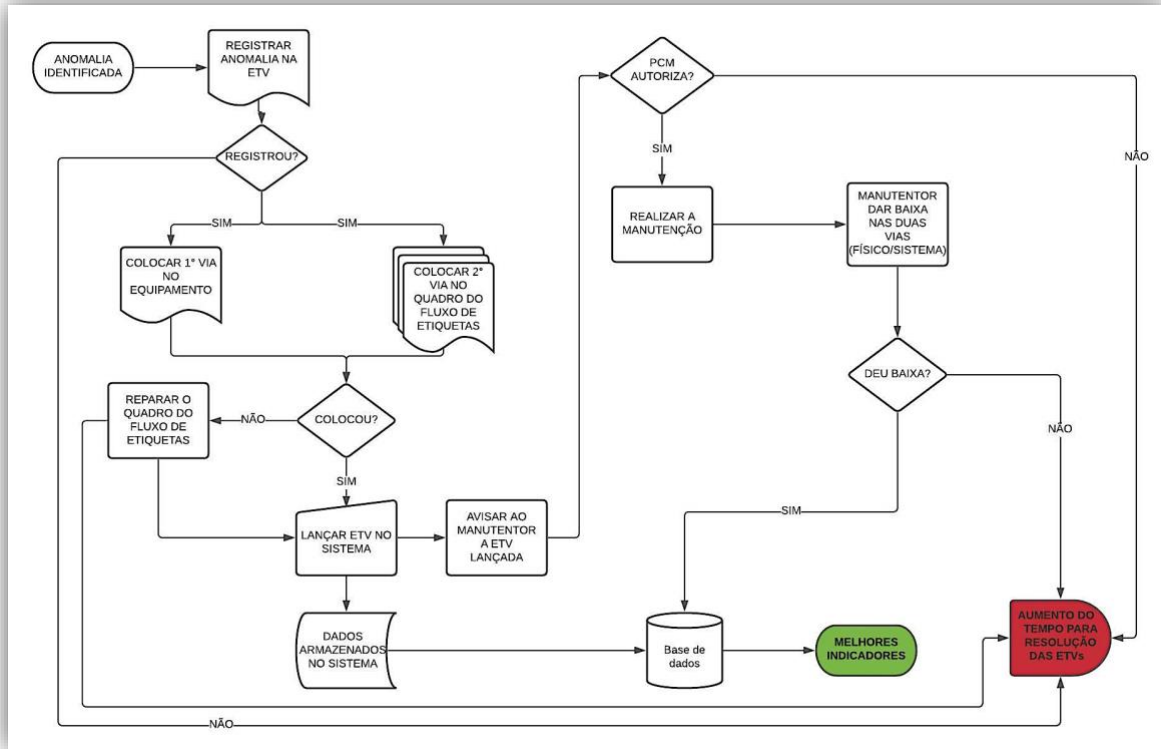
3.2. Etapas metodológicas

Considerando o problema analisado “elevado tempo para resolução das ETVs” e sua causa raiz “possíveis divergências no QFET”, a Figura 3 ilustra o fluxo do processo como ocorre atualmente. Entende-se que as possíveis divergências que ocorrem no QFET, afetam diretamente no aumento do tempo para se resolver as ETVs, causando bastante perda de tempo



homem/hora em reparos dentro do QFET. Nesse contexto, problemas com autodisciplina, principalmente, devem ser tratados.

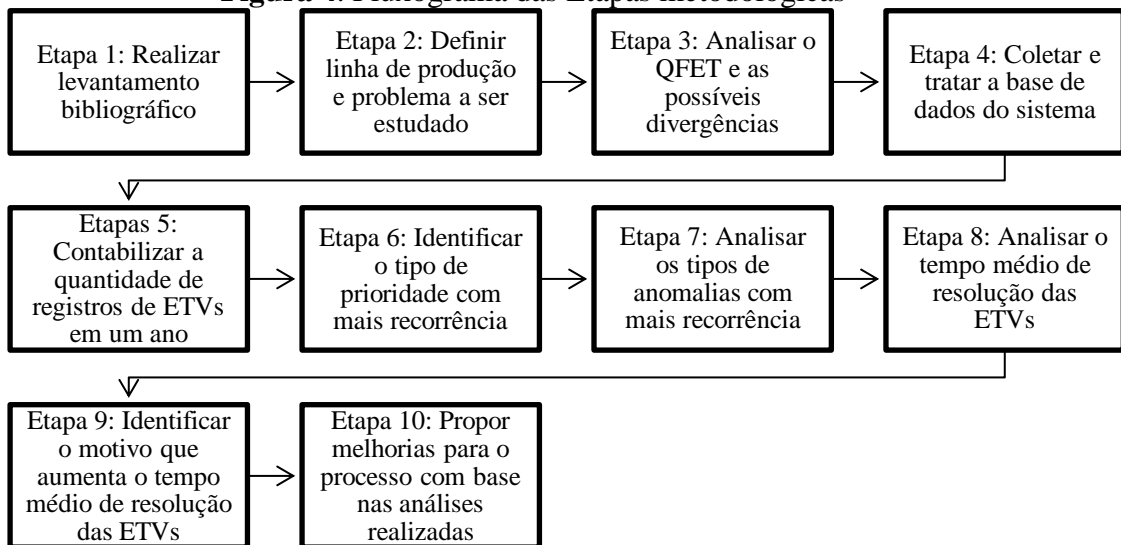
Figura 3. Fluxograma do processo (fluxo e controle de ETVs) atual



Fonte: Autores (2021).

