

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

O ESTUDO DE UMA ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO PARA
PRENSA HIDRÁULICA-PNEUMÁTICA

por

Pietra Splendor Ruschel

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenharia Mecânica.

Porto Alegre, julho de 2019



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia Mecânica

O ESTUDO DE UMA ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO PARA
PRENSA HIDRÁULICA-PNEUMÁTICA

por

Pietra Splendor Ruschel

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRA MECÂNICA
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Mário Roland Sobczyk Sobrinho
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: **Mecânica dos Sólidos**

Orientador: Prof. Juan Pablo Raggio Quintas

Comissão de Avaliação:

Prof. Juan Pablo Raggio Quintas

Prof. Herbert Martins Gomes

Prof. Jackson Manfredini Vassoler

Porto Alegre, 8, julho de 2019

AGRADECIMENTOS

Encerrando esse ciclo, não poderia de deixar de agradecer todos aqueles que foram de alguma forma importante para que eu chegasse até aqui. O caminho não foi fácil e não pude estar presente em todos os momentos que eu quis. Entendo que na vida temos que fazer escolhas e que nem todos ficarão felizes pelas nossas escolhas. Para aqueles que viveram esse sonho do começo ao fim e aqueles que entraram no meio da jornada para suportar, meu mais singelo obrigada.

Obrigada aos meus pais, Roberto e Patrícia que abdicaram de inúmeros sonhos para que eu pudesse viver o meu e que nunca deixaram de estar do meu lado mesmo a 150km de distância. Sei que, por mais difícil que seja, vocês entenderam a minha ausência. Obrigada pelo apoio e suporte quando eu quis desistir de tudo, “pôr a cabeça” no lugar não seria possível sem vocês.

Não poderia de deixar de agradecer todas as minhas amigas de infância as “saladas” que estiveram comigo do início ao fim e que também entenderam a minha ausência e meus “piripagues” principalmente na reta final. Vocês são minhas irmãs de coração e tenho certeza que sempre terei o apoio de vocês como eu tive nesses 14 anos de amizade.

Ao meu amor, companheiro e futuro colega de profissão, Pedro Emílio Gazola, que esteve ao meu lado sempre, me suportando quando tudo parecia não ter solução, quando tudo parecia impossível. Não sei como agradecer por toda a paciência e compreensão dos momentos difíceis e por comemorar comigo todas as vitórias e barreiras vencidas. Com certeza não teria conseguido sem teu apoio todos os dias.

Não poderia de deixar de agradecer também a todos os meus colegas de faculdade que sempre compartilharam seus conhecimentos e tiveram espírito de coleguismo e trabalho em equipe. A minha amiga que desde o primeiro dia de aula esteve presente e me auxiliou até o último trabalho na faculdade, Ana Luiza Ávila.

Quero agradecer também a todos os meus colegas de trabalho que acreditaram no meu potencial, que me suportaram em momentos de tensão e dúvida e por entenderem que eu não poderia estar presente em alguns momentos. Em especial, eu agradeço ao meu supervisor Márcio Prá Veleda que acreditou em mim, apostou que eu conseguiria chegar onde estou e que sempre fez o possível para entender minhas demandas da faculdade.

Agradeço a todos os familiares que sempre me apoiaram e entenderam a minha ausência. À família do meu namorado, por todo o carinho e compreensão. A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que esse momento chegasse.

Ruschel, P. S. **O estudo de uma estratégia de manutenção para uma prensa hidráulica-pneumática**. 2019. 26 páginas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019

RESUMO

A estratégia da manutenção tem sofrido mudanças nos últimos anos para atender o mercado que está cada vez mais competitivo. Na visão atual, a manutenção existe para que não haja manutenção, ou seja, a nova estratégia da manutenção está cada vez mais focada em estudos de como evitar uma falha do que como corrigi-la. Por esse motivo que são desenvolvidos e implementados novos métodos para o aumento da disponibilidade e confiabilidade do equipamento, como por exemplo a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC). Para a prensa hidráulica-pneumática apresentada neste trabalho, é implementado o método da MCC com o objetivo de estabelecer uma estratégia de manutenção fundamentada. Como esse equipamento é um equipamento crítico para a linha de montagem e todas as paradas não programadas estavam afetando diretamente a linha de montagem principal, julgou-se necessário um estudo concreto para a diminuição de tempo de máquina parada. Com base na lista de funções de cada sistema e suas falhas funcionais foi realizado uma análise de modos e efeitos de falha (FMEA) e ao mesmo tempo foi utilizado o método da análise de Weibull para um real diagnóstico do equipamento com o cálculo da taxa de falha e confiabilidade. A partir dos resultados encontrados da análise das consequências dos efeitos de falha estabelecido no FMEA e os resultados da análise de Weibull foi possível construir um plano de manutenção estruturado e efetivo, além de definir os responsáveis por cada tarefa.

PALAVRAS-CHAVE: Estratégia da Manutenção, Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), Distribuição de Weibull, Análise de modos e efeitos e falha (FMEA).

Ruschel, P. S. **The Study of a Maintenance Strategy for a Hydraulic - Pneumatic Press.** 2019. 26 páginas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019

ABSTRACT

In past years, the maintenance strategy has been changing to serve the increasingly competitive market. Nowadays, the maintenance exist so that maintenance is no longer needed, in other words, this new strategy is focused even more on studies to understand how to avoid the failure rather than correct it. For that reason, new methods are being developed and implemented to increase equipment availability and reliability, such as Reliability Centered Maintenance (RCM). For the hydraulic-pneumatic press presented in this paper, the RCM method is implemented in order to set up a new maintenance grounded strategy. Since this equipment is a critical one at assembly line and all the unscheduled breakdown was affecting directly at the main assembly line, it was considered necessary a specific study for the reduction of machine breakdown time. Then based on the function list of each system and its operational failures, a failure mode and effect analysis (FMEA) was performed and at the same time the Weibull analysis method was used for a real equipment diagnosis with the calculation of the failure rate and reliability. From the results, analysis of the consequences of failure effects settled by FMEA and of the Weibull analysis was possible to develop a structured and effective maintenance plan and the responsible for each task.

KEYWORDS: Strategy of Maintenance, Reliability Centered Maintenance (RCM), Weibull Distribution, Failure Modes and Effects Analysis (FMEA).

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	1
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	2
3.1 Gestão de ativos	2
3.2 Gestão estratégica da manutenção	2
3.2.1 Tipos de manutenção	2
3.3 Métodos e ferramentas para aumento da confiabilidade na manutenção.....	4
3.3.1 Confiabilidade.....	4
3.3.2 Análise de Weibull.....	5
3.4 Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC).....	5
4. METODOLOGIA PARA APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC).....	6
4.1 Escolha do Equipamento	6
4.1.1 Sistema pneumático	8
4.1.2 Sistema de lubrificação automática	8
4.1.3 Sistema hidráulico	8
4.2 Análise funcional do sistema e suas falhas funcionais	8
4.3 Histórico do equipamento	9
4.4 Análise de efeitos e modos de falha (FMEA)	9
4.5 Análise das consequências das falhas.....	10
4.6 Análise de Weibull na Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC).....	11
4.7 Definição de uma estratégia de manutenção	11
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	13
6. CONCLUSÕES	14
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
ANEXOS	16
APÊNDICES	17

1. INTRODUÇÃO

A manutenção tem evoluído muito nos últimos 90 anos, onde antes se tinha um conceito de manutenção com execução sem planejamento e sem controle, hoje, o conceito de manutenção passou a ser: execução com planejamento e controle. A evolução da manutenção está atrelada ao desenvolvimento das unidades de produção, com maiores complexidades dos equipamentos, aumento do número e diversidade dos itens físicos, sendo assim, necessário uma gestão da manutenção.

Desde a década de 60 o desafio da manutenção começou a ser voltado para a minimização de falhas prematuras, devido ao surgimento da necessidade de uma maior disponibilidade e confiabilidade para elevar os níveis de produtividade e qualidade do produto final. Para Kardec e Nascif, 2001, o único produto que a operação deseja comprar da manutenção e da engenharia chama-se maior disponibilidade e confiável ao menor custo.

Com esse pensamento, foram desenvolvidas novas técnicas ao longo dos anos para aprimorar as estratégias da manutenção, como MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade), TPM (Manutenção Produtiva Total) e PCM (Planejamento e Controle da Manutenção). Indicadores e índices de manutenção também começaram a ser utilizados para garantir que os ativos estejam sempre nas melhores condições produtivas para a empresa. Os indicadores são dados essenciais para o gerenciamento da manutenção, tanto em gestão conjunta de negócio como gestão da manutenção em máquinas, custos, mão de obra, material, saúde, segurança e meio ambiente. [Branco, 2006]

Os métodos podem ser aplicados em diferentes equipamentos de diferentes plantas industriais. Neste trabalho foi escolhido implementar o método de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em uma prensa hidráulica-pneumática (PHI049) que pertence a linha de montagem *Final Drive* (Montagem da Redução Final) de uma fábrica de tratores. A linha de montagem *Final Drive* é responsável por entregar à linha principal de montagem da redução de três diferentes modelos de tratores. Os equipamentos que constituem essa linha de montagem são de complexidade relevante, todos os equipamentos são automatizados com sistemas elétrico, pneumático e hidráulico.

Hoje, essa linha de montagem está apresentando uma quantidade significativa de falhas e conseqüentemente paradas de manutenções não planejadas. Além disso o mau funcionamento de qualquer equipamento e principalmente da prensa hidráulica-pneumática PHI049, reflete diretamente na qualidade do produto final, gerando retrabalho e custos não previstos para operações. Por esses motivos que é de extrema necessidade um estudo da confiabilidade.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é a implementação de uma estratégia de manutenção proativa na linha de montagem da redução final (*Final Drive*) começando pelo equipamento que mais está apresentando falha e/ou tempo de reparo a fim de aumentar a vida útil e diminuir os custos com manutenção não planejada. A decisão da estratégia de manutenção proativa mais adequada para esses equipamentos virá a partir do resultado da implementação da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), a partir das análises das falhas funcionais, suas causas e conseqüências.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Gestão de ativos

Ativo pode ser definido como uma entidade com valor monetário. No contexto de Manutenção, um ativo pode ser considerado qualquer equipamento ou sistema de uma planta ou instalação [Nascif e Dorigo, 2009]. A Gestão de Ativos é um método para alcançar a máxima lucratividade do capital investido pela empresa, a partir de uma definição da performance da unidade operacional estando associada a um ciclo de melhoria que se baseia em modelo empírico de cinco estágios como mostra na Figura 3.1.

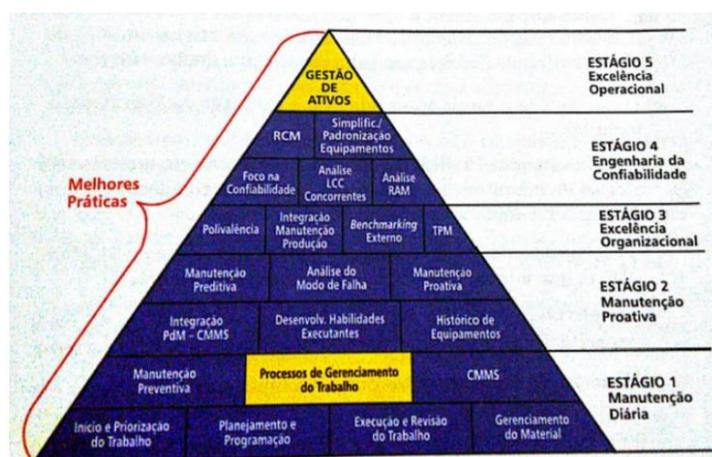


Figura 3.1: Pirâmide dos 5 estágios (Fonte: Nascif e Dorigo, 2009)

Em uma análise mais detalhada percebe-se várias práticas da manutenção em diferentes estágios e como estão atreladas e são dependentes. O histórico do equipamento e análise dos modos de falha, por exemplo, são etapas que devem ser completadas para alcançar o estágio 4 com o método de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC - também conhecido no inglês como RCM (Reliability Centered Maintenance) e assim chegar mais próximo a Excelência Operacional.

