

INSTITUTO VALE DO CRICARÉ  
FACULDADE VALE DO CRICARÉ  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ADAILTON GOMES DOS SANTOS

JEAN GARDINGO ABREU

**A UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE APLICADAS NA GESTÃO  
DA MANUTENÇÃO PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

SÃO MATEUS-ES

2020

ADAILTON GOMES DOS SANTOS

JEAN GARDINGO ABREU

**UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE APLICADAS NA GESTÃO DA  
MANUTENÇÃO PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

Projeto de Pesquisa apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Vale do Cricaré, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador Prof. Me Vinícius Augusto da Silva

SÃO MATEUS-ES

2020

ADAILTON GOMES DOS SANTOS

JEAN GARDINGO ABREU

## **A UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE APLICADAS NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Vale do Cricaré, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em \_\_\_\_ de dezembro de 2020.

### **BANCA EXAMINADORA**

---

**PROF.**

**FACULDADE VALE DO CRICARÉ**

**ORIENTADOR:**

---

**PROF.**

**FACULDADE VALE DO CRICARÉ**

---

**PROF.**

**FACULDADE VALE DO CRICARÉ**

## DEDICATÓRIA

A nossa família, razão de nossa persistência. A Deus que nos proporciona a vida e nos permiti o fôlego para cada dia darmos o melhor na busca pelo sucesso.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos nossos pais, que souberam conduzir nossa criação e mesmo com dificuldades sempre mostraram que a honestidade é o caminho.

Às nossas esposas e filhos que foram privados de nossa companhia nesses anos de estudo e ainda assim estiveram do nosso lado e sempre nos apoiaram.

Ao professor Vinicius, que com paciência e perseverança contribuiu para concluirmos esse trabalho.

Aos nossos colegas de classe que com as experiências trocadas em sala, deram suas contribuições para nossa formação pessoal e profissional.

## RESUMO

Aumentar a disponibilidade dos equipamentos passou a ser uma questão de competitividade para as empresas, no qual não basta efetuar a manutenção apenas no momento em que um equipamento falha, principalmente pelo fato deste tipo de manutenção geralmente ser muito onerosa, pela interrupção da produção e por efetuar um reparo sem planejamento e conseqüentemente, sem otimização dos recursos. Esta pesquisa tem como objetivo avaliar as potencialidades da aplicação de ferramentas da qualidade inseridas na Gestão da Rotina da manutenção para tratamento de anomalias e falhas em equipamentos de uma empresa de papel e celulose. Para isto foi desenvolvido um estudo de caso em um equipamento que apresentava histórico de paradas por falhas de manutenção e conseqüente refugo de produto durante seu processamento. A gestão da rotina aliada a ferramentas da qualidade tais como PDCA, Diagramas de Pareto e Diagramas de Ishikawa foram a base para identificação das causas fundamentais, e a partir desta identificação elaborou-se um plano de ação para devolver ao equipamento suas condições operacionais, sem paradas excessivas e perdas de produto. Durante a fase de implementação das ações foi perceptível a boa resposta do equipamento com o aumento significativo da disponibilidade para a produção e redução das intervenções corretivas não programadas.

**Palavras-chave:** Gestão da rotina; Falhas; Ferramentas da Qualidade.

## ABSTRACT

Increase the availability of equipment that has become a matter of exclusion for companies, in which it is not enough to carry out maintenance only at the moment when equipment has failed, mainly because this type of maintenance is generally very expensive, due to production interruption. and for carrying out a repair without planning and, consequently, without optimizing resources. This research aims to evaluate the potential of the application of quality tools inserted in the Routine Management of maintenance for the treatment of anomalies and failures in equipment of a paper and cellulose company. For this, a case study was developed on equipment that had a history of stoppages due to maintenance failures and consequent product waste during its processing. Routine management coupled with quality tools such as PDCA, Pareto Diagrams and Ishikawa Diagrams were a basis for identifying the root causes, from this identification an action plan was developed to return the equipment to its operational conditions, without stoppages losses and product losses. During the implementation phase of the actions, the good response of the equipment was noticeable, with a significant increase in availability for production and reduction of unscheduled corrective actions.

**Keywords:** Routine management; Failures; Quality tools.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1: Gráfico de anomalias/Falhas por tempo .....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 2: Fluxo de Registro de Anomalia.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 3: Ciclo PDCA de Gerenciamento de Processos .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 4: Diagrama de Pareto.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 5: Diagrama de Causa e Efeito .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 6: Exemplo de Estratificação Geral.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 7: Exemplo de indicador: Horas de parada por manutenção/mês .....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 8: Componentes da Máquina de Papel .....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 9: Últimas Seções do Processo de Fabricação de Papel.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 10: Visão Parte Úmida Máquina de Papel.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 11: Visão Rolo Jumbo na Rebobinadeira .....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 12: Visão bobinas na saída da Rebobinadeira.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 13: Composição Eficiência Global Produção de Papel.....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 14: Gráfico Sequencial Tempo Parada Rebobinadeira por anomalia/falha Manutenção .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 15: Gráfico Sequencial Perdas por Ficha Rebobinadeira .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 16: Diagrama de Pareto Paradas por Disciplina de Manutenção .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 17: Diagrama de Ishikawa desenvolvido .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 18: Análise de Fenômeno .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 19: Gráfico de Tempo Parada Rebobinadeira por Problemas de Manutenção .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 20: Gráfico Perdas por Ficha na Rebobinadeira.....</b>	<b>48</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1: Principais ações para manutenção.....</b>	<b>44</b>
--	-----------

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1: Controle das ações por ficha na rebobinadeira .....</b>	<b>45</b>
--	-----------

