



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE GESTÃO DA QUALIDADE PARA A
REDUÇÃO DE PARADAS E QUEBRAS PREMATURAS DE EQUIPAMENTOS
UTILIZADOS PARA FABRICAÇÃO DE CORREIAS TRANSPORTADORAS.**

FLÁVIO DA SILVA DIAS JÚNIOR

**Tucuruí – PA
2022**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE GESTÃO DA QUALIDADE PARA A
REDUÇÃO DE PARADAS E QUEBRAS PREMATURAS DE EQUIPAMENTOS
UTILIZADOS PARA FABRICAÇÃO DE CORREIAS TRANSPORTADORAS.**

FLÁVIO DA SILVA DIAS JÚNIOR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia Mecânica do Campus de
Tucuruí, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

**Orientador:
Prof. Me. Maciel da Costa Furtado**

**Tucuruí – PA
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

J95a Júnior, Flávio da Silva Dias.
APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE GESTÃO DA
QUALIDADE PARA A REDUÇÃO DE PARADAS E QUEBRAS
PREMATURAS DE EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA
FABRICAÇÃO DE CORREIAS TRANSPORTADORAS. / Flávio
da Silva Dias Júnior. — 2022.
49 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Me. Maciel da Costa Furtado
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de
Engenharia Mecânica, Tucuruí, 2022.

1. Ferramentas da qualidade. 2. Manutenção. 3. Correias
transportadoras. I. Título.

CDD 620.0046



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE GESTÃO DA QUALIDADE PARA A REDUÇÃO
DE PARADAS E QUEBRAS PREMATURAS DE EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA
FABRICAÇÃO DE CORREIAS TRANSPORTADORAS**

FLÁVIO DA SILVA DIAS JÚNIOR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia Mecânica do Campus de
Tucuruí, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

BANCA EXAMINADORA

(Assinado digitalmente em 11/07/2022 10:38)

MACIEL DA COSTA FURTADO

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

CTUCU (11.16)

Matricula: ###033#8

Orientador

(Assinado digitalmente em 11/07/2022 12:07)

WALBER ALEXANDRE DO

NASCIMENTO

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

CTUCU (11.16)

Matricula: ###063#5

Membro Interno

(Assinado digitalmente em 11/07/2022 13:44)

WASSIM RAJA EL BANNA

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

NDAE (11.16.16)

Matricula: ###858#5

Membro Interno

**Conceito: Excelente
Tucuruí, 07 julho de 2022**

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente por me proporcionar o dom da vida e saúde, e por me dar forças para conseguir atingir meus objetivos.

Ao meu pai Flávio da Silva Dias e minha avó Claudomira Carvalho que sempre me deram suporte e me apoiaram em tudo. Quero agradecer a minha mãe Juscélia Anésia, que mesmo não estando mais entre nós, me deu forças, e contribuiu muito para que eu me tornasse uma pessoa melhor.

Quero agradecer também pelo carinho de todos os meus familiares, aos meus tios, Júnior, Juscelino, Ana, Liane e Rozane. Aos meus primos, Gabriel Sousa, Vinicius Sousa, Érika Sousa e Ana Paula Sousa.

Ao meu irmão Paulo Victor e minha namorada Sara Nunes Ferreira, e a todos que me acompanharam e acreditaram na minha capacidade de cumprir essa difícil jornada.

Quero agradecer a Universidade Federal do Pará, campus de Tucuruí, a todos os professores e funcionários pela paciência e pelo compromisso para transmitir o conhecimento. Gostaria de agradecer o meu orientador Maciel da Costa Furtado, aos meus amigos Luiz Fernando, Murilo Moreira, Vinicius Serrão, João Gonçalves, Andressa Coelho e Antonio de Sousa Filho por todos os ensinamentos e por terem me auxiliado na realização do presente trabalho.

Quero agradecer também a todos os integrantes do grupo BAJA Tucuruí, em especial ao professor Walter Sousa, com quem pude aprender bastante profissionalmente, e que me proporcionou um maior amadurecimento.

APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE GESTÃO DA QUALIDADE PARA A REDUÇÃO DE PARADAS E QUEBRAS PREMATURAS DE EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA FABRICAÇÃO DE CORREIAS TRANSPORTADORAS.

RESUMO

As indústrias no Brasil apresentam um crescente aumento de produção no ano de 2022, em especial o setor de mineração na região norte e nordeste. Com este setor em alta, aumenta-se também a demanda por correias transportadoras, devido as grandes extensões de minas, o que faz necessário a utilização das correias transportadoras para realização do transporte de minério, uma vez que reduz os custos e aumenta a produtividade. Mediante a isso, foi realizado um estudo de caso em uma empresa fabricante de correias transportadoras, que possui capacidade de produção em média de 430 toneladas de borracha por mês e funcionamento de 23 horas diárias, o que exige o máximo dos equipamentos. Com o objetivo de aumentar a capacidade de produção e de diminuir os índices de parada e quebra de equipamentos, foram utilizadas ferramentas de Gestão de Qualidade. Em primeiro lugar, fez-se necessário a aplicação do gráfico de pareto para identificar a área mais afetada por paradas para manutenção. Em segundo lugar, calculou-se os indicadores de manutenção (Confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade), e por fim, realizou-se análise dos cinco porquês para cada falha, para chegar a causa raiz e o brainstorming para definir uma estratégia e plano de ação para solucionar os problemas. Com essas ferramentas foi possível analisar e aplicar melhorias no processo de beneficiamento de borracha para fabricação de correias transportadoras, e então comparar os resultados do período de agosto a dezembro do ano de 2021, com o período de janeiro a maio do ano de 2022, pós melhoria, indicando diminuição do número de paradas para manutenção corretiva, aumento da confiabilidade dos equipamentos e aumento da qualidade das correias transportadoras produzidas.

Palavras-chave: *Manutenção, produção, pareto, indicadores de manutenção, causa raiz.*

APPLICATION OF QUALITY MANAGEMENT TOOLS TO REDUCE STOPS AND PREMATURE BREAKAGES OF EQUIPMENT USED TO MANUFACTURE CONVEYOR BELTS.

ABSTRACT

Industries in Brazil show a growing increase in production in the year 2022, especially the mining sector in the north and northeast. With this sector on the rise, the demand for conveyor belts also increases, due to the large extensions of mines, which makes it necessary to use conveyor belts to carry out the transport of ore, since it reduces costs and increases productivity. Therefore, a case study was carried out in a company that manufactures conveyor belts, which has an average production capacity of 430 tons of rubber per month and operates 23 hours a day, which requires the maximum amount of equipment. With the objective of increasing production capacity and decreasing downtime and equipment breakage rates, Quality Management tools were used. Firstly, it was necessary to apply the Pareto chart to identify the area most affected by maintenance shutdowns. Secondly, maintenance indicators were calculated (Reliability, availability and maintainability), and finally, an analysis of the five whys for each failure was carried out, to reach the root cause and brainstorming to define a strategy and action plan. to troubleshoot. With these tools, it was possible to analyze and apply improvements in the rubber processing process for the manufacture of conveyor belts, and then compare the results for the period from August to December of the year 2021, with the period from January to May of the year 2022, after improvement, indicating a decrease in the number of stops for corrective maintenance, an increase in equipment reliability and an increase in the quality of the conveyor belts produced.

Keywords: *Maintenance, production, pareto, maintenance indicators, root cause.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Análise Dos Cinco Porquês.	23
Figura 2. Processo de mistura.	27
Figura 3. Processo de calandragem: 1- Cilindro aquecedor; 2- Cilindro alimentador; 3- Esteira da calandra; 4- Rolo de envoltura; 5- Calandra de 4 rolos; 6- Sistema arrefecedor; 7- Sistema enrolador.	27
Figura 4. Processo de construção: 1- Sistema enrolador de envoltura plástica removida do rolo da carcaça 2; 2- Rolo da carcaça da correia transportadora confeccionada; 3- Rolo de borracha de revestimento; 4- Rolo de borracha de revestimento inferior; 5- Carros de tabuleiros com borracha extrusada para as laterais; 6- Envoltura de plástico; 7- Mesa de construção; 8- Rolos pressores de tração; 9- Rolo de correia construída.....	28
Figura 5. Processo de vulcanização: 1- Enrolador de envoltura plástica; 2- Rolo de correia não vulcanizada; 3- Sistema enrolador da correia vulcanizada.....	28
Figura 6. Diagrama de Pareto: tempo de parada por manutenção corretiva por processo em 2021.....	29
Figura 7. Diagrama de Pareto: tempo de parada por manutenção corretiva por equipamento em 2021.....	30
Figura 8. Diagrama de Pareto: número de falhas por equipamento em 2021.....	30
Figura 9. Prensa Flex.	31
Figura 10. Diagrama de Pareto: número de falhas por componentes da prensa flex.	31
Figura 11. Cilindro do prato inferior.	35
Figura 12. Bomba de enchimento.....	36
Figura 13. Válvula controladora de vapor e diafragma.	38
Figura 14. Cilindro de descolar correia.....	39
Figura 15. Diagrama de Pareto: tempo de parada por manutenção corretiva por equipamento em 2022.....	41
Figura 16. Diagrama de Pareto: número de falhas por equipamento em 2022.....	42
Figura 17. Comparativo tempo de parada por equipamento.....	44

LISTA DE TABELAS

Quadro 1. Dados do SAP do ano de 2021.	32
Quadro 2. Análise dos cinco porquês do cilindro hidráulico do prato inferior.	35
Quadro 3. Análise dos cinco porquês da bomba de enchimento.	37
Quadro 4. Análise dos cinco porquês da válvula controladora de vapor.	38
Quadro 5. Análise dos cinco porquês do cilindro de descolar correia.	40
Quadro 6. Dados do SAP do ano de 2022.	42
Quadro 7. Indicadores de manutenção em 2022.	43
Quadro 8. Comparativo indicadores de manutenção 2021 e 2022.	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
MTBF	Tempo médio entre falhas
MTTR	Tempo médio de reparos
PN	Poliéster nylon
NN	Nylon nylon
H	Horas
DI	Disponibilidade
M(t):	Manutenibilidade em qualquer tempo
R(t)	Confiabilidade em qualquer tempo

LISTA DE SÍMBOLOS

e	Base dos logaritmos neperianos
λ	Taxa de falhas
t	Tempo
μ	Taxa de reparo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVO GERAL	15
1.1.1	Objetivos específicos	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	MANUTENÇÃO	16
2.1.1	Tipos de manutenção	17
2.2	DIAGRAMA DE PARETO.....	18
2.3	INDICADORES DE MANUTENÇÃO.....	19
2.3.1	Confiabilidade	19
2.3.2	Tempo médio entre falhas - MTBF	20
2.3.3	Tempo médio entre reparos - MTTR.....	21
2.3.4	Disponibilidade.....	21
2.3.5	Manutenibilidade	22
2.4	CINCO PORQUÊS	23
2.5	BRAINSTORMING	24
3	METODOLOGIA	25
3.1	COLETA DE DADOS	25
3.2	ANÁLISE DE DADOS	26
3.2.1	Ferramentas aplicadas.....	26
3.3	ESTUDO DE CASO	26
3.4	DIAGRAMA DE PARETO DE 2021	29
3.5	CÁLCULO DE INDICADORES DO ANO DE 2021.....	32
3.5.1	Confiabilidade	32
3.5.2	Disponibilidade.....	33
3.5.3	Manutenibilidade	33
3.6	CINCO PORQUÊS	34
3.6.1	Cilindro hidráulico do prato inferior	34
3.6.2	Bomba de enchimento.....	36
3.6.3	Válvula controladora de vapor	37
3.6.4	Cilindro de descolar correia.....	39
4	RESULTADOS	41
4.1	DIAGRAMA DE PARETO DE 2022	41
4.2	CÁLCULO DE INDICADORES DO ANO DE 2022.....	42
4.3	COMPARAÇÃO 2021 E 2022 PÓS MELHORIAS	43
5	CONCLUSÕES	46

5.1	PROPOSTAS PARA PESQUISAS FUTURAS.....	46
6	REFERÊNCIAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

As correias transportadoras são de fundamental importância para as mineradoras, por realizarem o deslocamento de minérios nas plantas, pois apresentam um menor custo e são benéficos para o meio ambiente, se comparados com os caminhões fora de estrada, que apresentam alto consumo de diesel e emitem gases poluentes (VIEIRA, 2012). De acordo ainda com Vieira (2012), uma das preocupações das mineradoras é a preservação ambiental e do patrimônio histórico brasileiro e por isso a melhor e mais segura alternativa para o escoamento mineral são as correias transportadoras que apresentam baixa emissão de poeiras e baixos níveis de ruído.

