

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

WILLIAN VANZUITA

**APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DA INDÚSTRIA 4.0 NOS PROCESSOS DE
MANUTENÇÃO DO LAMINADOR DE GRÃOS TRH-700**

**CASCADEL - PR
2020**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

WILLIAN VANZUITA

**APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DA INDÚSTRIA 4.0 NOS PROCESSOS DE
MANUTENÇÃO DO LAMINADOR DE GRÃOS TRH-700**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

**Professor Orientador: Geovane Duarte
Pinheiro**

**CASCADEL - PR
2020**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
WILLIAN VANZUITA

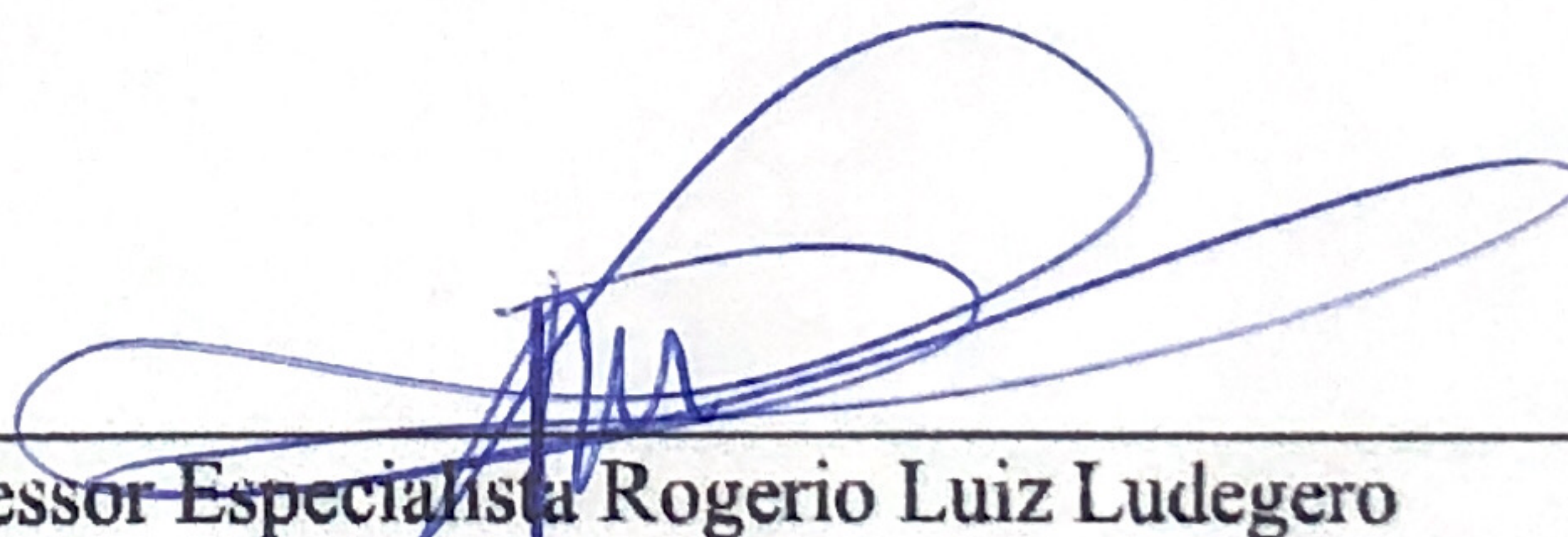
**APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DA INDÚSTRIA 4.0 NOS PROCESSOS DE
MANUTENÇÃO DO LAMINADOR DE GRÃOS TRH-700**

Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor Geovane Duarte Pinheiro.

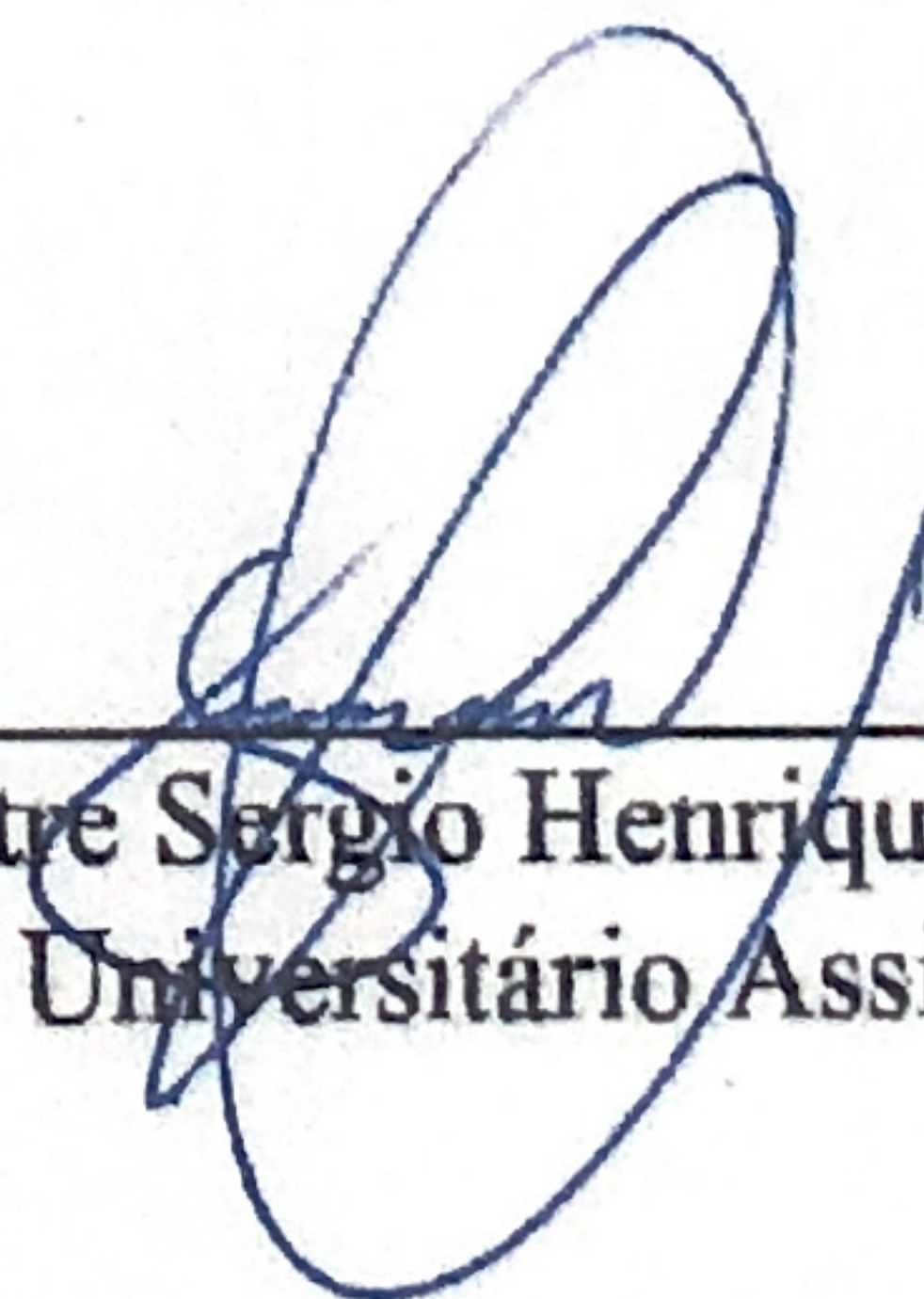
BANCA EXAMINADORA



Orientador Professor Especialista Geovane Duarte Pinheiro
Centro Universitário Assis Gurgacz



Professor Especialista Rogerio Luiz Ludegero
Centro Universitário Assis Gurgacz



Professor Mestre Sergio Henrique Rodrigues Mota
Centro Universitário Assis Gurgacz

Cascavel, 24 de novembro de 2020.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus que sempre me resguardou de todo mal, aos meus pais que sempre me apoiaram e fizeram o possível e impossível para permitir a conclusão desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por cada dia me abençoar com o dom da vida e iluminar minha trajetória na conclusão deste trabalho, ouvindo minhas preces e orações em momentos de dificuldades e me mostrando o caminho certo.

Aos meus pais Ilza e Argino pela paciência, amor, carinho, dedicação e a força que tiveram para me apoiar e ajudar em todas as fases da conclusão desse trabalho, agradecendo também a Deus por permitir principalmente o retorno do meu pai em suas viagens.

Ao professor orientador Geovane Duarte Pinheiro, por sua dedicação e esforço nas orientações para obtenção de resultados positivos e também pelos ensinamentos durante a graduação.

Agradeço a deus também por permitir que minha vó Maria que zelou de mim desde do meu nascimento presenciar a realização desse sonho.

RESUMO

O presente trabalho procurou apresentar tecnologias da indústria 4.0 aos planos de manutenção de máquinas, centralizando-se em um laminador de rolos para grãos de soja, em uma cooperativa agroindustrial, situada na cidade de Cafelândia - Paraná. A aplicação teve foco na aferição de tempos relacionados a esses processos, de modo que os principais objetivos se concentraram na melhoria contínua das atividades dos manutentores, bem como em implantar a indústria 4.0 para as filosofias de gerenciamento modernos e explicitar as condições positivas, a fim de obter ganhos na área de manutenção e melhoria do equipamento em questão. Percebeu-se que há, também, possibilidade de benefícios na cadeia de suprimentos, nas compras de peças de reposição e na redução de custos em todo o procedimento realizado. Portanto, conclui-se que, ao estimular profissionais com métodos tecnológicos que aprimorem os seus conhecimentos, aumentou-se a capacidade produtiva da planta, bem como o grau de confiabilidade, desempenho, disponibilidade e manutenibilidade, além das falhas serem diminuídas, permitindo que se produza com custos reduzidos em conservação do ativo. Foram apresentados, também, temas relacionados às Revoluções Industriais e sua correlação com a manutenção, uma vez que a tecnologia traz mudanças no dia a dia das indústrias. Posteriormente tratou-se sobre a importância do setor de planejamento, controle e manutenção e os seus tipos de manutenção (corretiva, preventiva, preditiva e engenharia de manutenção). Por fim, explanou-se os conceitos da indústria 4.0 e como o uso dessa ideologia poderão agilizar e melhorar a gestão do setor de manutenção mecânica do equipamento, posto que o objetivo maior do trabalho foi a aplicação de *Internet das Coisas*, *Computação em Nuvem* e *Big Data and Analytics*, utilizando os métodos aplicados às industriais mundiais com desígnio de garantir níveis melhores de confiabilidade e manutenibilidade do bem ativo.

Palavras-chave: Manutenção. Indústria 4.0. *Big Data*. Confiabilidade. Manutenibilidade.

ABSTRACT

The present work sought to present industry 4.0 technologies to the machine maintenance plans, centralizing on a roller mill for soybeans, in an agro-industrial cooperative, located in the city of Cafelândia - Paraná. The application focused on measuring times related to these processes, so that the main objectives were focused on continuous improvement of the activities of the maintainers, as well as implementing the industry 4.0 for modern management philosophies and explaining the positive conditions in order to obtain gains in the area of maintenance and improvement of the equipment in question. It was realized that there is also the possibility of benefits in the supply chain, in the purchase of spare parts and in the reduction of costs in the whole procedure performed. Therefore, it was concluded that by stimulating professionals with technological methods that improve their knowledge, the productive capacity of the plant was increased, as well as the degree of reliability, performance, availability and maintainability, besides the failures being diminished, allowing it to be produced with reduced costs in asset conservation. Themes related to the Industrial Revolutions and their correlation with maintenance were also presented, since technology brings changes in the day-to-day of industries. Later on it was discussed the importance of the planning, control and maintenance sector and its types of maintenance (corrective, preventive, predictive and maintenance engineering). Finally, the concepts of industry 4.0 were explained and how the use of this ideology can speed up and improve the management of the mechanical maintenance sector of the equipment, since the main objective of the work was the application of the Internet of Things, Cloud Computing and Big Data and Analytics, using the methods applied to industrialists worldwide with the aim of ensuring better levels of reliability and maintainability of the asset.

Keywords: Maintenance. Industry 4.0. Big Data. Reliability. Maintainability.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Laminador TRH-700, marca TECNAL.....	21
FIGURA 2: Diagrama esquemático do planejamento centralizado.	24
FIGURA 3: Fase da curva da banheira.....	40
FIGURA 4: Filtragem da identificação dos materiais.	49
FIGURA 5: Falhas na localização do material.	50
FIGURA 6: Cadastro da máquina na empresa.	55
FIGURA 7: Planos de manutenção vigentes do laminador TRH-700.	56
FIGURA 8: Nota de reclamação emitida pela produção.	61
FIGURA 9: Ordem de manutenção emitida pelo planejador em cima da nota solicitada pela produção.	62
FIGURA 10: Plano de manutenção elaborado pelo planejador.	63
FIGURA 11: Sistema <i>kanban</i> utilizado pela empresa.	64
FIGURA 12: Especificação de paradas de equipamentos	65
FIGURA 13: Transação utilizada para o manutentor realizar a marcação de tempo das suas atividades.	66

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Siglas e descrição de alguns KPI.....	26
QUADRO 2: INDICADORES DE DESEMPENHO UTILIZADOS.....	39
QUADRO 3: Peças do lado do acionamento do laminador TRH-700.....	51
QUADRO 4: Peças do lado do esticador do laminador TRH-700.....	52
QUADRO 5: Peças do pistão hidráulico do laminador TRH-700.	53
QUADRO 6: Peças do esticador do laminador TRH-700.....	53
QUADRO 7: Peças da moega de alimentação e acionamento pneumático do laminador TRH-700.....	54
QUADRO 8: Planos de manutenção vigentes do laminador TRH-700.	57
QUADRO 9: Relação de ganhos com as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0	57
QUADRO 10: Correção de quantidades boas do equipamento.	74
QUADRO 11: Dados dos indicadores de desempenho.	75

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1: Equação de tempo médio entre falhas	40
EQUAÇÃO 2: Equação de tempo médio para reparo	41
EQUAÇÃO 3: Equação de taxa de falhas	41
EQUAÇÃO 4: Equação de confiabilidade	41
EQUAÇÃO 5: Equação de cumprimento dos planos de manutenção preventiva.....	42
EQUAÇÃO 6: Equação de cumprimento dos planos de manutenção preditiva	43
EQUAÇÃO 7: Equação de falta de materiais para serviços de manutenção	44
EQUAÇÃO 8: Equação de fator de disponibilidade da máquina	44
EQUAÇÃO 9: Equação de fator de performance da máquina.....	45
EQUAÇÃO 10: Equação de fator de qualidade da máquina.....	45
EQUAÇÃO 11: Equação de eficácia geral do equipamento	46
EQUAÇÃO 12: Equação de produção máxima por período.....	46
EQUAÇÃO 13: Equação de desempenho efetivo total do equipamento	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento;

IoT – *Internet of Things*;

KPI – *Key Performance Indicator*;

MCC – Manutenção Centrada na Confiabilidade;

NBR – Norma Brasileira;

OEE – Overall Equipment Effectiveness;

PCM – Planejamento Controle e Manutenção;

TAG – Etiqueta.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVO	16
1.1.1	Objetivo Geral	16
1.1.2	Objetivos Específicos	16
1.2	JUSTIFICATIVA	16
1.3	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	18
1.4	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	PRODUÇÃO DE SOJA	19
2.1.1	Extração e Produção de Óleo de Soja	20
2.1.2	Laminador TRH-700	20
2.2	INDÚSTRIA E MANUTENÇÃO	21
2.3	PLANEJAMENTO CONTROLE E MANUTENÇÃO	23
2.3.1	Planejamento	25
2.3.2	Programação	25
2.3.3	Controle	26
2.3.4	Indicadores de Desempenho	26
2.4	TIPOS DE MANUTENÇÃO	27
2.4.1	Manutenção Corretiva	28
2.4.2	Manutenção Preventiva	28
2.4.3	Manutenção Preditiva	29
2.4.4	Engenharia de Manutenção	29
2.5	MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE	30
2.6	MANTENABILIDADE	30
2.7	INDÚSTRIA 4.0	31
2.7.1	Internet das Coisas	32
2.7.2	Computação em Nuvem	33
2.7.3	Big Data and Analytics	34
2.7.4	Realidade Virtual e Aumentada	35

2.7.5	Impressão 3D	35
3	METODOLOGIA.....	37
3.1	OBJETIVO DE ESTUDO	37
3.2	COLETA DE DADOS	38
3.3	TRATAMENTO DOS DADOS	38
3.3.1	Tempo Médio entre Falhas	39
3.3.2	Tempo Médio para Reparo	40
3.3.3	Taxa de falhas	41
3.3.4	Confiabilidade	41
3.3.5	Cumprimento dos Planos de Manutenção Preventiva	42
3.3.6	Cumprimento dos Planos de Manutenção Preditiva.....	42
3.3.7	Falta de Materiais para Serviços de Manutenção	43
3.3.8	Fator de Disponibilidade da Máquina	44
3.3.9	Fator de Performance da Máquina.....	45
3.3.10	Fator de Qualidade da Máquina	45
3.3.11	Eficácia Geral do Equipamento	46
3.3.12	Desempenho Efetivo Total do Equipamento.....	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
4.1	LAMINADOR, PEÇAS E COMPONENTES	48
4.1.1	Mancais - lado do acionamento	51
4.1.2	Mancais - lado do esticador	52
4.1.3	Pistão hidráulico	52
4.1.4	Esticador	53
4.1.5	Moega de alimentação e acionamento pneumático	54
4.2	PLANOS DE MANUTENÇÕES	55
4.2.1	Tratamento das falhas	59
4.2.2	Cálculo dos indicadores.....	67
4.2.2.1	Indicador – MTBF	67
4.2.2.2	Indicador – MTTR.....	68
4.2.2.3	Indicador - $\lambda(t)$	68
4.2.2.4	Indicador – $R(t)$	69
4.2.2.5	Indicador – MP	69

4.2.2.6 Indicador – MPd	70
4.2.2.7 Indicador – A	70
4.2.2.8 Indicador – P	71
4.2.2.9 Indicador – Q	72
4.2.2.10 Indicador – OEE	72
4.2.2.11 Indicador – TEEP	73
4.3 APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA INDÚSTRIA 4.0	76
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXO A – PEÇAS DE REPOSIÇÃO DOS MANCAIS LADO ACIONAMENTO DO LAMINADOR TRH-700	85
ANEXO B – LISTA DAS PEÇAS DE REPOSIÇÃO DOS MANCAIS LADO ACIONAMENTO DO LAMINADOR TRH-700	86
ANEXO C – PEÇAS DE REPOSIÇÃO DOS MANCAIS LADO ESTICADOR DO LAMINADOR TRH-700	87
ANEXO D – LISTA DAS PEÇAS DE REPOSIÇÃO DOS MANCAIS LADO ESTICADOR DO LAMINADOR TRH-700	88
ANEXO E – LISTA DAS PEÇAS DE REPOSIÇÃO DO PISTÃO HIDRÁULICO DO LAMINADOR TRH-700	89
ANEXO F – PEÇAS DE REPOSIÇÃO DO ESTICADOR DO LAMINADOR TRH-700	
90	
ANEXO G – LISTA DAS PEÇAS DE REPOSIÇÃO DO ESTICADOR DO LAMINADOR TRH-700	91
ANEXO H – PEÇAS DE REPOSIÇÃO DA MÓEGA DE ALIMENTAÇÃO E ACIONAMENTO PNEUMÁTICO DO LAMINADOR TRH-700	92

1 INTRODUÇÃO

O setor da manutenção tem grande importância na conservação dos bens ativos das empresas ou indústrias, em virtude de que garante a confiabilidade, a segurança dos equipamentos, a qualidade dos produtos/serviços e a adição na produtividade. Tais cuidados asseguram os operadores e reduzem custos de produção, contendo desperdícios.