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Objetivos .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Estrutura do Trabalho .....</b>	<b>14</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Manutenção Industrial .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.1 Gestão da Manutenção Industrial .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.2 Tratamento de Falhas Pela Manutenção .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Gestão da Rotina e a Qualidade nos Processos de Manutenção .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.1 O Ciclo PDCA.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.2 Brainstorming.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.3 Diagrama de Pareto.....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.4 Diagrama de Causa e Efeito .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.5 Estratificação.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2.6 Indicadores .....</b>	<b>28</b>
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>31</b>
<b>4. ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1 Processo Fabricação de Papel.....</b>	<b>33</b>
<b>4.2 Identificação do Problema e Desenvolvimento dos Planos de Ação .....</b>	<b>36</b>
<b>4.3 Definição da Meta.....</b>	<b>38</b>
<b>4.4 Estratificação do Problema .....</b>	<b>39</b>
<b>4.5 Análise das Causas do Problema .....</b>	<b>41</b>
<b>5. ANÁLISE DE RESULTADOS .....</b>	<b>46</b>

**REFERÊNCIAS.....50**

**ANEXOS.....52**

## 1 INTRODUÇÃO

Devido aos constantes desafios enfrentados pelas indústrias, a competitividade tem se tornado um diferencial para se destacar no mercado. Ser competitivo significa ser diferenciado e esta diferenciação pode ser em processos produtivos, formas de aquisição de matérias primas e formas de eliminar desperdícios, entre outros. Muitas empresas buscam a competitividade na produção, pois produzindo mais se reduz o custo de produto produzido, aumentando assim, a margem de lucro para empresa.

É neste sentido que a manutenção industrial vem se tornando um diferencial competitivo cada vez mais explorado pelas indústrias, esse diferencial é alcançado através da adoção das técnicas de manutenção que hoje são largamente utilizadas nos diversos ramos da indústria, cada técnica ensina um determinado conjunto de regras a serem seguidos pelos setores de manutenção e a aderência destas técnicas se dá em todos os setores da indústria, desde as manufatureiras até as prestadoras de serviço. Para tornar-se diferenciado, Kardec e Nascif (1998) dizem que o homem tem reagido muito rápido às mudanças na indústria e essas constantes mudanças fizeram com que a preocupação à correção de falhas em equipamentos ou processos tornassem a manutenção um assunto cada vez mais importante no planejamento estratégico das empresas nos dias de hoje. Quanto mais eficiente e eficaz for a manutenção, menor será a perda no processo e maior será a produtividade e a longevidade do equipamento.

Para manter a liderança em um mercado desenvolvido, uma empresa precisa cada vez mais de uma estratégia bem definida, e para que isto seja possível, estas empresas deverão ser melhores a cada dia, e esta diferenciação pode ser iniciada com um planejamento da gestão da manutenção da empresa.

Para auxiliar o processo de planejamento da gestão da rotina na manutenção, bem como as análises das anomalias que surgem durante a utilização dos equipamentos, a gestão da rotina estruturada com as ferramentas da qualidade contribui para melhorar os resultados visíveis nos indicadores da manutenção.

Em todos os segmentos da sociedade, a sobrevivência das organizações está condicionada a sua capacidade de produzir resultados que atendam as necessidades de seus clientes (e de outras partes interessadas) de forma mais eficiente e eficaz que seus concorrentes.

Alcançar resultados superiores significa atingir metas cada vez mais desafiadoras. Nas organizações, a capacidade de atingir metas está diretamente relacionada com a eficiência e a eficácia do desempenho das funções gerenciais, que norteiam o andamento das atividades.

Contudo são nos trabalhos operacionais que a grande maioria das pessoas consome a maior parte de seu tempo. Para tanto, é essencial tomar providências para que as pessoas, ao exercerem suas funções operacionais, sejam orientadas a buscar a excelência na execução dos trabalhos desenvolvendo o gerenciamento da rotina.

A rotina está constituída por todas as operações ou atividades diárias repetitivas e plausíveis de padronização dentro do sistema de manufatura (LUCERO, 2006).

O estudo foi realizado no setor de produção de papel, em um equipamento específico, a Rebobinadeira, responsável por bobinar os rolos produzidos pela máquina de papel em bobinas com largura e diâmetros conforme pedidos dos clientes.

O equipamento citado apresentava falhas, associadas à manutenção, que afetavam diretamente o volume e a qualidade da produção.

Nesse trabalho são apresentadas as ferramentas da qualidade empregadas na gestão da rotina da manutenção com a finalidade de mapear anomalias e tratar falhas a fim de garantir melhores resultados para a organização, através do aumento da disponibilidade dos equipamentos, principalmente por se tratar de uma máquina que opera com demanda cheia todos os dias e tempos reduzidos nas paradas programadas.

Foi constatado que é possível obter resultados melhores com o mesmo recurso que as equipes já dispõe, no qual bastou direcionar a atenção na investigação das causas raízes do problema. Através das ferramentas de gestão propostas nesse trabalho foi possível direcionar esforços para tratamento de anomalia no equipamento analisado e conseqüente melhoria do processo estudado.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Avaliar as potencialidades da aplicação de ferramentas da qualidade inseridas na Gestão da Rotina da manutenção para tratamento de anomalias e falhas em equipamentos de uma empresa de papel e celulose.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Analisar indicadores de um equipamento da empresa do estudo de caso que apresente histórico de falhas e baixa disponibilidade;
- Utilizar as ferramentas da qualidade para mensurar as perdas e identificar os principais pontos de melhoria para a manutenção;
- Analisar as principais causas que impactam a disponibilidade do equipamento e definir meta de redução de indisponibilidade;
- Identificar oportunidades de melhoria no processo de manutenção e apresentar as soluções para aumento da disponibilidade buscando perenizar as ações deste projeto na rotina de toda a manutenção e operação.
- Implementar as melhorias identificadas nos grupos mistos de estudo e acompanhar seus resultados;
- Padronizar as ações com intuito de perenizar os resultados;

## **1.2 Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho está organizado da seguinte forma: no capítulo 2 apresenta-se a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso, tais como gestão da rotina na manutenção, e ferramentas da qualidade aplicadas na identificação de anomalias e tratamento das falhas em equipamentos industriais, tudo isso aliado às boas práticas que as ferramentas podem proporcionar somadas ao comprometimento dos envolvidos na busca por um resultado de excelência. O capítulo 3 trata sobre a metodologia da pesquisa com a apresentação de um estudo de caso em um equipamento de uma

empresa atuante no setor de papel e celulose, que apresenta histórico de baixa disponibilidade. Nesse capítulo serão analisadas as causas deste problema com a utilização de ferramentas da qualidade. O capítulo 5 traz as definições das ações com base na análise de dados coletados no histórico do equipamento e ao longo do projeto, bem como as ações que devem ser tomadas para aumento da disponibilidade e conseqüente redução na taxa de falhas.