3.2 Gestão estratégica da manutenção

Para sobreviver a este novo cenário de uma economia altamente competitiva, os conceitos básicos e principalmente, a missão da manutenção tiveram que assumir uma nova postura. Desenvolvimento de técnicas e ferramentas de gestão foram indispensáveis para a construção de uma nova estratégia de manutenção. Uma manutenção com qualidade que maximiza a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos e instalações, tomando indicadores de para o gerenciamento do desempenho da manutenção. Para Kardec e Nascif, 2001, a missão da manutenção é: garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalação de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, em confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados.

A estratégia moderna da manutenção tem como objetivo manter o equipamento funcionando da melhor forma possível reduzindo a probabilidade de ocorrer uma falha. A falha representa o término da capacidade de um item desempenhar a função requerida [NBR5462/1994], sendo assim, deve-se investir esforços para evitar que a falha ocorra em vez de se preocupar somente em trata-la após a ocorrência. Por esse motivo são implementados diferentes tipos de manutenção, como manutenção preventiva e preditiva, métodos e ferramentas modernos de manutenção como a Manutenção Produtiva Total (TPM) e Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC).

3.2.1 Tipos de manutenção

A forma de como é feita e objetivo de cada intervenção, caracteriza o tipo de manutenção. A escolha do tipo de manutenção tem relação com a estratégia tomada para cada

equipamento. Dentre as manutenções existentes se destaca: manutenção corretiva não planejada e planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva e manutenção detectiva.

3.2.1.1 Manutenção Corretiva

Em situações que há atuação em um equipamento que não esteja desempenhando sua função plenamente e a ação principal seja uma correção ou restauração das condições de funcionamento chamamos de manutenção corretiva. Essa manutenção pode ser dividida em duas classes: não-planejada e planejada. Sendo a primeira aquela que não pode ser adiada, chamada também de manutenção corretiva de emergência. Na maioria dos casos a manutenção corretiva sem o planejamento das atividades, entre os tipos de manutenção, é a que mais gera inconveniências com altos custos de manutenção, baixa da qualidade e parada de produção. Já a manutenção corretiva planejada é sempre mais barata, mais rápida e mais segura do que a manutenção não-planejada. A característica principal da manutenção corretiva planejada é função da qualidade da informação fornecida pelo acompanhamento do equipamento [KARDEC e NASCIF, 2001].

3.2.1.2 Manutenção Preventiva

Como o nome já diz, a manutenção preventiva tem como objetivo prevenir que a falha ocorra. Por meio de planos de manutenção com atividades e periodicidade previamente definidas a manutenção atua no equipamento com o intuito de diminuir as ocorrências com manutenção corretiva. Uma característica importante da manutenção preventiva é que, com ela, consegue-se ter um gerenciamento e planejamento das atividade e nivelamento de recursos. Porém, graças à intervenção em um equipamento que esteja em pleno funcionamento, pode-se ter uma introdução de defeitos causada pela falha dos procedimentos de manutenção, contaminação do sistema, falha humana, entre outros. Esse tipo de manutenção é comumente utilizado em sistemas complexos e/ou operações contínua como em petroquímicas, siderúrgica e indústria automobilística.

3.2.1.3 Manutenção Preditiva

Assim como a manutenção preventiva, a manutenção preditiva é uma manutenção que visa evitar que a falha ocorra, porém diferente da primeira, a preditiva tem como objetivo prever as condições do equipamento sem intervenção e parada do equipamento. Para Branco, 2008 a manutenção preditiva é uma manutenção preventiva aliada ao uso de medições, instrumentos sofisticados e acompanhamentos periódicos podendo ser até remoto, nos equipamentos. A manutenção preditiva é uma manutenção de monitoramento das condições dos equipamentos quanto aos seus parâmetros operacionais e sua degradação. A manutenção será só efetuada quando se detecta a aproximação de uma condição anormal. Como exemplos de manutenção preditiva tem-se análise cromatográfica de óleos lubrificantes, detecção de ruídos, vibração em máquinas rotativas, detecção do aumento de temperatura entre outros.

3.2.1.4 Manutenção Detectiva

Sendo a manutenção mais recente, a manutenção detectiva está atrelada ao objetivo de detectar falhas. Kardec e Nascif, 2001 definem a manutenção detectiva como a ação efetuada em sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. Sistemas integrados instrumentados de segurança, são sistemas muito utilizados como última barreira entre a integridade e a falha, são sistemas que protegem equipamentos de consequências catastróficas. São sistemas projetados para atuar automaticamente na iminência de desvios que possam comprometer os equipamentos quanto a produção, segurança ou até meio ambiente. A falha desse sistema pode acarretar a não-atuação ou atuação indevida, diminuindo consideravelmente a confiabilidade do equipamento. A manutenção desses sistemas é realizada por uma equipe especializada que realiza uma inspeção no sistema sem tirá-lo de operação.

3.3 Métodos e ferramentas para aumento da confiabilidade na manutenção

3.3.1 Confiabilidade

Do inglês *Reliability*, a confiabilidade teve origem na década de 50 nos Estados Unidos, a partir de análises de falha em equipamentos militares. Com o passar dos anos e o aumento da demanda por produtos e sistemas de melhor desempenho, surgiu a necessidade da redução da probabilidade de falhas, resultando em uma crescente confiabilidade. [Fogliatto e Ribeiro, 2009].

Lafraia, 2001 define a confiabilidade como a probabilidade de que um equipamento ou sistema funcionando dentro dos limites especificados de projeto, não falhe durante o período de tempo previsto para a sua vida, dentro das condições de agressividade do meio. A ferramenta pode ser utilizada nas diferentes fases da vida do equipamento ou sistema como projeto e desenvolvimento, manufatura e instalação, operação, manutenção e descarte. Podendo trazer benefícios desejáveis à organização, como aumentar o lucro através da diminuição de paradas não programadas, custos com manutenção e operação e diminuição da probabilidade de acidentes.

A atuação nas causas básicas dos problemas e não nos sintomas é o diferencial da confiabilidade, através de históricos de falhas dos equipamentos, determinação das causas básicas das falhas e prevenção de falhas em equipamentos similares.

3.3.1.1 Parâmetros de confiabilidade

Por se tratar de uma probabilidade estatística de não ocorrer falhas, a confiabilidade é uma medida numérica que varia de 0 a 100%, podendo ser expressa na equação 3.1:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (3.1)$$

onde λ é a taxa de falhas e t o tempo previsto de operação.

3.3.1.2 Taxa de falha (λ)

Todo o equipamento é desenvolvido para desempenhar uma certa função por um determinado tempo. Quando esse equipamento não apresenta o desempenho previsto, é utilizado o termo falha para identificar essa situação. Em uma visão ampla, os equipamentos falham por três fatores básicos: falha de projeto, falha na fabricação, falha na utilização. Tendo consequências como interrupção de produção, operação em regime instável, queda na produtividade, perda de qualidade no produto e geração de riscos a quem opera. Lafraia, 2001 define a taxa de falha como a frequência com que as falhas ocorrem, num certo intervalo de tempo, medida pelo número de falhas para cada hora de operação ou número de operações do sistema ou componente.

3.3.1.2.1. Curva característica da Vida de Equipamento

Também conhecida como Curva da Banheira (Figura 3.2), a curva característica da vida de equipamento ou um componente apresenta três períodos de vida característicos: Mortalidade infantil; Período de vida útil; Período de desgaste.

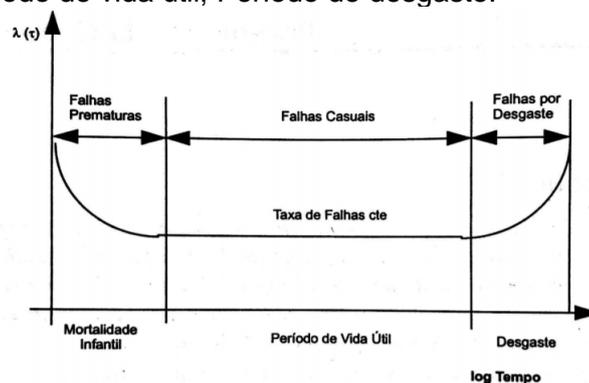


Figura 3.2: Curva da banheira (Fonte: Lafraia, 2001)

No período de mortalidade infantil há grande incidência de falhas causadas por componentes com defeitos de fabricação, deficiência de projeto ou até mesmo podem ser oriundas de problemas de instalação. Essas falhas são consideradas falhas prematuras justificando o período de garantia do equipamento ou componente. Nesse período a taxa de falhas é decrescente. O período de vida útil é caracterizado por taxas de falhas constante. A ocorrência de falhas decorre de fatores não controlados, ou seja, são de natureza aleatória sendo difíceis de prever. Já no caso do período de desgaste, inicia-se o término da vida útil do equipamento com a taxa de falhas crescente. O aumento dessa taxa de falha se dá pelo desgaste natural, fadiga, deterioração ou até mesmo manutenção insuficiente ou deficiente do equipamento ou componente.

3.3.2 Análise de Weibull

A função de Weibull iniciou em um estudo sobre a resistência dos aços e com o tempo mostrou-se bastante adequada à análise de falhas em equipamentos devido a sua flexibilidade e capacidade de representar amostras de tempos até a falha com diferentes comportamentos. A Análise de Weibull é um método estatístico que correlaciona dados específicos de falha com uma distribuição particular.

A Equação de Weibull para cálculo da Probabilidade de falha em função do tempo de funcionamento é dada pela equação 3.2 e a Confiabilidade é dada pela equação 3.3. Já a função densidade $f(t)$ de probabilidade que é o percentual de falhas ocorridas na unidade de tempo é dada pela equação 3.4 e a taxa de falha $\lambda(t)$ que indica a probabilidade de ocorrências de falhas por unidade de tempo é dada pela equação 3.5:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (3.2) \quad , \quad R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (3.3)$$

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} t^{\beta-1} e^{-\frac{t^\beta}{\eta}} \quad (3.4) \quad , \quad \lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (3.5)$$

onde β é o fator de forma e η é a vida característica.

A vida característica (η) é um parâmetro de vida mínima. Já o fator de forma (β) informa sobre o período de vida atual do componente. Valores de $\beta < 1$ representa taxa de falhas decrescente, $\beta = 1$ representa taxa de falhas constante e $\beta > 1$ representa uma taxa de falhas crescente como mostra a Figura 3.3.

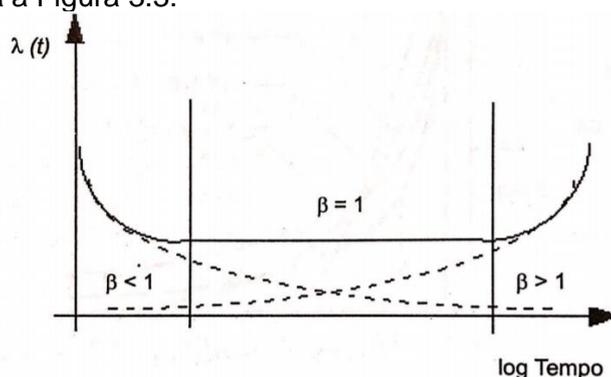


Figura 3.3: Curvas de β em relação ao gráfico de taxa de falhas. (Fonte: Lafraia, 2001)

3.4 Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) tem como objetivo assegurar que um componente ou sistema continue a exercer as funções pela qual foi projetado. Resumidamente, a MCC procura determinar qual é a manutenção ideal para manter o sistema funcionando. Segundo LAFRAIA, 2001 a aplicação da MCC resulta na redução nos custos de mão-de-obra e materiais numa ordem de 30 a 40%.