Nesse sentido, para uma máquina parar de funcionar, deve ter havido uma falha e, de fato, será necessário realizar reparos, contanto que o manutentor seja capacitado e treinado para efetivar tal atividade dentro das normas de segurança do trabalho, visto que tal função garantirá o retorno do bem ao seu estado original, podendo retomar o fluxo do processo produtivo. Dessa maneira, ressalta-se a relevância do setor, pois uma máquina parada por falhas imprevistas é prejudicial a toda a cadeia produtiva, podendo levar a empresa à falência.

O termo indústria 4.0 é marcado, no meio acadêmico, por grandes mudanças no paradigma da indústria, já que muitos mecânicos desenvolvem as suas atividades somente em relação ao que lhes foi passado e não buscam melhorias ou soluções para tal problema. Com base nisso, almeja-se mudar essa visão a partir de tecnologias digitais a fim de aprimorar os processos e aumentar a produtividade, pois, se a disponibilidade de máquina for aperfeiçoada, em consequência haverá maximização dos lucros, satisfação dos clientes e confiabilidade nos produtos, resultando em maior competitividade no mercado.

Este trabalho foi elaborado com base em informações do ramo de manutenção de uma empresa agroindustrial de grande porte localizada na cidade de Cafelândia - Paraná, na qual os manutentores de todos os polos industriais encontravam dificuldades para localizar as peças necessárias para realizar as manutenções. Isso ocorria porque os planejadores apenas passavam os serviços necessários previamente, ou por conta de paradas não programadas, não dando um norte do que precisava ser substituído. Para delimitar o campo, procurou-se centralizar a pesquisa em um laminador de grãos na unidade industrial de soja, na área de esmagamento e extração, com o objetivo de decompor o tempo gasto com as manutenções do equipamento em questão e revitalizar os planos de manutenções atuais de modo que as atividades possam ser revalidadas mediante possíveis comprovações de tempo, em outras palavras, manutenções corretivas passarem a ser manutenções preditivas por períodos preestabelecidos.

Com os dados coletados e com a diminuição nos tempos de manutenções corretivas, preventivas e preditivas, espera-se apresentar possíveis ganhos produtivos tanto na manutenção quanto na indústria em geral, de modo que os manutentores e planejadores tenham acesso de forma mais palpável às informações referentes ao laminador, exibindo algumas peças de reposição do equipamento relacionadas a um código do almoxarifado da empresa. Dessa forma, o ganho de tempo em processos se elevará, garantindo maior confiabilidade e disponibilidade ao mesmo tempo que a facilidade de manutenibilidade do equipamento também. Por fim, caso não se consiga atingir esses propósitos, pode-se chegar a algumas conclusões plausíveis para pequenas mudanças nos processos de manutenção.

As tecnologias da indústria 4.0 atreladas aos indicadores de desempenho de equipamentos poderão revelar, a importância da inovação na cadeia de processos do setor de manutenção mecânica de um laminador de grãos, propiciando a análise e implantação de novos métodos nos planos de manutenções atuais, bem como otimizar as atividades com base em dispositivos ou plataformas digitais.

A importância deste estudo reside na descrição dos aspectos positivos da indústria 4.0 de tal forma que a sua aplicabilidade traga inúmeros benefícios para toda a cadeia produtiva da empresa, ao mesmo tempo em que seus funcionários também se beneficiem com novas aprendizagem e capacitações. Vale ressaltar que essa aplicação no Brasil é para a modernização do parque industrial e para a melhoria de processo na indústria e qualificação de profissionais, permitindo a conectividade de seres humanos com sistemas cyber físicos e de forma colaborativa com o uso das tecnologias habilitadoras.

Para a obtenção dos resultados, a metodologia foi de formato exploratório e a coleta de dados foi quantitativa no que se refere ao tempo utilizado para as manutenções corretivas, preventivas e preditivas, centralizadas nas atuações dos manutentores. Teve-se a finalidade de mensurar esses tempos a partir de indicadores de desempenho e aplicar as tecnologias da indústria 4.0 para alavancar os planos de manutenções.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

Utilizar tecnologias da indústria 4.0 para os processos de manutenção corretiva, preventiva e preditiva do laminador de grãos de soja.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Categorizar as peças e componentes por grupos técnicos e específicos, alimentando em uma plataforma digital MS Excel®;
- Empregar *Big Data and Analytics*, Internet das Coisas e Computação em Nuvem da indústria 4.0, para os processos de manutenção corretiva, preventiva e preditiva;
- Mensurar os indicadores de desempenho do laminador de grãos TRH-700;
- Analisar os ganhos de tempo no setor de manutenção;
- Verificar a viabilidade da implantação da tecnologia.

1.2 JUSTIFICATIVA

O Brasil é o maior produtor mundial de soja, com produção total de 124,845 milhões de toneladas na safra 2019/2020, possuindo como área plantada 36,950 milhões de hectares, cuja produtividade chega a 3.379 kg/ha. Assim o ramo do agronegócio representou 21,4% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro total em sua última safra (EMBRAPA, 2019). Isso também se tornou realidade pelo fato de que, agregando valor aos derivados da matéria-prima, retira-se o óleo para industrialização e comercialização.

Na busca pela disponibilidade e confiabilidade de máquinas e equipamentos, as empresas procuram cada vez mais aprimorar os processos de manutenção, sejam eles corretivos,

preventivos ou preditivos. Nesse cenário, surge o termo indústria 4.0, o qual foi utilizado pela primeira vez na feira de Hannover, na Alemanha. Consiste em um projeto estratégico de alta tecnologia elaborado pelo governo alemão, com o intuito de promover a informatização da manufatura, isto é, uma revolução digital, usando aparelhos e dispositivos eletrônicos, tal como utilizar a tecnologia da informação para automatizar as linhas de produção (KAGERMANN, 2013). Para os processos de manutenção, esse conceito agrega na redução de gastos enormes com tempo de manutenção e evita paradas não programadas por falha ou quebra do equipamento.

Vale ressaltar o que se entende por manutenção neste trabalho, isto é, um composto de ações que garantem o bom desempenho do equipamento nas suas condições originais, sobretudo que sua disponibilidade e funcionalidade sejam asseguradas por meio de ações técnicas e administrativas, as quais sustentem a sua confiabilidade e manutenibilidade (FILHO, 2008). Quando se trata de manutenção, o foco dos profissionais do passado, ou seja, profissionais com alto conhecimento em manutenções corretivas e baixo para preventivas e preditivas, era manter o equipamento funcionando e apenas realizar intervenções no momento em que houvesse uma falha. Falha essa que poderia ser identificável/previsível, quer dizer, aquelas que se devem a erros de operador, manuseio inadequado ou manutenção de baixa qualidade (NEPOMUCENO, 2018). Na manutenção, a informação e o conhecimento são cruciais para não haver paradas não programadas, gerando prejuízos à indústria.

Pela maior confiabilidade, disponibilidade, atualizações e mudanças tecnológicas dos ativos das empresas, a equiparação das técnicas produtivas empregadas com as técnicas mais atuais se faz necessária às cadeias produtivas que visam se manter eficazes e prolongadamente no mercado de forma competitiva, cujos profissionais da área do Planejamento, Controle e Manutenção (PCM) realizariam inspeção nos maquinários a fim de evitar falhas, planejando as manutenções preventivas conforme a necessidade, podendo, inclusive, junto aos profissionais da engenharia mecânica, propor melhorias com a manutenção preditiva. Portanto, dados de boa qualidade e informação são essenciais para desenvolver, otimizar e implementar plano de manutenção e gestão dos ativos (SIEMES, 2018).

A finalidade desse projeto foi a implantação de tecnologias da indústria 4.0 em um laminador de soja, auxiliando os mantenedores a realizar os serviços de forma mais ágil e eficaz. Ademais, objetivou-se sanar o problema da máquina no menor tempo possível e diminuir o

Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) atrelado ao aumento na Efetividade Global do Equipamento (OEE).

1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

É possível implantar tecnologias da indústria 4.0 nos processos de manutenção em um laminador de soja?

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Este estudo foi realizado em uma unidade industrial de soja localizada na cidade de Cafelândia, no Oeste do Paraná, a 539 km da capital, com o propósito de implantar tecnologias da indústria 4.0 nos processos de manutenção em um laminador da marca TECNAL, modelo TRH-700, de soja. Foram considerados os dados técnicos da máquina em questão contidos no manual técnico do fabricante TECNAL, armazenando-os em planilha na plataforma digital MS Excel®. Após a coleta, os dados foram categorizados para que a comunicação entre almoxarifado e manutentores fosse mais clara e objetiva.

Registradas no banco de dados da planilha digital, essas informações auxiliarão nas manutenções da máquina, como também garantirão a sua disponibilidade e confiabilidade. Destaca-se aqui que este estudo se limitou ao estudo da aplicação da indústria 4.0 nas atividades relacionadas à manutenção para aproveitar as estruturas e dados internos já conhecidos pelos profissionais do setor de (PCM), dentro do período de oito meses.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PRODUÇÃO DE SOJA

A soja tem sua origem ainda obscura. A literatura chinesa relata que a planta já era cultivada e tida como alimento muito antes dos primeiros registros serem feitos em 2838 a.C. (KASTER, 1981).

Segundo Morse (1950), essa talvez seja uma das mais antigas espécies de planta cultivadas pelo homem. A literatura a respeito retrata informações diversas sobre o grão como, por exemplo: solos adequados para plantio, épocas e métodos de cultivo, métodos para armazenamento e utilização a diferentes fins.

No Brasil, vários aspectos contribuíram para o seu desenvolvimento: o aproveitamento de máquinas e de mão de obra usados na produção de trigo, mecanização total da cultura, carência de óleos vegetais para substituição da gordura mineral, participação das cooperativas nos processos de produção e comercialização (DONATELLI, 1981). Com isso, houve rápida expansão.

No Paraná, os primeiros plantios de soja se deram em 1941. Agricultores gaúchos e catarinenses começaram a migrar para as regiões Oeste e Sudoeste do estado, trazendo também o ramo da suinocultura. Já no ano de 1963, a soja teve um importante passo na evolução, com o seu plantio sendo destinado à produção de sementes (RIBEIRO, 1977).

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o Paraná possui 5,503 milhões de hectares plantados com esse grão atualmente, com produção de 21,598 milhões de toneladas na safra de 2019/2020, gerando produtividade de 3.925 kg/ha (CONAB, 2019).

2.1.1 Extração e Produção de Óleo de Soja

Por meio do desenvolvimento de produtos proteicos derivados da soja voltados à alimentação humana, nutricionistas notaram que essa seria uma alternativa de suma importância para os variados tipos de criações (CADORNA, 1991).

Nessa perspectiva, o alimento contém excelente qualidade nutricional, já que apresenta altos níveis de proteínas e energia, é de fácil plantio em quase todas as regiões do país e de alta produtividade. Além disso, seus subprodutos são componentes essenciais para alimentação de aves, bovinos e suínos (ZHANG, 1993).

2.1.2 Laminador TRH-700

O complexo industrial de soja realiza suas atividades de laminação de sementes oleaginosas para a preparação da extração de óleos oriundos do grão, com o laminador TRH-700, da marca TECNAL, uma empresa especializada em projetos, pesquisa e desenvolvimento de processo de extração de óleos vegetais. A planta é composta por sete laminadores, tendo sua produção diária de 300 toneladas cada.

O grão é previamente preparado e introduzido na moega de alimentação do laminador, na qual, com o uso de um sensor de nível, indica-se a existência de material dentro do interior do alimentador. Há, ainda, um homogeneizador, isto é, um eixo dotado de palhetas que homogeneiza o material, garantindo condições melhores para uma boa laminação.

A alimentação dos grãos para a laminação é realizada por um dosador, o qual distribui uniformemente o material sobre o eixo longitudinal do rolo. Quando não há fluxo de material no alimentador, um sensor de nível faz a detecção e envia um sinal para o dosador desligar. Após alguns segundos, aciona-se um sistema hidráulico que atua na abertura dos cilindros, evitando que haja o movimento circular dos rolos sem material entre eles.

Quando o fluxo de material é restabelecido, o sensor de nível emite um sinal para que os pistões se fechem e, logo após, os rolos laminadores atuam um contra o outro, automaticamente o dosador é ligado para que todo o material seja laminado. Na falta de energia, o sistema pneumático se fecha, eliminando a passagem de material.

Os rolos laminadores operam em diferentes velocidades, sendo assim o sistema de proteção contra corpos estranhos (pedras e ferros, por exemplo) é feito por meio de amortecimento hidráulico para não ocasionar marcas profundas nos rolos. Eles contam também com uma placa magnética que retém toda e qualquer passagem dos corpos estranhos, exigindo limpeza diária a fim de não acumular sujeira. A figura 1 ilustra o modelo utilizado do laminador TRH-700:



Figura 1: Laminador TRH-700, marca TECNAL.

(Fonte: TECNAL, 2020).

2.2 INDÚSTRIA E MANUTENÇÃO

A palavra manutenção vem do latim *manutentio*, o que significa “ato de segurar na mão”, sendo formada pelo prefixo *manus*, cuja tradução é “mão”, e o termo *tenere*, que se

traduz como “agarrar, segurar” (DICIONÁRIO, 2020). Mesmo a manutenção tendo existido em épocas mais remotas, somente na Europa Central, no século XVI, teve sua maior ênfase.

De acordo com Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na NBR 5462 de 1994, a manutenção pode ser definida como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a “manter” ou “recolocar” um item em um estado, no qual possa desempenhar uma função requerida.

A história da indústria é dividida em cinco gerações. Com o decorrer do tempo, houve grandes descobertas e as evoluções foram constantes.

A primeira geração ocorreu no final do século XVIII, em que os equipamentos eram de baixa qualidade e superdimensionados para os projetos. Realizavam, apenas serviços de limpeza, lubrificação e reparos após a quebra, ou seja, a manutenção era fundamentalmente corretiva. Para os equipamentos da época, as principais revoluções foram máquinas a vapor e o uso de força hidráulica (ASHTON, 2016).

No que diz respeito à segunda geração, teve seu início no fim do século XIX. Por conta das pressões do período de guerra, a demanda por todo tipo de produtos aumentou ao mesmo tempo em que a oferta de mão de obra industrial reduziu. Nesse período, houve, ainda, a chegada da energia elétrica e do aumento na mecanização da produção, assim como ampliação das instalações industriais. Tendo em vista a necessidade de ter maior disponibilidade e confiabilidade dos produtos, a indústria começou a utilizar manutenção preventiva com o intuito de fazer intervalos fixos, ou seja, paradas programadas para revisões nos equipamentos (JACOB, 1997).

Já a terceira geração, datada da década de 1970, viu as paradas programadas começarem a se tornar onerosas e a compreender a necessidade das indústrias trabalharem com estoque (ainda que reduzidos) para a produção em andamento, fazendo pequenas pausas na produção/entrega, poderiam paralisar a fábrica, utilizando a ferramenta *Just in time*. A confiabilidade e a disponibilidade passam a ser relevantes aos setores da indústria, permitindo forte crescimento na automação, porém quanto maior a automação maior as falhas, as quais, cada vez mais frequentes, afetam a capacidade de manter padrões de qualidade. Nesse contexto, surgiu a manutenção preditiva, identificando as falhas e propondo melhorias. (STEARNS, 1998). Há, também, a entrada das eletrônicas e tecnologias de investigação se espalhando na indústria de forma rápida.

A quarta geração, a partir do ano 2000, considerou a disponibilidade e a confiabilidade dos equipamentos como triviais para a indústria. Nessa etapa, começou-se a analisar as falhas prematuras ou falhas de mortalidade infantil dos equipamentos, bem como o desafio da manutenção preditiva e o monitoramento das condições do equipamento. As áreas de engenharia de manutenção e operação interagem para aumentar o fator garantias de metas, havendo também a prática de terceirização do serviço para garantir maior confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos (RIDER, 2007).

Na quinta e última geração que teve início no ano de 2010, são mantidas as práticas da quarta geração, entretanto o enfoque é outro: resultados empresariais a fim de obter maior competitividade e reunir esforços com todas as áreas coordenadas pela sistemática da gestão de ativos. Enfatiza-se aqui que os ativos devem produzir em sua capacidade máxima e sem falhas não previstas, de modo que seja obtido o melhor resultado e retorno sobre os ativos ou retorno sobre os investimentos (GROUP, 2016). De acordo com essa geração, as fábricas e as instalações industriais são compostas por máquinas e equipamentos sempre em boas condições de uso, pois o setor de manutenção é responsável por garantir a disponibilidade e a confiabilidade dos ativos da planta industrial, podendo contar apenas com um técnico responsável ou uma equipe com divisões de funções para isso.

Destaca-se, enfim, que a utilização contínua de qualquer equipamento exige sempre o êxito dos serviços prestados pelos mantenedores, mas o setor não pode responder pelo fracasso caso venha a acontecer, pois os processos produtivos devem ser aliados da manutenção uma vez que só terá eficácia havendo ampla colaboração de todos os setores envolvidos (MAXIMIANO, 2000).

2.3 PLANEJAMENTO CONTROLE E MANUTENÇÃO

A evolução na indústria teve grandes impactos na manutenção industrial em razão do exponencial aumento no número de instalações, de equipamentos e de construções. Após a Segunda Guerra Mundial, houve um crescimento na mecanização e, consequentemente, elevou-se junto a dependência das tecnologias dos equipamentos e a responsabilidade da manutenção (MOSCHIN, 2015).

A área responsável pelo controle e pela programação de todos serviços relacionados à manutenção da empresa é criada com a denominação: Planejamento e Controle de Manutenção (PCM), objetivando entregar maior disponibilidade, produtividade e confiabilidade ao otimizar as atividades da equipe (FILHO, 2008). As atividades das empresas são o que definem os tipos de controle de manutenção e, respectivamente, sua programação, tendo em vista que alguns processos exigem maior controle devido a sua complexidade e particularidades.

Há três funções fundamentais do setor do PCM, quais sejam: planejamento, programação e controle, que direcionam os passos do manutentor para os objetivos que se espera alcançar (PEREIRA, 2009). Essa área atribui inúmeras vantagens para as empresas, sendo algumas delas: otimização do tempo das atividades de manutenção por meio de informações previamente filtradas do equipamento, aumento na produtividade da equipe, prestação de serviço mais eficiente, disponibilidade dos equipamentos com as paradas programadas nos momentos mais adequados, padrões de trabalho e planos corretivos visando ao cumprimento das metas (FILHO, 2008). A figura 2 apresenta um diagrama de planejamento centralizado:



Figura 2: Diagrama esquemático do planejamento centralizado.

(Fonte: NEPOMUCENO, 2018).

Numa instalação qualquer, por menor que seja, existe um núcleo central que trata do planejamento, núcleo esse que pode ser constituído por uma única pessoa ou por um conjunto de indivíduos, mas que, em qualquer caso, existe um planejamento visando a atingir determinadas metas ou determinadas finalidades como ilustrado pela figura 2 (as relações entre os vários setores e o planejamento central).

2.3.1 Planejamento

Segundo Certo (2003), o ato de planejar se refere aos passos que a organização precisa realizar para cumprir seus objetivos e sobre como eles serão efetivados. Desse modo, o planejamento da manutenção se constitui de ações coordenadas e controladas regidas de uma política direcionada à redução de custo e à busca por soluções com o intuito de executar determinado serviço. Por consequência, aumentam-se os índices de manutenibilidade, isto é, maior facilidade e segurança nas manutenções (PINTO, 2001).

Já Tavares (1996) aborda o assunto planejamento, alegando que esse nada mais é do que reconhecer os trabalhos requisitados, as condições de trabalho e os recursos necessários para a melhor tomada de decisão, evidenciando que o planejamento executado de forma correta representa um avanço dentro das organizações quando comparado aos resultados obtidos com posturas reativas.

2.3.2 Programação

Programação abrange toda ação a ser realizada em um determinado período. As ações normalmente são notórias de planos de manutenção, podendo ser pré-definidas por períodos semanais, mensais ou anuais (FILHO, 2008). Para a área do PCM, refere-se à elaboração do roteiro das atividades a serem desenvolvidas no dia seguinte, priorizando o grau de urgência, a ordem da solicitação, a disponibilidade de recursos, a mão de obra e a viabilidade dos equipamentos (PINTO, 2001).