O referencial teórico foi baseado em livros, artigos, teses de doutorado, revistas, congressos, simpósios e principalmente nas informações coletadas em campo juntamente com os responsáveis do projeto. Dados extraídos dos indicadores gerencias onde temos mapeado a disponibilidade do equipamento e nas reuniões onde as deliberações dos planos de ação aconteciam.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Manutenção Industrial

O termo manutenção está relacionado à conservação dos elementos do ativo fixo da empresa, e sua gestão, desde a Revolução Industrial, vem se alterando a partir de descobertas de novas técnicas. Desse período, até a segunda guerra, não existiam técnicas de diagnóstico, tampouco mecanismos para prevenção de falhas e, com isto, não existia uma manutenção sistemática (ALKAIM, 2003).

A manutenção dos equipamentos era cara, o que ocasionou um aumento dos custos operacionais. Muitas empresas enxergam, até os dias atuais, a manutenção de um equipamento produtivo (ativo) como uma despesa indesejável (NOGUEIRA; GUIMARÃES; DA SILVA, 2012).

Para manutenção ser realizada de forma a contribuir diretamente com o resultado da empresa, mantendo os equipamentos disponíveis para operação conforme planejado e reduzindo o custo para isto, é necessária a integração estruturada dos métodos de manutenção e de ferramentas de gestão apropriadas. Os métodos de manutenção utilizados atualmente se interagem, sendo eles:

Manutenção corretiva – realizada mediante anomalia/falha no equipamento. A manutenção que trabalha corrigindo falhas é do tipo “apaga fogo”, que elimina problemas de modo temporário, não obtendo bons resultados, e que sejam ainda sustentados ao longo do tempo (SOUZA, MARÇAL e KOVALESKI, 2006).

Manutenção preventiva – realizada mediante planejamento e programação. É executada para reduzir falhas de equipamentos em um determinado período. Quando o equipamento é novo normalmente o intervalo para manutenção é determinado pelo fabricante, mas a partir da utilização do equipamento o intervalo pode ser alterado conforme seu desempenho, porém sempre buscando melhor ponto entre disponibilidade e redução do custo de manutenção (MOREIRA FILHO, 2002).

Manutenção preditiva – realizada mediante o monitoramento de parâmetros ou de condições ou de desempenho de um equipamento. Se houver uma intervenção detectada por uma manutenção preditiva estamos fazendo uma Manutenção Corretiva Planejada. Essa manutenção permite que os equipamentos

operem por mais tempo e a intervenção ocorra com base em dados e não em hipóteses (MOREIRA FILHO, 2002).

Pode-se dizer que a busca por maior disponibilidade do equipamento e de sistemas produtivos evoluiu da manutenção reativa (corretiva) para a proativa (preventiva), e, em seguida, para a preditiva (MOUBRAY, 2000).

Manutenção detectiva – realizada mediante a investigação antecipada de possíveis falhas em equipamentos. Largamente utilizada em sistemas de comando ou sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas, ou não perceptíveis ao pessoal da manutenção. Podemos tomar, por exemplo, o controle de acionamento de um gerador elétrico: na falta de energia elétrica, o gerador entra em funcionamento, mas, se existir uma falha no circuito acionador o gerador também não vai funcionar. Neste caso a melhor medida a ser adotada é garantir a confiabilidade dos sistemas (MOREIRA FILHO, 2002).

Manutenção Centrada na Confiabilidade - é uma metodologia usada para determinar o que deve ser feito para assegurar que qualquer ativo físico continue a fazer o que seus usuários querem que ele faça. Para ser implantada, a metodologia utiliza sete perguntas sobre cada item em revisão ou sob análise crítica, para que seja preservada a função do sistema produtivo (MOUBRAY, 2000).

- 1- Quais são as funções e padrões de desempenho do ativo no seu contexto atual de operação?
- 2- De que forma ele falha em cumprir sua função?
- 3- O que causa cada falha funcional?
- 4- O que acontece quando ocorre cada falha?
- 5- De que modo cada falha importa?
- 6- O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?
- 7- O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa pró-ativa apropriada?

Quando há resposta para estas sete perguntas, a manutenção centrada na confiabilidade pode ser implantada em uma organização, de forma a ampliar a capacidade de promover melhorias na gestão da manutenção.

### **2.1.1 Gestão da Manutenção Industrial**

Atualmente a manutenção é menos vista como uma atividade secundária e começa a ser atribuída a ela toda a importância devida. A atribuição dessa importância acarreta, conseqüentemente, um aumento de responsabilidade para quem lidera a manutenção. A Gestão da Manutenção passa então a ser uma função primordial na organização. Ao gestor da manutenção compete a gestão de tudo o que tem a ver com a manutenção, desde meios materiais, aos meios humanos, passando por fluxos de informação, como ordens de trabalho, planejamento e organização de trabalhos, relatórios de avarias indicadores de desempenho, orçamentos, entre outros (VASCONCELOS, 2009).

Uma boa gestão da manutenção implica, entre outras coisas, conseguir convencer a gestão de topo da empresa de que os investimentos na manutenção são bons investimentos. Em termos econômicos também se espera de uma boa gestão uma redução dos custos diretos de manutenção e dos custos de peças de reserva, uma maior economia de energia, maior conhecimento das máquinas, reações particulares às solicitações e, conseqüentemente, um menor número de paradas de produção e maior qualidade do produto final (VASCONCELOS, 2009).