Além disso a produção de correias transportadoras apresenta grande crescimento no ano de 2022 (GODOY, 2022). Esse crescimento é ainda mais expressivo no setor de mineração, onde os novos investimentos na área da mineração e processamento de minério, houve um aumento na demanda por fabricação de correias transportadoras. Com o aumento da demanda, as empresas responsáveis por fabricar este material, necessitam adotar corretamente ferramentas de controle de produção e manutenção, com o intuito de aumentar a produtividade, e a confiabilidade e disponibilidade dos ativos (equipamentos), para que assim haja fluidez no processo industrial.

Dessa forma, para atender aos padrões de qualidade de produção é necessário ter em mente uma melhoria contínua do processo. Diante disso, surgiu a necessidade de reduzir os índices de paradas de equipamentos em uma empresa fabricante de correias transportadoras, que produz desde as mantas de borracha até as correias transportadoras. As correias são projetadas e desenvolvidas de acordo com a forma em que serão aplicadas, dependendo do tipo de material que será transportado, granulometria do material e entre outros. As correias transportadoras produzidas nesta empresa são divididas entre correias de cabo de aço e de lona.

A fabricação de correias transportadoras é separada por setores que consiste em: mistura, calandragem, construção, vulcanização e inspeção. Todos esses processos são intermitentes, ou seja, não dependem um do outro, sendo que qualquer falha em algum deles não ocorre a parada geral de todos. No geral, as falhas dos equipamentos são separadas por motivos elétricos, mecânicos e operacionais.

No ano de 2021 houve um grande aumento do número de paradas na linha de produção no setor de vulcanização. Dessa forma, esse trabalho teve a finalidade de utilizar as ferramentas

de gestão da qualidade, com o intuito de diminuir as paradas para manutenção corretiva no setor de vulcanização, além de melhorar os indicadores de manutenção da área.

1.1 OBJETIVO GERAL

Reduzir as falhas e o tempo de reparo dos equipamentos considerados críticos, através das ferramentas de controle de qualidade.

1.1.1 Objetivos específicos

- Aumentar os índices de eficiência, disponibilidade e confiabilidade dos ativos, com o uso de ferramentas de controle da qualidade;
- Reduzir as horas de paradas para manutenção corretiva;
- Reduzir o tempo de reparo de máquina;
- Definir novos padrões de manutenção e troca de equipamentos se necessário, com o intuito de reduzir os custos e aumentar a produtividade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Mendes (2018), as ferramentas de qualidade aplicadas a manutenção podem potencializar os demais setores de manufatura dentro de uma organização. Para Valentim (2019), a manutenção faz parte do processo produtivo, visto que pode impactar diretamente no resultado final do produto. Com isso, faz-se necessário que a manutenção utilize metodologias e ferramentas de qualidade que possibilitem o aumento da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos. Valentim (2019) ainda mostra que com a utilização das ferramentas de qualidade, foi possível se obter redução no número de paradas e aumento da qualidade dos processos de manutenção em frota de caminhões.

Silva, Matos e Gotinjo (2015) demonstraram que a aplicação das ferramentas de qualidade e indicadores de desempenho, em uma empresa de pequeno porte do segmento de manutenção em equipamentos eletromédicos, possibilitou um aumento da produtividade e lucratividade, além da redução dos prazos de entrega. Santos e Abreu (2020) implementaram as ferramentas de gestão da qualidade em uma empresa de papel e celulose, para identificar as falhas em equipamentos e propor planos de ações para solução dos problemas. Como resultados obtiveram o aumento significativo da disponibilidade para a produção e redução das intervenções corretivas não programadas.

2.1 MANUTENÇÃO

Para Monchy (1987), a manutenção dos equipamentos de produção é um elemento chave tanto para a produtividade das empresas quanto para a qualidade dos produtos. Kardec e Nascif (2009), afirmam que nos últimos 30 anos, a manutenção passou por grandes mudanças, em consequência de fatores como o aumento do número e diversidade dos itens que devem ser mantidos, projetos mais complexos e novas técnicas de manutenção. Explicam ainda que a manutenção pode ser dividida em quatro gerações.

A primeira geração engloba o período antes da segunda guerra mundial, quando a indústria era pouco mecanizada e a manutenção era fundamentalmente corretiva não planejada. Na segunda geração, período pós Segunda Grande Guerra, houve grande aumento da mecanização e surge o conceito de manutenção preventiva (KARDEC e NASCIF, 2009).

A terceira geração começou na década de 70, quando se acelerou o processo de mudança das indústrias. Houve o surgimento do conceito e utilização da manutenção preditiva, além do desenvolvimento de softwares que permitiram o melhor controle dos serviços de manutenção.

Na quarta geração a manutenção prioriza a minimização de falhas prematuras nos componentes das máquinas, por isso a análise de falhas tornou-se uma metodologia consagrada capaz de melhorar a disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade dos equipamentos (KARDEC e NASCIF, 2009).

2.1.1 Tipos de manutenção

Segundo Xenos (2014) “manutenção é um modo de evitar a degradação dos equipamentos e instalações, causado pelo desgaste natural e pelo uso, que eventualmente podem ser percebidos visualmente no equipamento, através de produtos feitos de má qualidade, paradas em máquinas e perdas de desempenho”. É importante conceituar os tipos de manutenção em corretiva, preventiva, preditiva e detectiva.

- **Manutenção Corretiva:** É forma mais antiga de manutenção, trata-se da correção de uma falha de forma emergencial. É dividida em duas classes: não-planejada e planejada. A manutenção corretiva não-planejada corrige uma falha de maneira aleatória, é decorrente de uma quebra inesperada e não é realizada um planejamento prévio para execução da atividade. A manutenção corretiva planejada, é decorrente de uma inspeção ou de uma manutenção preditiva, e possui um planejamento prévio para ser eliminada no momento mais conveniente. ABNT –NBR 5462 (1994) fala que essa manutenção é efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida. Segundo Viana (2022) manutenção corretiva é a intervenção imediata necessária para evitar graves consequências aos instrumentos de produção, à segurança dos trabalhadores ou o meio ambiente.
- **Manutenção Preventiva:** É a manutenção voltada para evitar a ocorrência de falhas ou quedas de desempenho, através de manutenções em intervalos de tempo pré-definidos, obedecendo um plano previamente elaborado. Segundo a ABNT –NBR 5462 (1994) é uma manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. Xenos (2014) complementa dizendo que neste tipo de manutenção envolve algumas tarefas sistemáticas, como, inspeções, troca de peças ou reformas. Se avaliada com a corretiva, pode apresentar valores de custos mais elevados, neste caso, é mais conveniente ser utilizada quanto maior for a simplicidade de reposição,

custos de falhas e segurança. Kardec e Nascif (2009) destacam, que a manutenção preventiva permite um bom gerenciamento das atividades, nivelamento dos recursos, além de previsibilidade do consumo de materiais e sobressalentes, porém promove a retirada do equipamento para execução de atividades programadas.

- **Manutenção Preditiva:** Viana (2022) explica que são tarefas de manutenção preventiva que visam acompanhar a máquina ou as peças, por monitoramento, por medições ou por controle estatístico e tentem prever a proximidade da ocorrência da falha. Kardec e Nascif (2009, p. 45) “Seu objetivo é prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível. Na realidade, o termo associado à Manutenção Preventiva é o de prever as condições dos equipamentos. Ou seja, a Manutenção Preditiva privilegia a disponibilidade à medida que não promove a intervenção nos equipamentos ou sistemas, pois as medições e verificações são efetuadas com o equipamento produzindo.” Para Zaions (2003), a manutenção preditiva é a realização de monitoramentos periódicos em equipamentos ou peças com o auxílio de instrumentos de medição próprios. Com essa técnica, consegue-se estender o período de realização de uma manutenção para substituição de algo, haja vista que se consegue encontrar o limite de vida de um componente. Assim evita-se o gasto desnecessário com peças de substituição e intervenções comuns.
- **Manutenção Detectiva:** “É a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal da operação e manutenção” KARDEC E NASCIF (2009). Pode ser utilizado como exemplo de manutenção detectiva, o circuito que comanda o acionamento de um gerador em uma empresa, se o circuito estiver em falha, e faltar energia, o gerador não é acionado, por isso o circuito é testado e verificado em períodos predeterminados com o intuito de aumentar sua confiabilidade.

2.2 DIAGRAMA DE PARETO

O diagrama de Pareto é um recurso gráfico utilizado para identificar quais são os fatores mais relevantes, indicando os itens que devem ser priorizados. Para os autores Peinado e Graeml (2017) “O Diagrama de Pareto demonstra a importância relativa das variáveis de um problema,

em outras palavras, indica o quanto cada uma destas variáveis representa, em termos percentuais, em relação ao problema geral”. Desse modo, ao invés de tentar eliminar todos os problemas de uma vez, será mais eficaz resolver as causas principais eliminando maior parte do problema rapidamente.

Coraiola (2001) descreve as principais aplicações do gráfico de Pareto, sendo: encontrar problemas; encontrar as causas que operam em um defeito; aperfeiçoar a visão de uma ação; dar preferência para a ação; aprovar os resultados de melhoria; delinear as causas de maior significância, excluindo sua causa; separar em classes a ação; e apontar os elementos responsáveis pelos impactos de maior importância.

Segundo Corrêa e Corrêa (2012), o digrama de Pareto teve início com práticas realizadas pelo economista italiano Vilfredo Pareto, que através de estudos verificou, que 80% da riqueza mundial estava nas mãos de 20% da população. Proporção 80/20 que ficou conhecida, pois ocorre em situações cotidianas das operações.

2.3 INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Pinto (2002), relata que para um sistema de controle da manutenção ser eficiente e eficaz, tornam-se necessárias informações de desempenho do mesmo sob a forma de relações ou índices. Tais indicadores deverão ser utilizados para indicar os pontos fracos e também para identificar os possíveis problemas que estão causando resultados indesejáveis. Segundo Martins (1998), a sistemática de indicadores de desempenho é realizada pela gestão da qualidade total da empresa e, além disso, faz a seguinte consideração: A medição do desempenho clássico se preocupa com a medição no uso eficiente dos recursos. Já os indicadores de desempenho se preocupam com a produtividade, retorno dos investimentos, custo, etc. Abaixo, os indicadores mais utilizados em manutenção, que, segundo Kardec e Nascif (2009) dividem-se em indicadores de confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade.

2.3.1 Confiabilidade

Para Wuttke e Sellitto (2008) a confiabilidade busca a redução da frequência e da severidade da falha. Segundo ABNT –NBR 5462 (1994) confiabilidade é a “Capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo”. Além de definir o que seria o desempenho adequado, é necessário definir o propósito do produto projetado. Kardec e Nascif (2009) expressam confiabilidade, através da Equação 1:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (1)$$

Onde:

$R(t)$ = Confiabilidade em qualquer tempo;

λ = taxa de falhas (número total de falhas por período de operação);

t = tempo previsto de operação.