2.3.3 Controle

A avaliação dos resultados operacionais, acompanhada de ação remediadora, tem a finalidade de assegurar que os resultados não desviem do plano e que sejam contínuos (FILHO, 2008). A esse processo dá-se o nome de controle. Conforme Tavares (1996), alguns indicadores garantem a comprovação da efetividade da manutenção, no entanto, para garantir a autenticidade dos índices, é de suma importância que as informações sejam apresentadas de forma clara e objetiva. Portanto, o controle contribui e auxilia para a tomada de decisão, garantido a acuracidade dos objetivos.

2.3.4 Indicadores de Desempenho

O desempenho é uma sistemática de medições que forma um conjunto de medidas para mensurar a eficiência e a eficácia das ações realizadas (LIMA, 2008). Diante disso, três elementos básicos compõe o índice de eficiência global: disponibilidade, capacidade e qualidade do equipamento (NORDSKAG, 2006).

A nomenclatura que determina esse conjunto é *Key Performance Indicators* (KPI), cujos indicadores auxiliam na prevenção e na tomada de decisão a respeito dos problemas de uma organização (TACHIZAWA, 2002). O quadro 1, a seguir, exemplifica alguns desses indicadores:

Quadro 1: Siglas e descrição de alguns KPI.

SIGLA	DESCRIÇÃO
MTBF	Tempo Médio Entre Falhas
MTTR	Tempo Médio Para Reparo
$\lambda(t)$	Taxa de falhas
$R(t)$	Confiabilidade
TPM	Manutenção Produtiva Total
MP	Cumprimento dos Planos de Manutenção Preventiva
MPd	Cumprimento dos Planos de Manutenção Preditiva
FM	Falta de Materiais para Serviços de Manutenção
A	Fator de Disponibilidade da Máquina
P	Fator de Performance da Máquina
Q	Fator de Qualidade da Máquina
OEE	Eficácia Geral do Equipamento
TEEP	Desempenho Efetivo Total do Equipamento

(Fonte: Autor, 2020).

2.4 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Manutenção é um conceito que pode ser segmentado de acordo com a necessidade da organização, é dependente, portanto, da programação e do objetivo a ser alcançado (IONY, 2014). Com relação aos segmentos, Kardec (2010) esclarece que as manutenções podem ser programadas e não programadas, respeitando-se os critérios de tempos e condições pré-definidas.

De acordo com Nepomuceno (2018), há a possibilidade de organizar a manutenção de modo a atender a necessidade da planta industrial, tendo em vista a missão de garantir a disponibilidade da função dos equipamentos da instalação. Conforme a NBR 5462, de novembro de 1994, a qual se reporta à confiabilidade, manutenibilidade e outros conceitos relacionados à manutenção, existem diversos tipos de manutenção. O presente trabalho abordará apenas os seguintes tipos: manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva, engenharia de manutenção.

2.4.1 Manutenção Corretiva

Conforme a ABNT (1994), na norma NBR 5462, a manutenção corretiva não planejada. É o serviço realizado após o surgimento da falha no equipamento, sem que haja tempo para a preparação. Na visão de Kardec (2010), esse tipo objetiva aturar um fato já ocorrido, sendo ele falha ou baixo desempenho, garantido que volte a executar a ação em condições normais.

Em relação à manutenção corretiva planejada, corrige-se a falha e o desempenho baixo do equipamento por decisão gerencial, realizando o acompanhamento até sanar o problema ou operar até a sua quebra total (PINTO, 2008).

2.4.2 Manutenção Preventiva

De acordo com a norma NBR 5462 (ABNT, 1994), a manutenção preventiva é a operação que acontece em períodos predeterminados ou conforme critérios prescritos, com a finalidade de redução da probabilidade de falha ou de diminuição do desempenho do equipamento. Os autores Marconi e Lima (2010) afirmam que esse tipo de manutenção é o sinônimo de intervenção periódica, posto que constituem um conjunto de ações para evitar a quebra inesperada do equipamento. Esses períodos têm como programação as orientações das empresas fabricantes.

Em síntese, a manutenção preventiva requer um discernimento, pois qualquer falha na avaliação pode ocasionar a realização de uma manutenção corretiva não planejada. Portanto, algumas vantagens podem ser alcançadas, como alegam Martins e Laugen (2015): aumento na vida útil do equipamento, redução de custos, aumento na produtividade e qualidade nos serviços prestados.

2.4.3 Manutenção Preditiva

Esse tipo de manutenção permite o acompanhamento em tempo real do equipamento por meio de instrumentos de medição. O seu foco é garantir a maior disponibilidade, programando a intervenção do equipamento próximo à possível falha, a partir de parâmetros preestabelecidos pelo inspetor responsável do equipamento. Em outras palavras, acompanhar e programar uma manutenção corretiva planejada, entretanto seguindo critérios para validá-la, como, por exemplo, o equipamento permitir a instalação de algum tipo de monitoramento, ter custos relativos e falhas controladas (NEPONUCENO, 2014).

Enfim, para Marconi e Lima (2015), a manutenção preditiva faz uso de métodos que presumem eventuais falhas com o uso de medição e análise da máquina. Dessa maneira, pode-se programar a parada da máquina, antecipar a aquisição de peças com propósito de garantia de serviço qualificado, ao mesmo tempo que consegue realizar a redução de gastos com estoque e paradas desnecessárias.

2.4.4 Engenharia de Manutenção

Conforme Kardec (2013), engenharia de manutenção sinaliza uma mudança cultural, já que, ao investigar a causa básica e modificar a irregularidade do equipamento para que seu funcionamento seja regular, evita a convivência com problemas crônicos. Além disso, ao buscar *benchmarks* para adotar técnicas modernas, equipara-se o mercado brasileiro com a manutenção de Primeiro Mundo.

Aceitar a mudança cultural não é tarefa fácil, ainda mais com colaboradores com tempo de casa, ou seja, trata-se de um processo moroso, sendo necessário argumentar, ilustrar e provar, para que se consiga a aceitação. A engenharia de manutenção prioriza isso, uma vez que almeja evitar consertos contínuos para, então, passar a identificar a causa da falha propondo alterações que eliminem ou reduzam o tempo de falha (AUTOR, 2020).

2.5 MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

A manutenção centrada na confiabilidade (MCC) se baseia em procedimentos desenvolvidos dentro da indústria aeronáutica e adequados às demais. Nesse tipo, identificam-se, de forma sistemática, as tarefas de manutenção preventiva para um conjunto específico e são estabelecidos intervalos entre tais tarefas. Uma das principais vantagens do processo de análise da MCC é a abordagem estruturada e rastreável para deter a mineração do tipo ideal de manutenção preventiva (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

Conforme Wilmeth (2000), a confiabilidade é compreendida como a probabilidade envolvida no desempenho, satisfatório ou não, do equipamento em um período estabelecido previamente. Essa confiabilidade está interligada à qualidade do programa ou plano de manutenção. Logo, a MCC representa uma evolução na área em questão em razão da redução de custos e dá prioridade às tarefas necessárias para o sistema. Para conseguir tal objetivo, a MCC investiga as falhas que alteram o sistema, levando em conta a sua importância e seleciona as tarefas aplicáveis na prevenção da falha (NIU, 2010).

2.6 MANTENABILIDADE

Trata-se da possibilidade de o equipamento ser reparado e devolvido ao seu estado operacional em um determinado espaço de tempo. Nesse processo, ele passa por diversos níveis de manutenção e pelas mãos de pessoal devidamente capacitado e treinado, utilizando procedimentos/recursos que o próprio equipamento oferece. A prática dessa sistemática proporciona conclusões sobre o atual estado do equipamento e sua disponibilidade (MOUBRAY, 2000).

Conforme ABNT (1994), em sua NBR 5462, manutenibilidade se refere à capacidade de o item permanecer recolocado em condições normais de uso para realizar as funções solicitadas, por intermédio de procedimentos e meios prescritos. Os mecanismos empregados para diminuir o tempo de manutenção, as horas e ferramentas de trabalho, os custos operacionais têm importante significância para uma melhor gestão de engenharia de manutenção, permitindo que o equipamento atenda aos requisitos de seu uso pretendido (DHILLON, 2008).

2.7 INDÚSTRIA 4.0

O conceito indústria 4.0 surgiu em 2011, durante a feira *Hannover Messe*, sediada em Hanôver na Alemanha. Desde então, o interesse acadêmico, científico, empresarial e político acerca do assunto tem se expandido rapidamente, muito em função do fato de que, pela primeira vez, uma Revolução Industrial está sendo observada antes de se tornar realidade (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015).

A nomenclatura indústria 4.0 originalmente foi concebida no contexto como manufatura focada em processos de produção, passando pela tecnologia e suas áreas afins e estabelecendo relação entre a quarta geração e as tecnologias digitais. Em outras palavras, a tecnologia das coisas aplicada à manufatura constitui a essência do termo (SCHWAB, 2016), representando uma forte mudança na estrutura organizacional das indústrias.

Dentre os objetivos da indústria 4.0 está o de descobrir o potencial das tecnologias habilitadoras de uso extensivo (como Internet das Coisas), da integração de processos técnicos e de negócio, do mapeamento digital e da virtualização do mundo real, como também a oportunidade de criar produtos inteligentes e o uso dessa inovação para processos totalmente digitalizados (*hardware* e *software* industrial com base em normas abertas), como a base tecnológica para evolução na indústria (DKE, 2020).

De acordo com Coelho (2016), a indústria 4.0 está fortemente focada na melhoria contínua em termos de eficiência, segurança, produtividade das operações e, especialmente, no retorno do investimento, pois são várias as tecnologias e tendências facilitadoras disponíveis. A literatura traz como seus pilares as seguintes inovações: Internet das Coisas (IoT); Computação em Nuvem; *Big Data and Analytics*; Sistemas Cyber-Físicos; Realidade Virtual e Aumentada e Impressão 3D.

Para os autores Horváth e Szabó (2019), um dos principais fatores da indústria 4.0 será a manutenção preventiva, de modo que se destaca o aumento de disponibilidade diante de acelerar a intervenção do equipamento mediante a sua notificação, reportando seus devidos parâmetros para a equipe de manutenção. Nesse contexto, o conceito de indústria 4.0 se operacionaliza na fusão de tecnologias básicas em que indica o *Big Data and Analytics* como uma delas oferecendo uma massa significativa de dados (FRANK et al, 2019).

A globalização oferece altas oportunidades para o aumento da demanda mundial, contribui para condições melhores de aquisição e produção. Em contrapartida, gera alguns

desafios para a indústria de forma geral, que são: o aumento da produtividade, a flexibilidade, novos produtos. Para tanto, os níveis de desempenho e eficiência dos equipamentos exigirão ciclos maiores para suportar tal demanda (SIEMES, 2018).

A partir dela, pôde-se prever o que melhorar/modificar e não somente avaliar o que já foi feito. Essa abordagem trouxe diversas oportunidades tanto para indústrias quanto para institutos de pesquisas, tendo em vista que viabiliza a elaboração e planejamento dos principais impactos dessa revolução, já que a demanda por eficiência operacional aumentará, bem como a mudança nas negociações, serviços e produtos (HERMANN et al, 2015).

No Brasil, a indústria 4.0, conforme pesquisado em meios digitais, modernizam os parques industriais com o intuito de garantir a melhoria no processo e qualificação dos processos industriais (AUTOR, 2020).

2.7.1 Internet das Coisas

A Internet das Coisas ou do termo inglês *Internet of Things* (IoT), vem para reduzir tradicionais processos produtivos com a interação entre equipamentos, oferecer maior controle dos processos industriais e precisão nas análises e, por consequência, viabilizar a tomada de decisões de modo mais dinâmico e eficaz (FIRJAN, 2019). Outro aspecto do termo levantado por *Mckinsey Global Institute* (2015) é a capacidade de controlar toda a cadeia de produção e utilizar esses dados coletados para melhorar a produtividade e a qualidade nas indústrias. Assim, na manutenção, a IoT conecta sensores via rede e atuadores por meio de sistemas de computação, a partir dos quais podem monitorar, gerenciar e tomar decisões de objetos e máquinas.

Sobre essa tecnologia, Coelho (2016) assevera que ela tem a capacidade de conectar equipamentos físicos à internet ou entre os demais dispositivos da indústria, revolucionando tecnologicamente as indústrias atuais. A aplicação desse conceito busca minimizar o uso de aparelhos robustos de medição e impulsionar o aparecimento de sensores cada vez menores e acessíveis, bem como o avanço nos dispositivos móveis e comunicação *wireless* (CNI, 2018).

O início de toda aplicação requer adaptações. Para tal situação, a *Mckinsey Global Institute* (2015) explicita a necessidade de atualizar as máquinas ou substituí-las para acomodar

sensores e atuadores novos, pois as atualizações, necessárias na conectividade, viabilizam a comunicação entre máquina e máquina com dados mais precisos.

A Internet das Coisas é uma extensão da internet atual amplamente difundida após a conectividade de fontes digitais, as quais geram conectividade, permitindo que onde os periféricos possam ser provedores de serviço e não só um artifício do controle remoto da rede. Vê-se que o constante surgimento de novos dados oriundos de toda a rede industrial exige que a internet seja bem estruturada. Ademais, a sua relação com a indústria 4.0 tem princípios complementares fazendo com que toda a conectividade seja alcançada dependendo do fato de que todos os dados estar na rede, assim, as tomadas de decisões se tornam rápidas e de maneira mais estratégica (BANAFÁ, 2017).

Para o autor Ashton (2015), a utilização dessa tecnologia aplicada à indústria 4.0 proporciona uma revolução no mundo on-line como é o caso, por exemplo, da BMW ao relatar que 8% dos seus carros em todo o mundo, ou seja, 84 milhões, já estavam conectados à internet de alguma forma no ano de 2015, sendo sua prospecção de crescimento para o ano de 2020 de 22%, o que representa 290 milhões de carros. Por isso, essa tecnologia é relevante para a gestão de ativos, uma vez que 80% dos ativos industriais atualmente estão conectados ao sistema da Internet das Coisas. Tal demanda de conectividade gera mais dados e utilizados para uma melhor gestão (SAS, 2013).

2.7.2 Computação em Nuvem

Consiste em um modelo para habilitar acesso sob demanda a partir de meios de redes a um servidor, compartilhando os recursos computacionais configuráveis com base na Computação em Nuvem. Dessa forma, os usuários podem acessar os dados e aplicar ações necessárias para determinado negócio (NIST, 2011). As informações guardadas na nuvem são acessadas por qualquer tecnologia que a indústria possua, auxiliando na tomada de decisão no próprio ponto focal do problema. (SOUZA, 2017).

A Computação em Nuvem garante maior acessibilidade ao banco de dados, bem como a interação de aplicações, a realização de ações em qualquer lugar onde se esteja, a integração de sistemas e plantas de diferentes lugares. Nessa mesma linha de raciocínio, o controle e o

suporte podem ser realizados de maneira global. Tudo isso admite dizer que a Computação em Nuvem transformou o modo tradicional de utilização dos recursos de infraestrutura, além de eliminar custos com *hardware* e *software* e aumentar a velocidade, a produtividade e o desempenho nas redes. Em suma, ela possibilita que dados e sistemas deixem de ficar alocados em equipamentos em dispositivos fixos. Para domínio dessa tecnologia, é preciso conhecimento dos princípios da gestão de qualidade (VITALLI, 2018).

2.7.3 Big Data and Analytics

O termo *Big Data and Analytics* pode ser definido como o processamento eficiente e escalável de modo analítico de uma alta demanda de dados complexos produzidos por inúmeras aplicações, dentre as áreas de aplicação são elas: científicas, engenharias, redes de sensores, transações financeiras e de comércio eletrônico (GRANVILLE, 2014). Já o autor Schwab (2016), define que a modelagem de armazenamentos de dados e a tomada de decisão organizam e filtram os dados de diversos sistemas para criar um armazém de dados, a fim de que essa tecnologia orientem a partir dos principais assuntos da empresa, sem comprometer o desempenho dos bancos de dados.

Relaciona-se, ainda, ao ato de processamento analítico de grandes volumes de dados produzidos por vários usuários em uma rede, isto é, grande massa de dados que pode não estar estruturada, exigindo análise em tempo real. Nesse sentido, todos os dados passam a ser analisados e modificados em informações relevantes e organizadas de forma dinâmica para tomar decisões mais precisas (NIST, 2015).

Uma vez armazenados os dados em sistemas seguros, efetivam-se a análise e a lapidação das informações de maior importância, enviando dados mais assertivos para a manutenção. Isso proporciona ganho de tempo, posto que podem ser alteradas em um curto espaço de tempo (SIEMENS, 2017).

O seu papel na implementação da indústria 4.0 é o de analisar um imenso volume de dados processados de maneira bruta durante o processo produtivo. Enfatiza-se que, a quantidade dos dados é indiferente, pois a sua função é a maneira como tais dados serão processados para ter uma decisão mais precisa, conforme a necessidade de cada empresa (ZARTE et al, 2016).

Ao analisar e realizar a gestão do volume e a diversidade de dados gerados pelas inúmeras fontes digitais existentes em uma empresa, o uso dessa ferramenta facilita a tomada de decisão em formato de tempo real, transformando os dados em oportunidades de negócio e competitividade no mercado. Fora isso, traça o perfil dos clientes de acordo com suas reais necessidades. Esse crescimento exponencial de dados gerados pelas fontes digitais, está tornando a inviabilidade da utilização de tecnologias tradicionais de gerenciamento de informações, assim as novas tecnologias vêm com o propósito de alavancar e se tornar mais competitivas (DIEZ, 2015).

2.7.4 Realidade Virtual e Aumentada

O ambiente virtual auxilia a empresa a perceber de uma forma eficiente como serão realizados os processos produtivos na planta industrial, com sua devida simulação virtualmente. Para a gestão de manutenção, esses ambientes facilitam o trabalho dos manutentores ao fornecer a visualização geral do equipamento (SIEMENS, 2017). Em relação à Realidade Aumentada, essa tem por finalidade facilitar o meio de interação do trabalho com as máquinas mediante a informação em tempo real (RÜBMANN et al., 2015).

Tal tecnologia, vastamente conhecida no mundo dos jogos virtuais, agora vem a somar com a indústria 4.0, integrando o ambiente real e o virtual em tempo instantâneo, tornando possível a exibição de imagens virtuais da máquina, sendo essa a sua principal característica. Ela também pode ser empregada na capacitação, treinamento e supervisão de equipes de trabalho, uma vez que os princípios de funcionamento de determinada máquina poderão ser compreendidos e as falhas identificadas com maior facilidade (FIEB, 2016).

2.7.5 Impressão 3D

Trata-se de uma técnica para construir sólidos tridimensionais, também chamada de manufatura aditiva. Nesse caso, a matéria-prima é colocada camada por camada, trabalho esse que facilita o desenvolvimento de peças complexas. Contudo, tem seus pontos negativos, quais

sejam: o elevado custo na produção em massa, a limitação da matéria-prima para impressão de peças e, também, as limitações físicas de impressão (SIEMENS, 2017).

Seu uso na indústria é economicamente aplicável em designs complexos e de alta personalização, garantindo a fabricação aditiva e o aumento na flexibilidade da produção. Isso resulta em crescimento nas áreas em que é necessário um produto com particularidades em dimensões ou algo em específico, com redução de custo em logística e crescimento da economia (BELLEMO, 2015).

3 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos que foram adotados neste trabalho têm caráter predominantemente exploratório, voltados a um estudo de caso, cujos objetivos foram: a prospecção de ganhos produtivos nos processos de manutenção corretiva, preventiva e preditiva com a aplicação da *Big Data and Analytics*, Internet das Coisas e Computação em Nuvem da indústria 4.0 em uma unidade industrial de soja.

O conceito de pesquisa exploratória se pauta em elucidar conceitos e ideias para torná-los objetivos e básicos, bem como almeja obter maior familiaridade com o problema, o qual pode ser analisado por meio de levantamento bibliográfico, análise de cenário, auxiliando na compressão daquilo que foi proposto (GIL, 2010).