De tal maneira a reduzir o problema e atingir o objetivo proposto nesse estudo, torna-se necessário a aplicação de 10 etapas metodológicas, conforme a Figura 4. As etapas foram aplicadas na linha de produção “A” de uma indústria alimentícia situada em Vila Velha - ES.

Figura 4. Fluxograma das Etapas metodológicas



Fonte: Autores (2021).



Os dados foram coletados no ano de 2020 entre os meses de janeiro a dezembro, de 3 turnos (9h às 17h, 17h às 01h e 01h às 9h). No total, foram obtidos 417 registros de ETVs.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através de dados quantitativos obtidos no ano de 2020, foi possível analisar informações sobre o fluxo e controle de ETVs, quantidades, entradas, encerramentos, tipos de prioridades, tipos de anomalias e tempo para resolução. Com intuito de entender o fluxo e propor melhorias, foram desenvolvidos tabelas e gráficos que destacam e priorizam pontos que devem ser abordados no decorrer do desenvolvimento do trabalho, com objetivo de auxiliar nas propostas de melhorias e obter argumentos sólidos quanto ao problema.

4.1. Análise dos dados

Desta forma, foram avaliados os 417 registros ETVs (sendo 86 de prioridade **A**, 203 de prioridade **B** e 128 de prioridade **C**) e através de 9 amostras de cada prioridade (Tabela 1) foi possível demonstrar algumas funções analisadas do sistema. Vale destacar, que o grande volume de registros de ETVs é o motivo da existência da causa raiz, divergências no QFET.

Tabela 1. Informações sobre as Etiquetas

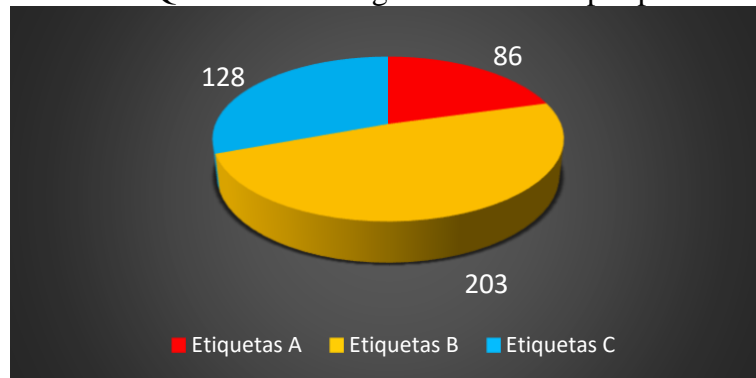
Nº da etiqueta	Tipo de prioridade	Data da nota	Data de encerramento	Tipo de Anomalia
113747	A	03/09/2020	05/10/2020	Falta de Condições Básicas
111773	A	31/07/2020	13/10/2020	Falta de Condições Básicas
113828	A	01/09/2020	16/09/2020	Falta de Condições Básicas
113450	A	22/12/2020	13/01/2021	Qualidade
113599	A	04/11/2020	06/11/2020	Qualidade
105539	A	09/03/2020	14/04/2020	Qualidade
113633	A	07/12/2020	25/01/2021	Segurança, saúde e ambiente
111392	A	15/07/2020	27/07/2020	Segurança, saúde e ambiente
115916	A	07/12/2020	25/01/2021	Segurança, saúde e ambiente
111558	B	13/07/2020	10/08/2020	Falta de Condições Básicas
105557	B	13/07/2020	10/08/2020	Falta de Condições Básicas
106705	B	13/07/2020	16/09/2020	Falta de Condições Básicas
105558	B	13/07/2020	10/08/2020	Falta de Condições Básicas
113785	B	07/12/2020	13/07/2021	Falta de Condições Básicas
111796	B	01/08/2020	20/11/2020	Falta de Condições Básicas
111794	B	01/08/2020	24/08/2020	Falta de Condições Básicas
105568	B	09/03/2020	10/08/2020	Local de Difícil Acesso
111410	B	05/10/2020	02/05/2021	Segurança, saúde e ambiente
111403	C	15/07/2020	13/10/2020	Falha Menor
108364	C	13/07/2020	26/07/2021	Falha Menor
113581	C	25/09/2020	20/03/2021	Falta de Condições Básicas
113787	C	07/12/2020	26/02/2021	Falta de Condições Básicas
110420	C	01/11/2020	24/08/2021	Fonte de Sujeira
111412	C	25/07/2020	15/03/2021	Fonte de Sujeira
113849	C	19/10/2020	25/07/2021	Local de Difícil Acesso
113844	C	01/11/2020	22/06/2021	Local de Difícil Acesso
109691	C	10/08/2020	05/10/2020	Segurança, saúde e ambiente

Fonte: Autores (2021).