Kardec (2009) ressalta ainda que a taxa de falhas pode ser obtida através de duas formas. A primeira diz respeito ao número de falhas pelo tempo de operação, e a segunda pelo número de unidades testadas vezes o número de horas de teste quando o produto é novo, e podem ser expressadas conforme a Equação 2 e 3, respectivamente.

$$\lambda = \frac{\text{Número de falhas}}{\text{Número de horas de operação}} \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{\text{Número de falhas}}{(\text{Unidades testadas}) \times (\text{Número de horas de teste})} \quad (3)$$

2.3.2 Tempo médio entre falhas-MTBF

O Tempo Médio Entre Falhas (Mean Time Between Failures - MTBF) reflete a frequência de intervenções no equipamento durante determinado tempo específico. (MARTINS, 2012). Define-se tempo total trabalhado como o total do tempo em que se deveria estar produzindo, ou seja, engloba o tempo em que efetivamente houve produção mais o tempo de parada não planejada de equipamento. A Equação 4 apresenta o cálculo do MTBF:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tempo total de operação}}{\text{Número de falhas}} \quad (4)$$

2.3.3 Tempo médio entre reparos–MTTR

O Tempo Médio Para Reparo (Mean Time To Repair - MTTR) reflete o tempo médio em que o equipamento deixa de operar devido à uma ação relacionada à manutenção. A Equação 5 apresenta a forma de cálculo do MTTR.

$$MTTR = \frac{\text{Tempo total de parada}}{\text{Número de falhas}} \quad (5)$$

2.3.4 Disponibilidade

Para Verri (2012) a disponibilidade é o indicador mais importante para a manutenção. As perdas devido a falhas em equipamentos são enormes, e o objetivo da manutenção deve ser propiciar a máxima continuidade operacional através de uma grande disponibilidade. Para calcular a Disponibilidade, divide-se MTBF pela soma dos tempos MTBF e MTTR, revelando o total de tempo que o equipamento esteve indisponível devido à uma ação da manutenção. Ou seja, do total trabalhado, o quanto que a manutenção afetou a disponibilidade do equipamento e por consequência produção

Kardec e Nascif (2009) definem disponibilidade como a capacidade de o item estar disponível para uso, levando em conta os aspectos combinados de confiabilidade, manutenibilidade e suporte, quando os recursos externos necessários estão assegurados. Segundo estes autores, a disponibilidade pode ser classificada em três tipos.

- Disponibilidade inerente: Aplicada apenas para reparos corretivos, conforme Equação 6.

$$\text{Disponibilidade inerente}(\%) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100 \quad (6)$$

Onde:

MTBF: Tempo médio entre falhas;

MTTR: Tempo médio para reparos (Tempo médio para reparos corretivos não planejados.);

- Disponibilidade técnica: Aplicada para reparos corretivos e preventivos, conforme Equação 7.

$$\text{Disponibilidade Técnica(\%)} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}_{\text{ATIVO}}} \times 100 \quad (7)$$

Onde:

MTBF: Tempo médio entre manutenções;

MTTR_{ATIVO}: Tempo médio para reparos-corretivos e preventivos.

- Disponibilidade operacional: Conforme Equação 8.

$$\text{Disponibilidade operacional(\%)} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}_p} \times 100 \quad (8)$$

Onde:

MTTR_p: Tempo médio de paralizações;

2.3.5 Manutenibilidade

Para Wuttke e Sellitto (2008) manutenibilidade concentra-se em diminuir o tempo da duração de falhas em um sistema e restabelecer seu funcionamento no menor tempo possível. Kardec e Nascif (2009) definem manutenibilidade como a probabilidade de realizar o reparo de um equipamento em um determinado tempo t. A Equação 9 apresenta tal fórmula:

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (9)$$

Onde:

M(t): A função manutenibilidade, que representa a probabilidade de que o reparo comece no tempo t=0 e esteja concluído em t (probabilidade da duração do reparo);

μ= taxa de reparo (número total de reparos ou reparos efetuados dividido pelo total de horas de reparo do equipamento);

t = tempo previsto de reparo.

Kardec (2009) ressalta que a taxa de reparos pode ser obtida através da divisão do número total de reparos pelo total de horas de reparo do equipamento, e pode ser expressada conforme Equação 10.

$$\mu = \frac{\text{Número de falhas}}{\text{Tempo total de parada}} \quad (10)$$

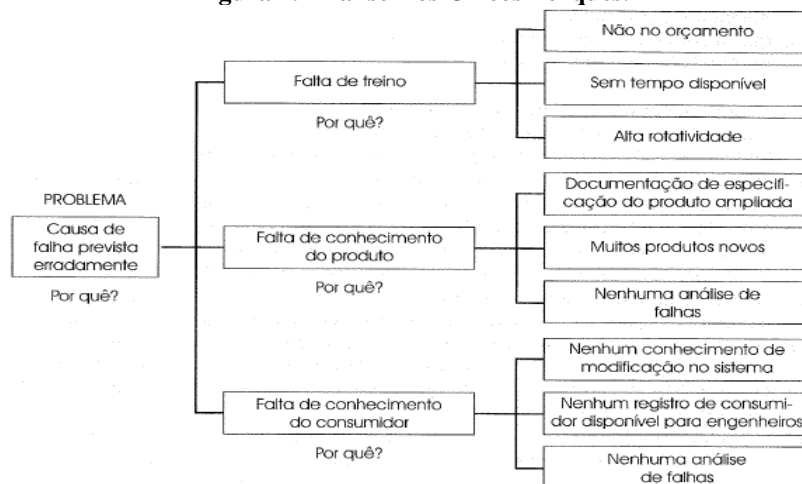
2.4 CINCO PORQUÊS

Segunda Corrêa e Corrêa (2012), o método dos cinco porquês é uma ferramenta de análise que permite, por meio de uma única pergunta, aprofundar o entendimento a cerca de um determinado problema. Como é uma sequência de perguntas ordenadas, de forma que a pergunta seguinte comesse sempre a respeito da resposta anterior, a tendência é o diagnóstico completo de diversas causas a respeito do tema que está sendo analisado.

A ferramenta dos cinco porquês é utilizada para auxiliar e otimizar a gestão de processos, com o intuito de facilitar a solução de problemas. De acordo com Slack (2006), a análise dos cinco porquês, tal como o diagrama de causa e efeito permite encontrar a causa raiz do problema. Tal método, consiste no questionamento do motivo das causas que levou ao problema no mínimo 5 vezes. (OHNO, 1997). De acordo ainda com Weiss (2011), para análise dos cinco por quês, embora seja denominada assim, pode-se utilizar menos por quês (três por exemplo), ou mais por quês, de acordo com a necessidade para que se encontre a causa raiz.

Slack (2006) propõe a diagramação dessas sequências de porquês realizadas para melhor visualizar as causas. A Figura 1 mostra um exemplo de análise dos cinco porquês.

Figura 1. Análise Dos Cincos Porquês.



Fonte: SLACK (2006).

2.5 BRAINSTORMING

Brainstorming, que na tradução significa tempestade de ideias, busca gerar ideias para resolver alguma problemática durante um determinado tempo, isso tudo através de um grupo de pessoas que falam suas ideias em um curto intervalo de tempo, a cada momento de surgimentos dessas ideias, elas são escritas em lousas ou quadros por uma pessoa inspiradora com o intuito de incentivar os demais integrantes do grupo (PEINADO E GRAEML 2017). De acordo com Nascimento (2011), existem dois tipos de Brainstorming, que são o estruturado e o não estruturado. No primeiro, são feitas rodadas sequenciais, nas quais cada pessoa deve contribuir com uma ideia. Já no outro tipo, os membros do grupo podem dar ideias livremente. Sua vantagem é criar uma atmosfera descontraída

Segundo Slack (2006), para aumentar o rendimento desse método, é importante que o brainstorming seja completamente livre de críticas, dessa maneira os participantes poderão expor as suas ideias sem nenhum tipo de bloqueio ou trava. Conforme Davis (2001), o Brainstorming é mais que uma técnica de dinâmica de grupo, é uma atividade desenvolvida para explorar a potencialidade criativa de um indivíduo ou de um grupo.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para este trabalho é baseada em um estudo de caso. Segundo Cauchick Miguel (2010) o estudo de caso é um tipo de pesquisa com base empírica, em que, investiga um dado fenômeno em contexto real através de uma análise de um ou mais casos, onde as fronteiras entre fenômeno e o contexto não estão claramente definidas. Essa abordagem, de acordo com os mesmos autores permite a ampliação do conhecimento e desenvolvimento de novas teorias.

Implementou-se um estudo de caso em uma empresa fabricante de correias transportadoras, para investigação das ocorrências de falhas nos equipamentos, que constava com quebras excessivas de equipamentos, padrões de manutenções não adequados e equipamentos subdimensionados que não suportavam as atividades. Para filtrar as falhas e atuar na área que mais houve paradas para manutenção, primeiramente foi utilizado o gráfico de Pareto. Segundamente calculado os indicadores de manutenção, disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade dos equipamentos da área. Para identificação e solução das causas raízes dos problemas foi utilizado os cinco porquês com brainstorming. O tempo de análise considerado são de 10 meses, usando como base o ano de 2021, período em que surgiram mais paradas, e 2022, ano que foi aplicado as melhorias de controle de qualidade para manutenção.

3.1 COLETA DE DADOS

Segundo Oliveira (1999), a coleta de dados é a etapa da pesquisa que exige mais tempo, por isso o pesquisador precisa ter paciência e esforço, além do cuidado e atenção para coletar e registrar os dados. O desenvolvimento do trabalho contou com apoio de entrevistas de colaboradores, e acesso ao sistema de controle e análise de falha da empresa (Software SAP PM), plotando o número de paradas, o tempo para manutenções corretivas e planos de ações.

Os dados baixados foram coletados de todos os setores, que consistem em setor de mistura, calandragem, construção, vulcanização e inspeção. Sendo que o trabalho busca atuar com melhorias na área que apresenta maior criticidade.

Para análise inicial foi solicitado dados do período de agosto a dezembro do ano de 2021, com o intuito de verificar qual a área mais crítica, para então desenvolver planos para melhorar o processo. Já os dados do período de janeiro a maio do ano de 2022, são as informações pós melhorias, onde será possível identificar melhoras nos tempos de paradas.

As entrevistas foram presenciais não estruturadas visando conhecer o processo de manutenção do equipamento em avaliação, bem como, os problemas relacionados à atividade

de manutenção. Os responsáveis pela elaboração e aplicação das melhorias, são: seis mecânicos, cinco eletricitas, que são separados em níveis de I a IV de acordo com sua capacitação técnica, um técnico em eletrônica, e o supervisor da área com formação em engenharia de produção, e especialização em manutenção.

3.2 ANÁLISE DE DADOS

3.2.1 Ferramentas aplicadas

Neste estudo foram aplicadas as seguintes ferramentas:

1. Gráfico de Pareto;
2. Cálculo dos Indicadores de Manutenção;
3. Cinco porquês e Brainstorming.

O período de coleta e análise de dados antes das melhorias foi de agosto a dezembro de 2021. Após a coleta de dados através do sistema SAP PM, foi elaborado o gráfico de Pareto, para avaliar qual setor estava mais crítico. Logo após localizar qual área atuar, foi efetuado o cálculo de confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade da área, que possibilitou a realização da programação de manutenções preventivas com mais segurança e avaliação do desempenho de cada componente.

Sabendo quais componentes apresentam maior priorização, foram desenvolvidas as melhorias, onde primeiro efetuou-se a análise dos cinco por quês para descobrir a causa raiz e atuar na fonte do problema. Com a causa raiz sentou-se à mesa o supervisor e os demais mantenedores para discutirem as melhores alternativas para eliminar os problemas.