Os benefícios mais evidentes da aplicação da MCC é o aumento da disponibilidade dos sistemas, aumento da vida útil dos equipamentos, redução do número de peças sobressalentes e rastreamento das decisões.

Na Figura 3.4 há um detalhamento de todas as etapas da MCC, iniciando com a escolha do elemento que será analisado e com a coleta de dados, segunda etapa é análise funcional para a aplicação do FMEA (Análise de modos e efeitos de falhas) na próxima etapa. Após os resultados do FMEA deve ser aplicado o diagrama de decisões do método para a elaboração do plano de manutenção mais adequado ao elemento. Por fim, planos de manutenção já existentes devem ser revisados e novos acompanhados.

Requisitos Operacionais	Análise Funcional	Elaborar FMEA	Diagrama de Decisões	Programa de Manutenção
Montar equipe de análise	Identificar funções	Definir os modos de falhas	Aplicar diagrama de decisões	Comparar com atividades existentes
Identificar dados	Definir funções	Definir as causas das falhas	Identificar tarefas Manutenção Preventiva	Detalhar instruções
Coletar dados	Definir falhas funcionais	Definir efeitos das falhas	Selecionar tarefas efetivas	Revisar planos
Descrever sistema		Classificar consequência	Estabelecer intervalos	Conduzir auditorias
Identificar elementos		Identificar sistemas críticos	Identificar mudanças de projeto	Conduzir mudanças de projeto
Definir fronteiras e interfaces				

Figura 3.4: Etapas da aplicação de MCC (Fonte: Lafraia, 2001)

Para auxiliar na elaboração das etapas que a Figura 3.4 cita, Moubray, 2001, traz sete perguntas sobre cada um dos itens sob revisão ou sob análise crítica:

- Quais são as funções e padrões de desempenho de um ativo no seu contexto presente de operação?
- De que forma ele falha em cumprir suas funções?
- O que causa cada falha funcional?
- O que acontece quando ocorre cada falha?
- De que forma cada falha importa?
- O que pode ser feito para predizer ou prevenir cada falha?
- O que deve ser feito se não for encontrado uma tarefa pró-ativa apropriada?

4. METODOLOGIA PARA APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC).

A metodologia aplicada neste trabalho foi baseada nos métodos de Moubray 2001 e Lafraia 2001 para aplicação de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC).

4.1 Escolha do Equipamento

A escolha do equipamento foi feita a partir do conceito de linha de produção crítica, quantidade de paradas e tempo de reparo. A linha de montagem das reduções (*Final Drive*) é uma linha com equipamentos críticos, que em caso de falha ocasionam parada de produção na linha principal. Com todos os equipamentos da linha *Final Drive* foi construído um gráfico XY numa planilha de dados utilizando a soma do tempo de todas as paradas registradas desde a data de sua instalação (16/06/2015) até o dia 01/05/2019 e quantidade de parada no mesmo período como mostra a Figura 4.1.

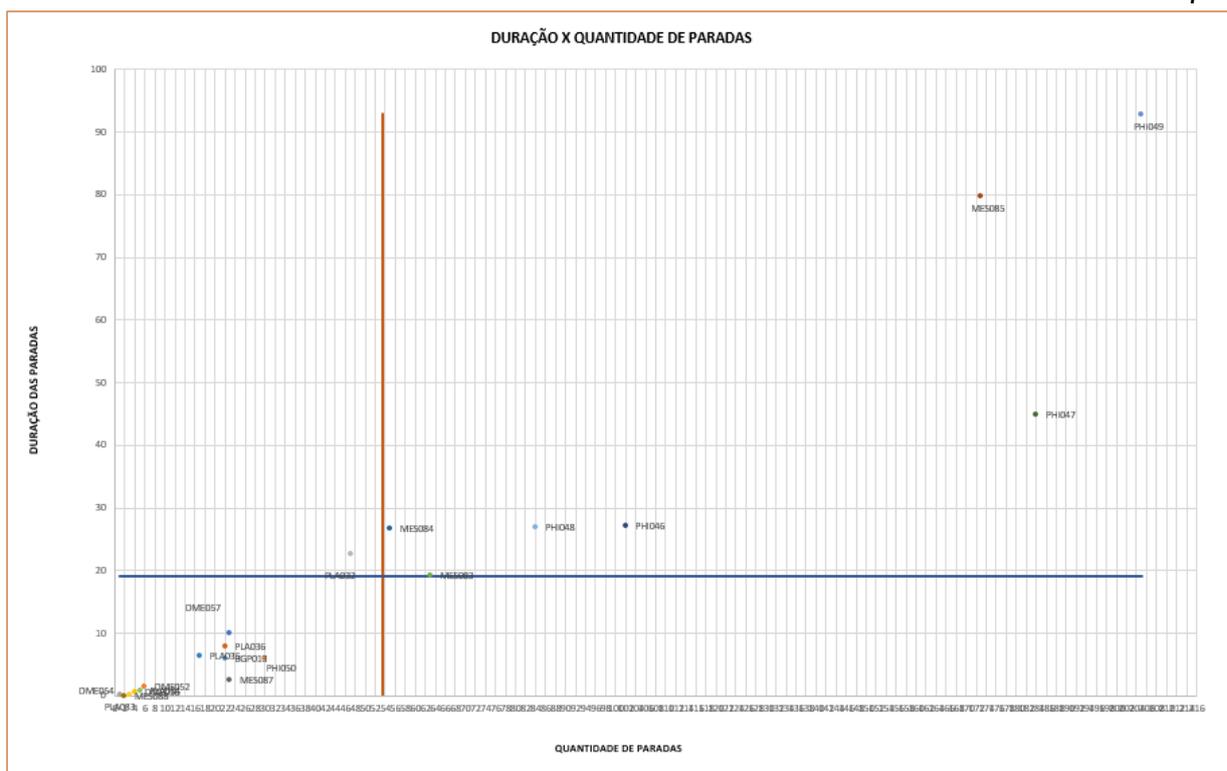


Figura 4.1: Gráfico XY para escolha do equipamento a ser analisado

Todos os equipamentos que ficaram na região superior a direita do gráfico são considerados equipamentos que necessitam de atenção e melhorias (seja estrutural ou na manutenção). O eixo vertical e horizontal são eixos oriundos das médias ponderadas de todas as somas de quantidade de parada (eixo x) e de todas as somas de tempo de paradas (eixo y) e alteram de posição dependendo dos valores das médias. A partir do resultado do gráfico da Figura 4.1, foi escolhido, para aplicar MCC, o equipamento mais crítico, aquele que possui maior tempo de parada em conjunto com a maior quantidade de paradas. Esse equipamento é a PH1049, uma prensa hidráulica-pneumática que prensa o eixo do trator, com capacidade de cinquenta toneladas como mostra a Figura 4.2. O equipamento foi concebido em agosto de 2015.

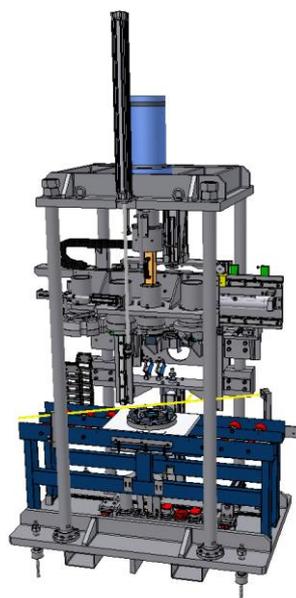


Figura 4.2: Prensa de Eixos – PH1049 50t (Fonte: Manual do equipamento)

A prensa é formada por componentes mecânicos como cilindro hidráulico, cilindros pneumáticos, válvulas pneumáticas, rolamentos, batentes e componentes elétricos como sensores. O sistema geral do equipamento divide-se em quatro sistemas principais: elétrico, pneumático, hidráulico e lubrificação automática. Dentro desses sistemas principais temos os subsistemas que completam o ciclo de funcionamento do equipamento, início e fim de ciclo, movimentação e posicionamento da mesa central, lubrificação do rolamento e prensagem dos componentes. O funcionamento do equipamento resume-se na montagem do retentor, do espaçador, lubrificação automática do rolamento e montagem do rolamento no eixo do trator.

4.1.1 Sistema pneumático

O sistema pneumático é responsável pelo início e fim de cada ciclo da máquina a partir do acionamento do cilindro pneumático que faz a abertura e o fechamento da porta de segurança. A segunda tarefa da máquina, o sistema de movimentação, também é totalmente pneumático. Todos os sentidos de movimento da mesa central (deslocamento horizontal e vertical) se dão por comandos pneumáticos a partir de válvulas e cilindros pneumáticos. Os comandos de movimentação são emitidos a partir do CLP (Controlador Lógico Programável) da máquina que envia rotinas para cada modelo a ser montado.

4.1.2 Sistema de lubrificação automática

A lubrificação automática inicia seu ciclo em um equipamento adjacente chamado BGP013 (Bomba de Graxa) que está interligada diretamente com a prensa (PHI049). A PHI049 emite um sinal para a Bomba de Graxa e a mesma envia a graxa até o local onde será lubrificado o rolamento. Todo o sinal é enviado para a Bomba pelo CLP da prensa e a distribuição da graxa no rolamento é feita por cilindros pneumáticos.

4.1.3 Sistema hidráulico

O sistema hidráulico é responsável pelo sistema de prensagem dos componentes no eixo do trator. Sendo composto por um reservatório de óleo hidráulico com válvulas e bomba hidráulica adjacentes à prensa. Esse sistema abastece um cilindro hidráulico na parte superior do equipamento. O cilindro hidráulico é o componente responsável pela prensagem do rolamento no eixo e é esse componente que caracteriza a capacidade da prensa em 50 toneladas. O processo de prensagem ocorre até três vezes dentro de um ciclo da máquina, o cilindro hidráulico pressiona um batente que faz o contato com a peça.

4.2 Análise funcional do sistema e suas falhas funcionais

Uma falha funcional é definida como a incapacidade de qualquer item em atingir o padrão de desempenho esperado [Lafraia, 2001]. As falhas são categorizadas em duas funções: primária e secundária. Função primária se diz o motivo pelo qual o equipamento ou componente foi adquirido, representando a razão básica para a existência do ativo e a função secundária por sua vez é a função além da primária, ou seja, o que é esperado que o ativo faça além das funções primárias. Pensando nos conceitos apresentados, foi determinada a função de cada sistema e suas falhas funcionais como mostra a Tabela 4.1.

Na Tabela 4.1 estão todos os sistemas da prensa e cada sistema está subdividido em suas funções e as falhas de cada função. A função do sistema é o que o sistema foi projetado para fazer e a falha da função ou falha funcional, é a falha que ocorre impedindo que o sistema realize a função corretamente. Essa tabela é usada posteriormente para realizar a análise dos modos e efeitos de falha (FMEA).