O Gráfico 1 demonstra a quantidade de registros de ETVs por prioridade em um ano (2020), entretanto, se destaca ETVs de prioridade B, com o maior número de registros, cerca de 203, obtendo 49% dos registros em geral. Desta forma, se tornou necessário destacar e analisar os problemas referente ao tempo para se resolver as ETVs de prioridade B, já que contém o maior número de registros.

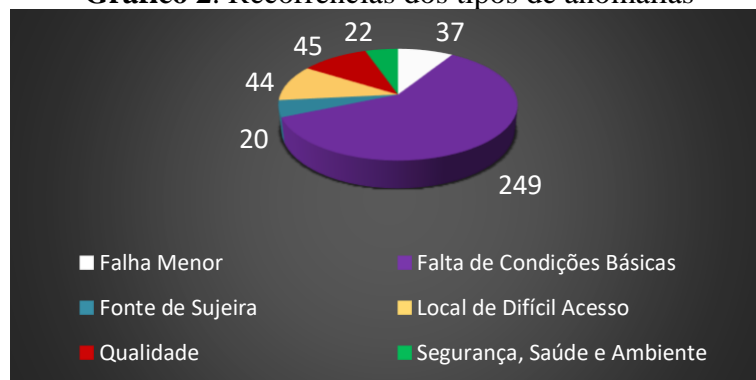
Gráfico 1. Quantidade de registros de ETVs por prioridade



Fonte: Autores (2021).

Para finalizar o registro das ETVs, existem seis tipos de anomalias que podem existir na linha de produção “A” e que venha ser escolhida conforme o problema identificado no equipamento. Nesse contexto, dentre a quantidade de registros de ETVs em um ano (2020), a anomalia que se destacou foi a Falta de Condições Básicas (FCB), com 249 recorrências (Gráfico 2), correspondendo a 60% das ETVs que foram registradas.

Gráfico 2. Recorrências dos tipos de anomalias



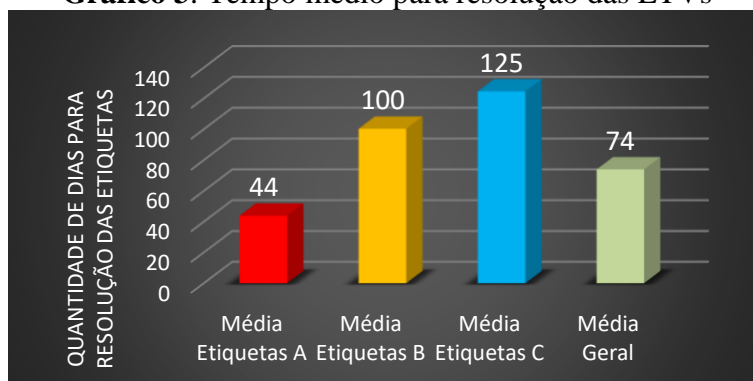
Fonte: Autores (2021).

O grande número de anomalias na linha de produção “A” se intensificou quando as condições básicas dos equipamentos não foram atendidas. A falta de um PCM assertivo é o principal problema, impactando em pontos, como: falta de manutenção adequada (preditiva, preventiva e corretiva), falta de lubrificação (em geral), falta de peça para reposição, liberação para compra de peças, componentes e afins com antecedência. No entanto, para que essas atividades sejam realizadas e os problemas com FCB sejam evitados, é necessário um investimento no setor PCM, prevendo possíveis anomalias e atuando de forma proativa nos equipamentos.

Diante dos fatos e dos dados obtidos, foi possível chegar ao tempo médio que se leva para resolver cada ETVs e o tempo médio geral, conforme o Gráfico 3.



Gráfico 3. Tempo médio para resolução das ETVs



Fonte: Autores (2021).

Dentre os tipos de prioridade, se destacou as ETVs de prioridade C, com 125 dias em média para as ETVs serem resolvidas. No entanto, vale ressaltar que um dos principais motivos para esse tempo alto é devido sua prioridade que, com baixa relevância (causam pouco impacto na linha), acabam ficando para segundo plano, automaticamente, aumenta-se o tempo médio para resolvê-las. Geralmente, o manutentor dá preferência as ETVs de prioridade A e B.

ETVs de prioridade A possuem o menor tempo médio para serem resolvidas (Gráfico 3) devido à sua alta relevância e criticidade na linha, isto é, envolvem Qualidade ou Segurança, tendo um prazo máximo de até 2 dias para serem resolvidas.