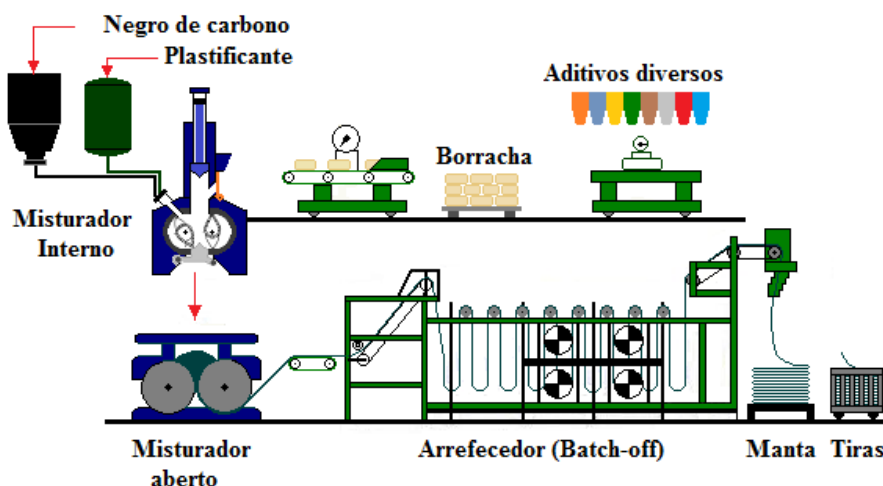
3.3 ESTUDO DE CASO

Nesta etapa do estudo serão aplicadas as ferramentas de qualidade em uma empresa fabricante de correias transportadoras que possui desde misturador interno que transforma compostos de borracha em mantas, até prensas hidráulicas, onde ocorre a vulcanização, no qual o produto é finalizado. O fluxo de produção da empresa é dividido em alguns processos:

- Processo de mistura: Nesta etapa são pesados e dosados diversos tipos de compostos de borracha, entre eles o negro de carbono, que é um produto petroquímico utilizado como carga reforçante à borracha e como agente de pigmentação. Logo após a pesagem, os compostos são colocados no misturador interno, para serem misturados. Por conseguinte, a porta de descarga do misturador interno abre, e o material é despejado no misturador aberto,

onde será homogeneizado . Após esta operação, o material passa sob a forma de manta para para o sistema de arrefecimento (batch-off), onde a manta de borracha será resfriada.

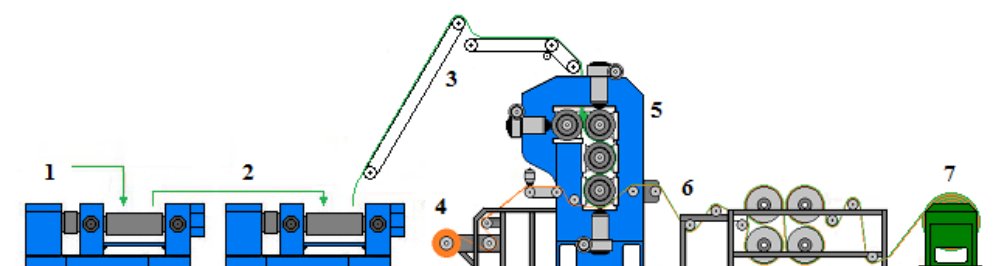
Figura 2. Processo de mistura.



Fonte: Site Ciência e tecnologia da borracha (2014).

- Processo de calandragem: Neste processo as mantas de borracha são colocadas no homogeneizador (moinho), onde são expostas há uma temperatura que varia de 70°C a 90°C, e as mesmas são homogeneizadas, cortadas em tiras e postas em uma esteira que leva o material até a calandra. As tiras de borracha passam por rolos contra rotantes que são responsáveis por comprimir e fazer com que a borracha chegue a uma espessura predeterminada, que é controlada pela abertura entre os rolos e pela velocidade de bobinamento. Com o fim deste procedimento tem-se a fabricação do revestimento superior e inferior da correia transportadora.

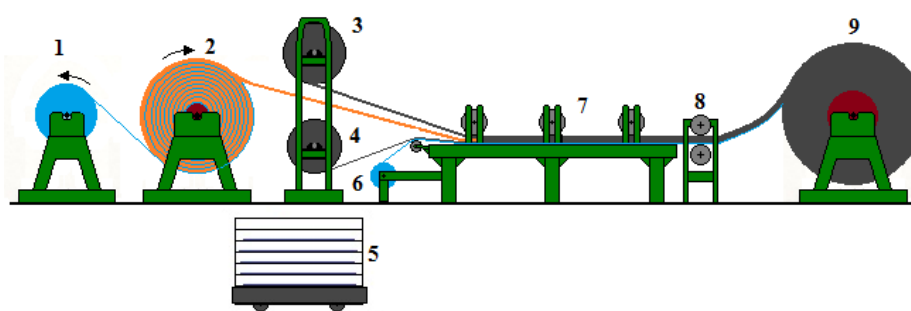
Figura 3. Processo de calandragem: 1- Cilindro aquecedor; 2- Cilindro alimentador; 3- Esteira da calandra; 4- Rolo de envoltura; 5- Calandra de 4 rolos; 6- Sistema arrefecedor; 7- Sistema enrolador.



Fonte: Adaptado site Ciência e tecnologia da borracha (2014).

- Processo de construção: Neste procedimento, é fabricada a carcaça da correia transportadora de lona PN e NN. A correia transportadora PN é constituída de poliéster no urdume (fios dispostos no sentido vertical) e nylon na trama (fios dispostos no sentido horizontal), e a correia transportadora NN possuem nylon tanto no urdume, quanto na trama. Logo após isso, são aplicados revestimentos na parte inferior e superior da carcaça.

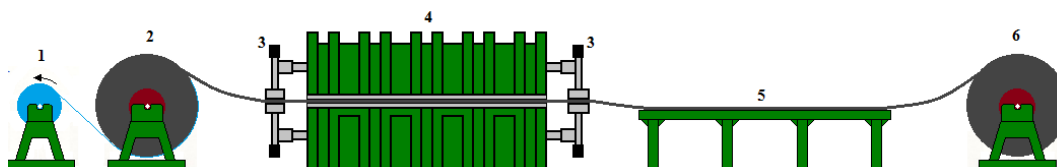
Figura 4. Processo de construção: 1- Sistema enrolador de envoltura plástica removida do rolo da carcaça 2; 2- Rolo da carcaça da correia transportadora confeccionada; 3- Rolo de borracha de revestimento; 4- Rolo de borracha de revestimento inferior; 5- Carros de tabuleiros com borracha extrusada para as laterais; 6- Envoltura de plástico; 7- Mesa de construção; 8- Rolos pressores de tração; 9- Rolo de correia construída.



Fonte: Adaptador do site Ciência e tecnologia da borracha (2014).

- Processo de vulcanização: Com a estrutura da correia transportadora montada, a mesma necessita passar pelo processo de vulcanização, que consiste em um procedimento químico em que há adição de enxofre no material, que é exposto a alta temperatura e pressão. O equipamento utilizado neste processo é a prensa hidráulica de vulcanização, que possui prato inferior e superior que são aquecidos através de vapor a alta temperatura.

Figura 5. Processo de vulcanização: 1- Enrolador de envoltura plástica; 2- Rolo de correia não vulcanizada; 3- Sistema enrolador da correia vulcanizada.



Fonte: Adaptado do site Ciência e tecnologia da borracha (2014).

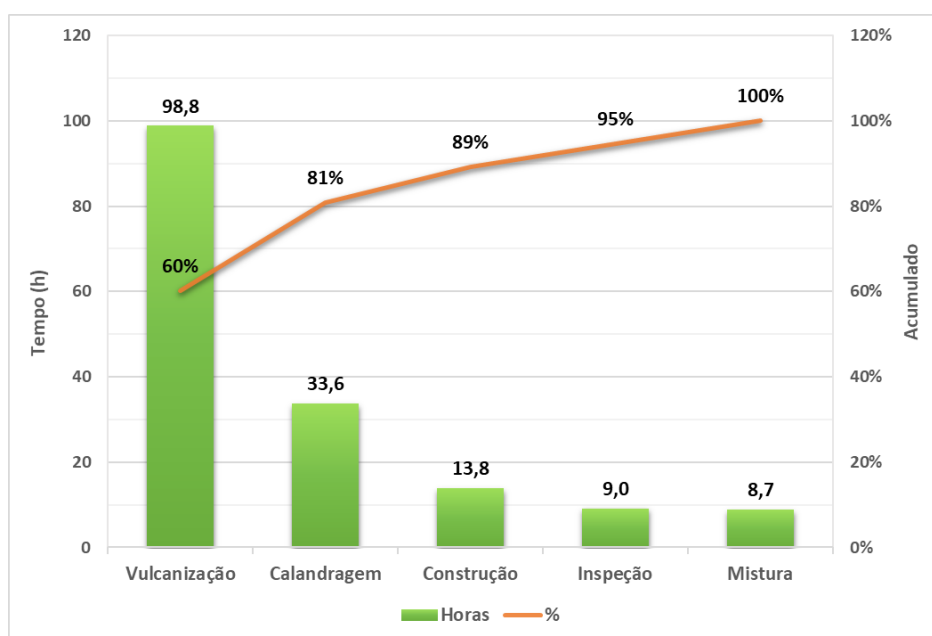
- Processo de inspeção: Com a correia transportadora vulcanizada, deve-se realizar inspeção, para detecção de possíveis defeitos, como, bolhas, ondulações, incisões então por isso a mesma passa por uma outra prensa hidráulica de vulcanização, para que sejam corrigidas todas as imperfeições.

No ano de 2021 houve um aumento no número de paradas, então organizou-se um estudo para atuar nesses casos, onde primeiro fez-se a análise das áreas mais críticas para então priorizar as ações.

3.4 DIAGRAMA DE PARETO DE 2021

Ao coletar os dados de tempo total de falhas e números de falhas do sistema SAP PM, do período que varia entre agosto e dezembro de 2021. Foi possível criar e analisar o diagrama de Pareto do processo produtivo. Identificou-se que o processo de vulcanização apresentava maior tempo de parada, conforme Figura 6:

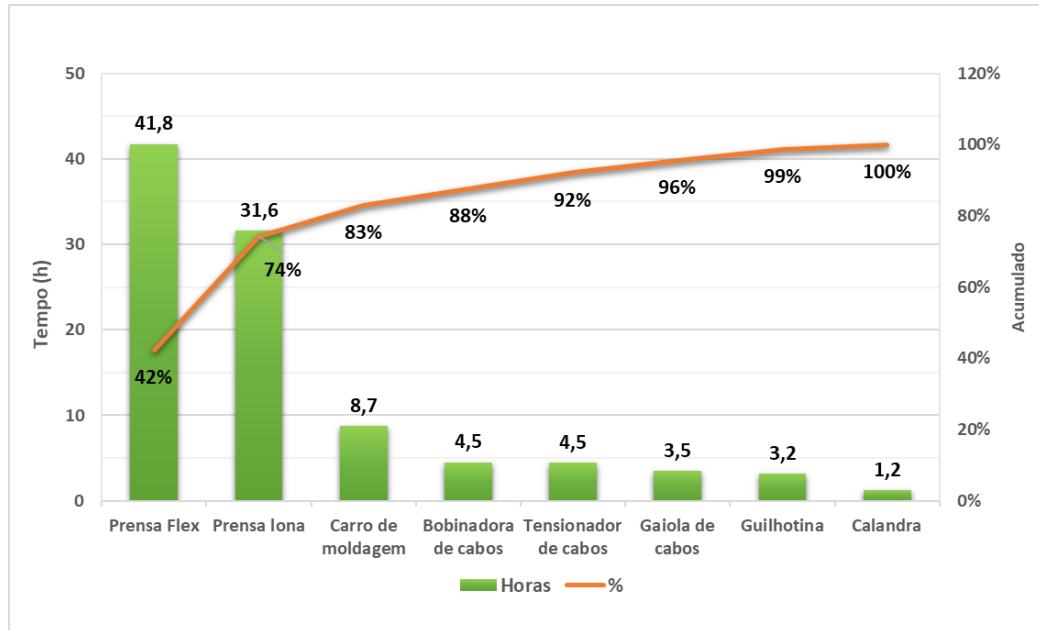
Figura 6. Diagrama de Pareto: tempo de parada por manutenção corretiva por processo em 2021.