A abordagem foi de formato quantitativo no que diz respeito à mensuração dos tempos gastos nos processos de manutenção mecânica de um laminador de grãos, tomando por base as tecnologias da indústria 4.0. O intuito foi aplicar novos conceitos produtivos para o cenário atual, indagando as técnicas utilizadas e, de acordo com os dados obtidos, apreciar a organização dos processos e prospectar resultados mais assertivos. Diante disso, a pesquisa procurou elucidar os cálculos e dados quantitativos, obtendo como resultados a validação das mudanças culturais no aprimoramento das técnicas de manutenção, a redução de custos cessantes e maior produtividade.

3.1 OBJETIVO DE ESTUDO

A respeito do tratamento dos dados desta pesquisa, realizou-se sob a perspectiva das tecnologias da indústria 4.0, averiguando, via fluxo, a entrada das informações dos dados técnicos da máquina, o tempo gasto para a localização de peça o retorno do bem ativo e computar a um retorno do *status* do equipamento na ótica de manutenção. Por compreender o fluxo como algo por si só abstrato, foi preciso aplicá-lo a um caso prático para que fosse possível agregar valor às etapas de explicação e elaboração dos resultados. Esse caso foi organizado mediante a exposição do autor a um problema de falhas no retorno do bem ativo devido à falta de informações de peças de reposição do laminador de grãos. A falha do

equipamento não detém grande reincidência, mas serviu de exemplo, embora pudesse representar uma demanda preventiva de atuação pela equipe de manutenção e PCM.

3.2 COLETA DE DADOS

Foram coletados dados do setor de extração de óleo, no período de fevereiro a setembro de 2020. O tempo compreendido nesses oito meses de coleta de dados não converge com a cronologia das informações, uma vez que a empresa possui amplo conjunto de serviços realizados, manutenções programadas, *software* de gestão e histórico que registram os procedimentos realizados no equipamento e os custos envolvidos em formato temporal.

Para o complexo industrial, vários são os equipamentos que possuem potencial para paralisar a operação da planta. No caso do laminador, a ocorrência de falhas pode passar ao leitor a impressão de que o problema escolhido não mereça a atenção da equipe de PCM, contudo vale salientar que o processo de laminação não admite interrupções e a meta de disponibilidade na esmagadora em questão é de 99,99% nessa etapa produtiva.

3.3 TRATAMENTO DOS DADOS

Após a coleta, foi realizado o tratamento dos dados, a fim de categorizar as peças e componentes do equipamento por grupos técnicos e específicos. Para esse fim, a plataforma digital MS Excel® foi utilizada, juntamente às informações referentes à manutenção em tempos preestabelecidas pelo sistema interno da empresa, enriquecendo a plataforma. Os indicadores de desempenho citados no quadro 2 foram selecionados para a tratativa dos dados coletados, conforme descrição nas próximas seções terciárias.

Quadro 2: Indicadores de desempenho utilizados.

SIGLA	DESCRIÇÃO
MTBF	Tempo Médio Entre Falhas
MTTR	Tempo Médio Para Reparo
MP	Cumprimento dos Planos de Manutenção Preventiva
MPd	Cumprimento dos Planos de Manutenção Preditiva
A	Fator de Disponibilidade da Máquina
P	Fator de Performance da Máquina
Q	Fator de Qualidade da Máquina
OEE	Eficácia Geral do Equipamento
TEEP	Desempenho Efetivo Total do Equipamento

(Fonte: Autor, 2020).

3.3.1 Tempo Médio entre Falhas

Com esse indicador de desempenho, foi definida a média aritmética entre falhas do equipamento, considerando a somatória das horas disponíveis pelo número de intervenções corretivas em determinado período. Desse modo, o estímulo ao longo do tempo gerou pontos positivos para o departamento de manutenção. Dentre esses pontos foram identificados que a máquina apresentava uma confiabilidade instável devido aos mantenedores realizarem muitas manutenções corretivas, no qual foi sugerido a revisão do plano de manutenção e aumento das revisões programadas, com essa mudança evidenciou-se um decréscimo de manutenções corretivas no bem ativo em questão, em contrapartida aumentou a sua hora produtiva. Conforme a equação 1, na qual calculou-se o tempo médio entre falhas, dando indícios do período em que as falhas ocorreram (representados pela figura 3):

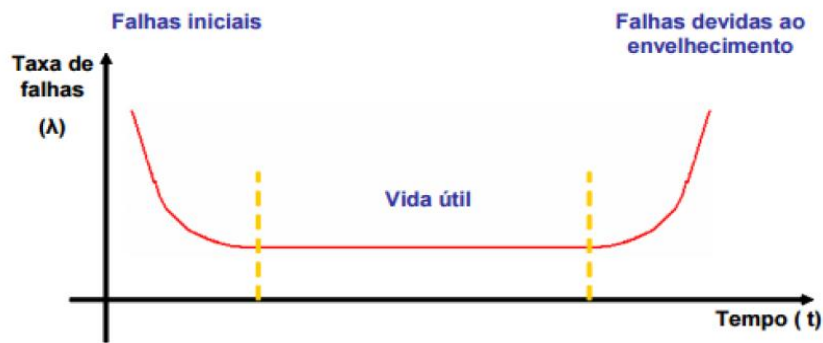


Figura 3: Fase da curva da banheira.

(Fonte: GIAGI, 2017).

$$MTBF = \frac{TTD - TP}{np} \quad (1)$$

onde:

MTBF: tempo médio entre falhas;

TTD: somatório do tempo total disponível em determinado período;

TP: tempo perdido devido à falha;

np : número de paradas para manutenção.

3.3.2 Tempo Médio para Reparo

Para determinar o tempo gastos pelos manutentores para executar os reparos na máquina, usou-se o indicador de desempenho MTTR, visto que, de forma direta, auxiliou na gestão de estoque, recomendando-se a reposição de peças e as quantidades necessárias ao mesmo tempo que manteve o fluxo contínuo da produção. Além disso, possibilitou-se ao gestor de manutenção direcionar o número ideal de pessoas para a execução do serviço, tangendo também o tempo necessário para cada atividade, conforme a equação 2:

$$MTTR = \frac{TP}{np} \quad (2)$$

onde:

MTTR: tempo médio para reparo;

TP: tempo perdido devido à falha;

np : número de paradas para manutenção.

3.3.3 Taxa de falhas

Para determinar o número de falhas por unidade de tempo utilizamos a equação 3:

$$\lambda(t) = \frac{1}{MTBF} \quad (3)$$

onde:

MTBF: tempo médio entre falhas;

$\lambda(t)$: taxa de falhas por unidade de tempo.

3.3.4 Confiabilidade

Nesse indicador foi calculado a probabilidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições definidas de uso durante um intervalo de tempo estabelecido, conforme a equação 4:

$$R(t) = e^{-\lambda \times t} \quad (4)$$

onde:

$R(t)$: confiabilidade por tempo;

λ : taxa de falhas;
 t: tempo.

3.3.5 Cumprimento dos Planos de Manutenção Preventiva

Os planos de manutenção preventiva consistem em um conjunto de tarefas, isto é, indica e direciona a equipe de manutenção para o local correto de trabalho e a troca correta de determinada peça. Para a máquina em questão o percentual admitido é entre 90% a 95%, porém devido as inúmeras manutenções corretivas esse percentual nunca chegava ao índice mínimo. Os motivos pautados era que manutenções completas na máquina era somente realizado em paradas anuais, mediante a isso foi revisado o plano de manutenções e alterado essas revisões para semestrais.

Em consequência disso, obtiveram-se ganhos na redução de custos com ações e manutenções não programadas. Portanto, buscou-se ter garantias de que aquilo que foi planejado está sendo executado segundo à equação 5:

$$MP = \frac{\textit{Tarefas de manutenção preventiva}}{\textit{Ações agendadas do plano}} * 100\% \quad (5)$$

onde:

Tarefas de manutenção preventiva: realização de serviços finalizados;

Ações agendadas do plano: quantidade de ordens planejadas.

3.3.6 Cumprimento dos Planos de Manutenção Preditiva

O indicador MPd determinou a efetividade dos manutentores, no que tange às manutenções preditivas nos equipamentos, dividida pelas ações programadas do plano de manutenção preventiva. De igual modo, ajudou o setor PCM a revalidar algumas programações devido a não realização do serviço por motivos descritos via documento. Para esse indicador o índice é entre 85% a 90%, foi identificado que não realizavam corretamente as manutenções

preditivas na máquina, apenas havia registros no sistema interno da empresa e algumas medidas eram tomadas, assim foram levantados os planos de manutenção e os componentes de máquina e sugerido revalidá-los com técnicas mais atualizadas de manutenção preditiva, como exemplo medição de vibração dos motores principal e dos eixos alimentadores e dosadores.

Levando isso em conta, a porcentagem do cumprimento ou não dos planos de manutenção preditiva foram calculados segundo a equação 6, desde que todas as tarefas estivessem dentro do programa de manutenção e categorizadas pelas ações programadas pelo plano.

$$MPd = \frac{\textit{Tarefas do plano de manutenção preditiva}}{\textit{Ações programadas do plano}} * 100\% \quad (6)$$

onde:

Tarefas do plano de manutenção preditiva: realização completa das atividades;

Ações programadas do plano: ações programadas do plano de manutenção preventiva.

3.3.7 Falta de Materiais para Serviços de Manutenção

A respeito dos materiais/peças de reposição, é possível que as ordens de trabalho referentes às manutenções sejam interrompidas pela falta de produtos devido ao atraso de fornecedores ou a alguma manutenção corretiva não prevista. A máquina não possui um índice para esse indicador devido aos equipamentos serem comprados diretamente do fabricante, o setor de manutenção possui um estoque interno de algumas peças de reposição que tem grandes dimensões, exemplo rolos laminadores, de forma que quando utilizado a peça já é solicitado a compra de uma nova via requisição de compra. Já as demais peças ficam armazenadas no almoxarifado da empresa que são retirados mediante ordem de serviço, no qual o controle de estoque é realizado pelo setor de compras. Esse indicador não foi contemplado nos cálculos devido a sua ausência durante a coleta de dados desse trabalho, mas para questão de confiabilidade e manutenibilidade é de extrema importância considerar pois está relacionada a fatores internos e externo da empresa. Assim poderão ser estimados a partir da equação 7, que segue:

$$FM = \frac{\text{Serviços paralisados pela falta de material}}{\text{Total de ordens de trabalho}} \quad (7)$$

onde:

Serviços paralisados pela falta de material: quantidade geral das ordens no período;

Total de ordens de trabalho: quantidade geral das ordens planejadas.

3.3.8 Fator de Disponibilidade da Máquina

Para o setor de PCM, a disponibilidade do equipamento é de suma importância para traçar as estratégias corretas e direcionar os manutentores acerca das atividades de manutenção visando à realização dos serviços conforme a prioridade da planta industrial. A máquina possui uma faixa entre 90% a 95%, devido a sua operação ser de 24 horas por dia, não sendo aceitável serviços não programados por ser uma fase importante do processo produtivo. Logo como foi sugerido no indicador MTBF a revisão do plano para evitar manutenções corretivas não planejadas.

Para a definição da probabilidade de o equipamento operar de forma satisfatória em determinados períodos e condições, utilizou-se a equação 8, relacionada ao fator de disponibilidade, o qual pode ser encontrado com os valores de TMEF e TMPR.

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\% \quad (8)$$

onde:

A: fator de disponibilidade da máquina;

MTBF: tempo médio para falhas;

MTTR: tempo médio para reparo.

3.3.9 Fator de Performance da Máquina

Esse fator foi usado devido à sua relação a velocidade de operação do equipamento, em outras palavras, é o comparativo entre a quantidade produzida pelo equipamento e a quantidade para a qual teoricamente foi calculado para produzir, desprezando a qualidade do material. Conforme a equação 9:

$$P = \frac{(Quantidades\ Boas + Quantidades\ Ruins)}{Quantidade\ Teórica\ Total} * 100\% \quad (9)$$

onde:

Quantidades boas: produto acabado com qualidade 100%;

Quantidades ruins: produto de reprocesso;

Quantidade teórica total: quantidade de produção nominal do equipamento.

3.3.10 Fator de Qualidade da Máquina

O objetivo da utilização desse fator foi o de determinar o total de produtos produzidos que atendessem aos critérios de qualidade estipulados pela empresa, conforme a equação 10. Entende-se como quantidades boas aquelas que atingiram a qualidade no primeiro momento, não levando em conta as peças nas quais foram feitos retrabalhos.

$$Q = \frac{Quantidades\ Boas}{Quantidade\ Total\ Produzida} * 100\% \quad (10)$$

onde:

Quantidades boas: produto acabado com qualidade 100%;

Quantidade total produzida: quantidade de produção do equipamento;

3.3.11 Eficácia Geral do Equipamento

Para a mensuração da atuação dos ativos, a Efetividade Global do Equipamento (OEE) tem sua abordagem métrica pela indústria de manufatura conforme a equação 11, a partir da qual se pode quantificar a disponibilidade, a performance e a qualidade. A solução OEE propicia ao gestor de manutenção a análise das paradas, sejam elas programadas ou não. Verificou-se, tendo essa informação como base, a causa do problema, maximização da utilização e da produtividade da máquina. Seu resultado é apresentado pela equação a seguir em formato percentual:

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (11)$$

onde:

A: disponibilidade;

P: performance;

Q: qualidade.

3.3.12 Desempenho Efetivo Total do Equipamento

O indicador *Total Effectiveness Equipment Performance* (TEEP), cuja tradução para o português é Desempenho Efetivo Total do Equipamento, analisa o tempo com que o equipamento executa determinada função em 24 horas, isto é, na teoria a máquina trabalha o tempo todo, na velocidade máxima e com alto índice de qualidade. Assim, foi realizada a verificação do que o equipamento produziu e sua capacidade máxima em um formato diferente do OEE, avaliando-se apenas o tempo programado. Para tanto, usou-se a equação 12, levando-se em consideração a produção do equipamento com base em três variáveis, que são: quantidade de dias do mês, as horas do dia, a quantidade de produtos produzidos por hora pelo equipamento.

$$PMP = Dias\ de\ produção \times Horas\ de\ produção \times Quantidade \quad (12)$$

$$TEEP = \frac{100\% \times Quantidades\ boas\ por\ período}{PMP} \quad (13)$$

onde:

Dias de produção: dias efetivos de produção;

Horas de produção: horas efetivas de produção;

Quantidade: quantidade efetiva de produção;

PMP: produção máxima por período.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, serão pontuados o funcionamento do processo e como foram obtidos os dados. Optou-se por apresentá-los de forma fracionada para que o leitor tenha melhor compreensão. A divisão é a seguinte:

- Laminador, peças e componentes;
- Planos de manutenções;
- Tratamento das falhas;
- Aplicabilidade da tecnologia indústria 4.0.

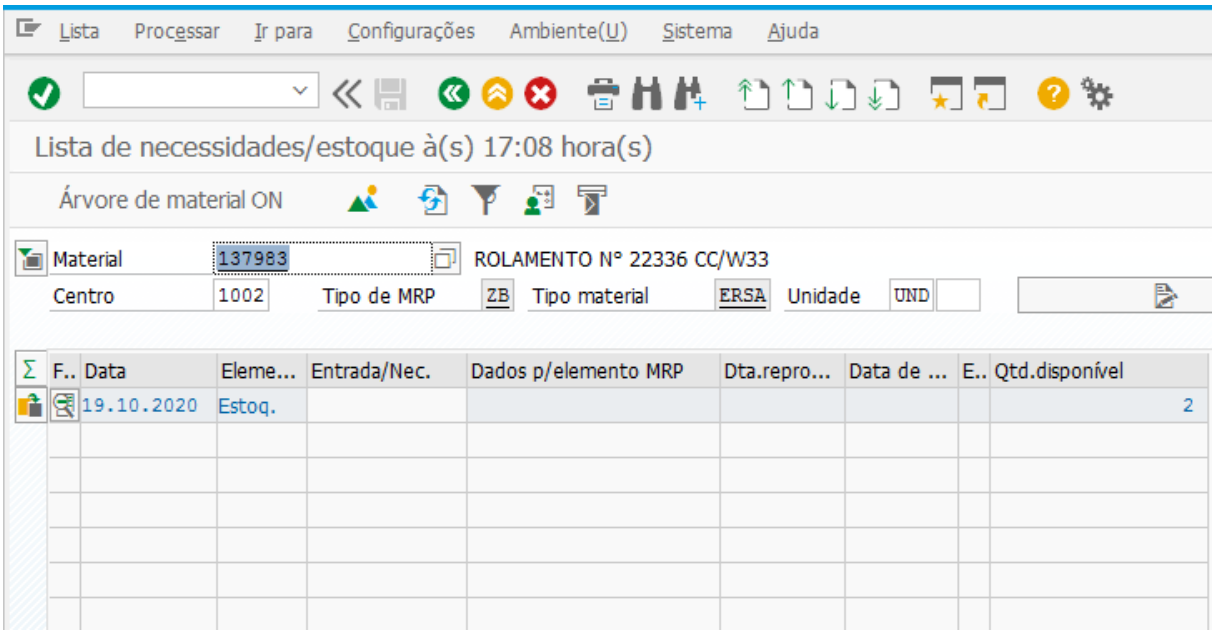
4.1 LAMINADOR, PEÇAS E COMPONENTES

O seu funcionamento pode ser operado de forma manual ou automático, deve-se verificar o sentido de rotação dos rolos. Em seguida, o equipamento estará pronto para que a unidade hidráulica seja acionada, fazendo com que os pistões aproximem os rolos laminadores. Nesse momento, o dosador/mexedor entra em funcionamento para que o material seja despejado uniformemente entre os rolos, sendo possível a laminação integral dos grãos.

Para o laminador TRH-700, as técnicas utilizadas para a obtenção de dados foram de formato qualitativo, uma vez que alguns dados são previamente fornecidos pelo manual técnico da empresa TECNAL. O tratamento dos dados foi feito em componentes e peças com viabilidade econômica de serem mantidos no estoque da empresa. Subentendem-se como peças de reposição os materiais para as máquinas que são analisadas durante a fase de implantação e utilização do equipamento até o período próximo de sua substituição. Em resumo, na fase inicial da compra da máquina, o setor do PCM avalia quais peças e componentes são vantajosas em se ter no estoque do almoxarifado, já que alguns desses podem ter grandes dimensões ou peso e ter valores altos que contribuam para o aumento de lucros cessantes.

Com o intuito de prescrever as peças e componentes da máquina em questão, foram abordadas apenas algumas das principais, que conforme informações obtidas durante a elaboração deste estudo, apresentaram falhas consideráveis. Com isso foram notados dois

aspectos-chave para selecioná-la: o primeiro foi a falta de informação, tanto principal como complementar, no ato do cadastro do material. Por conta que ao chegar no almoxarifado, os funcionários do setor trabalham com a identificação da peça por hierarquia e código, fazendo a conferência por meio de informações previamente descritas no material. Após esse cadastro é imperceptível o erro para os funcionários do setor de modo que, somente quando o manutentor fizer a substituição da peça é que encontrará dificuldades para localizar o material no sistema interno e colocar na ordem de serviço, isso serve tanto para os inspetores e programadores. Já o segundo aspecto é o almoxarifado não possuir a peça de reposição, sendo identificada tal lacuna apenas no ato de sua busca no sistema interno da empresa. Observou-se que houve erro também pelo setor do PCM em avaliar a criticidade desses materiais, demonstrando certa dificuldade para detectar a inexistência dessas peças devido à filtragem não permitir busca avançada. As figuras 4 e 5 ilustram como sistema da empresa apresenta os estoques e erros de busca:



Lista de necessidades/estoque à(s) 17:08 hora(s)

Árvore de material ON

Material: 137983 ROLAMENTO N° 22336 CC/W33

Centro: 1002 Tipo de MRP: ZB Tipo material: ERSa Unidade: UND

Σ	F.. Data	Eleme...	Entrada/Nec.	Dados p/elemento MRP	Dta.repro...	Data de ...	E..	Qtd.disponível
	19.10.2020	Estoque						2

Figura 4: Filtragem da identificação dos materiais.