Sendo assim, ETVs de prioridade B se tornou a mais relevante e expressiva dentre as demais, devido sua quantidade de registro 203 e, principalmente, o tempo médio que levam para resolvê-las, cerca de 100 dias, além de contar com o maior número de registros de anomalias por FCB (Gráfico 4).

Gráfico 4. Recorrências dos tipos anomalias das ETVs de prioridade B



Fonte: Autores (2021).

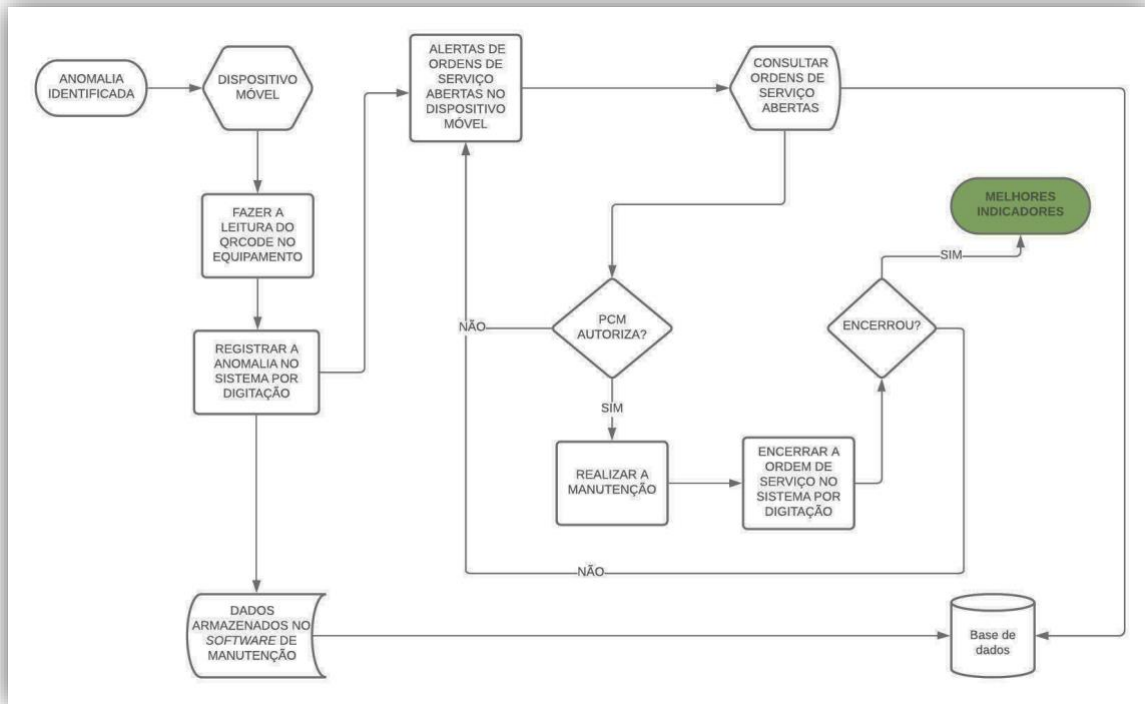
Dentre os 249 registros de anomalias por Falta de Condições Básicas nos equipamentos (Gráfico 2), ETVs de prioridade B possuiu 201 (Gráfico 4), obtendo 80% das anomalias em geral. Entretanto, conforme os dados e fatos de que, ETVs de prioridade B, teve maior expressão dentre as demais no ano de 2020, devido aos seus registros, tempo médio para serem resolvidas e anomalias, almeja-se ainda mais a necessidade de se dar preferência e desenvolver propostas de melhorias a partir dos resultados referentes a estas ETVs.



4.2. Proposição de melhorias com base em I4.0

Para tratar a causa raiz de autodisciplina e reduzir os problemas com tempo médio, almeja-se um fluxo e controle de ETVs mais eficiente e otimizado, com base em tecnologia *mobile* e auxílio de IoT, *big data* e computação em nuvem. Para tal, foi desenvolvido um fluxograma de acordo com proposta de melhoria, conforme a Figura 5.

Figura 5. Proposta de Fluxograma do processo (fluxo e controle de ETVs) melhorado



Fonte: Autores (2021).

A proposição de melhoria é integrar equipamento, colaborador e manutenção através de uma tecnologia e um dispositivo móvel, onde o fluxo e controle de informações de ETVs acontecerá de forma síncrona, através de um Emissor (Equipamento) e um Receptor (Dispositivo móvel), digitalizando todo processo. O investimento em I4.0 irá deixar o fluxo e o controle mais eficiente.

O Emissor terá os dados de identificação do equipamento armazenados ao QR CODE, como: Tipo de equipamento e fabricante, aonde será possível selecionar a peça ou componente que contém a anomalia.