Fonte: Autoria própria (2022).

Observou-se que o processo de vulcanização apontava 98,8 horas de máquinas paradas. Sendo que o processo de vulcanização e calandragem somados detém 81% do total de horas paradas para manutenção corretiva. Porém, o foco deste trabalho é no setor de vulcanização que apresenta 60% do total de horas paradas para manutenção corretiva. O que é um valor bastante elevado em relação aos demais setores, sendo que o equipamento que apresentava maior tempo de parada no processo de vulcanização, é a prensa flex, como mostra a Figura 7.

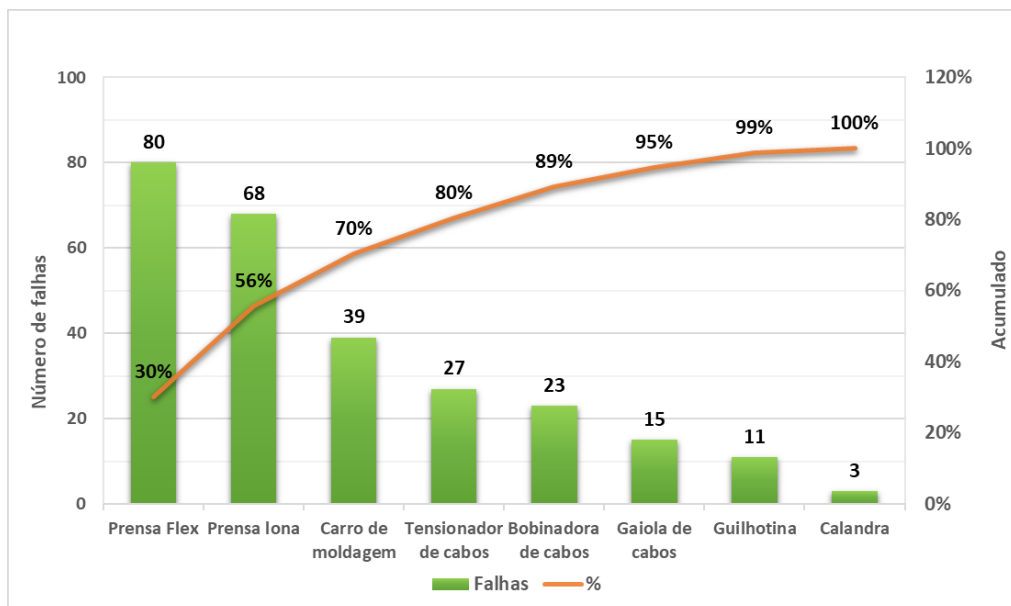
Figura 7. Diagrama de Pareto: tempo de parada por manutenção corretiva por equipamento em 2021.



Fonte: Autoria própria (2022).

Pode-se observar na figura 7, que o equipamento prensa flex, possui o maior valor de tempo de parada por equipamento para manutenção corretiva. Por isso, é o equipamento onde as melhorias serão propostas e aplicadas. Ao evidenciar-se o número de falhas por equipamento, outra vez a prensa flex mostra-se como sendo a de maior relevância, conforme a Figura 8.

Figura 8. Diagrama de Pareto: número de falhas por equipamento em 2021.



Fonte: Autoria própria (2022).

Através da análise dos gráficos, o foco dos cálculos dos indicadores de manutenção e melhorias nos processos, destinaram-se ao equipamento prensa flex. O qual, apresenta o maior número de falhas e tempo de parada por equipamento no setor de vulcanização. A Figura 9 mostra o equipamento prensa flex.

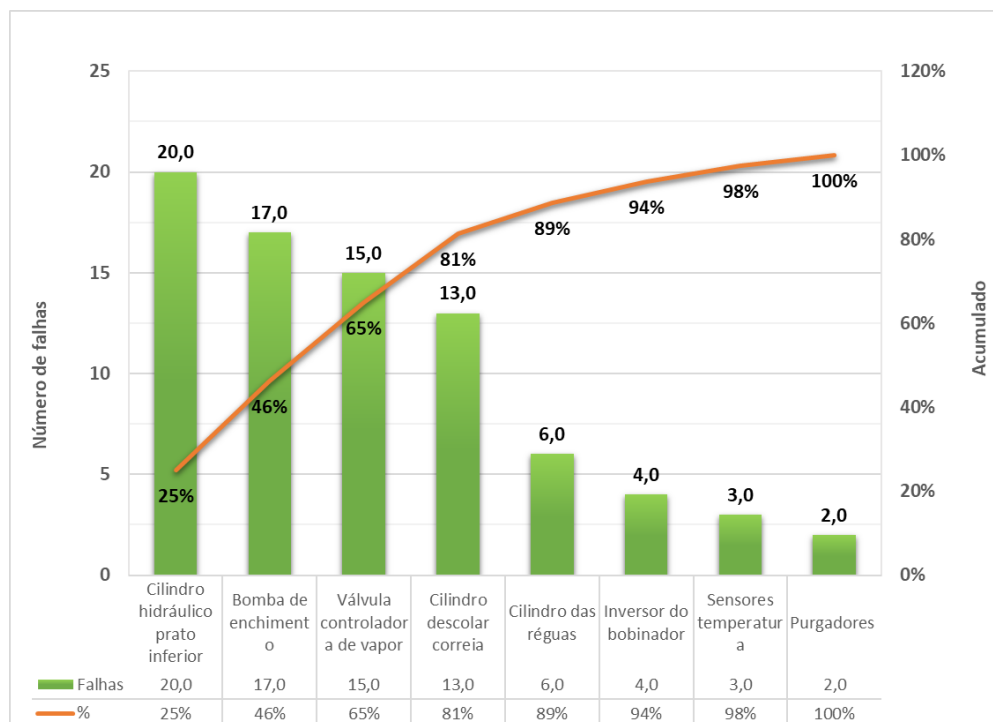
Figura 9. Prensa Flex.



Fonte: Autoria própria (2022).

Filtrando os componentes do equipamento prensa flex, conseguiu-se identificar quais componentes geravam mais falhas, conforme Figura 10.

Figura 10. Diagrama de Pareto: número de falhas por componentes da prensa flex.



Fonte: Autoria própria (2022).

Observa-se na Figura 10, que 4 componentes representam 81% do total de falhas que ocorrem na prensa flex. Por isto, foi decidido então tratar e propor melhorias para as 4 principais falhas que são: cilindro hidráulico prato inferior, bomba de enchimento, válvula controladora de vapor e os cilindros de descolar correias. Com o intuito de reduzir as falhas e aumentar a disponibilidade do equipamento.

3.5 CÁLCULO DE INDICADORES DO ANO DE 2021

Com base na figura 7, foi identificado que deveria-se atuar no equipamento prensa flex. Para realização dos cálculos dos indicadores de manutenção da prensa flex, foram coletados os dados de tempo total de operação da prensa flex, que é o tempo em que o equipamento estava produzindo, durante o período de agosto a dezembro de 2021. Além dos dados de tempo de paradas total para manutenção corretiva e número de falhas. Conforme Quadro 1.

Quadro 1. Dados do SAP do ano de 2021.

Dados do ano de 2021	
Tempo total de operação (TO)	2.750 Horas
Tempo total de parada (TP)	41,8 Horas
Número de paradas	80

Fonte: Autoria própria (2022).

3.5.1 Confiabilidade

Para dar início é necessário calcular a taxa de falhas (λ), conforme a Equação 2, que consiste no número total de falhas do equipamento pelo tempo de total de operação.

$$\lambda = \frac{80}{2750} = 0,0291 \frac{1}{h}$$

Com o valor da taxa e através da Equação 1, obteve-se os valores da confiabilidade para 1 dia de produção com apenas a revisão de 23 horas, que consiste no tempo de operação diário do equipamento.

$$R(23 h) = 0,512$$

$$R(23 h) = 51,2\%$$

Em 23 horas de produção esse equipamento tem 51,2% de confiabilidade. Isso mostra que há uma grande necessidade de intervenção nessa área, pois a confiabilidade mostra-se muito baixa.

3.5.2 Disponibilidade

Devido a consideração apenas de paradas para reparos corretivos, calculou-se a disponibilidade inerente, baseando-se na Equação 6, e através do tempo médio entre falhas (MTBF) e o tempo médio de reparos (MTTR). A MTBF é obtida pela Equação 4.

$$MTBF = \frac{2750}{80} = 34,4 \text{ h}$$

Logo após isso é necessário realizar o cálculo para encontrar o tempo médio de reparos (MTTR) que é obtido através da Equação 5:

$$MTTR = \frac{41,8}{80} = 0,522 \text{ h}$$

A partir do cálculo do tempo médio entre falhas (MTBF) e o tempo médio de reparo (MTTR), calcula-se a disponibilidade inerente do ativo através da Equação 6.

$$DI = \frac{34,4}{(34,4 + 0,522)} \times 100 = 98,5\%$$

O tempo médio entre falhas do equipamento foi 34,4 horas, e o tempo médio de reparo em caso de parada, seria de 0,522 horas. A disponibilidade da prensa flex ficou em 98,5% refletindo o percentual que seria disponível se não houvesse tempo perdido ou parado.

3.5.3 Manutenibilidade

A manutenibilidade foi calculada com base na Equação 9, e para isso, foi necessário identificar a taxa de reparo (μ), conforme Equação 10.

- Cálculo da taxa de reparo:

$$\mu = \frac{80}{41,8} = 1,91 \frac{1}{h}$$

A partir da taxa de reparo calculou-se a manutenibilidade, conforme Equação 9. Levando em consideração o tempo médio de reparo (MTTR= 0,522):

$$M = 1 - e^{-1,91*0,522}$$

$$M = 63,1\%$$

Com a taxa de reparo calculou-se a manutenibilidade em 1 hora:

$$M = 1 - e^{-1,91*1}$$

$$M = 85,2\%$$

Os resultados de manutenibilidade encontrados apontam o percentual da manutenção ser eficiente num dado intervalo de tempo. Durante o intervalo de 0,522 horas, que consiste no tempo médio de reparo do equipamento, o percentual da manutenção ser eficiente é de 63,1%. Já no intervalo de 1 hora esse percentual sobe para 85,2%. Sendo assim, percebe-se que quanto maior o tempo determinado para manutenção do equipamento, maiores são as chances de o ativo ser reparado dentro do prazo.

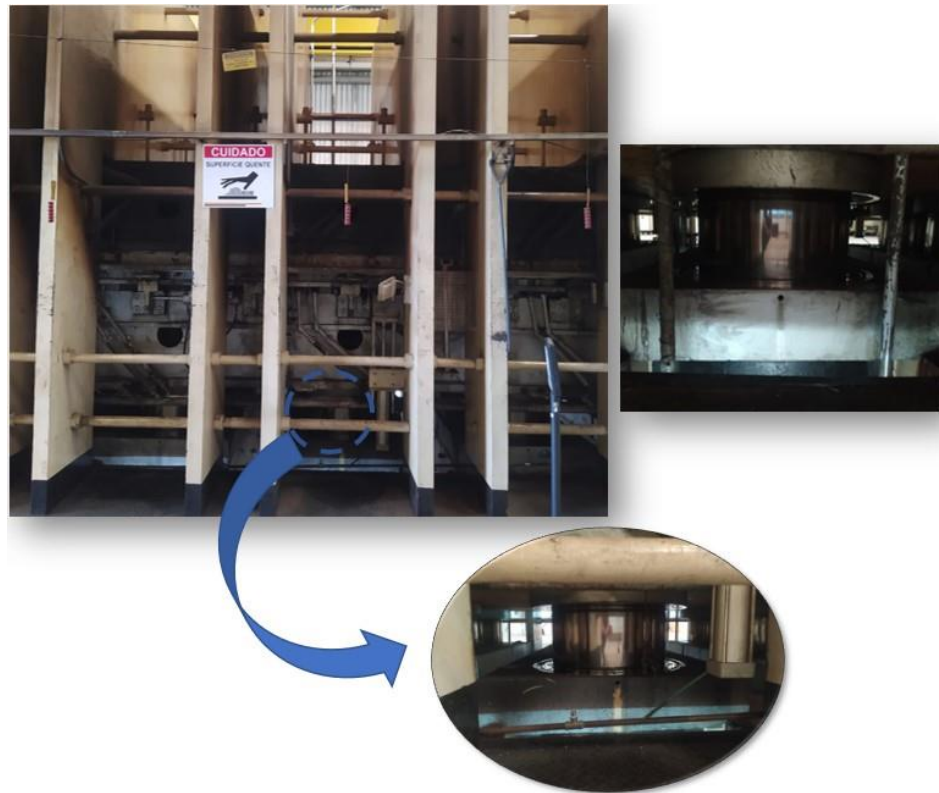
3.6 CINCO PORQUÊS

Foi realizada a análise dos cinco porquês para poder identificar e analisar as causas raízes das falhas, e então reunir a equipe de manutenção com intuito propor ações para melhoria. As análises foram feitas para os 4 principais componentes da prensa flex.