(Fonte: Autor, 2020).

A figura acima, apresenta várias características do material em questão, dentre elas, as principais para o manutentor são os campos: “Qtd.disponível”, no qual representa a quantidade disponível do material em estoque no almoxarifado da empresa e, “Tipo de MRP”, que

informa se o material está efetivo no estoque, onde que para a sigla “*manual reord point planning*” - ZB, há planos de compras para o material, já a sigla “*no planning*” - ND, o material foi retirado do estoque.

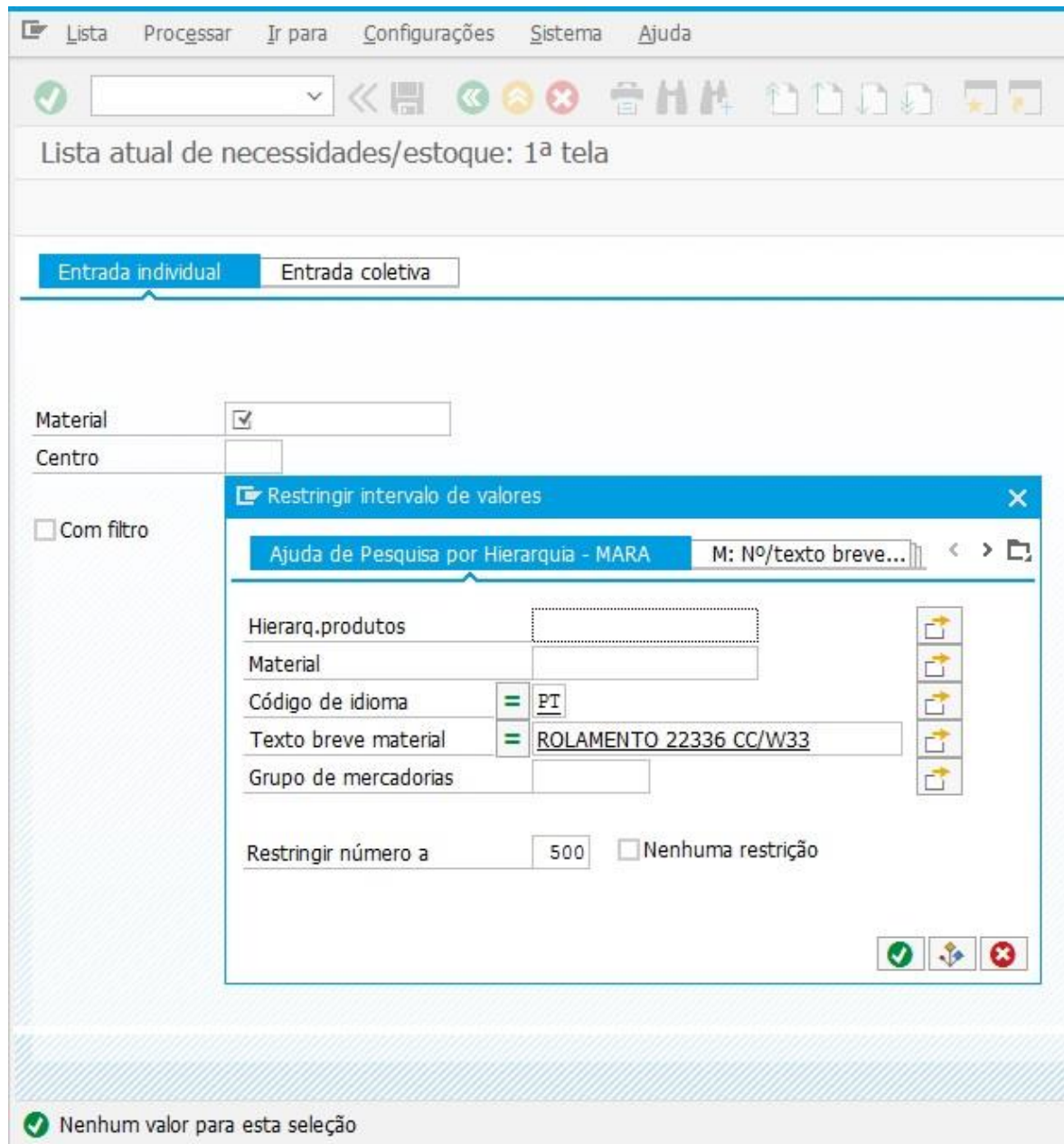


Figura 5: Falhas na localização do material.

(Fonte: Autor, 2020).

Observando o campo “texto breve material” da figura 5 percebe-se que por causa da falta dos caracteres “Nº”, em relação a figura 4, não foi possível realizar a busca do material, visto que a descrição da figura 5 foi retirada do anexo B. Diante disso, notou-se que a um desencontro de informações entre manuais técnicos e sistema interno da empresa, o que dificulta as atividades de manutenção. Os próximos títulos apresentaram essas divergências nas informações.

4.1.1 Mancais - lado do acionamento

O quadro 3 traz algumas das peças de reposição dos mancais do lado de acionamento, retiradas dos anexos A e B, bem como a relação dos códigos existentes no almoxarifado da empresa:

Quadro 3: Peças do lado do acionamento do laminador TRH-700.

MANCAIS - LADO ACIONAMENTO				
PEÇA POSIÇÃO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CÓDIGO TECNAL	CÓDIGO ALMOXARIFADO	DESCRIÇÃO ALMOXARIFADO
3	FELTRO QUADRADO DE 1/2"	COMERCIAL	137368	MANTA DE FELTRO RÍGIDA, ESPESSURA 1/2"
5	ROLAMENTO 22336 CC/W33	COMERCIAL	137983	ROLAMENTO Nº 22336 CC/W33
14	CHAPA DEFLETORA (UHMW)	M11-595.302	139173	CHAPA DEFLETORA (DIR) REF: M11.595.302
16	MOTOR WEG 150 CV 1185 RPM 60 HZ P. PÓ 380/660V CARCAÇA 315 SM B3D ALTO RENDIMENTO	COMERCIAL	SEM CADASTRO	SEM DESCRIÇÃO
-	TRANSMISSÃO PRINCIPAL CORREIA POWER BAND SUPER HC 5 X 5 V 2000	COMERCIAL	138381	CORREIA POWER BAND SUPER HC 5X5 V2000

(Fonte: Autor, 2020).

4.1.2 Mancais - lado do esticador

Algumas das peças de reposição dos mancais do lado do esticador, conforme o anexo C e D, bem como a relação dos códigos existentes no almoxarifado da empresa são mostradas no próximo quadro:

Quadro 4: Peças do lado do esticador do laminador TRH-700.

PEÇA POSIÇÃO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CÓDIGO TECNAL	CÓDIGO ALMOXARIFADO	DESCRIÇÃO ALMOXARIFADO
4	FELTRO QUADRADO DE 1/2"	COMERCIAL	137368	MANTA DE FELTRO RÍGIDA, ESPESSURA 1/2"
6	ROLAMENTO 22336 CC/W33	COMERCIAL	137983	ROLAMENTO N° 22336 CC/W33
19	CHAPA DEFLETORA (UHMW)	M11-595.302	139173	CHAPA DEFLETORA (DIR) REF: M11.595.302
-	TRANSMISSÃO ENTRE ROLOS CORREIAS HEXAGONAL CC 175 (DUPLA)	COMERCIAL	138442	*CORREIA CC-175

(Fonte: Autor, 2020).

4.1.3 Pistão hidráulico

O quadro 5 exibe algumas das peças de reposição do pistão hidráulico, trazidas do anexo E, como também a relação dos códigos existentes no almoxarifado da empresa:

Quadro 5: Peças do pistão hidráulico do laminador TRH-700.

PISTÃO HIDRÁULICO				
PEÇA POSIÇÃO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CÓDIGO TECNAL	CÓDIGO ALMOXARIFADO	DESCRIÇÃO ALMOXARIFADO
-	KIT DE VEDAÇÃO DA CAMISA - PARKER - PK502HLL01	COMERCIAL	137332	KIT VEDACAO CAMISA PARKER PK502HLL01
-	KIT VERDAÇÃO DA HASTE PARKER - RK2HLTS201	COMERCIAL	137333	KIT VEDACAO DA HASTE PARKER RK2HLTS201

(Fonte: Autor, 2020).

4.1.4 Esticador

Algumas das peças de reposição do esticador são trazidas no quadro seguinte, buscadas no anexo F e G, assim como a relação dos códigos existentes no almoxarifado da empresa:

Quadro 6: Peças do esticador do laminador TRH-700.

ESTICADOR				
PEÇA POSIÇÃO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CÓDIGO TECNAL	CÓDIGO ALMOXARIFADO	DESCRIÇÃO ALMOXARIFADO
1	RETENTOR SABÓ BRI – 00272	COMERCIAL	039157	RETENTOR 00272 45x60x7
4	ROLAMENTO Nº 6209	COMERCIAL	037793	ROLAMENTO 6209 ZZ C3

(Fonte: Autor, 2020).

4.1.5 Moega de alimentação e acionamento pneumático

O quadro 7 evidencia algumas das peças de reposição da moega de alimentação e acionamento pneumático, conforme o anexo H, como também a relação dos códigos existentes no almoxarifado da empresa:

Quadro 7: Peças da moega de alimentação e acionamento pneumático do laminador TRH-700.

MOEGA DE ALIMENTAÇÃO E ACIONAMENTO PNEUMÁTICO			
DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CÓDIGO TECNAL	CÓDIGO ALMOXARIFADO	DESCRIÇÃO ALMOXARIFADO
VALVULA SIMPLES SOLENOIDE MFH-5-1/8 - FESTO	COMERCIAL	137500	VALVULA SIMPLES SOLEN.FESTO MFH-5-1/8"
BOBINA MSFW-220- 50/60 - FESTO	COMERCIAL	043800	BOBINA SOLENOIDE MSFW-220/50-60
DNC-32x25-PPV FESTO	COMERCIAL	137501	CILINDRO DNC 32X25 FESTO

(Fonte: Autor, 2020).

Com a mensuração desses dados, foi possível identificar as diversas falhas e dificuldades que os manutentores encontram para localizar as peças de reposição. Levando essa ideia para um formato mais amplo e apresentando-a à empresa em estudo e as demais do ramo de manutenção, viu-se como a boa comunicação entre os diversos setores é fator crucial para a solução dos problemas internos. Portanto, observou-se que implantar uma ficha técnica do equipamento contendo todas as informações necessárias para o setor da manutenção possibilita a realização das atividades de forma mais ágil e eficiente. A identificação de equipamentos com o uso de etiquetas, mais conhecida no ramo da manutenção como “TAG”, auxilia na identificação das peças de reposição da máquina, alcançando maior clareza nas informações de forma que os responsáveis pela compra das máquinas, juntamente com os do setor do PCM, insiram as informações ou modificações necessárias em seus cadastros, evitando que tais erros não ocorram novamente.

4.2 PLANOS DE MANUTENÇÕES

Os planos de manutenção para a máquina em estudo foram elaborados pelo setor do PCM, pelos supervisores e líderes da área em questão. Foram detectadas as necessidades e como as ações poderiam ser realizadas para a preservação do bem ativo, uma vez que isso garante a confiabilidade e a disponibilidade do equipamento. A figura 6 demonstra o cadastro da máquina, sendo que a “TAG” traz o número do equipamento (neste caso 100000124), o qual permite ao manutentor o acesso às informações necessárias para a identificação dos planos de manutenção e informações da máquina.

The screenshot displays a web-based interface for equipment management. The title bar reads "Exibir equipamento : Dados do Equipam". Below the title, there are tabs for "Síntese de classes" and "Pts.medição/contador". The main form contains the following fields:

Equipamento	100000124	Tipo	8	Equipamentos Esmagadora
Denominação	LAMINADOR DE SOJA LM3			
Status	MONT	OPER		
Válido desde	18.06.2019	Válido até	31.12.9999	

Below the main form, there are four tabs: "Dados do Equipamento", "Local de Instalação", "Organização", and "Estrutu...". The "Dados do Equipamento" tab is active, showing the following sections:

Dados gerais	
Classe	
Tipo de objeto	1068MAQUIN Maquinários
GrpAutorizações	0001 Grupo 0001
Peso	0,000
Tamanho/dimens.	
Nº inventário	
Em serv.desde	28.01.2012

Dados de referência	
Valor aquis.	0,00
Data aquisição	

Dados de fabricação	
Fabricante	
País produtor	
Denomin.tipo	TRH 700 CAP. 300 TON
Ano/mês const.	
Nº peça fabric.	
Nº série	155/10

Figura 6: Cadastro da máquina na empresa.

(Fonte: Autor, 2020).

Para os planos de manutenção do laminador TRH-700, foram aproveitados outros já vigentes e usados no equipamento, conforme a figura 7. Pensando em tornar mais claro para o leitor, a descrição de cada plano foi feita no quadro 8 segundo o número da sua operação, apresentando, ainda, o tipo de manutenção realizado em cada uma das operações.

Figura 7: Planos de manutenção vigentes do laminador TRH-700.

(Fonte: Autor, 2020).

Quadro 8: Planos de manutenção vigentes do laminador TRH-700.

OPERAÇÃO	DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO	TIPO DE MANUTENÇÃO
0010	Intervenção mecânica no ajuste de chapas defletoras UHMW, sendo a regulagem ou substituição da peça.	Corretiva planejada – ajustes, substituição.
0020	Intervenção mecânica na redução de ruídos e vibrações dos rolos das polias, sendo regulagem ou substituição dos rolamentos.	Corretiva não planejada – regulagem e troca dos rolamentos.
0030	Intervenção mecânica no desgaste da polia esticador, sendo necessária a substituição das correias.	Corretiva planejada – correias quebradas Preventiva – troca de todas as correias.
0040	Intervenção mecânica no desgaste da correia tração.	Preventiva – substituição de correia por período definido
0050	Intervenção mecânica no desgaste de pistão hidráulico, na apresentação de vazamento de óleo hidráulico.	Corretiva não planejada – trocar vedação da camisa Preventiva – troca de haste do pistão
0060	Intervenção elétrica no funcionamento de sensores, avaliando as condições e funções.	Corretiva não planejada – falha apresentada Preditiva – após realizar testes de funcionamento apresentar falhas
0070	Intervenção mecânica na estrutura geral, sendo tampar furos e cuidados com a estrutura em si.	Corretiva – falha apresentada Preventiva – falha apresentada, porém não interfere no funcionamento Preditiva – após testes de análise realizar a troca
0080	Intervenção mecânica em ruídos e vibrações dos rolos laminadores e sistema de alimentação.	Corretiva – quando a falha apresenta Preventiva – ação tomada para que não apresente falhas durante um período do processo Preditiva – inspeção e retífica dos rolos laminadores

(Fonte: Autor, 2020).

Nesse sentido, no quadro 9 mostra-se a obtenção de ganhos em cada operação, averiguou-se, que seriam necessárias algumas mudanças no formato de abordagem em suas intervenções. Tais dados foram analisados e comparados com dados internos obtidos dos dois últimos anos, onde que, não se aplicava a metodologia da indústria 4.0, no qual realizou-se ensaios e comparando-as, pode-se observar que o principal destaque dos resultados se dera pela baixa de tempo nas operações, no qual está atrelado ao novo comportamento dos manutentores.

Quadro 9: Relação de ganhos com as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0

OPERAÇÃO	SEM TECNOLOGIA	COM TECNOLOGIA
0010	Manutenção realizada de forma corretiva, somente quando apresentava a falha, alto tempo em procura de peça de reposição.	Manutenção realizada de forma preventiva com períodos preestabelecidos, ajustes no cadastro.
0020	Manutenção realizada de forma corretiva, somente quando apresentava falha, alto tempo para sanar a falha por conta da falta de peça de reposição.	Manutenção preventiva com períodos preestabelecidos, aquisição de um conjunto de reposição e aumento no estoque mínimo da peça de reposição.
0030	Manutenção realizada de forma corretiva, somente quando apresentava falha, alto tempo para sanar a falha por conta da falta de peça de reposição.	Manutenção preventiva com períodos preestabelecidos, aumento no estoque mínimo da peça de reposição.
0040	Manutenção preventiva.	Mantém-se o mesmo plano, somente realizada a troca em revisões anuais.
0050	Manutenção realizada de forma corretiva, somente quando apresentava falha, alto tempo em procura de peça de reposição e também pela falta.	Manutenção realizada de forma preventiva com períodos preestabelecidos, ajustes no cadastro das vedações da camisa e comprado um conjunto de reposição para haste.
0060	Manutenção corretiva e preditiva.	Mantém-se o mesmo plano, somente realizada a troca em revisões anuais.
0070	Manutenção corretiva, preditiva, preditiva.	Mantém-se o mesmo plano, somente realizada a troca em revisões anuais.
0080	Manutenção corretiva efetuada diariamente e não de forma preventiva, preditiva realização de retífica sem um manutentor específico.	Preventiva – regulagem diária em períodos preestabelecidos, podendo ser qualquer manutentor. Preditiva retífica por meio de planos de manutenção manutentor específico e qualificado.

(Fonte: Autor, 2020).

A operação 0010, indicada no quadro 8, sem o uso da tecnologia, apresentou o maior tempo gasto para localizar a peça de reposição por conta das informações defasadas do cadastro. Com base nisso, chegou-se à conclusão de que, para novos planejadores e manutentores, isso aumentaria o tempo de retorno do bem ativo. Com a percepção desse fato, pôde-se perceber que a informação é crucial para uma melhor interação entre o ser humano e as máquinas, isto é, a descrição total da peça de reposição de uma forma clara e objetiva auxilia, os novos colaboradores a realizar as suas atividades de forma mais rápida.

Com a tecnologia *Big Data and Analytics* foi possível relacionar os dados do equipamento, cruzar as informações com as dos sistemas internos da empresa e identificar falhas nas buscas de peça de reposição, o que gerava impactos nos planos de manutenção, pois o tempo estipulado previamente pelo planejador era superdimensionado e o manutentor, muitas vezes, não fazia a correção do tempo gasto real na intervenção. Dessa forma pôde-se fazer uma projeção da tecnologia *Internet das Coisas* utilizando a plataforma digital Excel, na qual registrou-se o tempo realmente gasto, como também o detalhamento de cada atividade do manutentor como, por exemplo: o tempo de preparação da área de trabalho, da execução da atividade, da busca de peça de reposição e da finalização do serviço. Tanto a tecnologia *Internet das Coisas* quanto a Computação na Nuvem não puderam ser aplicadas na íntegra pela falta de um aplicativo móvel que interagisse com o sistema interno da empresa. Isso significa dizer que o manutentor, no início de sua atividade faria a leitura da “TAG” por intermédio de um código de barra ou código QR, aplicando o tempo gasto em cada passo da intervenção, após a conclusão dessa etapa realizava o *upload* dos dados no sistema interno da empresa e, assim, não precisava repetir as transações como é feito atualmente no registro da marcação de horário no histórico do equipamento.

4.2.1 Tratamento das falhas

Atualmente, para o tratamento das falhas, o planejador recebe a solicitação da produção em formato de nota (conforme a figura 8), a qual precisa ser preenchida com informações desconhecidas pelo solicitante. Portanto a aplicação da “TAG” poderia trazer facilidade para o planejador. Após a adequação da nota, o planejador define um tempo mais aproximado do real

sobre a atividade solicitada e não superdimensionado como era feito até então (conforme a figura 9). Ademais, seria possível em algumas ordens de manutenção o lançamento da peça de reposição, pois, com a ficha técnica do equipamento relacionada com o código do almoxarifado, a localização do material se tornaria mais fácil.

No campo texto “equipamento” da figura 8, a informação inserida é desconhecida pela equipe de produção, somente a equipe da manutenção tem o conhecimento desse número, no qual é buscado através de uma pesquisa no sistema interno da empresa, colocando descrições abreviadas do mesmo. Para um tratamento mais eficaz das falhas, a utilização da “TAG” tornaria esse processo menos moroso, no sentido que, os operadores ao perceberem anomalias na máquina anotavam o número do equipamento e já cadastrava na nota de reclamação, complementado os motivos no campo texto “descrição”, sendo assim o inspetor já recebia em seu dispositivo móvel o alerta que tal máquina estava sendo parada, podendo já fazer a verificação e complementação dos dados nos campos responsabilidades e data-base.