Através da leitura do QR CODE, o dispositivo móvel vai receber esses dados de identificação e, através do *software* de manutenção, será possível registrar a ETV no sistema por digitação. O mantenedor irá receber em seu dispositivo móvel, alertas dos registros de ETVs e ETVs ainda abertas em tempo real, além de ter acesso a históricos de registros passados, podendo acessá-los a qualquer momento, facilitando as atividades de encerramento e melhorando os indicadores.



4.2.1. Recursos e suas funções

IoT, será a responsável por receber e enviar informações referente ao fluxo e controle de ETVs, sem nenhuma interferência humana.

Big Data, irá armazenar as informações das ETVs nos bancos de dados, como: número da etiqueta, tipo de prioridade, tipo de anomalia, equipamento, data e horário do registro, além de possibilitar o acesso a históricos de registros passados, acompanhar o *status* das ETVs e quando resolvidas, podendo encerrá-las.

Computação em nuvem, irá auxiliar o *big data* no armazenamento dessas informações em grandes bancos de dados, além de flexibilizar e dar mais segurança ao armazenamento, através da nuvem.

Tecnologia *mobile*, ficará responsável por unir todos esses recursos em um dispositivo móvel, contendo o *software* de manutenção, flexibilizando as atividades de registros, lançamentos, acompanhamento e encerramento das ETVs.

4.3. Tecnologia *mobile*

Segundo Correia *et al.* (2015) os *softwares* utilizados pela gestão da manutenção com módulo *mobile* são desenvolvidos em plataformas que usam aplicativos de fácil entendimento tendo característica intuitiva e atrativa, que facilitam 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 importante para promover o aumento de produtividade com maior qualidade e confiabilidade da manutenção (Silva *et al.*, 2017).

O objetivo é utilizar esta tecnologia a fim de possibilitar rapidez no lançamento dos dados das ETVs, acesso rápido às informações, encerramento das ETVs, ou seja, a mobilidade trará eficiência, agilidade e comodidade ao colaborador e mantenedor. Segundo Silva *et al.* (2017) 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.

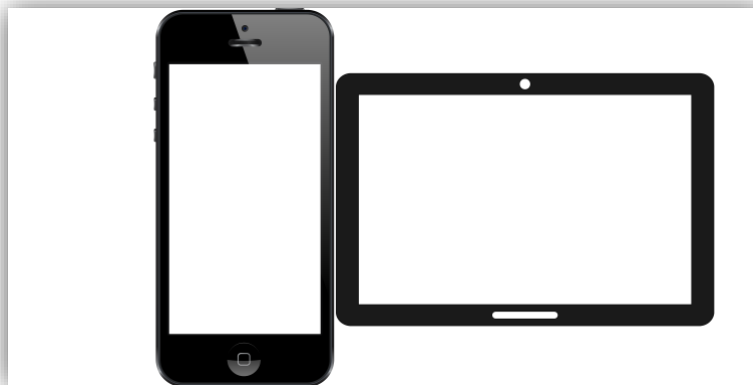
4.3.1. Requisitos para instalação

O dispositivo móvel ou tablete utilizado deve ter um sistema operacional a partir de Android 2.3, *Windows Mobile* 5.0, IOS 7.0 e Palm OS 3.5, requer um pré-requisito mínimo de *hardware*, como: uma tela adequada e uma câmera com uma resolução que atenda às necessidades básicas.

O *software* ficará disponíveis para *download* em uma loja virtual ou *Google Play*, utilizando o dispositivo móvel compatível (Figura 6), com exigências de um banco de dados mínimo para obtê-lo. Uma vez aprovado com os requisitos mínimos, a empresa poderá adquirir as licenças e planos de serviços, de acordo com sua necessidade.



Figura 6. Dispositivos móveis



Fonte: Autores (2021).

4.3.2. Características e funcionamento

4.3.2.1. Digitalização dos serviços de manutenção

Dentro da manutenção o fluxo de informação é bem dinâmico, de forma que, dependendo da velocidade em que essas informações são processadas, pode interferir diretamente no controle e qualidade dos serviços prestados pela manutenção. O método utilizado pela empresa gera bastante divergências, devido ao fluxo e controle que são realizados manualmente, ocorrendo perdas de tempo em reparos e resolução das anomalias.

A digitalização permite que o fluxo e controle não tenham mais problemas com perdas em tempo ociosos, tornando-o mais prático e limpo. Os registros de ETVs não serão afetados pelas divergências e os serviços de manutenção terá melhores indicadores nos tempos médios para resolver as anomalias.

4.3.2.2. Registro de ETVs através do dispositivo móvel

A tecnologia *mobile* permite que a câmera do dispositivo móvel realize a leitura do QRCODE do equipamento. A Figura 7 ilustra as tecnologias utilizadas para conexão nas plataformas *mobiles*.

Figura 7. Tecnologias agregadas



Fonte: Autores (2021).

Para registrar a anomalia, é necessário que o equipamento tenha o QRCODE implantado e um dispositivo móvel para o registro da ETV. Identificou a anomalia, através do dispositivo móvel, fará a leitura do QRCODE do equipamento (Figura 8) e registrará a ETV de qualquer lugar.