Tabela 4.1: Funções e falhas funcionais dos sistemas da prensa

SISTEMA	FUNÇÃO	FALHA FUNCIONAL
SISTEMA PNEUMÁTICO	MOVIMENTAÇÃO PARA O POSICIONAMENTO DA MESA CENTRAL DURANTE OS TRÊS TEMPOS DO CICLO	NÃO MOVIMENTA A MESA
		VELOCIDADE DA MOVIMENTAÇÃO DA MESA DIFERENTE DO ESPECIFICADO
		POSICIONAMENTO INCORRETO DA MESA
	MOVIMENTAÇÃO PARA O POSICIONAMENTO DO CALÇO	POSICIONAMENTO INCORRETO DO CALÇO
		VELOCIDADE DA MOVIMENTAÇÃO DA MESA DIFERENTE DO ESPECIFICADO
		NÃO MOVIMENTA O CALÇO
	INICIAR E FINALIZAR O CICLO COM ABERTURA E FECHAMENTO DA PORTA	NÃO MOVIMENTAÇÃO ABERTURA/FECHAMENTO DA PORTA
		FECHAMENTO ALEATÓRIO DA PORTA
		VELOCIDADE ABERTURA/FECHAMENTO DIFERENTE DA ESPECIFICADA
LUBRIFICAÇÃO AUTOMÁTICA	LUBRIFICAR O ROLAMENTO	NÃO LUBRIFICA O ROLAMENTO
	CONTROLAR A QUANTIDADE CERTA DE GRAXA POR ROLAMENTO	LUBRIFICAR COM QUANTIDADE DIFERENTE DA ESPECIFICADA
	CONTENÇÃO DA GRAXA	NÃO CONTER A GRAXA
SISTEMA HIDRÁULICO	PRENSAR OS COMPONENTES NO EIXO	NÃO PRENSAGEM DOS COMPONENTES CORRETAMENTE
	CONTENÇÃO DO ÓLEO HIDRÁULICO	NÃO CONTER O ÓLEO HIDRÁULICO

4.3 Histórico do equipamento

Antes de realizar a análise dos modos e efeitos da falha (FMEA), é necessário a organização do histórico de falhas do equipamento. Para o equipamento analisado, foi extraído informações de falhas do banco de dados da manutenção desde novembro de 2015 até maio de 2019. Quanto mais informações se têm a respeito das falhas do equipamento, mais preciso ficará o resultado do FMEA (item 4.4) e a análise de Weibull (item 4.5) para o cálculo de taxa de falha e confiabilidade. Na Tabela do Apêndice I estão listas todas as falhas encontradas no histórico do equipamento.

4.4 Análise de efeitos e modos de falha (FMEA)

Qualquer evento que pode levar algum equipamento ou componente a falhar é considerado um modo de falha. A análise do modo de falha se torna importante a partir do momento que se entende que a manutenção é gerenciada ao nível do modo de falha. Já o efeito de uma falha descreve o que acontece quando ocorre um modo de falha [Moubray,2001]. Diferente de consequência de falha, o efeito leva em consideração evidências da falha, se há algum modo que pode ameaçar a segurança ou meio ambiente, se há alguma maneira que afete a produção e o que precisa ser feito para reparar a falha.

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) ou análise de efeitos e modos de falha realizada de forma simples e eficiente. Para listar os modos de falha é necessário pensar na causa da falha funcional, o que pode ter ocorrido para que haja uma falha na função do sistema. Já o efeito da falha, o próprio nome já diz, é o efeito que o modo de falha ocasiona no sistema, como no caso da prensa, uma mangueira dobrada/amassada, o que ocorre com esse episódio? A passagem de ar comprimido a partir daquele ponto é interrompida. Dessa forma devem ser preenchidos todos os modos de falhas possíveis para o equipamento assim como seu efeito. Na Tabela 4.3 estão listados todos os modos e efeitos de falha para a função de movimentação para o posicionamento da mesa central durante os três tempos do ciclo, o restante dos modos de falha e efeito estão na Tabela do Apêndice II.

Tabela 4.2: Efeito dos modos de falha

FUNÇÃO	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA (causa)	EFEITO DE FALHA
MOVIMENTAÇÃO PARA O POSICIONAMENTO DA MESA CENTRAL DURANTE OS TRÊS TEMPOS DO CICLO	NÃO MOVIMENTA A MESA	Mangueira dobrada/amassada/desconectada/rompida	Passagem do ar comprimido interrompido. Parada de produção: 2h
		Quebra da haste do cilindro de movimentação horizontal	Perda da função do cilindro. Necessita substituir. Parada de produção: 4h
		Quebra da haste do cilindro de movimentação vertical	Perda da função do cilindro, mesa pode ficar suspensa por um dos lados. Necessita substituir. Parada de produção: 2h
		Quebra da guia ou patins da movimentação horizontal	Perda da função. Necessita substituir. Parada de produção: 4h
		Quebra da guia ou patins da movimentação vertical	Perda da função, mesa pode ficar suspensa por um dos lados. Necessita substituir. Parada de produção: 2h
		Válvula de abertura e fechamento do sistema de ar comprimido fechada	Passagem do ar comprimido interrompido. Parada de produção: 2h
	VELOCIDADE DA MOVIMENTAÇÃO DA MESA DIFERENTE DO ESPECIFICADO	Vazamento em válvulas, conexões e/ou mangueiras	Movimento lento dos cilindros ocasionando perda de produtividade. Parada de produção para substituição: 0,5h
		Cilindros com vedações ressecadas / rompidas	Vazamento de ar pela haste do cilindro. Parada de produção para substituição: 4h
		Haste do cilindro com rebarba	Corte na vedação. Parada de produção para substituição: 2-4h
		Guia e patins sofrendo atrito (falta de lubrificação)	Desgaste prematuro dos patins e guias. Parada de produção para substituição: 4h
		Válvula reguladora de fluxo desregulada/quebrada	Pressão do sistema de ar comprimido incorreta. Parada de produção para substituição: 0,5h
		Filtro da válvula reguladora saturado	Pressão do sistema de ar comprimido incorreta. Parada de produção para substituição: 0,5h
	POSICIONAMENTO INCORRETO DA MESA	Haste do cilindro empenada	Perda da função do cilindro. Necessita substituir. Parada de produção: 2h
		Sensor fora de posição	Não reconhecimento da mesa no local correto. Parada de produção para reposicionar: 1h
		Sensor quebrado	Não reconhece a posição da mesa. Parada de produção: 1,5h
		Quebra/deformação do suporte do cilindro ou sensor	Desalinhamento do sensor ou cilindro. Parada de produção: 2-4h
		Parafusos dos suportes frouxo/cisalhados/inexistente	Desalinhamento do sensor ou cilindro. Parada de produção: 2-4h
		Presença de sujeira/fuligem nas guias e patins	Obstrução dos patins, impedindo de realizar sua função. Parada de produção: 2h
		Desalinhamento da mesa	Sensores não reconhecem a posição. Parada de produção: 24h

4.5 Análise das consequências das falhas

A combinação do contexto de operação do item, os padrões de desempenho que se aplica a cada função e os efeitos físicos de cada modo de falha, indica que cada falha tem um conjunto de consequências associadas a ela. Para falhas que geram consequências severas, como segurança ao operador, parada de produção e/ou danos ao meio ambiente, deve-se realizar um estudo para evitar a falha, reduzir ou eliminar as consequências.

Utilizando os diagramas de decisões de Lafraia, 2001 que estão no Anexo I, é possível classificar cada tipo de consequência de cada falha. O primeiro diagrama inicia separando as consequências em ocultas ou evidentes. No caso de uma consequência evidente ainda há uma subdivisão entre Segurança/Ambiente, Operacional ou Econômica. No Apêndice II está o resultado da análise das consequências das falhas.

4.6 Análise de Weibull na Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)

A análise de Weibull é uma técnica utilizada com o objetivo de analisar o modo de falha de algum componente ou equipamento. Em um modo geral, a partir de Weibull pode-se determinar a confiabilidade, taxa de falha e fase de vida do equipamento e assim determinar a melhor política de manutenção. Utilizando o software Weibull ++ 7 da empresa ReliaSoft, foi gerado o gráfico de taxa de falha (λ) versus tempo da prensa hidráulica-pneumática (PHI049) e calculado o valor de beta (β) e a confiabilidade ($R(t)$), para análise de fase de vida como pode ser analisado na Figura 4.3.

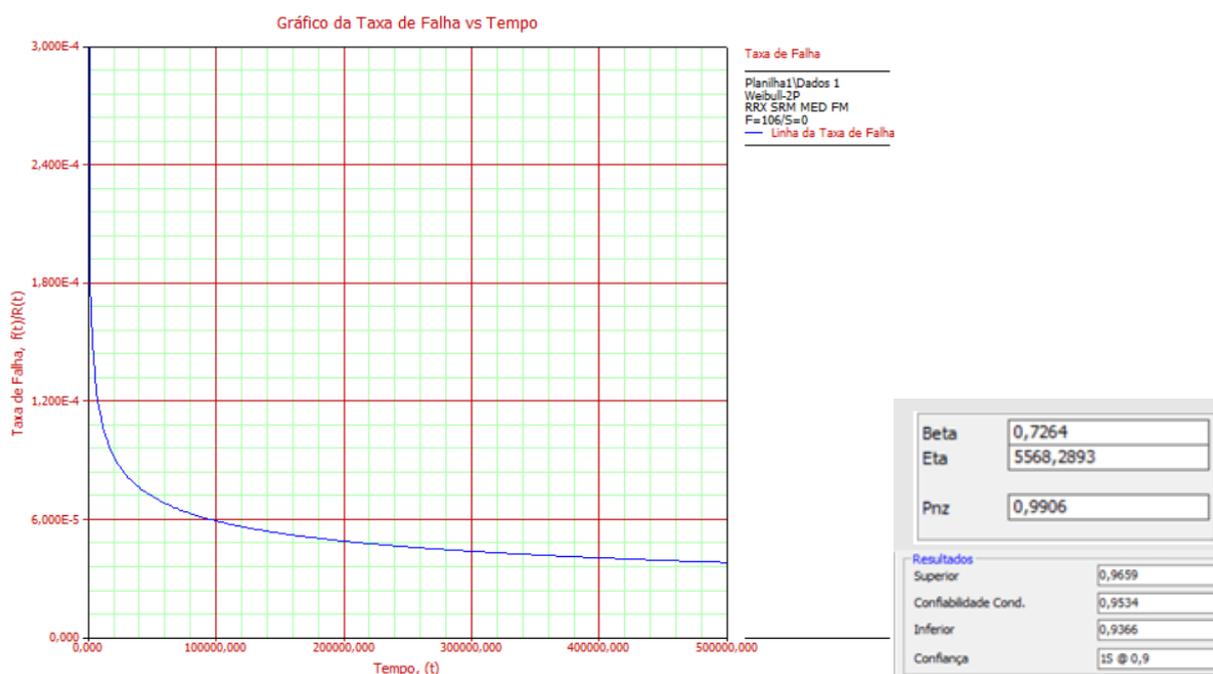


Figura 4.3: Gráfico da Taxa de falha (λ) vs. Tempo e valores de β e confiabilidade ($R(t)$)

No gráfico da taxa de falha da Figura 4.3 nota-se uma taxa de falha decrescente indicando que o equipamento está na fase de vida inicial com falhas prematuras. O resultado indica que o equipamento pode chegar ao fim da vida útil antes do tempo programado em projeto (mortalidade infantil). Para analisar o valor de beta (β) encontrado, foi utilizado o diagrama de decisões do fator de forma de Weibull (Anexo II). O valor de $\beta < 1$ é uma consequência de erros de projeto, na instalação do equipamento e/ou de uma má operação. Para a confiabilidade no equipamento que resultou em um valor de 95,34% e para o valor de MTTF (tempo médio entre falhas) que resultou em aproximadamente 6750 horas para cada sistema individual, é necessária uma estratégia de manutenção e mudanças no projeto para aperfeiçoar esses resultados.