Após a organização iniciar a utilização destes métodos, estará no caminho correto para boa manutenção, porém necessitando ainda de ferramentas de gestão eficientes que a conduzam de forma segura ao alcance de suas metas, de forma a promover a identificação de anomalias previamente e solucioná-las de maneira preventiva a fim de evitar a ocorrência de falhas de componentes e equipamentos, impactando o processo produtivo da organização.

### **2.1.2 Tratamento de Falhas Pela Manutenção**

O tratamento de anomalias tem como finalidade minimizar o impacto dos desvios das condições normais de operação de um processo sobre os resultados desejados. A implantação do tratamento de anomalias e falhas é bastante importante, pois possibilita:

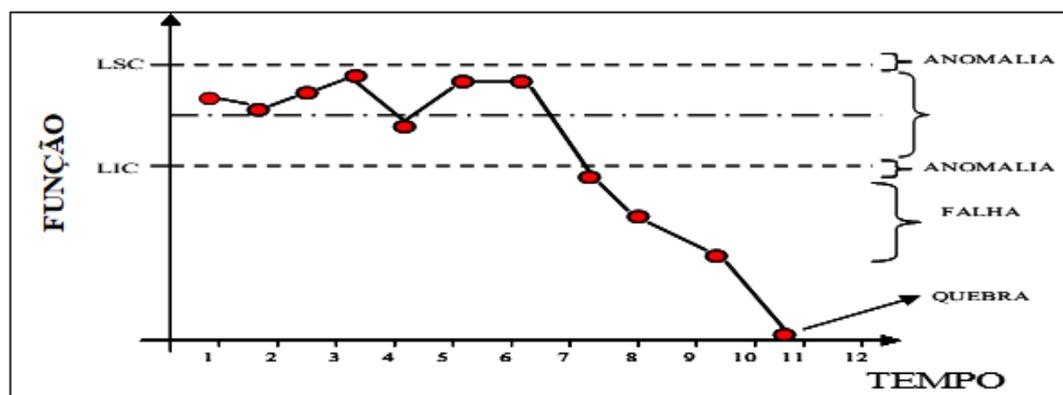
- Conhecer os problemas ou variações que ocorrem;
- Estabelecer um histórico de ocorrências;
- Padronização de informações;
- Auxílio na priorização de ações – aprofundamento de análises;

- Conhecer as anomalias crônicas que afetavam o desempenho do setor;
- Criar uma “carteira” de problemas prioritários que auxilia na elaboração de Planos e Projetos Anuais.

Campos (2004. A) define anomalia como qualquer desvio das condições normais de operação e exige uma ação corretiva. É todo acontecimento diferente do usual. Pode ser um defeito de produto, um ruído estranho na máquina, um erro em um relatório, um problema com um fornecedor. É qualquer ocorrência não esperada, constituindo em um desvio das condições normais em operação.

As anomalias devem ser identificadas previamente para que não ocorra a falha do componente ou equipamento. A falha pode ser definida como o término da capacidade de um item (peça, componente ou máquina) desempenhar a função requerida total ou parcialmente durante um período de tempo. (XENOS, 2004). A Figura 1 mostra que ao surgir uma anomalia, e no decorrer do tempo ela não for tratada, está se transformará em uma falha e ainda em decorrência do tempo sem o tratamento da falha ocorrerá a quebra do equipamento.

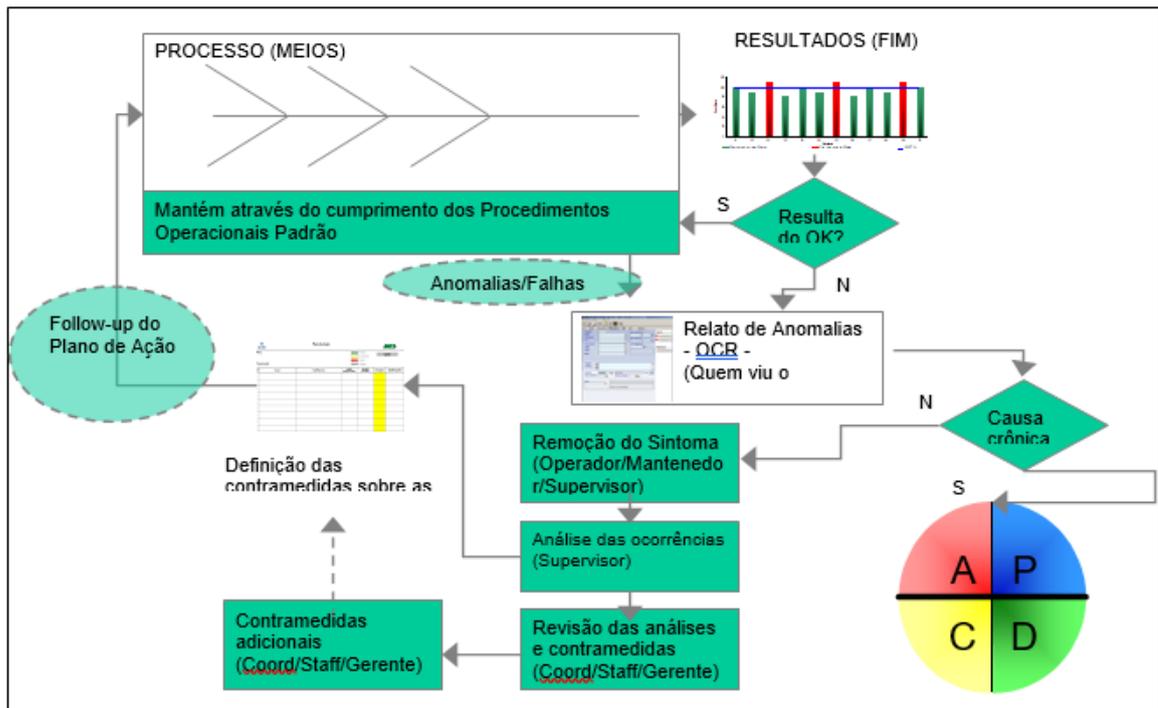
Figura 1: Gráfico de anomalias/Falhas por tempo



Fonte: Adaptado do Autor

A Figura 2 mostra um exemplo de fluxograma para registro de anomalias, onde este se inicia com o monitoramento do resultado de um dado indicador operacional do equipamento. Caso o resultado esteja de acordo com as faixas e metas estabelecidas, mantém-se a rotina cumprindo os procedimentos operacionais. Caso identificado alguma anomalia, esta deverá ser registrada em um sistema próprio para esse controle e seguir o fluxo de tratamento.