Citação (APA): Souza, T. S., de. & Carvalho, F. L. S., de. (2022). Análise e proposição de melhorias no fluxo e controle de etiquetas vermelhas em uma linha TPM utilizando recursos da indústria 4.0. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 8(2), Edição Especial "Ciência na Prática", 163-182.

Figura 8. Leitura do QRCODE do equipamento



Fonte: Autores (2021).

O módulo registro de ETV (Figura 9) da tecnologia *mobile* permite que o colaborador, utilizando o *software* de manutenção, faça registro de ETVs no sistema por digitação, obtendo um controle de registros mais eficaz, otimizando o fluxo, facilitando e reduzindo o tempo de coleta e lançamento das informações advindas da execução, bem como, a tratativa, acompanhamento e encerramento das informações dispostas pelo setor de manutenção. Essas informações são passadas em tempo real, através de IoT.

Figura 9. Exemplo de tela para registro das ETVs



Fonte: Autores (2021).

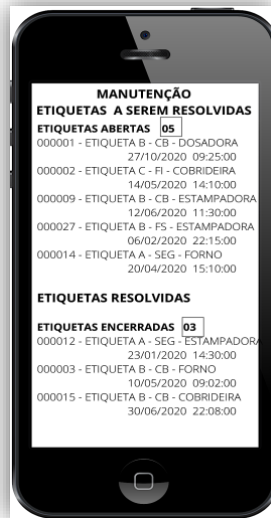
4.3.2.3. Alertas e importação de dados dos Registros de ETVs

Alertas são emitidos no dispositivo do manutentor quando as ETVs são registradas, essa inclusão de dados em tempo real minimiza conflitos gerados pelo método utilizado atualmente, garantindo agilidade e eficiência no processo. A tecnologia *mobile* disponibiliza uma tela de consulta às ETVs (Figura 10), na qual o manutentor consegue ter acesso aos registros que foram lançados no momento e ao histórico de registros que ficam armazenados no banco de dados (ETVs abertas). O *software* de manutenção irá dispor de processar os dados, contabilizar e armazenar, através das ferramentas *big data* e computação em nuvem.



Citação (APA): Souza, T. S., de. & Carvalho, F. L. S., de. (2022). Análise e proposição de melhorias no fluxo e controle de etiquetas vermelhas em uma linha TPM utilizando recursos da indústria 4.0. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 8(2), Edição Especial "Ciência na Prática", 163-182.

Figura 10. Exemplo de tela de consulta às ETVs



Fonte: Autores (2021).

4.3.2.4. Encerramento e cancelamento de ETVs registradas

A tecnologia *mobile* permite ao mantenedor e colaborador, respectivamente, o encerramento e cancelamento quando necessário (Figura 11), das ETVs registradas quando estão sendo resolvidas (caso de encerramento) ou quando não há necessidade de registro (caso de cancelamento), eliminando a perda de tempo em dar baixa nos registros impressos e posteriormente a inserção no sistema.

Desta forma, o processo de fluxo e controle de informações de ETVs fica mais enxuto, trazendo vantagens, como: redução de *backlog* e eliminação de divergências entre físico e sistema, ETVs que já foram resolvidas, mas ainda constam como pendentes no sistema ou ETVs registradas em duplicidade, eliminando a necessidade de reparos e perdas em tempos ociosos.

Figura 11. Exemplo de tela de encerramento ou cancelamento da ETV registrada



Fonte: Autores (2021).



4.3.3. Vantagens em relação aos controles manuais

Diante do método utilizado atualmente (não digital) a tecnologia *mobile* apresenta vantagens que sobressaem se comparado. Silva *et al.* (2017) afirmam que a tecnologia *mobile* possibilita uma rastreabilidade das informações mais transparente, devido ao fato de que, a transição de informações e registros das atividades são lançadas no sistema em tempo real, garantindo o cumprimento mais eficaz das manutenções e melhorando indicadores de fluxo e controle nos registros de ETVs.

Além de possibilitar a distribuição equilibrada das atividades de registros e a realização de manutenção, otimizando o tempo médio para resolver as ETVs, aumentando a vida útil dos equipamentos, agilizando o fluxo de registros de ETVs, melhorando os indicadores de manutenção, além de reduzir o uso excessivo de papel e formulário de ETVs, beneficiando o meio ambiente, garantindo que a anomalia registrada seja enxergada em tempo real pela manutenção e possibilitando o encerramento das ETVs resolvidas assim que as manutenções forem concluídas.

4.3.4. Implementação

Para implementar a tecnologia na linha de produção “A” se torna necessário a aprovação de gestores, pois a adoção de um novo método de trabalho requer investimentos e traz determinados conflitos ao método já utilizado, no entanto, esse processo de implementação deve ser gradativo e progressivo, de forma que a proposição de melhoria não se torne inviável e gere transtornos ao setor. É necessário preparar a equipe com sondagens quanto a mudança cultural, mostrando os pontos positivos do novo método, pois existe a possibilidade de rejeição.