4.7 Definição de uma estratégia de manutenção

Para cada falha funcional é definida a estratégia de manutenção mais adequada. Para falhas ocultas ou evidentes que afetam a segurança ou a capacidade operacional é utilizando o diagrama de decisões apresentado por Lafraia, 2001 que está no Anexo I. A estratégia de manutenção pode ter como resultado uma manutenção preditiva, preventiva ou corretiva. Sempre é preferível uma manutenção preditiva por ser menos invasiva ao equipamento, porém nem sempre é possível por, muitas vezes, não existir um procedimento preditivo aplicável. A manutenção corretiva só é escolhida caso a falha não afete a segurança ou a produtividade e se as consequências forem economicamente inferiores em comparação a manutenção preventiva.

No caso da Prensa (PHI049) foram definidas tanto estratégias pró-ativas (manutenções que acontecem antes da falha, como manutenção preditiva e preventiva) quanto *default*

(manutenções que acontecem após a falha, como manutenção corretiva e manutenção corretiva planejada). Essa definição depende do tipo de modo de falha, seus efeitos e suas consequências a partir da Tabela do Apêndice II. Após a decisão da estratégia foi realizada uma análise da periodicidade necessária para a efetividade das atividades preditivas e preventivas como mostra a Tabela 4.3. Na Tabela do Apêndice II está a análise por completo de todas as estratégias tomadas para as os modos de falhas desse equipamento.

Tabela 4.3: Definição da estratégia de manutenção e sua frequência

FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA (causa)	EFEITO DE FALHA	CONSEQ.	ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO	FREQUÊNCIA	RESPONSAB.
NÃO MOVIMENTA A MESA	Mangueira dobrada/amassada/desconectada/rompida	Passagem do ar comprimido interrompido. Parada de produção: 2h	OCULTA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
	Quebra da haste do cilindro de movimentação horizontal	Perda da função do cilindro. Necessita substituir. Parada de produção: 4h	OCULTA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
	Quebra da haste do cilindro de movimentação vertical	Perda da função do cilindro, mesa pode ficar suspensa por um dos lados. Necessita substituir. Parada de produção: 2h	OCULTA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
	Quebra da guia ou patins da movimentação horizontal	Perda da função. Necessita substituir. Parada de produção: 4h	OCULTA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
	Quebra da guia ou patins da movimentação vertical	Perda da função, mesa fica desalinhada e tem dificuldade de se movimentar. Necessita substituir. Parada de produção: 2h	OCULTA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
	Válvula de abertura e fechamento do sistema de ar comprimido fechada	Passagem do ar comprimido interrompido. Parada de produção: 2h	OCULTA	Check list diário	Diário	Produção

As manutenções de teste ou inspeção periódica são realizadas em uma periodicidade fixa baseado no que o fabricante do equipamento recomenda e o que já existe em equipamentos semelhantes de outras linhas de montagem. O *Check List* diário (Lista de checagem diária) é um procedimento com uma quantidade limitada de tarefas que devem ser realizadas pelo operador antes de qualquer turno. Esse procedimento aumenta a responsabilidade de quem opera, e está com o equipamento a maior parte do tempo, de também manter o equipamento em bom funcionamento e evitar falhas que podem afetar principalmente a segurança de quem opera.

Manutenção preditiva foi uma estratégia escolhida para casos de vazamentos de ar comprimido em cilindros pneumáticos, válvulas, conexões e mangueiras. Essa atividade pode ser realizada a partir de um equipamento especial de detecção de vazamento – Detector Ultrassônico de vazamentos de ar comprimido ou com borrifador contendo água e sabão, onde haver vazamento criará bolhas de ar. Já nos casos de falha de desalinhamento tanto da mesa central, quanto do calço de prensagem, a estratégia escolhida foi a manutenção corretiva, assim como para os sensores. A escolha da manutenção corretiva para o desalinhamento da mesa central e do calço de prensagem foi devido à baixa probabilidade de ocorrência, já a escolha manutenção corretiva para os sensores é uma estratégia econômica.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Tendo como objetivo a escolha de uma estratégia de manutenção mais adequada para uma prensa hidráulica-pneumática visando diminuir a quantidade de falhas, aumentar a vida útil e visualizar os itens críticos do equipamento, foi elaborado um plano de manutenção com atividades e periodicidades diferentes incluindo inspeções, testes e substituições programadas. Ao mesmo tempo foi elaborado também, uma lista de checagem diária (*Check List* diário) para a interação do operador com a máquina, para que o mesmo entenda os sinais das falhas ocultas e consiga reportar a manutenção antes que ocorra uma falha catastrófica. A Tabela 5.1 traz o plano de manutenção preventiva mensal, trimestral, anual e quatro anos. A Tabela 5.2 mostra o *check list* diário (lista de checagem diária) que o operador tem que preencher antes de iniciar o turno. Para a execução das atividades de manutenção preventiva, todos os técnicos foram treinados e capacitados, assim como os operadores da prensa PHI049 em relação ao *check list* diário.

O equipamento também apresenta falhas devido a erros de projetos, como trepidações ao pensar os componentes no eixo fazendo com que os parafusos se soltem da estrutura e deformação nos suportes dos cilindros que consequentemente tiram os sensores de posição gerando paradas inesperadas. Para o alívio das consequências das trepidações seria necessária uma intervenção programada para alinhamento do equipamento, provavelmente houve erro na instalação do mesmo. No caso dos suportes dos cilindros, o ideal seria a troca do material por um mais resistente.

Tabela 5.1: Plano de manutenção preventiva PHI049 - Mensal

PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA – PHI049
Preventiva mensal mecânica
<p>1. Sistema Pneumático:</p> <p>1.1 Inspecionar a existência de alguma mangueira dobrada/amassada/desconectada (testar o equipamento em visualizar se durante o processo há risco de alguma mangueira ser dobrada/amassada/desconectada);</p> <p>1.2 Inspecionar as condições dos cilindros pneumáticos quanto a presença de rebarbas nas hastes, hastes empenadas e/ou soltas;</p> <p>1.3 Inspecionar o aperto dos parafusos, se não há necessidade de reaperto (inclusive os de fixação dos pés do equipamento);</p> <p>1.4 Inspecionar se há vazamentos nos cilindros pneumáticos, em válvulas, conexões e mangueiras.</p> <p>1.6 Testar o movimento do equipamento e observar se há ruídos nos patins das guias horizontais e verticais;</p> <p>1.7 Substituir do filtro da válvula reguladora.</p> <p>2. Sistema Hidráulico:</p> <p>2.1 Inspecionar a presença de vazamento no cilindro hidráulico, bloco de válvulas direcionais, conexões, bomba hidráulica, tanque hidráulico.</p>
Preventiva trimestral mecânica
<p>1. Sistema Mecânico:</p> <p>1.1 Lubrificação das guias e patins (24 pontos) – ver manual;</p> <p>1.2 Inspecionar quanto a presença de sujeira nas guias lineares (6 pontos) – ver manual;</p>
Preventiva semestral mecânica
<p>1. Sistema Mecânico:</p> <p>1.1 Testar as molas das travas index do conjunto dos <i>setup's</i>, se há tensão necessária para fixar os <i>setup's</i>;</p> <p>1.2 Conferir a ocorrência de trincas com auxílio de uma lupa e lanterna no calço;</p> <p>1.3 Conferir a ocorrência de trincas com auxílio de lupa e lanterna no martelo;</p> <p>1.4 Conferir a fixação dos roletes da mesa de roletes;</p> <p>1.5 Conferir travas de bloqueio dos <i>skid's</i>;</p> <p>1.6 Conferir tensionamento das correias transportadoras;</p> <p>1.7 Conferir se as correias transportadoras não estão desfiadas/desgastadas.</p> <p>2. Sistema Pneumático:</p> <p>2.1 Testar o funcionamento do Stopper e inspecionar quanto a desgaste;</p> <p>2.2 Efetuar limpeza do copo silenciador.</p> <p>2.3 Testar o sistema de lubrificação automática do rolamento: testar o funcionamento dos 6 cilindros e dos 6 sensores.</p> <p>3. Sistema Hidráulico:</p> <p>3.1 Remover a proteção da bomba e inspecionar o desgaste das peças do acoplamento;</p> <p>3.2 Inspecionar o estado de conservação das mangueiras hidráulicas.</p>
Preventiva anual mecânica
<p>1. Sistema Hidráulico:</p>

- 1.1 Limpar reservatório hidráulico;
- 1.2 Substituir o filtro de óleo;
- * Após o processo de limpeza e substituição do filtro, testar o sistema e verificar;
- 1.3 Se não há obstrução em alguma mangueira;
- 1.4 Se as válvulas estão funcionando corretamente.

Preventiva 4 anos mecânica

1. Sistema Mecânico:

- 1.1 Inspecionar desgastes nos acoplamentos, hastes e suportes dos cilindros e sensores.

2. Sistema Pneumático:

Substituir as vedações dos cilindros:

- 2.1 CP96SDB63-900
- 2.2 CP96SDB125-250
- 2.3 CP96SDB125-630
- 2.4 DFSP-50-30-OSPA
- 2.5 CDQ2A40-125M
- 2.6 CDQ2A25-35M
- 2.7 C95NDL63-800D
- 2.8 CDQMB20-30
- 2.9 CP96SDB63-115
- 2.10 CP96SDL50-500
- 2.11 C95NDL63-600D
- 2.12 CD55B50-50M
- 2.13 CE1B20-200

3. Sistema Hidráulico:

- 3.1 Troca das vedações do cilindro hidráulico (CDH3-ME5-250)
- 3.2 Troca do elastômero da bomba hidráulica

Tabela 5.2: *Check list* diário operador

CHECK LIST DIÁRIO OPERADOR		Data: ___/___/___
Testar botão de emergência	() Apto () Não apto	
Verificar pressão do sistema na válvula reguladora: 7bar	() Apto () Não apto	
Testar o abre e fecha da porta	() Apto () Não apto	
Verificar se a haste do cilindro da porta está em boas condições (se não está torta)	() Apto () Não apto	
Verificar as condições de conservação das guias da porta	() Apto () Não apto	
Verificar se não há nenhum parafuso nas guias e haste do cilindro solto ou inexistente	() Apto () Não apto	
Caso haja alguma marcação em Não Apto acionar a manutenção imediatamente e <u>não utilizar o equipamento.</u>		

Ainda que haja muitos benefícios na utilização do método de MCC, como a elaboração de uma estratégia de manutenção fundamentada e sólida para o aumento da confiabilidade do equipamento, a metodologia utilizada pode apresentar falhas, como a não execução correta da lista de tarefas de cada plano preventivo. Como os resultados dependem das ações humanas, os resultados da aplicação da metodologia podem não ocorrer no tempo esperado. Para diminuir a probabilidade de não execução correta, o ideal seria um plano de treinamentos de reciclagem para os técnicos.

6. CONCLUSÕES

O Método da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) acarreta muitos benefícios, tanto para quem realiza o estudo quanto para o equipamento que é aplicado. Para quem realiza o estudo, a aplicação da metodologia, principalmente a aplicação da técnica de análise de modos e efeitos de falha (FMEA), traz uma visão diferente do equipamento, a análise traz uma visão macro de todo o funcionamento do equipamento e ao mesmo tempo um

entendimento de cada componente, sua função e as consequências de uma falha da função. Para o equipamento, a MCC traz a oportunidade de aumentar a sua vida com uma estratégia de manutenção fundamentada.