Atualmente esse processo é elaborado da seguinte forma: são geradas várias notas de reclamações no sistema interno da empresa, o inspetor e o planejador unem-se forças para fazer a identificação dos equipamentos e as anomalias, para então estabelecer a ordem de manutenção (conforme a figura 9), e direcionando ao manutentor específico.

Para as manutenções corretivas não planejadas, esses procedimentos não são realizados, pois se faz necessário a intervenção imediata para que a máquina retorne o seu funcionamento, o que acaba causando impactos na validação de tempos, isto é, o operador de produção informava no demonstrativo diário de produção do seu turno que o equipamento parou tantas horas para manutenção, mas na realidade não foi gasto todo esse tempo em manutenção, pois houve toda uma série de etapas iniciais que o manutentor precisou realizar para poder então intervir. Com isso os indicadores de desempenho e tempo de parada aumentam.

Nota PM Processar Ir para Suplementos Ambiente(U) Sistema Ajuda

Exibir nota PM: Manut. de Rota-PM

Nota 11801765 M7 PISTÃO LM6

Status da nota MSEN ORDA

Ordem 12032889

Nota Avaria, parada Dados de localização Síntese de datas

Objeto de referência

Loc.installação 1068-PREPARACAO D... SETOR DE PREPARAÇÃO DA SOJA

Equipamento 100000127 LAMINADOR DE SOJA LM6

Situação

Descrição PISTÃO LM6

REVISAR PISTÃO LAMINADOR LM6

Responsabilidades

Grp.plnj.PM 010 / 1030 Man. Mecânica

CenTrab respon. MEC_ESMA / 1030 Centro Trab.Mecânica - Esmagadora

Fornecedor

Notificador 556365 Data da nota 26.03.2020 08:35:11

Datas-base

Início desejado 26.03.2020 09:40:46 Prioridade Progr.30dias

Concl.desejada 25.04.2020 08:40:46 Parada

Figura 8: Nota de reclamação emitida pela produção.

(Fonte: Autor, 2020).

Ordem Processar Ir para Suplementos Ambiente(U) Sistema Ajuda

Exibir Manutenção de Rota-PM 12032889: cabeçalho central

Ordem PM07 12032889 PISTÃO LM6

PISTÃO LM6
REVISAR PISTÃO LAMINADOR LM6

Stat.sist. ENCE CNPA CAPC DMNV MOME NOLQ EXEC OSEN

DdsCabeç. Operações Componentes Custos Objetos Dados adic. Localiz.

Responsáveis

Gr.planej.	010 / 1030	Man. Mecânica
CenTrabRes	MEC_ESMA / 1030	Centro Trab.Mecâ...

Nota 11801765

Custos 0,00 BRL

TipoAtvMnt 001 Mecânica

CondInst 1 Em serviço

Datas

InícioBase 26.03.2020 Prioridade Progr.30dias

Fim-base 25.04.2020

Objeto de referência

LocInstal.	1068-PREPARACAO D...	SETOR DE PREPARAÇÃO DA SOJA
Equipam.	100000127	LAMINADOR DE SOJA LM6
Conjunto		

Dds.avaría Sintomas dano Datas da nota

InícioAvar 26.03.2020 08:40:54 Parada

Fim avaria 00:00:00 Duraç.parada 0,00 H

1ª operação

Operação	PISTÃO LM6		ChCál	Calcular trabalho
CtrTr/Ctro	MEC_ESMA / 1030	ChvContr	PM01	Tp.ativ. MECESM MAP
Trb.empr.	400 MIN	Número	1	Dur.Oper. 400 MIN Cmp
Nº pessoal	0			

Figura 9: Ordem de manutenção emitida pelo planejador em cima da nota solicitada pela produção.

(Fonte: Autor, 2020).

Após todos esses processos elaborados no sistema interno da empresa, o planejador faz a programação das atividades que o manutentor precisa executar, conforme apresentado nas figuras 10 e 11. Com esse passo teve-se a intenção de realizar a substituição da folha impressa para o formato digital, cujos dados seriam direcionados para os aplicativos móveis dos manutentores, e do quadro *kanban*, o qual seria exibido em um painel digital. Entendeu-se, enfim, que a projeção de ganho de tempo do planejador seria importante para o desenvolvimento de outras atividades, as quais beneficiariam o setor. Além disso, os dados seriam atualizados em tempo real.

SETOR: MANUTENÇÃO UIS							SEMANA 38	DATA: 13/09/20 A 19/09/20					
Nº	LOCAL DE INSTALAÇÃO	TAG	DENOMINAÇÃO	ABC	TIPO	OPE.	ORDEM	DATA	TEXTO OPERAÇÃO	PAR. ROD.	TEMPO	MANTENEDOR	STATUS
22	1068-PREPARAÇÃO DE CASCA	100000298	MOINHO DE CASCA MO	A	PM06	0010	11035888	15/09/20 terça-feira	TROCA MARTELO DO MOINHO DE CASCA	0	200	TIAGO / CLAUDIOMIRO	OK
23	1068-EXPEDICAÇÃO OLEO	100000306	CONJUNTO DE TANQUES DE OLEO VEGETAL	B	PM06	0010	11035889	15/09/20 terça-feira	TROCAR VÁLVULA DO CARREGAMENTO DE OLEO	0	60	TIAGO / CLAUDIOMIRO	OK
49	1068-EXPEDICAÇÃO OLEO	100000308	TANQUE DE ÓLEO Nº02	B	PM07	0010	12040708	15/09/20 terça-feira	/P3 FECHAR TAMPAS DE INSPEÇÃO	0	160	TIAGO / CLAUDIOMIRO	OK
24	1068-PREPARAÇÃO DE CASCA	QTR7700	PELETIZADORA FERRAZ P-200	A	PM07	0010	12041160	16/09/20 quarta-feira	P3 CONFEC/TAMPAS ROLINHOS PELETIZADORA	1	100	TIAGO / CLAUDIOMIRO	OK
25	1068-PREPARAÇÃO DE MASSA	100000125	LAMINADOR DE SOJA LM4	C	PM07	0010	12040611	16/09/20 quarta-feira	P3 TROCAR BUCHAS DOS ALIMENTADORES LM 04	0	100	TIAGO / CLAUDIOMIRO	OK
50	1068-PREPARAÇÃO DE CASCA	100000499	TRANSPORTADOR CORRENTE DESC MOINHO TC7A	C	PM12	0010	5651842	18/09/20 sexta-feira	/REPOR PRESILHAS NA TAMPA A tampa do TC-07A esta faltando as presilhas de fechamento rapido. a mesma esta ficando aberta.	0	150	TIAGO / CLAUDIOMIRO	OK

JUSTIFICATIVAS	
1-FALTA DE MATERIAL - INFORMAR O CÓDIGO	
2-ATENDENDO CORRETIVA - INFORMAR O NÚMERO DA ORDEM	
3-ORDEM SUPERIOR - INFORMAR O NÚMERO DA ORDEM E O NOME DO SUPERIOR	
4-FALTA DE APOIO - TORNO, MONTAGEM, CIVIL	
5-FALHA DE PROGRAMAÇÃO	
NÚMERO DA JUSTIFICATIVA	DESCRIÇÃO

Figura 10: Plano de manutenção elaborado pelo planejador.

(Fonte: Autor, 2020).

MANUTENÇÃO PROGRAMADA (MP) - KANBAN SETOR MANUTENÇÃO UNIDADE DE SOJA							
TÉCNICO	DOMINGO	SEGUNDA-FEIRA	TERÇA-FEIRA	QUARTA-FEIRA	QUINTA-FEIRA	SEXTA-FEIRA	SÁBADO
01							
02		1	3	6 5			7 8
03		23	24				26
05							
06							
07		14	15	16		65	17
08	9	10	12				13
09							
10	27	28	29				30

Figura 11: Sistema *kanban* utilizado pela empresa.

(Fonte: Autor, 2020).

Conforme a ilustrado na figura 12, podemos ver como é realizado atualmente o registro de paradas e descrição das intervenções mecânica, onde os operadores de produção mencionam na coluna “TAG” uma descrição da máquina e consequentemente o tempo inicial e final e o tipo de manutentor, ao longo da coleta de dados e acompanhamento dos processos da empresas percebeu-se que existe uma divergência entre os dados marcados em relação as marcações de tempos dos manutentores.

A transação ilustrada na figura 13 (utilização no setor para marcação de tempo), torna-se algo massante para os manutentores, pois diariamente precisam registrar seus horários. Em razão disso, foi observado que alguns desse registros não tinham exatidão entre o tempo estipulado e o real ou, muitas vezes, nem era corrigido. Assim, almejou-se que com a realização do *upload* dos dados do dispositivo móvel, as informações poderiam ser preenchidas de forma detalhada, especificando cada passo da intervenção do manutentor.

Especificação da parada da planta											
Item	Hora da parada	Hora da largada	Tempo de parada	Vapor	Mec.	Elet.	Oper.	Aut.	Out.	Plan.	Motivo
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
Total			00:00								
Produção esperada (Kg/dia)			1.900.000								

Especificação de Parada de Equipamentos

TAG	Hora da Parada	Hora da largada	Tempo de Parada	Redução Produção para kg/h	Perda de produção kg	Mec.	Elet.	Oper.	Aut.	Plan.	Motivo
Lm-06	11:16	13:00	01:44				X				Regulagem do raspador
Lm-06	13:00	16:40	03:40				X				Regulagem do raspador
Lm-03	16:55	21:20	04:25				X				Troca do raspador
Lm-03	21:20	22:45	01:25								Trocar raspador

Figura 12: Especificação de paradas de equipamentos

(Fonte: Autor, 2020).

A figura acima demonstra que também existe uma diferença nos tempos das execuções dos manutentores, observando a “TAG – LM-06”, houve-se duas notificações com o mesmo motivo, porém a diferença de tempo é de aproximadamente duas horas, no qual, isso representa que o mecânico realizou outra atividade além da descrita, ou como também, o tempo maior pode ser por motivo apenas da intervenção. Com o uso das tecnologias da indústria 4.0 juntamente com o dispositivo móvel, no caso esse dispositivo seria um celular ou tablet, munido de um aplicativo que realizaria a gestão dos dados informados pelos manutentores, como anomalias, tempos de operações e informações gerais e técnicas da máquina, esperava-se que essas informações seria bem detalhadas, apontando os horários reais das atividades, bem como, a descrição do motivo de desvio do mecânico caso precisa-se.

Sistema Ajuda

Controle de Chamados de Manutenção

Controle de Chamados de Manutenção

Empresa: COOP
 Matrícula: 562922 WILLIAN VANZUITA
 Data Início: 09.07.2020 Quinta-feira
 Função: Manut. UIS

Confirmação de Tempo

NºOrdem	Descrição	Operação	Descr.O...	Hr Inic	Hr Fim	Total Min	Desvio	Atividades realizadas
6499838	Plano de lubrificação - EXTRA...	0010	MEC_US02	06:35:00	07:00:00	25,00	Trabal...	✓
12038180	P3 TROCAR BORRACHA PORTAS LM8	0010	MEC_US02	07:01:00	12:00:00	299,00	Trab...	✓
12038179	P3 TROCAR BORRACHA PORTAS LM7	0010	MEC_US02	13:15:00	16:00:00	165,00	Trab...	✓
6499838	Plano de lubrificação - EXTRA...	0010	MEC_US02	16:01:00	16:20:00	19,00	Trab...	✓
				00:00:00	00:00:00	0,00	✓	
				00:00:00	00:00:00	0,00	✓	
				00:00:00	00:00:00	0,00	✓	
				00:00:00	00:00:00	0,00	✓	
				00:00:00	00:00:00	0,00	✓	
				00:00:00	00:00:00	0,00	✓	
				00:00:00	00:00:00	0,00	✓	
				00:00:00	00:00:00	0,00	✓	
				00:00:00	00:00:00	0,00	✓	
				00:00:00	00:00:00	0,00	✓	
				00:00:00	00:00:00	0,00	✓	
				00:00:00	00:00:00	0,00	✓	

Figura 13: Transação utilizada para o manutentor realizar a marcação de tempo das suas atividades.

(Fonte: Autor, 2020).

A descrição e o tempo informados na ilustração acima, foram inseridos como exemplo para o melhor entendimento do leitor, de modo que, ao observar o detalhamento de tempo e desvio, o manutentor precisa informar todos os campos apontados com as setas. Notou-se no acompanhamento da coleta de dados, que várias marcações de tempo, eram apenas mencionadas a uma única atividade somente com o tempo inicial e final correspondente ao período.

4.2.2 Cálculo dos indicadores

O tratamento das falhas foi de modo quantitativo, iniciando a contabilização dos dados apenas a partir do momento que o equipamento apresentou a falha e retornou a sua função. Os dados coletados correspondem a um período de oito meses, tendo seu início junto à elaboração deste projeto, sendo comparados com o mesmo período de dois anos atrás, em que não se aplicavam ainda as tecnologias da indústria 4.0 nem era contabilizado o tempo de deslocamento para buscar peças de reposição. Utilizando as equações apresentadas no subtítulo 3.3, foram mensurados os indicadores de desempenho para o ano de 2020.

4.2.2.1 Indicador – MTBF

Para esse indicador, a atividade considerada foi a substituição da peça de reposição chapa defletora UHMW no período de 2020, com o tempo de TTD = 5808 horas, TP = 3 horas e $np = 3$ paradas.

$$MTBF = \frac{TTD - TP}{np}$$

$$MTBF = \frac{5808 \text{ horas} - 3 \text{ horas}}{3 \text{ horas}}$$

$$MTBF = 1935 \text{ horas}$$

O valor encontrado para $MTBF = 1935 \text{ horas}$, no qual é realizado uma correção desse valor devido a desvio dos manutentores para atendimento de solicitações da produção, exemplos falhas em demais equipamentos que comprometam a continuidade do processo produtivo, utilizando a correção de 15% o novo valor de MTBF é a aproximadamente 1645 horas, e quando convertido, corresponde a, aproximadamente, 68 dias.

4.2.2.2 Indicador – MTTR

Foi possível também calcular o tempo médio de reparo para a mesma atividade utilizada no indicador MTBF.

$$MTTR = \frac{TP}{nf}$$

$$MTTR = \frac{3 \text{ horas}}{3 \text{ paradas}}$$

$$MTTR = 1 \text{ hora}$$

Assim o tempo médio que a equipe de manutenção levou para retornar o equipamento em funcionamento foi de uma hora.

4.2.2.3 Indicador - $\lambda(t)$

Foi possível também calcular a taxa de falhas por unidade de tempo utilizada o valor obtido no indicador MTBF.

$$\lambda(t) = \frac{1}{MTBF}$$

$$\lambda(t) = \frac{1}{1645}$$

$$\lambda(t) = 6,08.10^{-4}$$

Portanto a taxa de falha do equipamento é aproximadamente $\lambda(t) = 6,08.10^{-4}$.

4.2.2.4 Indicador – $R(t)$

A utilização desse indicador pode mensurar a probabilidade de a máquina operar sem apresentar a falha informada no indicador MTBF e considerando o tempo de operação igual ao tempo de 68 dias.

$$R(t) = e^{-\lambda \times t}$$

$$R(68) = e^{-6,08.10^{-4} \times 68}$$

$$R(68) = 95,95\%$$

Portanto a probabilidade de a máquina operar em perfeito estado nos próximos 68 dias é de 95,95%.

4.2.2.5 Indicador – MP

Para esse indicador, usou-se o plano de manutenção para a vibração de rolos laminadores, demonstrando maior incidência. Com a tecnologia, houve ganhos na manutenção preventiva. Nesse sentido, o manutentor realiza, diariamente três intervenções para regulagem, e a cada quinze dias uma complementar para ajuste de raspadores dos rolos. A cada três meses essa quinzenal é substituída por uma intervenção mais completa para a troca dos raspadores.

$$MP = \frac{\text{Tarefas de manutenção preventiva}}{\text{Ações agendadas do plano}} * 100\%$$

$$MP = \frac{600 \text{ agendadas}}{(242 \text{ dias} \times 3) + 16 + 3} * 100\%$$

$$MP = 87,25\%$$

Obteve-se, então, um percentual de 87,25% em relação aos planos de manutenções preventivas, visto que mesmo com o aumento de manutenções preventivas não se alcançou o

índice mínimo, sendo necessário uma nova revisão dos planos de manutenção ou da faixa de índice desse indicador.

4.2.2.6 Indicador – MPd

Com esse indicador foi possível mensurar a realização dos planos de manutenção preditiva para a intervenção da vibração dos rolos laminadores sobre as ações programadas do plano de manutenção preventiva. Para essa atividade, as ações programadas foram a cada quinze dias no que diz respeito à retífica dos cantos dos rolos laminadores e a cada três meses a retífica completa do rolo.

$$MPd = \frac{\textit{Tarefas do plano de manutenção preditiva}}{\textit{Ações programadas do plano}} * 100\%$$

$$MPd = \frac{17}{16 + 3} * 100\%$$

$$MPd = 89,47\%$$

Obteve-se um percentual de 89,47% em relação aos planos de manutenções preditivas, esse aumento significativo foi devido a aplicação na integra de manutenções preditivas e acréscimo de novas ações, conseguindo atingir o intervalo estipulado para esse indicador.

4.2.2.7 Indicador – A

Utilizando os valores obtidos para MTBF e MTTR, calculou-se o valor do indicador de disponibilidade da máquina com a seguinte fórmula:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$A = \frac{1645 \text{ horas}}{1645 \text{ horas} + 1 \text{ hora}} * 100\%$$

$$A = 99,94\%$$

Portanto, o indicador de disponibilidade do equipamento é de 99,94%. Como foi aplicado 15% de correção para o MTBF, nesse indicador é aplicado mais 10% para evitar um alto custo em manutenção, logo o valor do indicador fica $A = 89,95\%$ justificado que quando o índice desse indicador começar a declinar da sua faixa estipulada, será identificado que o equipamento está entrando no término de sua durabilidade. Mais como o declínio é muito pequeno ainda pode ser realizados algumas melhorias e garantir mais alguns período de operação.

4.2.2.8 Indicador – P

A coleta de dados desse indicador foi efetivada juntamente com os operadores de produção. Com o conhecimento deles e com os instrumentos de medição foram avaliadas as peças que estavam em condições boas e ruins. Para esse indicador usou-se apenas um dia de operação, tendo como capacidade tonelada teórica total do equipamento de 330 ton/dia, ressaltando que, de acordo com informações repassadas no dia da coleta, ele operava com 300 ton/dia. Os dados coletados são de amostras em diferentes períodos e turnos da planta. A mensuração desse dado não é precisa, pois, a variação do produto é em grande escala e também depende do tamanho do grão, entretanto se tentou chegar o mais próximo possível com um total de dez amostras.

$$P = \frac{(Quantidades Boas + Quantidades Ruins)}{Quantidade Teórica Total} * 100\%$$

$$P = \frac{(285 \text{ ton/dia} + 2,5 \text{ ton/dia})}{300 \text{ ton/dia}} * 100\%$$

$$P = 95,83\%$$

Portanto, o indicador de performance do equipamento é de 95,83%, neste caso não existe um parâmetro para esse indicador devido a diversidade da qualidade do grão, como justificativa para alcançar um aumento desse indicador foi devido as realizações de manutenções preventivas dos rolos laminadores, visto que essas ações só eram realizadas quando solicitados pela equipe de produção.

4.2.2.9 Indicador – Q

Utilizando as informações do indicador de performance pode-se obter, também, o indicador de qualidade do equipamento:

$$Q = \frac{\text{Quantidades Boas}}{\text{Quantidade Total Produzida}} * 100\%$$

$$Q = \frac{285 \text{ ton/dia}}{300 \text{ ton/dia}} * 100\%$$

$$Q = 95,00\%$$

Logo, o indicador de qualidade do equipamento é de 95,00%.%, neste caso não existe um parâmetro para esse indicador devido a diversidade da qualidade do grão, como justificativa para alcançar um aumento desse indicador foi devido as realizações de manutenções preventivas dos rolos laminadores, visto que essas ações só eram realizadas quando solicitados pela equipe de produção.