Vale afirmar, que a proposta para o processo de adoção se torna progressivo, pois haverá colaboradores que venham a entender o uso da tecnologia *mobile* como forma de reduzir o quadro de funcionários. Nesse contexto, alguns cuidados devem ser tomados e, para estes, torna-se necessário alguns passos para implementação da tecnologia *mobile*, detalhados a seguir.

4.3.4.1. Projeto piloto

Para que a implementação se faça um sucesso, recomenda-se a utilização de um projeto piloto. Executar testes em uma linha de produção menor ou em um equipamento que faça parte do processo para ali ser implantada gradativamente a tecnologia *mobile*, destacando a sua eficiência diante do método antigo, através de indicadores.

O projeto piloto pode ser executado, *a priori*, por uma linha de produção que contenha a ferramenta TPM implantada, linhas que contém essa ferramenta em seu processo já utilizam o método (não digital) citado anteriormente, além de ser destaque dentre outras linhas, desta forma, acaba despertando interesse dos demais setores e colaboradores. A eficiência da tecnologia *mobile* no fluxo e controle de ETVs diariamente, além do fácil acesso para ser utilizada, gera interesse e torna a linha de produção um exemplo a ser seguido.



Outra ajuda é, utilizar colaboradores líderes para aprender da tecnologia, mostrando aos demais a importância de sua implementação e a facilidade para se utilizar. É recomendado que este processo seja delicado para que não ocorra conflitos e desentendimento entre os colaboradores.

A segurança das informações transitadas diante da tecnologia é primordial, os gestores devem ter um cuidado especial, pois os colaboradores terão em mãos um dispositivo móvel com acesso à internet, existindo o risco de problemas com segurança, troca de informações confidenciais, diante disso, gera a necessidade de se ter um monitoramento das atividades dos colaboradores. Para minimizar esses riscos é orientado a implantar aos *softwares* o acesso controlado por senha, desta forma, o acesso se torna limitado apenas aos colaboradores cadastrados e autorizados, possuintes de usuário e senha.

4.3.4.2. Treinamento

É de suma importância o investimento em treinamento dos colaboradores usuários, a fim de garantir a compreensão do novo método, bem como, a disseminação da utilização do *software*, desta forma, se evita possíveis problemas na execução e funcionamento do sistema quando implementado.

O treinamento é primordial, pois irá esclarecer as vantagens que a tecnologia traz que, embora seja um método digital, a mão de obra continua sendo utilizada na realização das atividades dentro do fluxo e controle. Com isso, resultados como divergências no QFET são tratadas e redução no tempo médio para se resolver as ETVs são alcançados.

5. CONCLUSÃO

A I4.0 se refere a ambientes com alta capacidade de inteligência, onde as tecnologias da informação têm a capacidade de se conectar com todos os setores da fábrica (Franco *et al.*, 2020). Além de ter como foco a digitalização e integração entre produtos e processos produtivos. Souza *et al.* (2017) afirmam que I4.0 sempre responde as barreiras com soluções de elevado nível. Kangermann *et al.* (2013) completam que essa ferramenta tem o objetivo de desenvolver sistema de produção avançado, aumentando a produtividade e a sua eficiência.

Devido ao método não digital na coleta e inserção das informações, existe uma perda significativa no fluxo entre o planejamento da manutenção, sua execução e controle. No entanto, o principal problema do processo atualmente está no elevado tempo para se resolver as ETVs, caso não haja otimização, o fluxo entre o planejamento da manutenção, sua execução e controle será afetado, através indicadores negativos.

De acordo com os dados coletados, análises realizadas e resultados obtidos, constatou-se a causa raiz que levou problema ao processo. As divergências no QFET é consequência da falta de condições básicas nos equipamentos, devido ao grande volume de registros de ETVs.

Diante do exposto, Souza *et al.* (2017) afirmam que é necessário a utilização de internet, que tem a função de integra os colaboradores ao equipamento, os *softwares* são desenvolvidos conforme a necessidade do processo. Os resultados é o aumento da flexibilidade, proveito máximo das soluções integradas e maior eficiência.



Implementando a tecnologia *mobile*, terá melhorias como rapidez no lançamento dos dados, acesso rápido as informações e encerramento instantâneo das manutenções, devido a possibilidade de integrar equipamento, colaborador e manutenção, através do método digital, onde um emissor possui o QR CODE e o receptor que através da câmera, ler o código e registra a anomalia, trazendo otimização para o fluxo e controle, através da eficiência e agilidade na coleta e inserção dos dados, tratando as divergências, melhorando os indicadores de manutenção, reduzindo o tempo para se resolver as ETVs e aumentando a vida útil dos equipamentos, estando de acordo com os conceitos da I4.0.