Figura 2: Fluxo de Registro de Anomalia



Fonte: Adaptado do Autor

Quanto maior for número de falhas menor será a confiabilidade de um item, para as condições de operações requeridas. Quanto maior for a confiabilidade, melhores serão os resultados, porém antes de atuar na causa é necessário identificar o tipo da falha e a sua influência na disponibilidade do ativo. Conforme descrito na NBR 5462/1994, falhas podem ser classificadas de vários tipos diferentes, tais como falha de projeto, falha por fragilidade, falha aleatória, falha primária, dentre outras classificações.

Com a aplicação das ferramentas da qualidade na gestão da rotina da manutenção é possível identificar as anomalias nos equipamentos e tratá-las para que não seja impactado o orçamento de produção e a integridade dos equipamentos.

## 2.2 Gestão da Rotina e a Qualidade nos Processos de Manutenção

O modelo proposto para este trabalho é o da gestão da rotina, que está contemplada no conceito da qualidade total, que se iniciou com W.A. Shewhart, estatístico norte-americano que, já na década de 20, tinha um grande questionamento com a qualidade e com a variabilidade encontrada na produção de

bens e serviços. Criou também o Ciclo PDCA (Plan, Do, Check e Action), método essencial da gestão da qualidade, e que é a ferramenta mais utilizada para método de solução de problemas, (LUCERO, 2006).

A gestão da rotina pode ser definida como práticas operacionais e de manutenção diárias que garantem a previsibilidade do sistema de manufatura. Essa previsibilidade pode ser dividida em 04 elementos principais, os 4 M's: (LUCERO, 2006).

Mão de obra: deve ser bem treinada e ter plena autonomia para eliminar desperdícios e agregar cada vez mais valor a seu trabalho. A gestão tem a obrigação de oferecer um ambiente de trabalho que fomente a participação sem barreiras hierárquicas e departamentais;

Máquinas: os equipamentos têm que ser confiáveis e assim permitir trabalhar com tempos de ciclo próximos ao tempo takt (ciclo da demanda). De fato, é mais importante uma disponibilidade estável do que uma alta disponibilidade, apesar de que se deve trabalhar para maximizar os dois objetivos;

Materiais: a empresa não pode ficar presa a fornecedores não confiáveis que obrigam inevitavelmente a acumular estoques no almoxarifado e em processo. Falta de materiais tira disponibilidade do processo e torna muito difícil manter os métodos de trabalho e a satisfação dos funcionários;

Métodos: a chave para a gestão da rotina é ter bons padrões técnicos de processos e procedimentos operacionais sendo seguidos e melhorados continuamente. Como apoio conta-se com diferentes ferramentas: quadro de capacidade do processo, tabela de combinação do trabalho padronizado e diagrama de trabalho padronizado, além da folha de procedimento operacional. Padrões devem ser melhorados continuamente pelos supervisores, times de melhoria e funcionários (LUCERO, 2006).

As ferramentas da Gestão da Rotina são peças importantes na busca pela excelência. Através delas é possível identificar os pontos críticos capazes de afetar o desempenho de uma máquina. Os indicadores com os tempos e motivos de cada falha, os gráficos que estratificam as raízes de cada falha e as ferramentas de gestão que norteiam todas as ações são ponto chave desse trabalho.

Todo esse projeto foi desenvolvido com a participação de várias áreas, Operação, Manutenção, Engenharia de Confiabilidade e Planejamento de Produção,

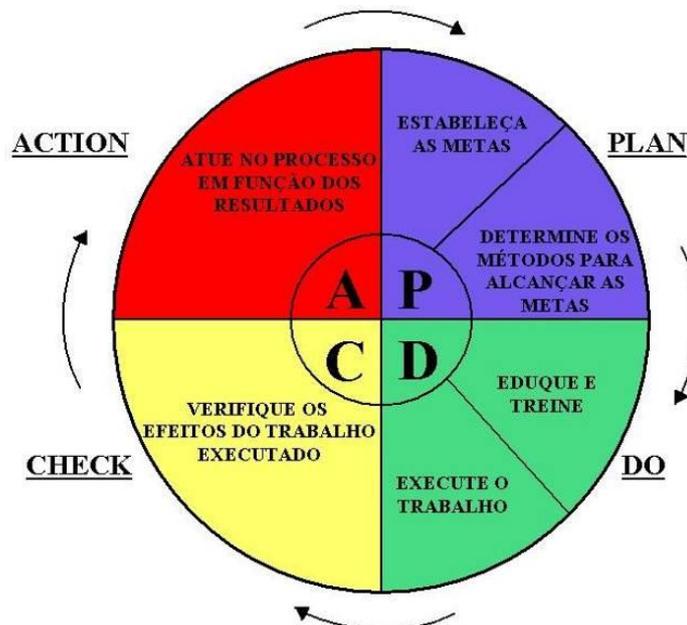
utilizando as ferramentas da qualidade tais como PDCA, Pareto, Brainstorming e Diagrama de Causa e Efeito de forma a buscar maior assertividade nas ações.

### 2.2.1 O Ciclo PDCA

O ciclo PDCA faz parte principalmente nas normas de sistemas de gestão e pode ser utilizado por qualquer empresa ou departamento (vendas, compras, engenharia, etc.). É representado por um círculo onde cada quadrante representa uma atividade gerencial para a busca de melhorias (SOUZA, MARÇAL e KOVALESK; 2006).