3.6.1 Cilindro hidráulico do prato inferior

Possui diâmetro de 600 mm, e é responsável pela elevação do prato inferior, para que assim a correia seja vulcanizada. Este cilindro é de simples ação, ou seja, apresenta apenas um movimento por pressão e vazão que é o de avanço, e possui retorno por gravidade. As principais falhas encontradas neste componente foram: vazamentos, contaminação e danos na haste do cilindro. A Figura 11 mostra o cilindro hidráulico do prato inferior.

Figura 11. Cilindro do prato inferior.



Fonte: Autoria própria (2022).

O Quadro 2 apresenta a análise dos cinco porquês, utilizado como tentativa de falha para identificar a causa raiz dos problemas apresentados no cilindro hidráulico do prato inferior.

Quadro 2. Análise dos cinco porquês do cilindro hidráulico do prato inferior.

Análise dos cinco porquês
1. Por que o prato inferior demora a ser elevado?
Porque o cilindro não tinha força para elevar o prato
2. Por que o cilindro não tinha força para elevar o prato?
Porque estava vazando
3. Por que estava vazando?
Porque as vedações do cilindro romperam
4. Por que as vedações do cilindro romperam?
Porque o material das gaxetas não suportam altas temperaturas e pressão, além de óleo estar contaminado.

Fonte: Autoria própria (2022).

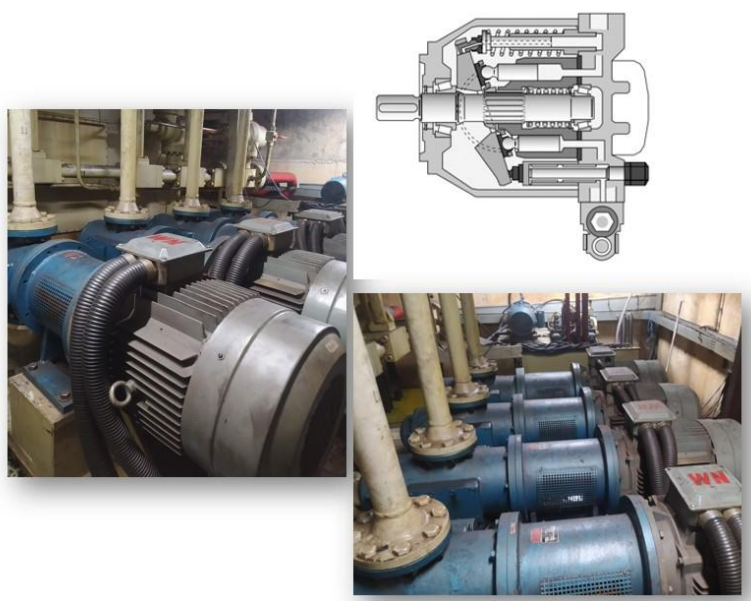
- Ação: Realizar a troca do kit reparo dos cilindros (Step seal, anel, raspador) de borracha poliuretano por material em borracha Viton, pois este é ideal para trabalhos a alta temperatura. Além disso, deve-se realizar a análise de óleo a cada

15 dias para identificar possível contaminação, para que assim não ocorram danos a haste do cilindro, evitando assim vazamentos. Pois os resíduos desgastam o interior do cilindro e corroem vedações. Deve-se também, incluir no plano de manutenção inspeções periódicas de 60 em 60 dias nas gaxetas e haste dos cilindros responsáveis pela elevação do prato inferior, além de filtragem do óleo do reservatório.

3.6.2 Bomba de enchimento

Responsável por enviar o fluido com grande vazão para enchimento dos cilindros do prato inferior. Trata-se de uma bomba de pistão com comando variável e regulador de pressão, que gera o bombeamento do fluido através da alternância de posição dos pistões no interior do tambor cilíndrico. As principais falhas encontradas nas bombas foram: baixo bombeamento, bomba apresentando ruído, bomba travada, bomba desarma e vazamentos nos selos mecânico. A Figura 12 mostra a bomba de enchimento que é utilizada na prensa flex.

Figura 12. Bomba de enchimento.



Fonte: Adaptado do site HUADE (2019).

O Quadro 3 apresenta a análise dos cinco porquês, utilizado como tentativa de falha para identificar a causa raiz dos problemas apresentados na bomba de enchimento.

Quadro 3. Análise dos cinco porquês da bomba de enchimento.

Análise dos cinco porquês	
1. Por que o cilindro do prato inferior não avança?	Porque o nível de óleo no interior do cilindro é baixo
2. Por que o nível de óleo no interior do cilindro é baixo?	Porque a bomba de enchimento não atinge a pressão de operação e apresenta ruído
3. Por que a bomba de enchimento não atinge a pressão de operação e apresenta ruído?	Porque a bomba apresenta desgaste dos componentes internos, devido a cavitação
4. Por que a bomba apresenta desgaste dos componentes internos, devido a cavitação	Porque o filtro de sucção está obstruído e a bomba está montada acima do reservatório de óleo.

Fonte. Autoria própria (2022).

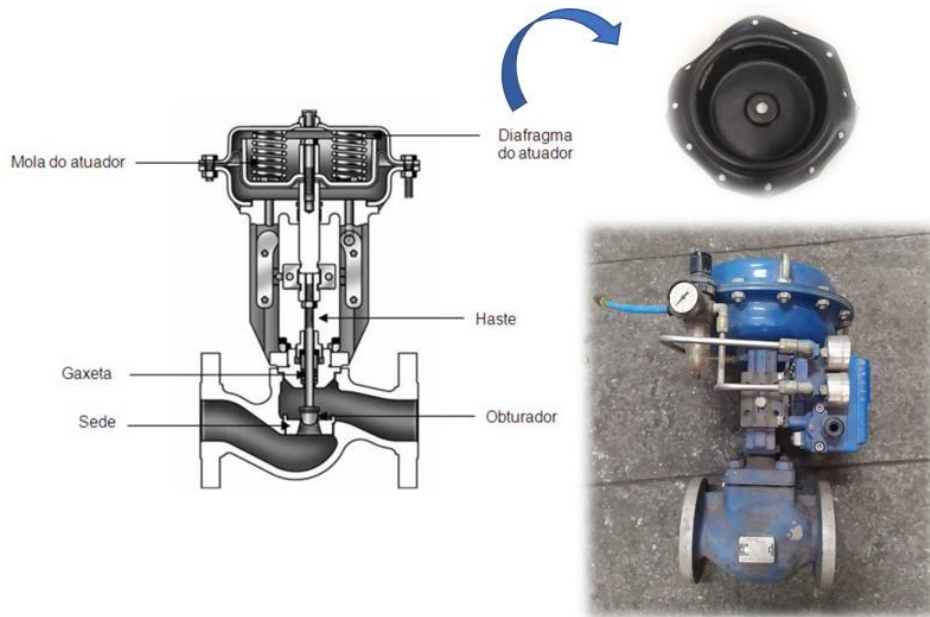
- Ação: Substituir elemento filtrante do filtro de sucção e realizar adaptação para instalar a bomba abaixo do reservatório de óleo, com o intuito de evitar a formação de bolhas de vapor, evitando assim também a cavitação e desgaste dos componentes internos da bomba (pistão, placa de deslizamento, placa de orifício), além de incluir ao plano de manutenção a limpeza e troca periódica do filtro de sucção. Outra ação a ser tomada, deve ser a implantação de manutenção preditiva na bomba de enchimento, verificando a temperatura de operação com uso de pirômetro e análise de vibração no rolamento.

3.6.3 Válvula controladora de vapor

É responsável por controlar a distribuição de vapor nas linhas que aquecem o prato inferior e superior para que ocorra a vulcanização da borracha. Este item é composto por uma válvula globo de 2 polegadas e um atuador pneumático. Esta válvula funciona a partir da determinação da temperatura de operação, com isso, o atuador pneumático recebe informações que parametrizam o acionamento da válvula, pois o atuador possui um diafragma flexível, que infla ou seca de acordo com a entrada de ar comprimido, o diafragma tem o objetivo de empurrar ou contrair a haste, que está ligada ao obturador da válvula que bloqueia ou libera a passagem de vapor. As principais falhas da válvula controladora de vapor com atuador pneumático são: falha de temperatura nas zonas dos pratos inferior e superior (se a temperatura estiver acima do

ideal, a correia transportadora vulcaniza antes do tempo previsto; se a temperatura estiver abaixo do ideal, a correia transportadora não é vulcanizada no tempo predeterminado), vazamento e travamento. A Figura 13 mostra a válvula controladora de vapor que é utilizada na prensa flex.

Figura 13. Válvula controladora de vapor e diafragma.



Fonte: Adaptado de Instituto Metr pole Digital (2020).

O Quadro 4 apresenta a análise dos cinco porquês, utilizado como tratativa de falha para identificar a causa raiz dos problemas apresentados na válvula controladora de vapor.

Quadro 4. Análise dos cinco porquês da válvula controladora de vapor.

Análise dos cinco porquês
1. Por que havia falha na temperatura dos pratos
Porque a válvula controladora não acionava
2. Por que válvula controladora não acionava?
Porque havia vazamento no atuador pneumático
3. Por que havia vazamento no atuador pneumático?
Porque o diafragma rompeu
4. Por que o diafragma rompeu?
Porque as molas e a placa do diafragma estão desgastados

Fonte: Autoria própria (2022).

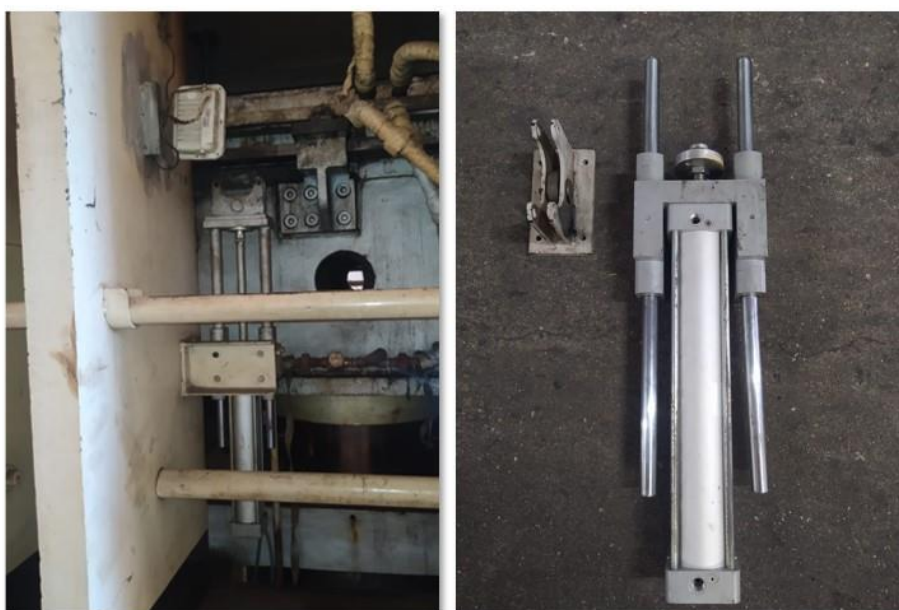
- A o: substitui o das molas, placas do diafragma e diafragma, também deve-se incluir ao plano de manuten o preventiva, inspe o nos atuadores pneumáticos

para verificação de possíveis vazamentos, e nas válvulas globos para verificação de desgaste do obturador, além de realizar a calibração a cada 3 meses do atuador pneumático e válvula, para que não hajam falhas de temperatura nos pratos. Além do mais, deve-se realizar a troca periódica da gaxeta que situa-se entre a torre inferior do diafragma e o castelo.