A proposta de implementação da tecnologia *mobile* como ferramenta de otimização no fluxo e controle de ETVs é enxergada de forma positiva, visto que traz melhorias em qualidade, confiabilidade e agilidade na execução das atividades, resultado importante para as empresas que possuem o TPM como ferramenta de *performance*, que buscam a otimização no processo e pretendem investir em I4.0.

No entanto, conforme especificado na introdução, o estudo conseguiu:

- Analisar o fluxo e controle de ETVs e as possíveis divergências que ocorrem;
- Levantar os possíveis impactos gerados ao setor de manutenção e no setor operacional, baseando-se nos resultados obtidos;
- Apresentar proposição de melhorias baseadas em recursos da I4.0, a fim de otimizar a funcionalidade do fluxo e controle de ETVs.

A partir deste artigo, pode-se propor como estudos futuros a aplicação das melhorias com base em recursos da I4.0 no processo analisado, assim como a mensuração dos possíveis ganhos obtidos a partir disso.

REFERÊNCIAS

Blanchet, M. *et al.* (2014). *Industry 4.0. The new industrial revolution. How Europe will succeed*. Hg. v. Roland Berger StrategyConsultants.

Brettel, M. *et al.* (2014). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 8(1), 37-44.

Oliveira, A., de., *et al.* (2014). Computação em Nuvens. *Revista De Trabalhos Acadêmicos-Campus Niterói*, 1.

Oliveira, M. M., de. (2014). *Análise de métodos estatísticos em planejamento e controle de manutenção*. Tese de Doutorado. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Demo, P. (1985). *Introdução da Metodologia*. São Paulo: Atlas.

Reis, M. F., dos., et al. (2020). Revisão bibliográfica sobre as contribuições da indústria 4.0 para a gestão da qualidade. *Journal of Open Research*, 1(3), e26-e26.

Ferreira, J. V. S. (2018). *Inspeção e monitoramento de obras de arte especiais com vista a manutenção preditiva*. Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica.

Franco, D., Queiroz, G., Mota, R., Medeiros, N., & Filho, M. (2020). Aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 na Engenharia de produção: uma revisão sistemática da literatura. In: *XL*



Citação (APA): Souza, T. S., de. & Carvalho, F. L. S., de. (2022). Análise e proposição de melhorias no fluxo e controle de etiquetas vermelhas em uma linha TPM utilizando recursos da indústria 4.0. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 8(2), Edição Especial "Ciência na Prática", 163-182.

encontro nacional de engenharia de produção, 40, Foz do Iguaçu, PR. Anais... Foz do Iguaçu: ABEPRO.

Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0*. Munich: Herbert Utz Veriag. 70p.

Koo, L. (2014). *Resenha do livro Big data. Signos do Consumo*, 6(1), 144-146.

Moresi, E. (2003). *Metodologia da Pesquisa*. 108 f. Monografia (Especialização). Universidade Católica de Brasília, Brasília.

Reis, J., & Shirabayashi, J. (2020). Aplicações da Internet das Coisas na Indústria Brasileira: Uma revisão sistemática. *XI Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Foz do Iguaçu, Paraná.

Rodrigues, W. C., et al. (2007). *Metodologia científica*. Faetec/IST. Paracambi, 2-20pp.

Rüßmann, M., et al. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*, Boston Consulting Group (BCG).

Russwurm, S. (2014). *Industrie 4.0 – from vision to reality. Siemens Industry Sector – Background Information*.

Sakurai, R. & Zuchi, J. D. (2018). As revoluções industriais até a indústria 4.0. *Revista Interface Tecnológica*, 15(2), 480-491. <https://doi.org/10.31510/infa.v15i2.386>

Santos, M. F., Neto., Leite, D. S., & Nascimento, W. V. (2018). Revisão bibliográfica da manutenção preditiva e seus conceitos de tecnologia atrelados a Indústria 4.0. *Anais do X SIMPROD*.

Silva, E. P., da et al. (2017). Gestão da manutenção indústria em transição para a indústria 4.0: controle mobile, considerações sobre esta nova tecnologia. In: *XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 37. Joinville, SC. Anais... Joinville: ABEPRO.

Silva, M. & Silva, L. (2020). Conceitualização da Indústria 4.0: uma análise utilizando revisão sistemática da literatura. In: *XL Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 40. Foz do Iguaçu, PR. Anais... Foz do Iguaçu: Abepro.

Souza, P. H. M., de., Cavallari, S. J., Jr., & Delgado, G. G., Neto. (2017). Indústria 4.0: contribuições para setor produtivo moderno. In: *XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 37. Joinville, SC. Anais... Joinville: Abepro.

Tepedino, F. F. (2019). *Estudo sobre a manufatura avançada: competências do engenheiro mecânico brasileiro*. Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ. TCE – Escola de Engenharia.

Toniolo, G. (2004). *Implantação da metodologia TPM (Total Productive Maintenance) em equipamentos CNC*. Faculdade Politécnica de Jundiaí.