Ao realizar a análise de Weibull juntamente com o método de MCC é possível obter a avaliação da fase de vida do equipamento a partir dos resultados do fator de forma (β) e a curva característica da taxa de falha (λ), direcionando assim, a estratégia que deve ser adotada. Utilizando a prensa (PHI049) como exemplo, a partir de Weibull foi identificado que o equipamento está na fase de vida inicial tendendo à mortalidade infantil, com essa informação ficou sabido que a estratégia deveria envolver mudança no projeto original do equipamento e um plano de manutenção com testes e inspeções com uma curta periodicidade.

A metodologia aplicada na prensa pode ser aplicada em diversos outros equipamentos, porém, como é um processo com etapas detalhadas, ele acaba sendo trabalhoso e demandando tempo da equipe. Por esses motivos, é aconselhável aplicar MCC somente em equipamentos críticos à segurança do operador, meio ambiente ou críticos à produção.

A estratégia já começou a ser posta em prática. Em um primeiro momento, o que se espera é a diminuição na quantidade de falhas do equipamento e melhora no indicador MTTF (Tempo médio entre falhas). Os planos devem ser monitorados e melhorados à medida que são executados, em um longo prazo espera-se aumentar a vida útil da prensa. Essa metodologia será aplicada em outros equipamentos da mesma linha de montagem que seguem o mesmo princípio de criticidade e estão apresentando um número expressivo de falhas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas “**NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**”. 1994

Kardec, A., Nascif, J.; "**Manutenção: Função Estratégica**", Qualitymark Editora Ltda, 2ª edição, 2001

Lafraia, J.R.B.; "**Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**", Qualitymark Editora Ltda, 1ª edição, 2001.

Moubray, J.; "**Manutenção Centrada em Confiabilidade**", Edição brasileira, Editora Aladon Ltd, 2ª impressão, 2003.

Nascif, J., Dorigo, L.; "**Manutenção orientada para resultados**", Qualitymark Editora Ltda, 1ª edição, 2010

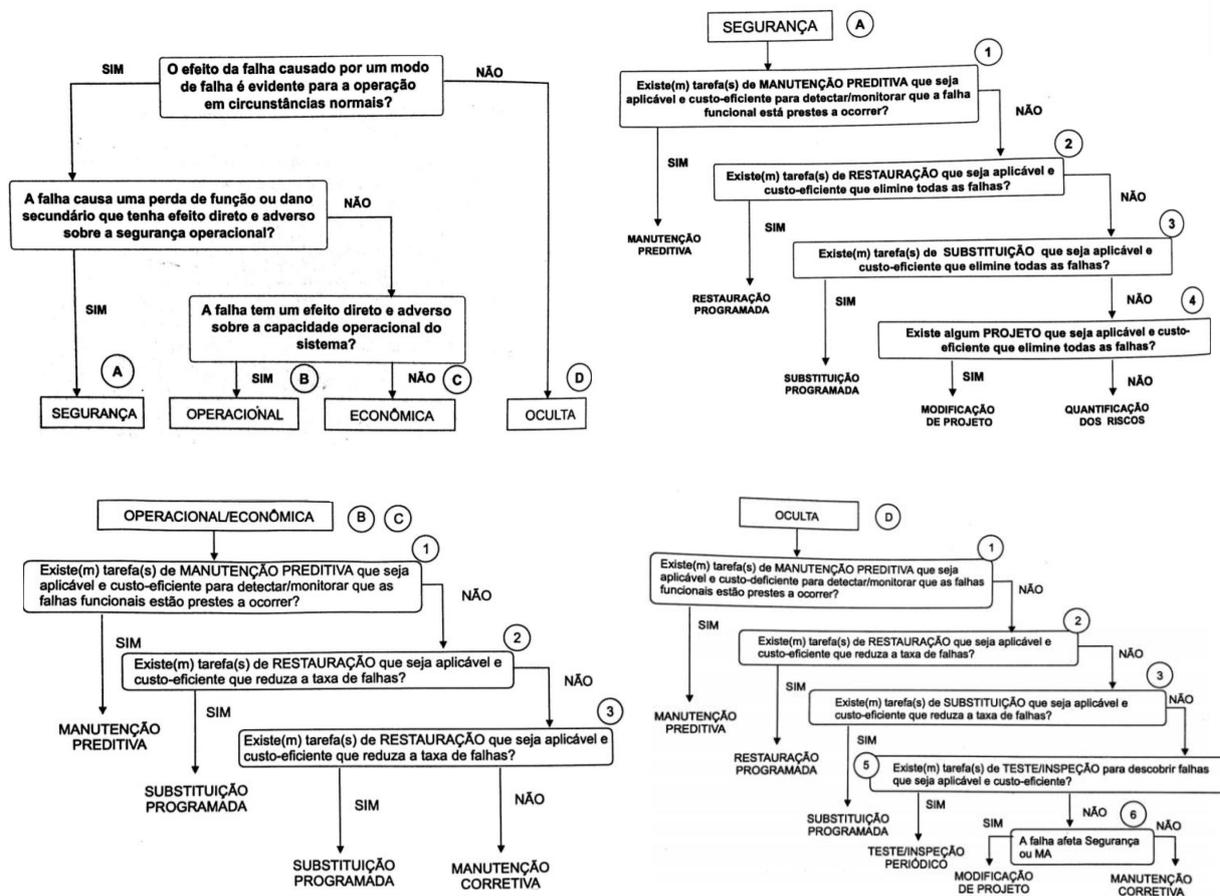
Fogliatto, F.S., Ribeiro, J. L. D. "**Confiabilidade e Manutenção Industrial**". Elsevier, 2009.

Branco, G. F., "**Indicadores e índices de manutenção**". Ciência Moderna, 2006.

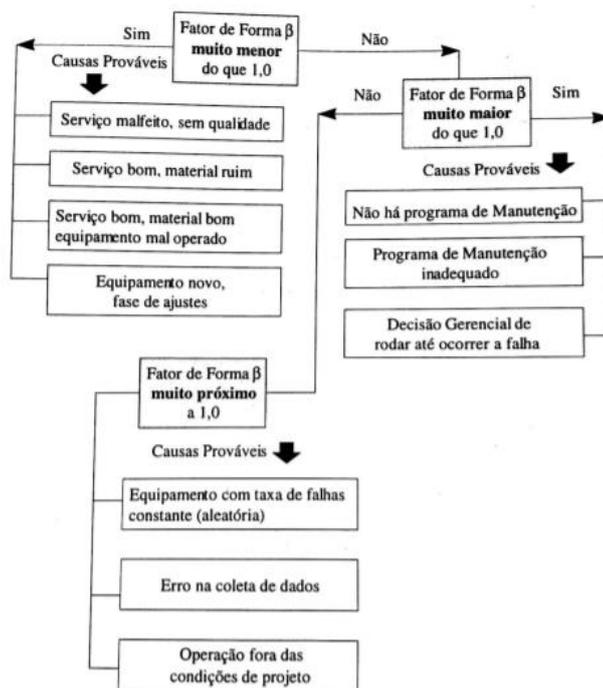
Branco, G. F., "**A organização, o planejamento e o controle da manutenção**". Ciência Moderna, 2008

ANEXOS

Anexo I – Diagrama de decisões para consequências de modo de falha



Anexo II - Diagrama de decisões do fator de forma de Weibull. Fonte: Kardec e Nascif, 2001