3.6.4 Cilindro de descolar correia

É responsável por descolar a correia do prato inferior depois que a mesma está vulcanizada, para que assim possa ser puxada e enrolada no carretel de embalagem pelo motor do bobinador. Este item trata-se de um cilindro pneumático de dupla ação, com diâmetro da haste de 63 mm, curso de 150 mm e pressão de trabalho de 0,4 a 12 bar. As principais falhas deste componente são: travamento do cilindro, vazamento, oxidação de componentes internos, mangueira de poliuretano de alimentação de ar comprimido ressecada e haste do cilindro empenada. A Figura 14 mostra o cilindro de descolar correia.

Figura 14. Cilindro de descolar correia.



Fonte: Autoria própria (2022).

O Quadro 5 apresenta a análise dos cinco porquês, utilizado como tratativa de falha para identificar a causa raiz dos problemas apresentados no cilindro de descolar correia.

Quadro 5. Análise dos cinco porquês do cilindro de descolar correia.

Análise dos cinco porquês
1. Por que a correia não pode ser puxada?
Porque o cilindro de descolar correia travou
2. Por que o cilindro de descolar correia travou?
Porque o cilindro apresentava falha de passagem de ar
3. Por que o cilindro apresentava falha de passagem de ar?
Porque os reparos do cilindro estavam desgastados
4. Por que os reparos do cilindro estavam desgastados?
Porque não há um sistema de lubrificação do cilindro

Fonte: Autoria própria (2022).

- Ação: deve-se realizar a instalação do conjunto preparador de ar, contendo filtro, regulador de pressão e lubrificador, pois este irá lubrificar os componentes internos do cilindro com o intuito de prolongar a vida útil dos reparos. O óleo a ser utilizado no lubrificador é o ISO 10 que é próprio para sistemas pneumáticos, pois possui baixa viscosidade. O preparador de ar também irá filtrar partículas sólidas, e umidade no ar comprimido, evitando assim, a oxidação de componentes internos (haste e camisa). Além disso, será instalada tubulação rígida em aço de diâmetro de 3/4" que servirá como linha de alimentação de ar comprimido para os cilindros, também será substituída as mangueiras pneumáticas de poliuretano por mangueiras de nylon, que são mais resistentes a temperatura. Outra ação a ser tomada é o alinhamento do cilindro pneumático, com o objetivo de evitar esforços fora do eixo do cilindro para que assim a haste não seja empenada.

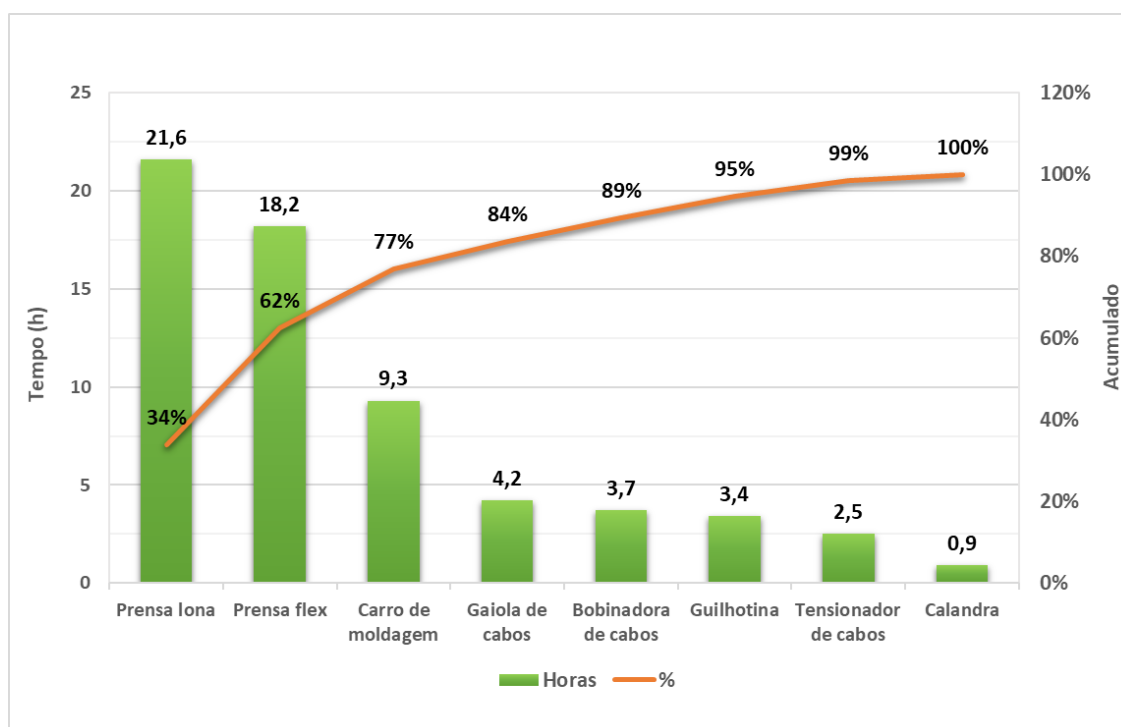
4 RESULTADOS

Os resultados foram obtidos a partir das implantações das melhorias nos principais componentes da prensa flex. Os dados coletados para análise dos resultados são referentes ao período de janeiro a maio do ano de 2022.

4.1 DIAGRAMA DE PARETO DE 2022

Após a implantação das ações de melhorias nos componentes da prensa flex, realizou-se a coleta dos dados de tempo total de falhas e números de falhas do sistema SAP PM, do período que varia de janeiro a maio de 2022. Dessa forma, foi possível criar e analisar o diagrama de Pareto do processo produtivo. Percebeu-se que houve diminuição nas horas apontadas para parada de manutenção corretiva no equipamento prensa flex, como pode-se observar na Figura 15.

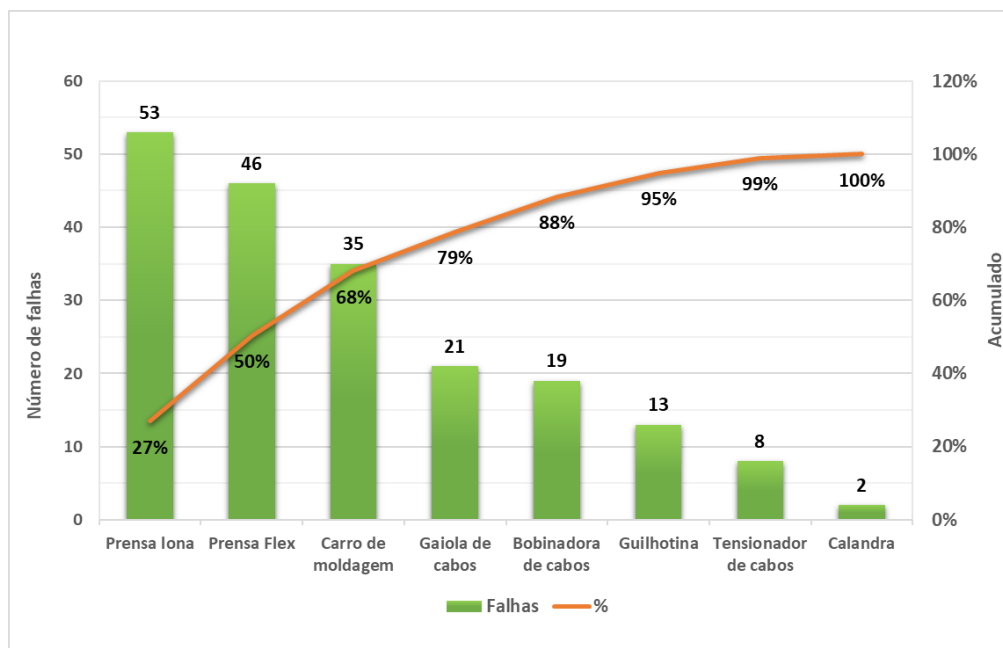
Figura 15. Diagrama de Pareto: tempo de parada por manutenção corretiva por equipamento em 2022.



Fonte: Autoria própria (2022).

Como mostrado na Figura 15, verificou-se que a prensa flex apresenta 18,2 horas de parada para manutenção, com isso, a mesma não é mais o equipamento com maior tempo de parada para manutenção no ano de 2022. Observou-se também que houve redução na quantidade de falhas deste equipamento, como mostra a Figura 16.

Figura 16. Diagrama de Pareto: número de falhas por equipamento em 2022.



Fonte: Autoria própria (2022).

Como mostra a Figura 16, a prensa flex não é mais o equipamento que apresenta maior número de falhas, e isso é decorrente do baixo tempo de horas paradas para manutenção corretiva, que influencia diretamente na melhora dos indicadores de manutenção.

4.2 CÁLCULO DE INDICADORES DO ANO DE 2022

Realizou-se o levantamento dos dados de tempo total de operação da prensa flex, tempo de parada de máquina para manutenção e falhas por equipamento de janeiro a maio do ano de 2022. Dessa forma, pôde-se reunir os dados do equipamento prensa flex necessários para realização dos cálculos dos indicadores de manutenção, como mostra a Quadro 6.

Quadro 6. Dados do SAP do ano de 2022.

Dados do ano de 2022	
Tempo total de operação (TO)	2.750 Horas
Tempo total de parada (TP)	18,2 Horas
Número de paradas	46

Fonte: Autoria própria (2022).

Conforme os dados, foi possível efetuar os cálculos dos indicadores de manutenção para o ano de 2022, como expõe o Quadro 7.

Quadro 7. Indicadores de manutenção em 2022.

Indicadores de manutenção do ano de 2022	
Indicador	Valor
Taxa de falha (λ)	0,0167
Confiabilidade (23 horas)	68,1%
Tempo médio de falha (MTBF)	59,78 h
Tempo médio para reparo (MTTR)	0,395 h
Disponibilidade	99,3%
Taxa de reparo (μ)	2,52
Manutenabilidade (0,395 horas)	63%
Manutenabilidade (1 hora)	91,9%

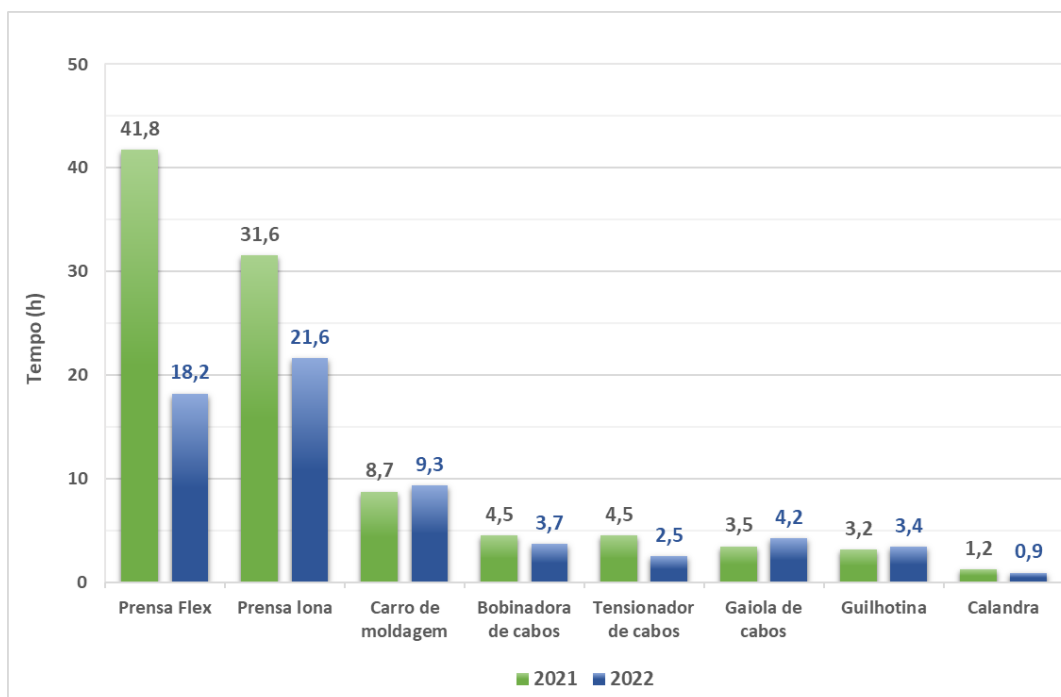
Fonte: Autoria própria (2022).