4.2.2.10 Indicador – OEE

A utilização do indicador OEE, foi para mensurar a eficiência geral do equipamento, a partir da equação abaixo:

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade$$

$$OEE = 89,95\% \times 95,83\% \times 95,00\%$$

$$OEE = 81,88\%$$

Em vista disso, o indicador de eficácia geral do equipamento é de 81,88%. Como os indicadores de disponibilidade e performance não se tem parâmetros, e verificado no sistema interno da empresa, o OEE não possui um parâmetro, sugeriu-se a avaliação de elaboração de um faixa de índice entre 80% a 90% para os indicadores de disponibilidade, performance e OEE, o intervalo é plausível devido a diversidade da qualidade do grão de soja.

4.2.2.11 Indicador – TEEP

A efetividade global do processo em relação à sua capacidade de produção foi o objeto de análise deste indicador. Por meio dele, averiguou-se que o equipamento produziu 300 ton/dia num período de 30 dias, considerando as 24 horas diárias divididas, em três turnos e entres dois colaboradores alternados, posto que o equipamento roda constantemente – ele para somente quando há falhas mecânicas ou no processo de produção.

$$PMP = \text{Dias de produção} \times \text{Horas de produção} \times \text{Quantidade}$$

$$TEEP = 30 \text{ dias} \times 24 \text{ horas} \times 300 \text{ ton/dia}$$

$$PMP = 216.000 \text{ toneladas}$$

Considerando as amostras boas do indicador de performance para quantidades boas vezes o período em questão e o fato de que, o equipamento necessitou receber as intervenções conforme os planos de manutenção, um novo cálculo foi feito para a correção do valor de quantidades boas, conforme o quadro 10 apresenta:

Quadro 10: Correção de quantidades boas do equipamento.

FATORES	VALORES	RESULTADOS
Tempo programado para produzir no mês.	30 dias x 24 horas.	720 horas.
Intervenções programadas no período.	90 intervenções x 0,5 hora.	90 horas.
Falhas de operação durante o processo no período.	20 falhas x 0,5 horas.	10 horas.
Falhas externas.	4 falhas x 4 horas.	16 horas.
Correção do PMP.	720 horas – 116 horas.	604 horas.
Capacidade de produção corrigida.	604 horas x 300 ton/dia.	181.200 ton.
Produção boa.	181.200 ton. – 9.000 ton.	172.200 ton.

(Fonte: Autor, 2020).

Assim sendo, o valor do TEEP é:

$$TEEP = \frac{100\% \times \text{Quantidades boas por período}}{PMP}$$

$$TEEP = \frac{100\% \times 172.200 \text{ ton}}{216.000 \text{ ton}}$$

$$TEEP = 79,72\%$$

Verificou-se um aumento significativo nos indicadores de desempenho em vista dos anos passados, nos quais havia valores baixos, o que comprova que informações claras e mais precisas ajudaram tanto o manutentor quanto ao planejador ao informarem seus tempos corretos. Isso colaborou para evitar desperdícios de tempos em busca de peças de reposição, como bem esclarece próximo:

Quadro 11: Dados dos indicadores de desempenho.

KPI	ANO – 2018	ANO – 2019	ANO – 2020
MTBF	910,01 horas	1584,12 horas	1645 horas
MTTR	1,66 horas	1,33 horas	1 hora
$\lambda(t)$	$6,08. 10^{-4}$	$6,31. 10^{-4}$	$6,08. 10^{-4}$
$R(t)$	92,79%	95,79%	95,95%
MP	78,06%	79,23%	87,25%
MPd	63,64%	76,19%	89,47%
A	89,84%	89,92%	89,95%
P	92,64%	93,96%	95,83%
Q	91,67%	93,00%	95,00%
OEE	76,29%	78,58%	81,88%
TEEP	76,56%	78,64%	79,72%

(Fonte: Autor, 2020).

Como justificativa dos indicadores referentes ao ano de 2020, apresentarem acréscimo é devido as seguintes colocações:

- Planos de manutenção defasados e não objetivos para sanar problemas crônicos que a máquina apresentava, no qual a tratativa foi em revisão dos planos e identificação de ações mais assertivas, afim de garantir mais disponibilidade e confiabilidade da máquina;
- Manutenções gerais realizadas somente em paradas anuais, foi realizado paradas semestrais dentre o prazo de um ano, no qual a primeira seria apenas revisão superficial e inspeção detalhada das peças e componentes, identificado a condição para se ter um baseamento do tempo de vida útil das mesmas. Já na segunda as manutenções tiveram foco e objetivos definidos na primeira;
- Identificou-se que os manutentores realizavam apenas perfumarias na máquina, diante disso foi alinhado entre inspetor, planejador e manutentor para readequar a cultura organizacional referente a intervenção da máquina.

4.3 APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA INDÚSTRIA 4.0

A aplicação das tecnologias da indústria 4.0 nos processos garantiu a tratativa dos dados de forma mais rápida e ágil, o que possibilitou ao manutentor e ao planejador tomadas de decisão mais precisas e eficazes no que tange à falha do equipamento. A ideologia de implantação das tecnologias da indústria 4.0 se pautou na busca por solução para as dificuldades recorrentes do setor no quesito tempo de manutenção. Verificou-se, então, que essas informações registradas pela produção não condiziam com as do manutentor, porque os operadores registravam o horário em que era solicitada a parada do equipamento para realizar a atividade planejada, não sendo, portanto, verídico para produção e manutenção.

Com a conclusão do serviço, o manutentor requeria ao operador que recolocasse o equipamento em funcionamento e ficava alguns minutos acompanhando/verificando se sanou a falha. Nesse instante, o operador anotava o horário de retorno do bem, já o manutentor, ao sair do local por conta de outras atividades propostas, não realizava o registro deixando-a para o final do dia ou para o dia seguinte, resultando em prejuízos aos indicadores de desempenho relacionados ao tempo. Vista essa lacuna e outras dificuldades encontradas no setor, a prospecção da utilização das tecnologias Internet das Coisas, Computação na Nuvem e *Big Data and Analytics* da indústria 4.0 para as necessidades do setor é grandiosa.

Com o *Big Data and Analytics* se pôde fazer o tratamento dos dados e a análise desse tempo. Constatou-se que realmente as informações prestadas manualmente por ambos os setores estavam incorretas. Logo, sugeriu-se a implantação de “TAG” no equipamento, tendo em vista que, ao conter um código na máquina, onde no ato da intervenção do manutentor seria feita a sua leitura, tendo acesso a todas as informações, ficando registrado o início da operação. Ao longo do desenvolvimento da atividade, pode-se ter controle, por meio desse código, do tempo gasto com detalhamento como, por exemplo, o momento que se buscou peças de reposição no almoxarifado. Nota-se, também, a economia de tempo, pois era necessário que alguém fosse até o computador da manutenção para localizar a peça, muitas vezes era mais fácil ir direto ao almoxarifado e procura-la visualmente.

Com a Internet das Coisas no próprio dispositivo móvel, o manutentor selecionava a peça de reposição e verificava a sua disponibilidade de estoque. Feito isso, bastava imprimir a ordem, evitando vários procedimentos, bem como facilitando a realização da atividade pelo manutentor com o uso da Computação em Nuvem.

Para o planejador, os ganhos também foram considerados: ao final do dia, os manutentores realizariam o *upload* dessas informações, tanto de registros de atividades cumpridas quanto das não cumpridas e o tempo gasto. Desse modo, a atualização do *status* das ordens planejadas se transmitiria em tempo real e mais preciso.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve a intenção de reunir informações quantitativas a partir de ordens de serviços previamente planejadas pelo setor PCM da empresa. De igual modo, buscou-se o conhecimento de todos os processos de manutenção pertinentes ao equipamento para o qual se almejou buscar melhorias nos processos, uma vez que o tempo de manutenção poderia ter falhas por conta de suas informações serem contabilizadas de modo superdimensionado. Em outras palavras, os planejadores aplicam horas estipuladas com base no conhecimento do dia a dia e, logo após o serviço realizado, os manutentores ajustam esses horários para o mais próximo possível do tempo gasto para efetivar a atividade, gerando tempos não precisos com o que realmente foi prestado.

A mensuração desse tempo que os manutentores colocam em suas ordens é em formato geral, desconsiderando algumas etapas do processo. Diante disso, foi proposto analisar os tempos envolvidos em cada etapa e, juntamente com esses dados, os conceitos e tecnologias da indústria 4.0 voltados para a otimização dos processos e qualificação dos profissionais, objetivando aprimorar as manutenções corretivas, preventivas e preditivas do laminador de grãos.

O objetivo foi a implantação de um aplicativo integrado com o sistema interno da empresa. Como isso não foi possível, realizou-se apenas as projeções com o uso da plataforma digital MS Excel®, delineando os benefícios que as tecnologias habilitadoras podem trazer ao setor de manutenção. É um aspecto relevante de ser levantado porque o bom tratamento de dados e informações possibilita que novos colaboradores não percam tempo na localização de peças de reposição, uma vez que o equipamento parado, além de prejudicar o processo, traz prejuízos para a empresa. Portanto, conclui-se que o setor tinha problemas e dificuldades na sua gestão, posto que muitas atividades eram desenvolvidas manualmente, sem a otimização visando à produtividade.

No entanto foi verificado que nos últimos anos, a gestão e mensuração dos indicadores de desempenho era realizada de forma superdimensionada e com desvio não considerados em marcações de tempo dos manutentores. Visto também que eram realizadas muitas intervenções mecânicas não planejadas devido a falha de planejamento nos planos de manutenção. Como pode-se observar com a realização mais constante de manutenção preventiva e preditiva garantiu-se maior confiabilidade e manutenabilidade da máquina, via comprovação do

acrécimo dos indicadores de desempenho em vista dos últimos anos, esperava-se com a utilização das tecnologias da indústria 4.0 juntamente com o dispositivo móvel, um engrandecimento dos valores referente ao ano de 2020, pois a sua aplicação poderia revelar dados e informações mais concretas.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalho futuros, novas pesquisas ou trabalhos acadêmicos, foram levantadas três possibilidades, envolvendo diversas áreas da engenharia e correlacionando com outros cursos, que são:

- Com o auxílio da engenharia de controle e automação, desenvolver o aplicativo que leia código QR e utilizar as tecnologias da indústria 4.0 para computar de forma automática os tempos e confirmações de ordens;
- As tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 serem almejadas pelo setor, possibilitando a sua aplicação como, por exemplo, a realidade virtual e aumentada;
- As tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 serem utilizadas em outros equipamentos da indústria de extração de soja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462 - Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

ASHTON, Kevin. **Internet das Coisas, nova revolução da conectividade**. *Inovação em Pauta*, Porto Alegre, n. 18, p. 6-9, dez. 2014. Disponível em <<http://finep.gov.br/noticias/todas-noticias/4446-kevin-ashton-entrevista-exclusiva-com-o-criador-do-termo-internet-das-coisas.html>>. Acesso em: 01 de out. 2020.

ASHTON, Kevin. **That ‘Internet of Things’ thing**. *Publicano no RFID Journal*, 2009. Disponível em <<http://www.rfidjournal.com/article/view/4986>>. Acesso em: 12 set. 2020.

BANAFIA, Ahmed. **Internet of things (IoT): more than smart “things”**. Disponível em <<https://datafloq.com/read/internet-of-things-more-than-smart-things/1060>>. Acesso em: 03 out. 2020.

BELLEMO, M. **Third Industrial Revolution: From Bits Back to Atoms**. 2015. Disponível em <<http://www.crazyimba.club/the-third-industrial-revolution/>>. Acesso em: 08 set. 2020.

BORLIDO, D. J. A., **Indústria 4.0 – Aplicação a Sistemas de Manutenção**. 2017. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) – Departamento em Gestão da Produção, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Portugal. Disponível em <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/102740/2/181981.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2020.

COPACOL. **Nossa História**. Disponível em <<https://www.copacol.com.br/copacol/historia>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **OPORTUNIDADES PARA A INDÚSTRIA 4.0: Aspectos da Demanda e Oferta no Brasil**. Brasília: CNI, 2018. Disponível em <<https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2018/2/oportunidades-para-industria-40-aspectos-da-demanda-e-oferta-no-brasil/>>. Acesso em: 16 mai. 2020.

COELHO, P. M. N., **Rumo à Indústria 4.0**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e gestão Industrial) – Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Coimbra, Portugal. 2016. Disponível em <<https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/36992>> Acesso em 17 mai. 2019.

DHILLON, B.S., **Mining Equipment Reliability, Maintainability, and Safety**. London: Springer-Verlag, 2008.

DKE - Deutsche Kommission Elektrotechni. **German Standardization RoadmapIndustrie 4.0**. Berlin, 2020. Disponível em <<https://www.dke.de/resource/blob/1741562/31b06bb4ef2d64fe58c0a1525ed73d23/german-standardization-roadmap-industry-4-0-version-4-data.pdf>> Acesso em: 02 set. 2020.

DIEZ, J. **Gestão por Processo**. gestaoporprocessos.com.br, 2015. Disponível em <<http://www.gestaoporprocessos.com.br/a-moda-do-big-data/>>. Acesso em: 19 set. 2020.

FIEB - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DA BAHIA. **Realidade Aumentada**.2016. Disponível em <http://portais.fieb.org.br/portal_ead/inovacao-tecnologica/realidade-aumentada.html>. Acesso em: 01 set. 2020.

FILHO, G. B., **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

FILHO, G. B., **Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 1996.

FIRJAN - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Indústria 4.0 no Brasil: oportunidades, perspectivas e desafios**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em <<https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0-no-brasil-oportunidades-perspectivas-e-desafios.htm>> Acesso em: 16 mai. 2020.

FRANK, A. G.; DALENOGARE, L. S.; AYALA, N. F. **Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies**. International Journal of Production Economics. V. 210, 2019, p.15-26. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527319300040>>. Acesso em 20 abr. 2020.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. São Paulo: Campus - Elsevier, 2009.

GRANVILLE, V., **A Comprehensive List of Big Data Statistics**, 2014. Disponível em <<https://www.bigdatanews.datasciencecentral.com/profiles/blogs/a-comprehensive-list-of-big-data-statistics>>. Acesso em: 03 set. 2020

HERMANN, MARIO; PENTEK, TOBIAS; OTTO, BORIS. **Design principles for Industrie 4.0 Scenarios: a literature review**. Working Paper n.01/2015, Technische Universität Dortmund, 2015. Disponível em <http://www.iim.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf>. Acesso em 25 mai. 2020.

HORVÁTH, D.; SZABÓ, R. Z. **Driving forces and barriers of industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities?** v.146, 2019, p.119-132. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162518315737>>. Acesso em: 01 mai. 2020.

GIAGI. **Gestão da Manutenção e Disponibilidade dos Equipamentos**. 1 ed. Portugal, 2007.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Editoras Atlas. 2010.

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

KARDEC, A. **Manutenção preditiva: fator de sucesso na gestão empresarial**. 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. **The internet of things: mapping the value beyond the hype**. Nova Iorque, 2015. Disponível em <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and%20Telecommunications/High%20Tech/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking_the_potential_of_the_Internet_of_Things_Executive_summary.ashx>. Acesso em: 16 mai. 2019.

MOUBRAY, John. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. São Paulo: Aladon Ltda, 2000.

NEPOMUCENO, L. X. **Técnicas de manutenção preditiva**. 1 ed. São Paulo: Blucher, 2014.

NIST – National Institute of Standards and Technology. **Big Data Interoperability Framework: Volume 1, Definitions**. V. 1, 2015, p. 32.

NIST – National Institute of Standards and Technology. **The NIST Definition of Cloud Computing**. Disponível em <<https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final>>. Acesso em 19 mai. 2020.

NIU, G.; YANG, B.; PECHT, M. **Development of an optimized condition-based maintenance system by data fusion and reliability-centered maintenance**. V. 95, n. 7, 2010, p.786-796.

RIBEIRO, H. **Desmistificando o TPM**. 1ª ed., São Caetano do Sul - p Editora, 2010.

RÜBMANN, M. et al. **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. 2015. Disponível em

<http://www.inovasyon.org/pdf/bcg.perspectives_Industry.4.0_2015.pdf>. Acesso em 08 mai. 2020.

SAS. **Internet of Things (IoT) What it is and why it matters**. 2013. Disponível em: <https://www.sas.com/pt_br/insights/big-data/internet-das-coisas.html> Acesso em: 12 set. 2020.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SIEMES. **Siemens turns the Industrie 4.0 vision into reality with its Digital Enterprise portfolio**. 2018. Disponível em < <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-turns-industrie-40-vision-reality-its-digital-enterprise-portfolio>>. Acesso em: 01 set. 2020.

SILVA NETO, J. C. LIMA, A. M. G. **Implantação do controle da manutenção**. Brasil. 2002. Disponível em <<http://www.mantenimentomundial.com/notas/11controle.pdf>>. Acesso em 05 mai. 2020.

SOUZA, P. H. M. de; JUNIOR, S. J. C.; NETO, G. G. D. **Indústria 4.0: Contribuições para setor produtivo moderno**. Joinville: Enegep, 2017. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WIC_238_384_34537.pdf>. Acesso em: 20 mai 2020.

TECNAL. **Nossa História**. Disponível em <<http://www.tecnal.ind.br/nossa-historia>>. Acesso em: 16 de abr. 2020.

FILHO, G. V. **Gestão da Qualidade Total: uma abordagem prática**. 3 ed. Campinas: Alinea. 2010.

VITALLI, R. **Indústria 4.0**. 2018. Disponível em <<https://www.industria40.ind.br/artigo/16751-os-10-pilares-de-industria-40>>. Acesso em: 19 set. 2020.

WILMETH, G. W., USREY, M. W. Reliability centered maintenance: **a case study**, **Engineering Management Journal**. V. 12, n. 4, p. 25-31, 2000. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/270218365_Reliability-Centered_Maintenance_A_Case_Study/link/54ade1790cf24aca1c6f6f18/download>. Acesso em: 12 mai. 2019.

ZARTE, Maximilian; et al. **Building an industry 4.0-compliant lab environment to demonstrate connectivity between shop floor and IT levels of an enterprise**. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY, Florence, 2016. Pg. 6590-6595.

ZIO, Enrico; VAURIO, JussiK. **Maintenance modelling and applications**. Reliability Engineering and System Safety, 94, 2009. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0951832008001518>>. Acesso em: 16 mai. 2019.