O método PDCA de controle de processos ou sistemas é utilizado para atingir as metas necessárias à sobrevivência das empresas (AGUIAR, 2006). É constituído de 4 etapas: *PLAN* (planejamento), *DO* (execução), *CHECK* (verificação) e *ACTION* (ação), descritos conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3: Ciclo PDCA de Gerenciamento de Processos



Fonte: CAMPOS (2004. A)

Na etapa de planejamento é definida a meta de interesse e estabelecidos os meios (planos de ação) necessários para se atingir a meta proposta. Para a execução dos planos de ação, as pessoas são treinadas nesses planos. A seguir, os planos são implementados e são coletados dados que possam fornecer informações

sobre a obtenção da meta. Com o uso dos dados coletados na etapa de Execução, é feita uma avaliação dos resultados obtidos em relação ao alcance da meta.

**P (Plan) – Planejar-** Silva (2009) comenta que antes do início de qualquer atividade deve ser feito o planejamento, pois quando não há um bom planejamento, os riscos de insucesso são maiores.

O planejamento deve levar em conta os recursos disponíveis e deve ser consensual com o pessoal que irá executar as atividades; não deve ser imposto. O planejamento envolve o estabelecimento das metas e o estabelecimento dos métodos para as metas serem atingidas. Para Werkema (1995) o planejamento é a primeira etapa do ciclo. Nesta fase tomam-se por base as informações coletadas no diagrama de Ishikawa e planeja-se uma ação que solucione as causas identificadas. O planejamento é feito com a utilização da técnica 5W2H (What; Who; When; Why; How; How much).

Com relação à definição dos métodos que permitirão que as metas sejam atingidas, Silva (2009) inclui:

- O que deve ser feito (atividades a serem executadas);
- Quem vai fazer (responsáveis pelas atividades);
- Quando deve ser feito (cronograma das atividades);
- Onde deve ser feito (locais das atividades);
- Porque deve ser feito (finalidade das atividades);
- Como fazer (procedimento com detalhes suficientes de como fazer, informando que materiais, máquinas, ferramentas e meios de medir devem ser utilizados pelo pessoal envolvido, nos locais e tempos previstos).

**D (Do) – Fazer-** A segunda etapa do ciclo consiste em executar o que se planejou (WERKEMA, 1995).

A execução das atividades planejadas deve ser precedida de educação e treinamento do pessoal envolvido, para que os colaboradores recebam todas as informações e a motivação para executar bem e com prazer as atividades previstas, tal como planejado. As atividades previstas devem ser executadas pelo pessoal estabelecido, seguindo cronograma existente, nos locais previstos e obedecendo ao procedimento determinado.

**C (Check) – Verificar-** Silva (2009) ensina que a verificação implica no acompanhamento da execução das atividades planejadas e na análise dos seus resultados. Enquanto tudo ocorrer normalmente, de acordo com o previsto, nada deve ser feito; os procedimentos previstos devem ser mantidos e a verificação deve continuar. Quando, no entanto, ocorrer uma anormalidade, deve-se passar para a fase seguinte que é: Atuar.

Nessa fase a situação atual é comparada com a situação anterior verificando-se se o que foi planejado realmente foi realizado (WERKEMA, 1995).

**A (Act) – Atuar-** A quarta etapa é a ação a ser tomada diante do resultado obtido. Caso o efeito tenha sido negativo e o problema ainda persista, inicia-se outro ciclo. Se o efeito foi positivo e o problema foi solucionado, então se avalia a situação atual e as mudanças que proporcionaram o alcance das metas para que seja feita uma padronização do sistema utilizado (WERKEMA, 1995).

Silva (2009) ensina que esta fase ocorre quando a verificação indicar que existem anormalidades. Se o problema for pequeno, pode ser tomada uma medida no próprio local, para corrigir as deficiências. Se, no entanto, o problema for complexo, poderá haver a necessidade de um replanejamento global, reiniciando o ciclo PDCA. Em casos mais complexos, o planejamento deve ser alterado drasticamente.

### **2.2.2 Brainstorming**

Termo em inglês que significa “tempestade de ideias” trata-se de uma técnica em que se reúne um grupo pequeno de pessoas, no máximo doze, para expressar livremente o pensamento no menor tempo possível. Busca-se criatividade e diversidade de pontos de vista, que são registrados e depois analisados por facilitadores devidamente treinados para conduzir trabalhos em equipe.

O brainstorming e a “técnica dos porquês” são ferramentas da qualidade usadas para descobrir as causas de um problema utilizando o conhecimento das pessoas sobre o assunto em estudo. Na manutenção trata-se de uma importante ferramenta no levantamento de dados e hipóteses para discutir ações. Para sua correta aplicação é imprescindível a participação multidisciplinar.

A técnica dos 5 Porquês surgiu na década de 30 e foi criada por *Sakichi Toyoda*, fundador das Indústrias Toyota. Desde o seu surgimento, a ferramenta vem sendo muito utilizada devido a sua simplicidade e eficiência.

O 5 Porquês é uma ferramenta que consiste em perguntar 5 vezes o porquê de um problema ou defeito ter ocorrido, a fim de descobrir a sua real causa, ou seja, a causa raiz. Um ponto interessante e que vale mencionar é que, na prática, pode ser que não seja necessário perguntar 5 vezes “por quê” ou que seja necessário realizar mais de 5 questionamentos para identificar a causa raiz de um problema. Não há uma regra para isso, e apesar de o criador da ferramenta afirmar que 5 é o número ideal de vezes, depende muito do contexto de cada situação e empresa.