Dessa forma, foi possível analisar os indicadores de manutenção e identificou-se que a possibilidade de o equipamento operar por 23 horas seguidas são de 68,1%, além disso, a disponibilidade para operação da prensa flex é de 99,3%. A probabilidade de efetuar-se reparo na prensa flex durante o intervalo de 0,395 horas é de 63%, porém se o intervalo de tempo for de 1 hora, a possibilidade de a equipe de manutenção realizar o conserto aumenta para 91,9%. Portanto, estes resultados representam uma melhor fluidez no processo de vulcanização de correias transportadoras, aumentando a produtividade e eficiência. Além disso, eleva-se também a qualidade das correias transportadoras, uma vez que, a prensa flex em bom estado de funcionamento não gera defeitos (bolhas e ondulações) nas correias durante a vulcanização, o que reduz o retrabalho para corrigir essas imperfeições.

4.3 COMPARAÇÃO 2021 E 2022 PÓS MELHORIAS

Após o levantamento dos dados pôde-se realizar uma comparação entre o período de agosto a dezembro do ano de 2021, antes de serem aplicadas as melhorias, e o período de janeiro a maio do ano de 2022 pós melhorias, em relação ao tempo de parada da prensa flex, como expõe a Figura 17.

Figura 17. Comparativo tempo de parada por equipamento.



Fonte: Autoria própria (2022).

Logo percebeu-se que a prensa flex no ano de 2022 apresentou redução de cerca de 56% no tempo de parada de máquina em relação ao ano de 2021, este fato ocorreu devido a implementação de melhorias nos componentes que apresentavam maior criticidade, resultando assim, na diminuição do tempo de parada para manutenção, e com isso, aumento da produtividade e eficiência do equipamento.

Também foi realizado a comparação entre o ano de 2021 e 2022 em relação aos indicadores de manutenção, com o intuito de verificar e analisar possíveis melhoras, como pode ser observado no Quadro 8.

Quadro 8. Comparativo indicadores de manutenção 2021 e 2022.

Comparativo indicadores de manutenção 2021 e 2022		
Indicador	Ano	
	2021	2022
Taxa de falha (λ)	0,0291	0,0167
Confiabilidade (23 horas)	51,2%	68,1%
Tempo médio de falha (MTBF)	34,4 h	59,78 h
Tempo médio para reparo (MTTR)	0,522 h	0,395 h
Disponibilidade	98,5%	99,3%
Taxa de reparo (μ)	1,91	2,52
Manutenabilidade (MTTR)	63%	63%
Manutenabilidade (1 hora)	85,2%	91,9%

Fonte: Autoria própria (2022).

Com base na análise do Quadro 8, percebeu-se que no ano de 2022 o indicador de confiabilidade apresentou aumento de 16,9 % em relação ao ano de 2021, ou seja, isso significa que a probabilidade do equipamento prensa flex estar em plena operação por 23 horas seguidas é de 68,1%. Além disso, houve aumento no tempo médio de operação do equipamento e redução de cerca de 25% do tempo médio de reparo no ano de 2022, que tem por consequência aumento da disponibilidade do equipamento para produção.

Além do mais, o indicador de manutenibilidade também sofreu acréscimo de 6,7%, isso quer dizer que a possibilidade do equipamento ser reparado no intervalo de 1 hora é de 91,9%. Portanto, isso demonstra que as melhorias propostas foram eficientes, pois alcançaram bons resultados em relação a redução de parada e reparo de máquina.

5 CONCLUSÕES

A utilização das ferramentas da qualidade em especial Pareto, possibilitaram a identificação dos equipamentos e componentes mais críticos, que foram analisados e tratados através dos cinco porquês, que tem como objetivo detectar as causas raiz das falhas em componentes. Além disso, através dessas ferramentas foram propostos soluções e planos de ações para solucionar tais falhas.

Com a aplicação das ferramentas de Gestão da qualidade, tornou-se possível obter bons resultados em relação a redução no tempo de parada e tempo de reparo na prensa flex, que era o equipamento que apresentava maior criticidade, e por isso foi priorizada. Além disso, os índices de disponibilidade e confiabilidade sofreram aumentos significativos em relação ao ano de 2021 antes das melhorias, com o ano de 2022 após implementação das melhorias. Portanto, com estes aumentos houve melhoria da produtividade e eficiência de máquina. Além do mais, após a implementação das melhorias nos componentes da prensa flex, foi possível definir novos padrões de manutenção. Determinando a periodicidade das manutenções preventivas e definindo o material das peças que melhor atendem as condições de trabalhos dos componentes, com o intuito de evitar a ocorrência de falhas e de reduzir os custos com troca de peças constantemente.

Portanto, concluiu-se que as ferramentas de gestão de qualidade foram de grande importância para o resultado final do trabalho, melhorando a manutenção dos equipamentos, reduzindo falhas no processo, diminuindo o retrabalho, melhorando o tempo de manutenção e aumentando a confiabilidade dos equipamentos.

5.1 PROPOSTAS PARA PESQUISAS FUTURAS

- Como proposta para trabalhos futuros, sugere-se a aplicação da mesma metodologia em outros setores ou equipamentos da linha de produção.
- Os dados de 2022 mostram que o equipamento prensa de lona possui o maior tempo de máquina parada e número de falhas. Nesse sentido, o objetivo seria realizar uma nova análise para este equipamento e verificar todos os dados disponíveis para traçar o plano de ação para cada falha.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Informação e documentação: Referências**. Rio de Janeiro, p. 7. 1994.

CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BORRACHA. **Componentes**. Out. 2014. Disponível em: <<https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/aplicacoes/correias-transportadoras/o-fabrico-de-correias-transportadoras/componentes/>>. Acesso em 05 de abr. 2022.

CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BORRACHA. **Processo de construção**. Out. 2014. Disponível em: <<https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/aplicacoes/correias-transportadoras/o-fabrico-de-correias-transportadoras/processo-de-construcao/>>. Acesso em 05 de abr. 2022.

CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BORRACHA. **Processo de vulcanização**. Out. 2014. Disponível em: <<https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/aplicacoes/correias-transportadoras/o-fabrico-de-correias-transportadoras/processo-de-vulcanizacao/>>. Acesso em 06 de abr. 2022.

CORAIOLA, J. A. **Gerenciamento da rotina: uma metodologia das ferramentas da qualidade numa disciplina específica do curso de tecnologia em eletrotécnica do Cefet - PR**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: Manufatura e serviços, uma abordagem estratégica**. 3 ed. São Paula: Atlas, 2012.

DAVIS, M. **Fundamentos da administração da produção**. Porto Alegre. Bookman. 2001.

GODOY, P. **Correias transportadoras, o que esperar para 2022?**. Jan 2022. Disponível em: <<https://www.jwsservice.com.br/noticias/correia-transportadora-o-que-esperar-para-2022/>> Acesso em 10 de abr. 2022.

HUADE. **Bombas de pistões**. Set. 2019. Disponível em: <<https://www.huade.com.br/bombas-hidraulicas/bombas-de-pistoes/bomba-de-pistoes-variavel-a10vso/>>. Acesso em 20 de abr. 2022.

INSTITUTO METRÓPOLE DIGITAL. **Válvulas de controle de vazão**. Abr. 2020. Disponível em: <<https://materialpublic.imd.ufrn.br/curso/disciplina/1/63/7/6>>. Acesso em: 02 de maio de 2022.

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

MARTINS, A. P. R. **A Influência da Manutenção Industrial no Índice Global de Eficiência (OEE)**. Dissertação (Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial) — Universidade Nova de Lisboa, 2012.

MARTINS, R. A. COSTA, P. L. O. N. **Indicadores de desempenho para a gestão pela qualidade total: uma proposta de sistematização.** Gest. Prod. vol.5 no 3 São Carlos Dez. 1998.

MENDES, C. G. **Ferramentas da qualidade aplicadas na manutenção de máquinas e equipamentos.** Dissertação (Trabalho de conclusão de curso em engenharia mecânica). Universidade de Taubaté. São Paulo, 2018.

MONCHY, François. **A Função Manutenção: Formação para a gerência da Manutenção Industrial.** 1.ed. São Paulo: Ed. Durban, 1987.

NASCIMENTO, A. F. G. **A utilização da metodologia do ciclo PDCA no gerenciamento da melhoria contínua.** Monografia (MBA em Gestão Estratégica da Manutenção, Produção e Negócios). Faculdade Pitágoras. São João Del Rey, 2011.

OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala.** Porto Alegre, Editora Bookman, 1997.

OLIVEIRA, S. L. de. **Tratado de metodologia científica: projetos de pesquisas, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses.** São Paulo: Pioneira, 1999.

PEINADO JURANDIR, GRAEML ALEXANDRE. **Administração da produção: operações industriais e de serviços.** Unicenp. 2007. Disponível em:<<http://www.paulorodrigues.pro.br/arquivos/livro2folhas.pdf>>. Acesso em: 12 de novembro de 2017.

PINTO, A. K; RIBEIRO, H. **Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma.** Rio de Janeiro. ABRAMAN. 2002.

SILVA, D. J. A; MATOS, L. F; GONTIJO, T. S. **A utilização de ferramentas da qualidade em uma empresa de manutenção de equipamentos eletromédicos.** Revista Petra. Vol. 1, n. 2, dezembro de 2015.

SLACK, Nigel. **Administração da Produção.** Edição compacta. São Paulo: Atlas, 2006.

VALENTIM, E.C. **Ferramentas da qualidade aplicadas ao gerenciamento de manutenção: Estudo de caso em uma frota de caminhões.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ed. 01, vol. 05, janeiro de 2019.

VERRI, L. A. **Gerenciamento pela Qualidade Total na Manutenção Industrial Aplicação e Prática.** Rio de Janeiro. Qualitymark. 2012.

VIANA, H. R. **PCM - planejamento e controle da manutenção.** 2ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark, fevereiro de 2022.

VIEIRA, J. C. A. O. **A tecnologia do transportador de correias de longa distância (tcl) como estratégia do sistema de transporte numa mineradora em minas gerais.** Monografia (Curso de especialização em logística estratégica e sistemas de transporte). Departamento de engenharia de transportes e geotecnia, Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2012.

WEISS, A.E. **Key business solutions: essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know**. Grã-Bretanha: Pearson Education Limited, 2011.

WUTTKE, R.A.; SELLITTO, M.A. **Cálculo da disponibilidade e da posição na curva da banheira de uma válvula de processo petroquímico**. Revista Produção Online. Santa Catarina, vol. 8, n. 4, dezembro de 2008.

XENOS, H. G. - **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. 2a Ed. ed. Nova Lima: FALCONI, 2014.

ZAIONS, R. D. **Consolidação da metodologia de manutenção centrada em confiabilidade em uma planta de celulose e papel**. 2003. Dissertação (Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção) Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.