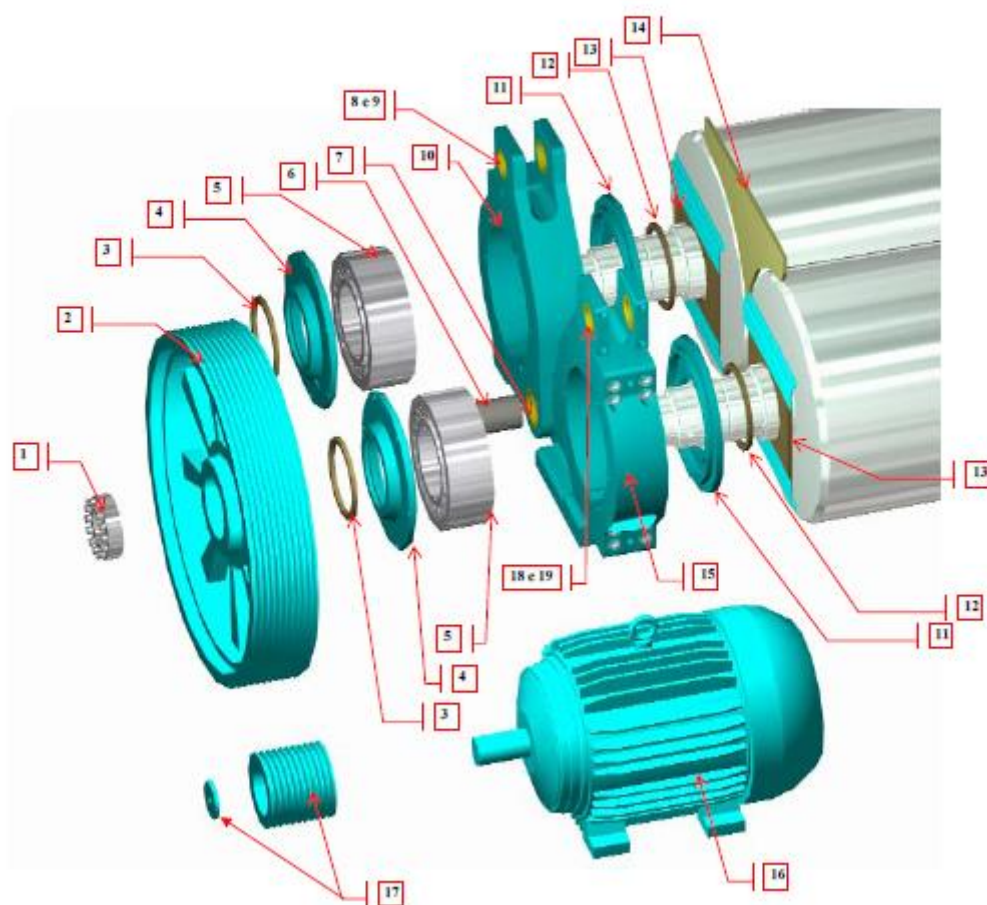
ANEXO A – PEÇAS DE REPOSIÇÃO DOS MANCAIS LADO ACIONAMENTO DO LAMINADOR TRH-700



- Extração de Óleos Vegetais
- Armazenagem de Grãos
- Rações para Animais

31

PEÇAS DE REPOSIÇÃO DOS MANCAIS LADO ACIONAMENTO



ANEXO B – LISTA DAS PEÇAS DE REPOSIÇÃO DOS MANCAIS LADO ACIONAMENTO DO LAMINADOR TRH-700



- Extração de Óleos Vegetais
- Armazenagem de Grãos
- Rações para Animais

32

LISTA DAS PEÇAS DE REPOSIÇÃO DOS MANCAIS - LADO ACIONAMENTO

POS	DESCRIÇÃO	QT	REFERÊNCIA	2 ANOS	5 ANOS
1	Anel Imetex – RFN 7012 – Ø140 X Ø190	1	COMERCIAL	-	-
2	Polia Ø 990mm - 10 Canais 5V	1	M11-595.368	-	-
3	Feltro quadrado de 1/2"	2	COMERCIAL	X	-
4	Tampa frontal do mancal	2	M11-595.007	-	-
5	Rolamento 22336 CC/W33	2	COMERCIAL	-	-
6	Pino dos mancais	1	M11-595.016	-	X
7	Bucha do pino do mancal	1	M11-595.003	-	X
8	Pino móvel do pistão hidráulico	1	M11-595.017	-	X
9	Bucha do pino do pistão hidráulico.	1	M11-595.004	-	X
10	Mancal móvel (articulado)	1	M11-595.004	-	-
11	Tampa traseiro do mancal	2	M11-595.008	-	-
12	Feltro quadrado de 1/2"	2	COMERCIAL	X	-
13	Feltro quadrado de 1/2"	2	COMERCIAL	X	-
14	Chapa defletora (UHMW)	1	M11-595.302	X	-
15	Mancal fixo	1	M11-595.003	-	-
16	Motor WEG 150 cv 1185 rpm -60Hz — P.Pó - 380/660V Carcaça 315 SM B3D Alto Rendimento	1	COMERCIAL	-	-
17	Polia Motriz Ø 215	1	M11-595.371	-	-
18	Pino Fixo (Pistão Hidráulico)	1	M11-595.018 A	-	X
19	Bucha do pino fixo do pistão hidráulico	1	M11-595.003	-	X
	Transmissão principal Correia Power Band Super HC 5 x 5 V 2000	2	COMERCIAL	X	-

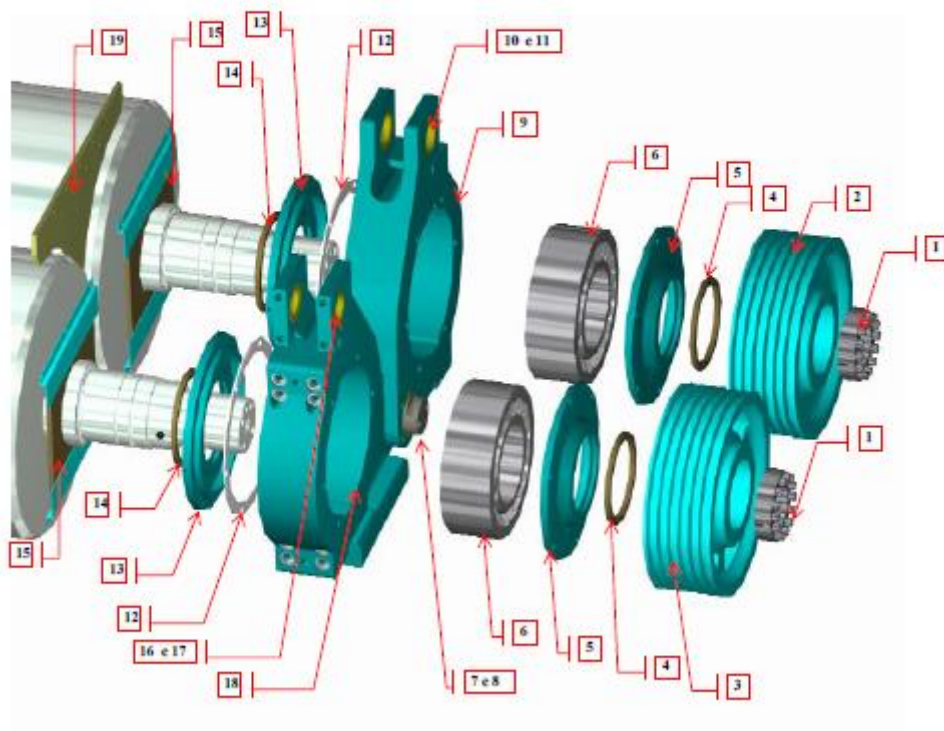
ANEXO C – PEÇAS DE REPOSIÇÃO DOS MANCAIS LADO ESTICADOR DO LAMINADOR TRH-700



- Extração de Óleos Vegetais
- Armazenagem de Grãos
- Rações para Animais

33

PEÇAS DE REPOSIÇÃO DOS MANCAIS - LADO ESTICADOR



ANEXO D – LISTA DAS PEÇAS DE REPOSIÇÃO DOS MANCAIS LADO ESTICADOR DO LAMINADOR TRH-700



- Extração de Óleos Vegetais
- Armazenagem de Grãos
- Rações para Animais

34

LISTA DAS PEÇAS DE REPOSIÇÃO DOS MANCAIS - LADO ESTICADOR

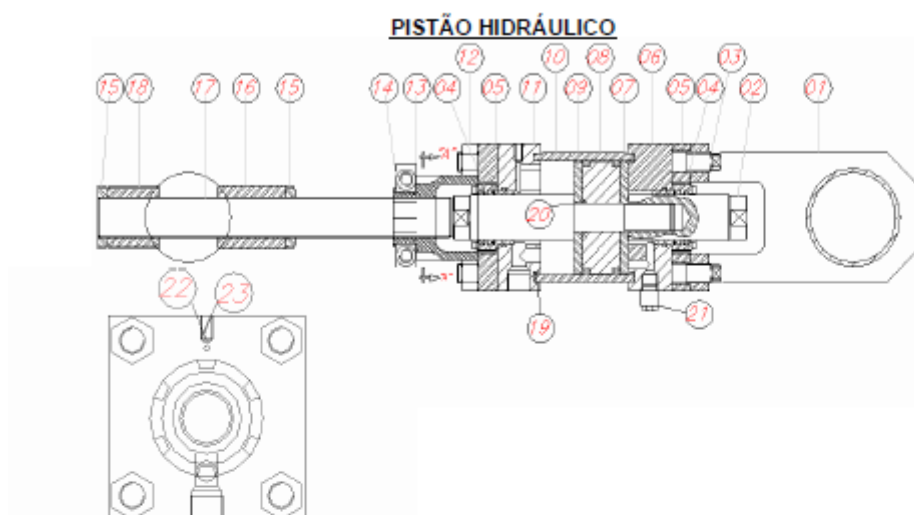
POS	DESCRIÇÃO	QT	REFERÊNCIA	2 ANOS	5 ANOS
1	Anel Imetex – RFN 7012 – Ø140 X Ø190	2	COMERCIAL	-	-
2	Polia Ø 497mm - 8 Canais "C"	1	M11-595.369	-	-
3	Polia Ø 513mm - 8 Canais "C"	1	M11-595.372	-	-
4	Feltro quadrado 1/2"	2	COMERCIAL	X	-
5	Tampa frontal do mancal	2	M11-595.007	-	-
6	Rolamento 22336 CC/W33	2	COMERCIAL	-	-
7	Pino dos mancais	1	M11-595.016	-	X
8	Bucha do pino do mancal	1	M11-595.003	-	X
9	Mancal móvel (articulado)	1	M11-595.004	-	-
10	Pino móvel do pistão hidráulico	1	M11-595.017	-	X
11	Bucha do pino do pistão hidráulico.	1	M11-595.004	-	X
12	Anel trava do mancal	2	M11-595.009	-	-
13	Tampa traseiro do mancal	2	M11-595.008	-	-
14	Feltro quadrado 1/2"	2	COMERCIAL	X	-
15	Feltro quadrado 1/2"	2	COMERCIAL	X	-
16	Pino Fixo (Pistão Hidráulico)	1	M11-595.018 A	-	X
17	Bucha do pino fixo do pistão hidráulico	1	M11-595.003	-	X
18	Mancal fixo	1	M11-595.003	-	-
19	Chapa defletora (UHMW)	1	M11-595.301	-	X
	Transmissão entre rolos. Correias Hexagonal CC 175 (Dupla)	8	COMERCIAL	X	-

ANEXO E – LISTA DAS PEÇAS DE REPOSIÇÃO DO PISTÃO HIDRÁULICO DO LAMINADOR TRH-700



- Extração de Óleos Vegetais
- Armazenagem de Grãos
- Rações para Animais

35



ITEM	DESCRIÇÃO	QT	REFERÊNCIA	2 ANOS	5 ANOS
1	SUPORE TRASEIRO	1	M11-595-267	-	-
2	HASTE TRASEIRA	1	M11-595-268	-	-
3	VARAO FIXAÇÃO PISTAO	4	M11-595-269	-	-
4	BUCHA DE BRONZE P/ VEDAÇÃO	2	M11-595-270	-	X
5	FLANGE FIXAÇÃO DO CABEÇOTE	2	M11-595-271	-	-
6	CABEÇOTE TRASEIRO	1	M11-595-272	-	-
7	ANEL DE ENCOSTO TRASEIRO	1	M11-595-273	-	-
8	EMBOLO	1	M11-595-274	-	-
9	ANEL ENCOSTO DIANTEIRO	1	M11-595-275	-	-
10	TUBO BRUNIDO	1	M11-595-276	-	-
11	CABEÇOTE DIANTEIRO	1	M11-595-277	-	-
12	PORCA SEX. W 7/8"	4	COMERCIAL	-	-
13	BUCHA TOPADORA	1	M11-595-278	-	-
14	ANEL DE APERTO	1	M11-595-279	-	-
15	PORCA DE AJUSTE	2	M11-595-280	-	-
16	BUCHA ESPAÇADORA	1	M11-595-281	-	-
17	HASTE DIANTEIRA	1	M11-595-282	-	-
18	BUCHA DE AJUSTE	1	M11-595-283	-	-
19	O-RING N° 2-248 Ø120,24 INT. W= 3.5mm		COMERCIAL	X	
20	O-RING N° 6-595 Ø31,7 INT. W= 3.5 mm		COMERCIAL	X	
21	SILENCIADOR DE RUÍDO COD. 3380-SLB 3/8" BSP		COMERCIAL	-	-
22	ESFERA AÇO Ø6mm		COMERCIAL	-	-
23	SANGRADOR W 3/8"x 5/8"		COMERCIAL	-	-
	Kit vedação da camisa -Parker -PK502HLL01	1	COMERCIAL	X	-
	Kit vedação da haste Parker- RK2HLTS201	1	COMERCIAL	X	-

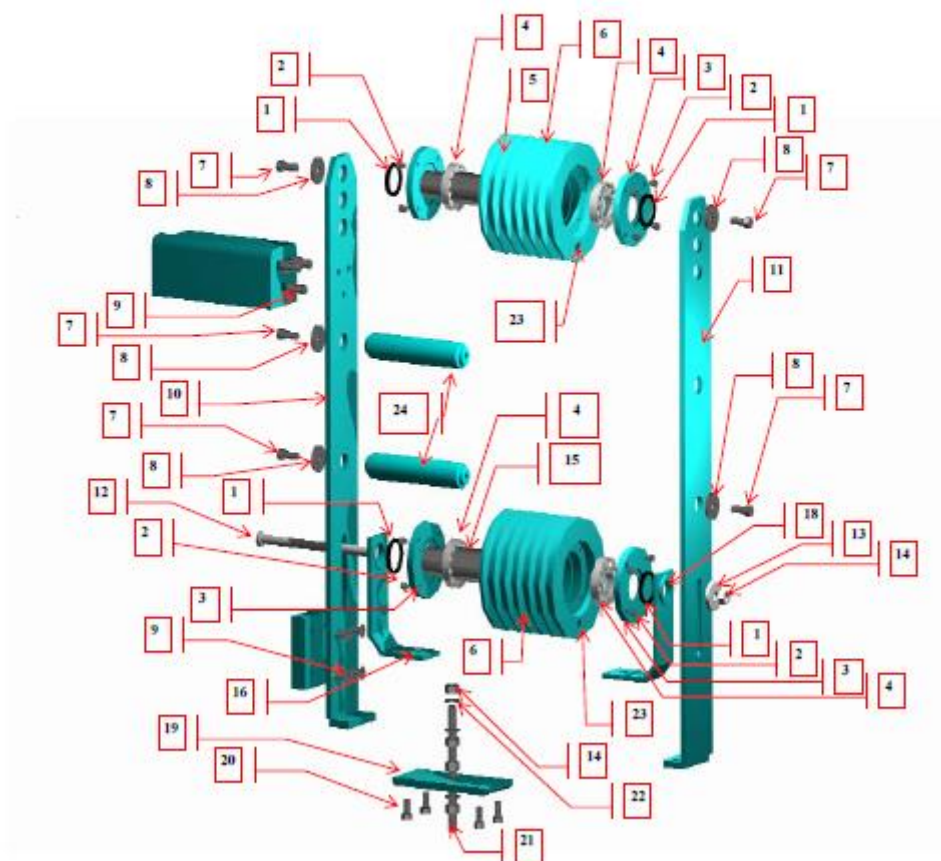
ANEXO F – PEÇAS DE REPOSIÇÃO DO ESTICADOR DO LAMINADOR TRH-700



- Extração de Óleos Vegetais
- Armazenagem de Grãos
- Rações para Animais

36

PEÇAS DE REPOSIÇÃO DO ESTICADOR



ANEXO G – LISTA DAS PEÇAS DE REPOSIÇÃO DO ESTICADOR DO LAMINADOR TRH-700



- Extração de Óleos Vegetais
- Armazenagem de Grãos
- Rações para Animais

37

LISTA DAS PEÇAS DE REPOSIÇÃO DO ESTICADOR

POS	DESCRIÇÃO	QT	REFERÊNCIA	2 ANOS	5 ANOS
01	Retentor Sabó BRI – 00272	04	Comercial	X	-
02	Parafuso Allen /w 5/16 x 7/8"	16	Comercial	-	-
03	Tampa da Polia	04	M11-595.045	-	-
04	Rolamento Nº 6209	04	Comercial	-	X
05	Eixo Polia Superior	01	M11-595.046	-	-
06	Polias 8 canais "C"	02	M11-595.370	-	-
07	Parafuso Sextavado Galvanizado W1/2" x 1"	03	Comercial	-	-
08	Arruela	05	M11-595.051	-	-
09	Parafuso Allen W 3/8" x 1.1/4"	08	Comercial	-	-
10	Apoio Traseiro	01	M11-595.037	-	-
11	Apoio Dianteiro	01	M11-595.038	-	-
12	Parafuso Fixação do Sistema Esticador	01	M11-595.041	-	-
13	Arruela	01	M11-595.044	-	-
14	Porca Sextavada Galvanizada W 5/8"	10	Comercial	-	-
15	Eixo Polia Inferior	01	M11-595.047	-	-
16	Garfo Externo	01	M11-595.043	-	-
17	- o -	- o -	- o -	-	-
18	Garfo Interno	01	M11-595.042	-	-
19	Chapa de Reforço	01	M11-595.048	-	-
20	Parafuso Sextavado Galvanizado W 1/2" x 1"	04	Comercial	-	-
21	Parafuso Esticador w 5/8"	01	M11-595.049	-	-
22	Arruela Lisa Ø 5/8"	04	Comercial	-	-
23	Alímit 1/8 BSP	02	Comercial	X	-
24	Eixo Suporte do Sistema Esticador	02	M11-595.050	-	-

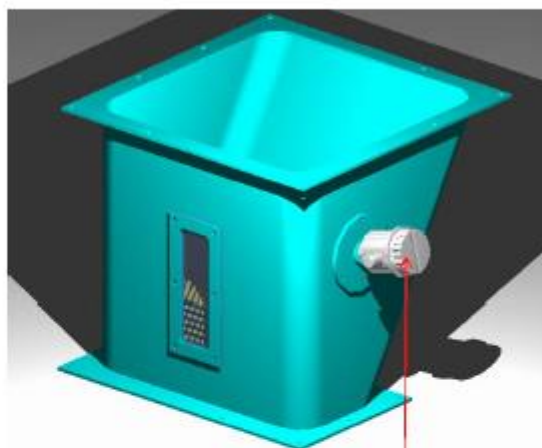
ANEXO H – PEÇAS DE REPOSIÇÃO DA MÓEGA DE ALIMENTAÇÃO E ACIONAMENTO PNEUMÁTICO DO LAMINADOR TRH-700



- Extração de Óleos Vegetais
- Armazenagem de Grãos
- Rações para Animais

40

MOÉGA DE ALIMENTAÇÃO E ACIONAMENTO PNEUMÁTICO

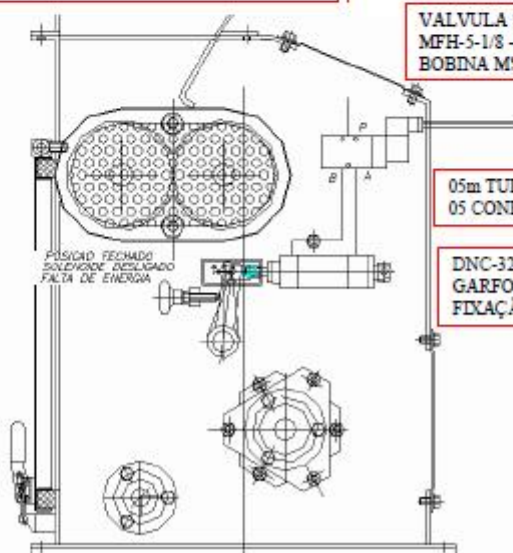


Dispositivo de Limitação de Nível
Sensor Capacitivo FTC - 260 - AA2B1 - 24V

VALVULA SIMPLES SOLENOIDE
MFH-5-1/8 - FESTO
BOBINA MSFW-220- 50/60 - FESTO

05m TUBO PUN-4x0,75-BL AZUL
05 CONEXÕES QS-1/8-4

DNC-32x25-PPV FESTO
GARFO SG-M10x1,25
FIXAÇÃO SNCL - 32



POSICÃO FECHADA
SOLENOIDE DESLIGADO
FALTA DE ENERGIA