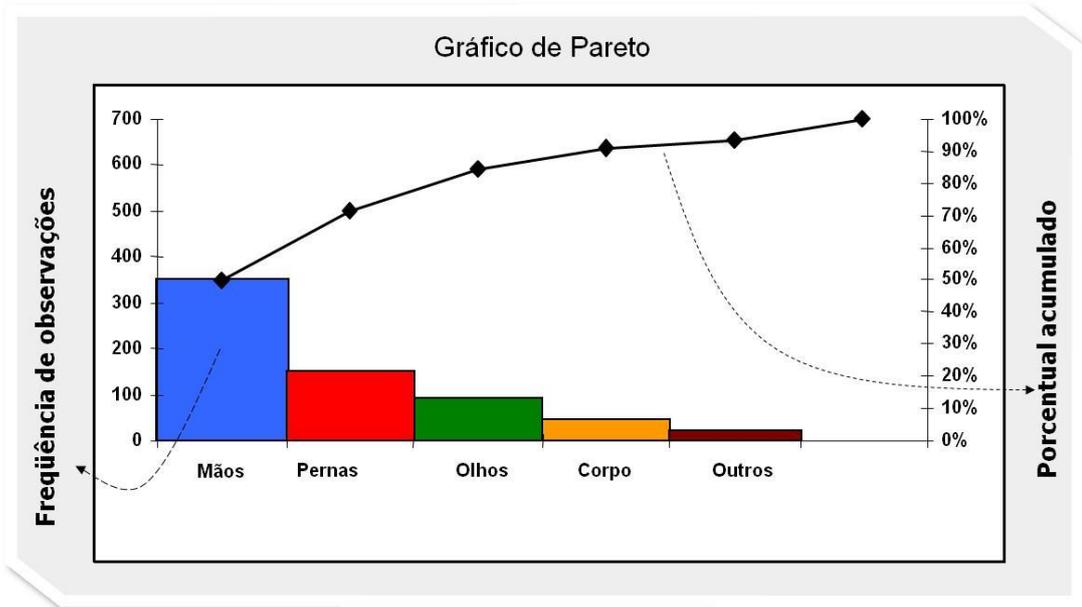
Criada para ser interativa, a ferramenta tem como resultado esperado a identificação da causa raiz de um problema. Encontrar a real causa de um problema é fundamental para que qualquer ação tomada seja eficaz.

Geralmente as pessoas costumam atuar no efeito, ou seja, na consequência ou resultado do problema ao invés de atuar na sua verdadeira causa, o que torna a atuação ineficaz levando o problema a se repetir. O 5 Porquês ajuda na investigação da causa para que seja encontrado o que realmente levou o problema a acontecer, possibilitando a realização de ações que de fato eliminem o problema.

### **2.2.3 Diagrama de Pareto**

Esta ferramenta tem por função descrever graficamente os dados, que representam a característica de interesse, de maneira que se possa detectar os itens com melhores oportunidades de melhoria e desta forma direcionar e concentrar os esforços (ROTANDARO, 2002). Sua origem advém da Lei de Pareto (também conhecida como princípio do 80 – 20), onde afirma que 80% das consequências originam-se em 20% das causas, ilustrado pela Figura 4.

Figura 4: Diagrama de Pareto



Fonte: Adaptado do autor

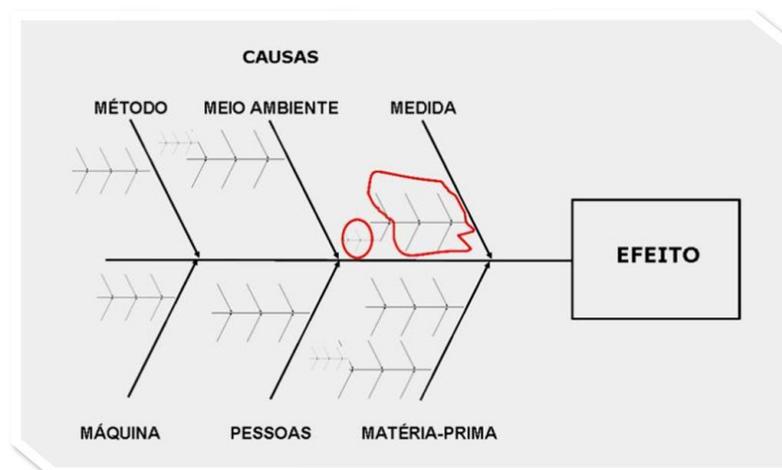
Na rotina da manutenção o gráfico de Pareto é amplamente utilizado para investigação das causas de falhas e importante para direcionamento de recursos para tratamento de anomalias e falhas que impactam na disponibilidade dos equipamentos.

#### 2.2.4 Diagrama de Causa e Efeito

Trata-se de uma ferramenta cuja finalidade é apresentar a relação existente entre um resultado de um processo (o efeito) e os vários fatores (causas) que influenciam este resultado (ROTANDARO, 2002).

É conhecido como diagrama “espinha de peixe”, devido a sua representação gráfica que lembra muito o esqueleto de um peixe, e como diagrama de Ishikawa, em homenagem ao criador da ferramenta. Um exemplo desse diagrama é ilustrado pela Figura 5.

Figura 5: Diagrama de Causa e Efeito



Fonte: Adaptado do autor

O diagrama de causa e efeito é utilizado para fornecer o relacionamento entre a causa e o efeito (problema) de interesse, ou seja, entre o problema a ser tratado e as suas causas.

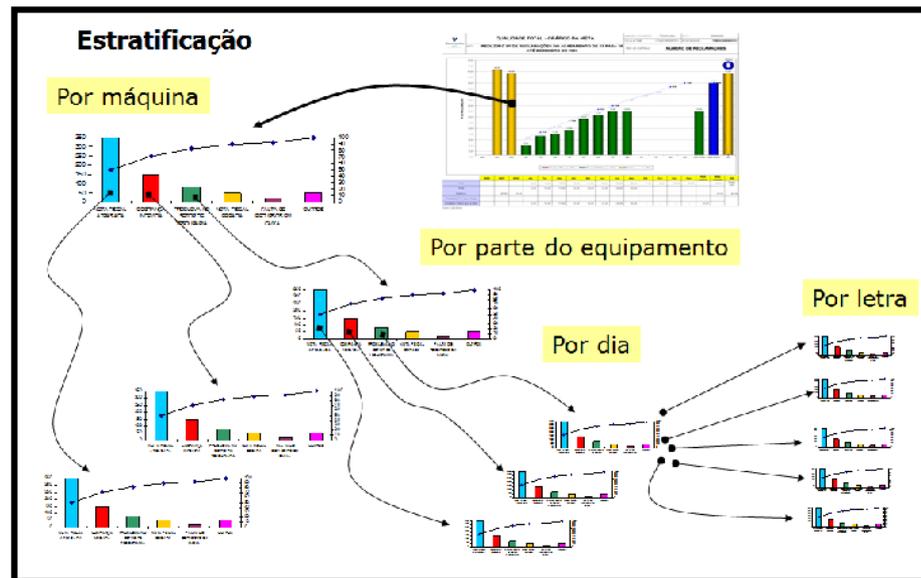
O efeito da falha é o refugo de parte da produção acabada, quando se trata da Rebobinadeira, fase onde a recuperação do produto é onerosa. O diagrama de Ishikawa alimentado com as informações levantadas durante o projeto vai permitir a identificação da causa raiz de cada falha e possibilitar a ligação de cada uma delas com a falha.