APÊNDICES

Apêndice I – Histórico de falhas da PHI049

Ordem	LOCAL	COMPONENTE	Parada (h)	Aquisição	Início avaria	Até falha (DIA)	Até falha (h)	Ordem	LOCAL	COMPONENTE	Parada (h)	Aquisição	Início avaria	Até falha (DIA)	Até falha (h)
85200349794	LUBRIFICAÇÃO	GRAXEIRA	0,5	16/06/2015	13/11/2015	150	3600	85200569403	POSICIONAMENTO	MANGUEIRA	0,25	16/06/2015	19/02/2018	979	23496
85200360969	ELÉTRICO	PROGRAMA	28,5	16/06/2015	18/01/2016	216	5184	85200569868	POSICIONAMENTO	CALÇO	0,67	29/07/2016	21/02/2018	572	13728
85200368679	SIST. HIDRÁULICO	CIINDRO HIDRÁULICO	0,5	16/06/2015	19/02/2016	248	5952	85200572899	PRENSAGEM	PRENSAGEM	1	22/09/2017	01/03/2018	160	3840
85200372762	POSICIONAMENTO	PROTEÇÃO	0,6	16/06/2015	29/02/2016	258	6192	85200573104	PRENSAGEM	PROGRAMA	0,12	18/01/2016	01/03/2018	773	18552
85200372756	POSICIONAMENTO	SENSOR POSIÇÃO	0,25	16/06/2015	03/03/2016	261	6264	85200574612	POSICIONAMENTO	SENSOR CIL POSI	0,23	15/09/2016	06/03/2018	537	12888
85200373866	POSICIONAMENTO	CIINDRO POS.	2,33	16/06/2015	04/03/2016	262	6288	85200575314	POSICIONAMENTO	BATENTE POSI.	0,42	27/09/2017	08/03/2018	162	3888
85200373728	POSICIONAMENTO	CIINDRO POS.	0,3	04/03/2016	07/03/2016	3	72	85200575569	POSICIONAMENTO	CIINDRO CALÇO	0,42	15/11/2016	09/03/2018	479	11496
85200381498	ELÉTRICO	CHAVE	0,25	16/06/2015	14/04/2016	303	7272	85200576897	POSICIONAMENTO	CALÇO	0,83	21/02/2018	13/03/2018	20	480
85200382655	POSICIONAMENTO	PORTA	0,25	16/06/2015	15/04/2016	304	7296	85200577205	POSICIONAMENTO	SENSOR CALÇO	0,5	03/07/2017	14/03/2018	254	6096
85200385508	POSICIONAMENTO	POSICIONAMENTO	0,75	16/06/2015	25/04/2016	314	7536	85200577774	SENSOR	SENSOR CIL POSI	0,25	06/03/2018	15/03/2018	9	216
85200404671	SENSOR	SENSOR POSIÇÃO	0,33	03/03/2016	07/07/2016	126	3024	85200577868	POSICIONAMENTO	SENSOR POSIÇÃO	0,42	08/02/2018	16/03/2018	36	864
85200409184	PRENSAGEM	CALÇO	0,33	16/06/2015	25/07/2016	405	9720	85200579578	POSICIONAMENTO	CIINDRO POS.	1,17	28/11/2017	23/03/2018	115	2760
85200410912	PRENSAGEM	CALÇO	0,5	25/07/2016	29/07/2016	4	96	85200580319	POSICIONAMENTO	SKID	0,25	16/06/2015	23/03/2018	1011	24264
85200418589	PRENSAGEM	SENSOR CIL CALÇO	0,33	16/06/2015	26/08/2016	437	10488	85200582285	POSICIONAMENTO	CIINDRO POS.	0,92	23/03/2018	27/03/2018	4	96
85200418759	PRENSAGEM	SETUP	1,5	16/06/2015	30/08/2016	441	10584	85200582902	POSICIONAMENTO	SENSOR CALÇO	0,5	14/03/2018	29/03/2018	15	360
85200419043	POSICIONAMENTO	CIINDRO POS.	0,5	07/03/2016	30/08/2016	176	4224	85200583929	POSICIONAMENTO	PORTA	0,33	08/09/2016	02/04/2018	53	1272
85200422668	PRENSAGEM	SETUP	0,67	30/08/2016	12/09/2016	13	312	85200591118	PRENSAGEM	PROGRAMA	0,25	01/03/2018	25/04/2018	55	1320
85200423525	POSICIONAMENTO	SENSOR CIL POSI	0,7	16/06/2015	15/09/2016	457	10968	85200595659	ELÉTRICO	PROGRAMA	0,03	25/04/2018	15/05/2018	20	480
85200436386	POSICIONAMENTO	SENSOR POSIÇÃO	0,33	07/07/2016	26/10/2016	111	2664	85200605315	PRENSAGEM	SENSOR CALÇO	0,42	29/03/2018	13/06/2018	76	1824
85200438201	ELÉTRICO	ELÉTRICO	12,34	16/06/2015	08/11/2016	511	12264	85200605815	SENSOR	SENSOR CIL HIDR.	0,17	16/06/2015	14/06/2018	1094	26256
85200439896	PRENSAGEM	CIINDRO CALÇO	0,83	16/06/2015	15/11/2016	518	12432	85200607955	PRENSAGEM	SETUP	0,17	12/09/2016	19/06/2018	645	15480
85200447824	POSICIONAMENTO	CIINDRO POS.	0,33	30/08/2016	10/12/2016	102	2448	85200608541	SENSOR	SENSOR CALÇO	0,25	13/06/2018	21/06/2018	8	192
85200447822	POSICIONAMENTO	POSICIONAMENTO	0,3	25/04/2016	10/12/2016	229	5496	85200608540	PRENSAGEM	SETUP	0,17	19/06/2018	21/06/2018	2	48
85200476995	POSICIONAMENTO	CIINDRO POS.	0,25	10/12/2016	24/03/2017	104	2496	85200615788	SENSOR	SENSOR RETENTOR	0,25	16/06/2015	12/07/2018	1122	26928
85200483912	SENSOR	SENSOR CIL CALÇO	1,42	26/08/2016	20/04/2017	237	5688	85200617486	SENSOR	SENSOR RETENTOR	0,42	12/07/2018	15/07/2018	3	72
85200497826	POSICIONAMENTO	CIINDRO POS.	0,17	24/03/2017	02/06/2017	70	1680	85200617483	POSICIONAMENTO	SETUP	0,33	21/06/2018	16/07/2018	25	600
85200500091	SENSOR	SENSOR POSIÇÃO	0,33	26/10/2016	13/06/2017	230	5520	85200619492	ELÉTRICO	ELÉTRICO	0,25	31/08/2017	24/07/2018	327	7848
85200504974	PRENSAGEM	SENSOR CALÇO	0,53	16/06/2015	03/07/2017	748	17952	85200620522	SENSOR	SENSOR CALÇO	0,33	21/06/2018	27/07/2018	36	864
85200512728	POSICIONAMENTO	SENSOR POSIÇÃO	0,17	13/06/2017	27/07/2017	44	1056	85200624757	POSICIONAMENTO	SENSOR CALÇO	0,25	27/07/2018	02/08/2018	6	144
85200516844	POSICIONAMENTO	STOPPER	0,17	16/06/2015	08/08/2017	784	18816	85200624759	PRENSAGEM	EIXO TRATOR	0,25	09/08/2017	02/08/2018	358	8592
85200516970	PRENSAGEM	EIXO TRATOR	0,25	16/06/2015	09/08/2017	785	18840	85200628971	SENSOR	SENSOR ROLAMENTO	0,17	16/06/2015	15/08/2018	1156	27744
85200518185	POSICIONAMENTO	CIINDRO POS.	1,5	02/06/2017	14/08/2017	73	1752	85200631020	PRENSAGEM	SETUP	0,17	16/07/2018	21/08/2018	36	864
85200519147	SENSOR	SENSOR PORTA	0,08	16/06/2015	16/08/2017	792	19008	85200631610	PRENSAGEM	PROGRAMA	0,33	15/05/2018	23/08/2018	100	2400
85200523500	ELÉTRICO	ELÉTRICO	0,67	08/11/2016	28/08/2017	293	7032	85200633514	POSICIONAMENTO	SKID	0,25	23/03/2018	29/08/2018	159	3816
85200523953	PRENSAGEM	CHAVE	0,17	14/04/2016	30/08/2017	503	12072	85200634032	POSICIONAMENTO	CIINDRO POS.	0,67	27/03/2018	30/08/2018	156	3744
85200524122	ELÉTRICO	ELÉTRICO	0,17	28/08/2017	31/08/2017	3	72	85200634116	SENSOR	SENSOR CALÇO	0,5	02/08/2018	30/08/2018	28	672
85200526898	POSICIONAMENTO	BATENTE POSI.	2,5	16/06/2015	11/09/2017	818	19632	85200636104	PRENSAGEM	SENSOR CALÇO	0,67	30/08/2018	05/09/2018	6	144
85200529672	PRENSAGEM	PRENSAGEM	0,5	16/06/2015	22/09/2017	829	19896	85200639309	ELÉTRICO	PROGRAMA	0,33	23/08/2018	14/09/2018	22	528
85200529668	POSICIONAMENTO	CIINDRO POS.	0,25	14/08/2017	22/09/2017	39	936	85200660660	POSICIONAMENTO	CIINDRO POS.	0,25	30/08/2018	20/11/2018	82	1968
85200531495	SENSOR	SENSOR POSIÇÃO	0,58	27/07/2017	27/09/2017	62	1488	85200660955	SENSOR DE VISÃO	CÂMERA	0,33	16/06/2015	21/11/2018	1254	30096
85200531499	POSICIONAMENTO	BATENTE POSI.	0,42	11/09/2017	27/09/2017	16	384	85200660910	SENSOR DE VISÃO	CÂMERA	0,33	21/11/2018	22/11/2018	1	24
85200539400	POSICIONAMENTO	SENSOR POSIÇÃO	0,25	27/09/2017	23/10/2017	26	624	85200661443	SENSOR	SENSOR ROLAMENTO	0,33	15/08/2018	23/11/2018	100	2400
85200544811	SENSOR	SENSOR POSIÇÃO	1,33	23/10/2017	13/11/2017	21	504	85200667342	SENSOR	SENSOR CIL POSI	0,42	15/03/2018	10/12/2018	270	6480
85200544785	SENSOR	SENSOR POSIÇÃO	0,33	13/11/2017	13/11/2017	0	0	85200669492	ELÉTRICO	PROGRAMA	0,42	14/09/2018	19/12/2018	96	2304
85200549232	POSICIONAMENTO	CIINDRO POS.	0,17	22/09/2017	28/11/2017	67	1608	85200668059	SENSOR	SENSOR RETENTOR	1,17	15/07/2018	14/02/2019	214	5136
85200549445	ABERTURA	CIINDRO PORTA	0,22	16/06/2015	30/11/2017	898	21552	85200668857	POSICIONAMENTO	CIINDRO POS.	0,17	20/11/2018	21/02/2019	93	2232
85200551909	ELÉTRICO	PORTA	0,17	15/04/2016	08/12/2017	602	14448	85200690722	POSICIONAMENTO	STOPPER	1,5	08/08/2017	27/02/2019	568	13632
85200566840	SENSOR	SENSOR POSIÇÃO	1,67	13/11/2017	08/02/2018	87	2088	85200690736	SENSOR	SENSOR CIL HIDR.	0,75	14/06/2018	27/02/2019	258	6192
85200566437	POSICIONAMENTO	PORTA	0,08	08/12/2017	08/02/2018	62	1488	85200690735	SENSOR	SENSOR RETENTOR	0,33	14/02/2019	27/02/2019	13	312
85200568253	POSICIONAMENTO	CIINDRO PORTA	0,17	30/11/2017	15/02/2018	77	1848	85200702612	ELÉTRICO	ELÉTRICO	0,42	24/07/2018	12/04/2019	262	6288
								85200702743	SENSOR	PROGRAMA	0,67	19/12/2018	13/04/2019	115	2760
								85200702638	ELÉTRICO	PROGRAMA	0,42	13/04/2019	15/04/2019	2	48
								85200704124	POSICIONAMENTO	CIINDRO POS.	0,3	25/02/2019	16/04/2019	50	1200
								85200705464	SENSOR	SENSOR CALÇO	0,58	05/09/2018	23/04/2019	230	5520

Apêndice II - A análise de modos e eitos de falhas

SISTEMA	FUNÇÃO	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA (causa)	EFEITO DE FALHA	CONSEQUÊNCIA DO EFEITO	ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO	FREQUÊNCIA	RESPONSABILIDADE
SISTEMA PNEUMÁTICO	MOVIMENTAÇÃO DA MESA CENTRAL DURANTE OS TRÊS TEMPOS DO CICLO	NÃO MOVIMENTA A MESA	Mangueira dobrada/amassada/desconectada/rompida	Passagem do ar comprimido interrompido. Parada de produção: 2h	OCULTA	Teste/inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Quebra da haste do cilindro de movimentação horizontal	Perda da função do cilindro. Mesa não Necessita substituir. Parada de produção: 4h	OCULTA	Teste/inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Quebra da haste do cilindro de movimentação vertical	Perda da função do cilindro, mesa pode ficar suspensa por um dos lados. Necessita substituir. Parada de produção: 2h	OCULTA	Teste/inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Quebra da guia ou patins de movimentação horizontal	Perda da função. Necessita substituir. Parada de produção: 4h	OCULTA	Teste/inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Quebra da guia ou patins de movimentação vertical	Perda da função, mesa fica desalinhada e tem dificuldade de se movimentar. Necessita substituir. Parada de produção: 2h	OCULTA	Teste/inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Válvula de abertura e fechamento do sistema de ar comprimido fechada	Passagem do ar comprimido interrompido. Parada de produção: 2h	OCULTA	Check list diário	Diário	Produção
			Vazamento em válvulas, conexões e/ou mangueiras	Movimento lento dos cilindros ocasionando perda de produtividade. Parada de produção para substituição: 0,5h	OPERACIONAL	Manutenção Preditiva	Mensal	Manutenção
			Cilindros com vedações ressecadas / rompidas	Vazamento de ar pela haste do cilindro. Parada de produção para substituição: 4h	OCULTA	Substituição programada (Preventiva)	4 anos	Manutenção
			Haste do cilindro com rebarba	Corte na vedação. Parada de produção para substituição: 2-4h	OCULTA	Teste/inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Guia e patins sofrendo atrito (falta de lubrificação)	Desgaste prematuro dos patins e guias. Parada de produção para substituição: 4h	OCULTA	Roteiro de Lubrificação	Trimestral	Manutenção
			Válvula reguladora de fluxo desregulada/quebrada	Pressão dos sistema de ar comprimido incorreta. Parada de produção para substituição: 0,5h	OCULTA	Check list diário	Diário	Produção
			Filtro da válvula reguladora saturado	Pressão dos sistema de ar comprimido incorreta. Parada de produção para substituição: 0,5h	OCULTA	Teste/inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Haste do cilindro empenada	Perda da função do cilindro. Necessita substituir. Parada de produção: 2h	OCULTA	Teste/inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Sensor fora de posição	Não reconhecimento da mesa no local correto. Parada de produção para reposicionar: 1h	OPERACIONAL	Manutenção Corretiva	-	-
			Sensor quebrado	Não reconhece a posição da mesa. Parada de produção: 1,5h	OPERACIONAL	Manutenção Corretiva	-	-
MOVIMENTAÇÃO PARA O POSICIONAMENTO INCORRETO DA MESA	POSICIONAMENTO INCORRETO DA MESA	Quebra/deformação do suporte do cilindro ou sensor	Desalinhamento do sensor ou cilindro. Parada de produção: 2-4h	OCULTA	Teste/inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção	
		Parafusos dos suportes frouxo/císalhados/inexistente	Desalinhamento do sensor ou cilindro. Parada de produção: 2-4h	OCULTA	Teste/inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção	
		Presença de sujeira/fuligem nas guias e patins	Obstrução dos patins, impedindo de realizar sua função. Parada de produção: 2h	OCULTA	Teste/inspeção periódica (Preventiva)	Trimestral	Manutenção	
Desalinhamento da mesa	Sensores não reconhecem a posição. Parada de produção: 24h	OPERACIONAL	Manutenção Corretiva Programada	-	-			

SISTEMA	FUNÇÃO	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA (causa)	EFEITO DE FALHA	CONSEQUÊNCIA DO EFEITO	ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO	FREQUÊNCIA	RESPONSABILIDADE
SISTEMA PNEUMÁTICO	MOVIMENTAÇÃO PARA O POSICIONAMENTO DO CALÇO	POSICIONAMENTO INCORRETO DO CALÇO	Haste do cilindro empenada	Perda da função do cilindro. Necessita substituir. Parada de produção: 2h	OCULTA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Sensor fora de posição	Não reconhecimento da posição do calço, falha no ciclo. Parada de produção: 1h	OPERACIONAL	Manutenção Corretiva	-	
			Sensor quebrado	Não reconhecimento da posição do calço, falha no ciclo. Parada de produção: 1h	OPERACIONAL	Manutenção Corretiva	-	
			Parafusos dos suportes frouxo/cisalhados/inexistentes	Desalinhamento do sensor ou cilindro. Parada de produção: 2-4h	OCULTA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Presença de sujeira/fuligem nas guias e patins	Obstrução dos patins. Parada de produção: 1h	OCULTA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Desalinhamento do calço	Sensores não reconhecem a posição, falha no ciclo. Parada de produção: 8h	OPERACIONAL	Manutenção Corretiva Programada	-	
		VELOCIDADE DA MOVIMENTAÇÃO DO CALÇO DIFERENTE DO ESPECIFICADO	Vazamento em válvulas, conexões e/ou mangueiras	Movimento lento dos cilindros ocasionando perda de produtividade. Parada de produção para substituição: 0,5h	OPERACIONAL	Manutenção Preditiva	Mensal	Manutenção
			Cilindros com vedações ressecadas	Vazamento de ar pela haste do cilindro. Parada de produção para substituição: 4h	OCULTA	Substituição programada (Preventiva)	4 Anos	Manutenção
			Haste do cilindro com ranhuras	Corte na vedação. Parada de produção para substituição: 2-4h	OCULTA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Guia e patins sofrendo atrito (falta de lubrificação)	Desgaste prematuro dos patins e guias. Parada de produção para substituição: 4h	OCULTA	Roteiro de Lubrificação	Trimestral	Manutenção
			Válvula reguladora de fluxo desregulada/quebrada	Pressão dos sistema de ar comprimido incorreta. Parada de produção para substituição: 0,5h	OCULTA	Check list diário	-	
			Filtro da válvula reguladora saturado	Pressão dos sistema de ar comprimido incorreta. Parada de produção para substituição: 0,5h	OCULTA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
		NÃO MOVIMENTA O CALÇO	Mangueira dobrada/amassada/desconectada/rompida	Passagem do ar comprimido interrompido. Parada de produção: 2h	OCULTA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Quebra da haste do cilindro de movimentação eixo Z	Perda da função do cilindro. Necessita substituir. Parada de produção: 4h	OCULTA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Quebra da haste do cilindro de movimentação vertical	Perda da função do cilindro. Necessita substituir. Parada de produção: 2h	OCULTA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
	Quebra da guia ou patins da movimentação eixo Z		Perda da função. Necessita substituir. Parada de produção: 4h	OCULTA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção	
	Válvula de fechamento rápido fechada		Perda da função, mesa pode ficar suspensa por um dos lados. Necessita substituir. Parada de produção: 2h	SEGURANÇA	Check list diário	Diário	Produção	
	Problema de comunicação da máquina (CLP)		Máquina não inicia o ciclo. Parada de produção: 0,5h	OPERACIONAL	Manutenção Corretiva	-		
	INICIAR E FINALIZAR O CICLO COM ABERTURA E FECHAMENTO DA PORTA	NÃO MOVIMENTAÇÃO ABERTURA/FECHAMENTO O DA PORTA	Quebra da haste do cilindro/haste solta	Perda da função do cilindro. Parada de produção: 2h	SEGURANÇA	Check list diário	Diário	Produção
			Guias deformadas/quebradas	Porta não abre nem fecha corretamente. Parada de produção: 10h	SEGURANÇA	Check list diário	Diário	Produção
			Sensor presença de peça obstruído ou quebrado	Máquina não inicia o ciclo. Parada de produção: 0,5h	OPERACIONAL	Manutenção Corretiva	-	
		FECHAMENTO ALEATÓRIO DA PORTA	Quebra da haste do cilindro	Perda da função do cilindro. Parada de produção: 2h	SEGURANÇA	Check list diário	Diário	Produção
			Vazamento grande de ar em mangueiras, conexões, válvulas e/ou cilindro.	Não fixação da porta no seu ponto inicial. Parada de produção: 2h	SEGURANÇA	Check list diário	Diário	Produção
			Cilindro com a haste solta	Perda da função do cilindro. Necessita substituir. Parada de produção: 2h	SEGURANÇA	Check list diário	Diário	Produção
		VELOCIDADE ABERTURA/FECHAMENTO DIFERENTE DA ESPECIFICADA	Vazamento pequeno de ar em mangueiras, conexões, válvulas e/ou cilindro.	Movimento lento dos cilindros ocasionando perda de produtividade. Parada de produção para substituição: 0,5h	OPERACIONAL	Manutenção Preditiva	Mensal	Manutenção
			Válvula de peso zero com defeito	Queda da porta ou não abertura automática da porta. Parada de produção para substituição: 1h	SEGURANÇA	Check list diário	Diário	Produção
			Válvula reguladora de fluxo desregulada	Não pressurização de ar comprimido correto no cilindro. Parada de produção para substituição: 1h	SEGURANÇA	Check list diário	Diário	Produção
			Vedação do cilindro ressecado	Vazamento de ar comprimido pela haste do cilindro. Parada de produção para substituição: 1h	SEGURANÇA	Substituição programada (Preventiva)	4 ANOS	Manutenção
			Rebarba na haste do cilindro	Corte na vedação ocasionando vazamento de ar comprimido no cilindro. Parada de produção para substituição: 2h	SEGURANÇA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Parafusos das hastes soltos	Desencaixe da porta podendo ocasionar a queda de uma parte da porta. Parada de produção: 2h	SEGURANÇA	Check list diário	Diário	Produção

SISTEMA	FUNÇÃO	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA (causa)	EFEITO DE FALHA	CONSEQUÊNCIA DO EFEITO	ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO	FREQUÊNCIA	RESPONSABILIDADE
LUBRIFICAÇÃO AUTOMÁTICA	LUBRIFICAR O ROLAMENTO	NÃO LUBRIFICA O ROLAMENTO	Não funcionamento dos seis cilindros	Quantidade de graxa incorreta. Parada de produção: 4h	OPERACIONAL	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Semestral	Manutenção
			Sensores com defeito ou quebrados	Cilindro não libera a graxa. Parada de produção: 4h	OPERACIONAL	Manutenção Corretiva	-	
			Mangueiras de lubrificação obstruídas	Cilindro sem graxa para lubrificação. Parada de produção: 4h	OPERACIONAL	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Semestral	Manutenção
			Problema de comunicação da prensa com a bomba de graxa	Cilindro não libera a graxa. Parada de produção: 4h	OPERACIONAL	Manutenção Corretiva	-	
			Bomba de graxa quebrada	Cilindro sem graxa para lubrificação. Parada de produção: 4h	OPERACIONAL	Teste/Inspeção periódica (Preventiva da BGP)	Semestral	Manutenção
	CONTROLAR A QUANTIDADE CERTA DE GRAXA POR ROLAMENTO	LUBRIFICAR COM QUANTIDADE DIFERENTE DA ESPECIFICADA	Problema de comunicação entre a Prensa e a Bomba de graxa	Cilindro não libera a graxa. Parada de produção: 4h	OPERACIONAL	Manutenção Corretiva	-	
			Defeito/quebra de algum dos seis cilindros	Quantidade de graxa incorreta. Parada de produção: 4h	OPERACIONAL	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Semestral	Manutenção
			Sensor com defeito ou quebrado	Cilindro não libera a graxa. Parada de produção: 4h	OPERACIONAL	Manutenção Corretiva	-	
			Obstrução de alguma mangueira de lubrificação	Cilindro sem graxa para lubrificação. Parada de produção: 4h	OPERACIONAL	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Semestral	Manutenção
			Ajuste inadequado dos cilindros	Quantidade de graxa incorreta. Parada de produção: 4h	OPERACIONAL	Manutenção Corretiva	-	
	CONTENÇÃO DA GRAXA	NÃO CONTER A GRAXA	Vazamento no cilindro	Escorrer graxa na peça e/ou quantidade de graxa incorreta. Parada de produção: 3h	OPERACIONAL	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Semestral	Manutenção
			Vazamentos por pressão do sistema acima do normal	Quebra de componentes do sistema. Parada de produção: 1h	OCULTA	Check list diário	Semestral	Manutenção
SISTEMA HIDRÁULICO	PRENSAR OS COMPONENTES NO EIXO	NÃO PRENSAGEM DOS COMPONENTES CORRETAMENTE	Calço com deformação/quebrado/trincado	Quebra total do calço, não prensagem dos componentes. Parada de produção: 2h	OPERACIONAL	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Semestral	Manutenção
			Setup quebrado/deformado	Não encaixe dos componentes no Setup, queda do componente.	SEGURANÇA	Manutenção corretiva	-	
			Encaixe incorreto dos componentes nos SETUP's	Quebra do SETUP. Parada de produção: 0,5h	OPERACIONAL	Manutenção corretiva	-	
			Quebra da haste do cilindro hidráulico	Não prensagem dos componentes no eixo. Parada de produção: 4h	OPERACIONAL	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Válvula hidráulica com obstrução interna ou quebrada	Pressurização lenta/não pressurização do cilindro. Parada de produção: 1h	OCULTA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Anual	Manutenção
			Mangueiras com obstrução interna	Pressurização lenta/não pressurização do cilindro. Parada de produção: 1h	OCULTA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Anual	Manutenção
	CONTENÇÃO DO ÓLEO HIDRÁULICO	NÃO CONTER O ÓLEO HIDRÁULICO	Quebra do embolo do cilindro hidráulico	Perda da função do cilindro, vazamento de óleo hidráulico. Parada de produção: 4h	SEGURANÇA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Movimento lento do cilindro podendo levar a parada definitiva do cilindro e perda de produtividade. Parada de produção para substituição: 6h	OPERACIONAL	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção	
			Vazamento no cilindro hidráulico	Perda de estanqueidade. Parada de produção: 1,5h	ECONÔMICA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Vazamentos em conexões ou linha de alta pressão	Perda de estanqueidade. Parada de produção: 1,5h	ECONÔMICA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Vazamento na bomba hidráulica	Perda de estanqueidade. Parada de produção: 2h	ECONÔMICA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção
			Vazamento no tanque hidráulico	Pressurização lenta do cilindro. Perda de produtividade. Parada de produção: 4h	ECONÔMICA	Teste/Inspeção periódica (Preventiva)	Mensal	Manutenção