### 2.2.5 Estratificação

Defendido pelos estudiosos da área como uma das maneiras potenciais de determinar a causa específica é a estratificação. Os dados levantados, por exemplo, quando o diâmetro do eixo de um rotor tem muita dispersão e ele é fabricado por duas máquinas, tem-se que estratificar ou segregar os dados correspondentes a cada máquina assim, é possível encontrar a diferença entre a máquina A e B e mais facilmente realizar os ajustes necessários (ROTANDARO, 2002).

A estratificação é a forma de se analisar um fenômeno por vários critérios diferentes, no exemplo da Figura 6 partiu-se dos dados levantados de uma máquina e a estratificação seguiu de várias formas: por partes do equipamento, por dia e por letra (equipes de revezamento por turno) (ROTANDARO, 2002).

Figura 6: Exemplo de Estratificação Geral



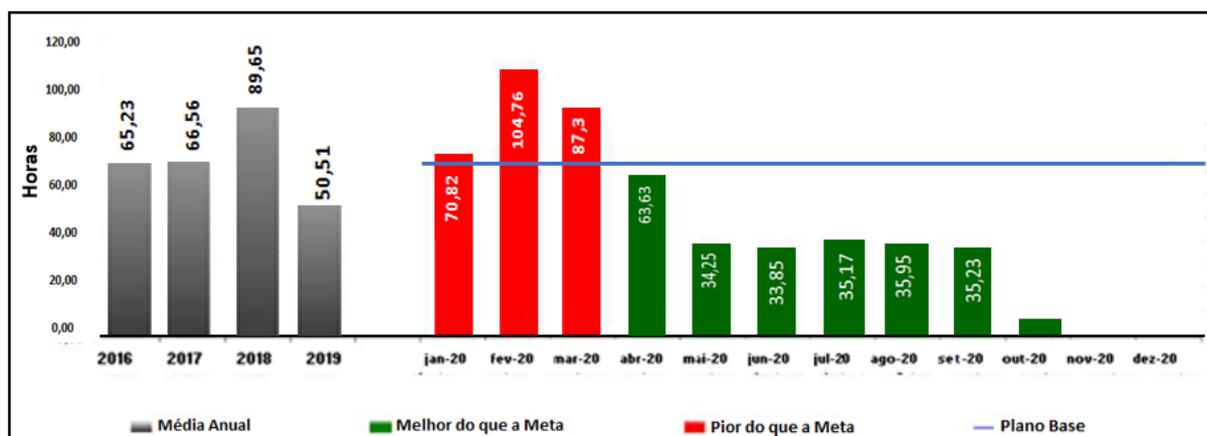
Fonte: Adaptado do autor

### 2.2.6 Indicadores

São indispensáveis para a análise de desempenho comparando o resultado obtido com a meta estabelecida, e conforme abordados por Slack et al (1997) a avaliação de desempenho é um processo que quantifica a eficiência e eficácia das ações tomadas por uma operação. Sendo eficiência a relação entre os recursos que deveriam e os que realmente são consumidos para atingir um determinado objetivo, ou seja, é fazer de forma certa, enquanto eficácia é a relação entre os resultados obtidos e os previstos, ou seja, é fazer o que é certo.

Uma gestão para ser eficiente deve possuir o maior número de indicadores possíveis, pois somente aquilo que é medido pode ser gerenciado (CAMPOS, 2004. A). A Figura 7 mostra um exemplo de indicador.

Figura 7: Exemplo de indicador: Horas de parada por manutenção/mês



Fonte: Informe interno empresa estudada

Toda manutenção necessita de indicadores que a oriente, pois na falta destes os trabalhos serão em vão. Quando não temos uma rotina bem definida, quando não temos histórico dos que ocorrem na máquina não temos base para solicitação de novos investimentos e não é possível o direcionamento correto da mão de obra (CAMPOS, 2004. B).

Com a competitividade cada vez maior entre as organizações o diferencial vai ser o custo de produção de cada tonelada de papel uma commodities. Esse custo será cada vez menor à medida que eu tenho menos manutenções corretivas não planejadas, tenho mão de obra qualificada em menor volume na área. Sobre a mão de obra, o investimento é alto e quando não temos a gestão da rotina alinhada estamos colocando os recursos onde não vamos obter reflexo na disponibilidade.

Outro indicador importante é a disponibilidade do ativo que aliada a qualidade do produto é o principal motivo do projeto, pois afeta diretamente o resultado da companhia.

Disponibilidade física é definida conforme Branco Filho (2000, p.41) como “a probabilidade de que um item possa estar disponível para utilização em um determinado momento ou durante um determinado período de tempo”. A mesma é calculada através da relação entre o tempo em que um equipamento ou instalação industrial está disponível para operação e o total de horas calendário previstas para o período (CAMPOS, 2004. B).

A disponibilidade pode ser classificada em Inerente e técnica. A disponibilidade inerente pode ser calculada pela razão do tempo médio entre falhas pelo tempo médio entre falhas mais tempo médio para reparo vezes 100. O termo

inerente implica o fato de somente se levar em conta o tempo de reparo, excluindo o tempo médio entre os demais reparos.

A disponibilidade técnica, também conhecida por disponibilidade obtida ou encontrada é calculada pela razão do tempo médio entre manutenções pelo tempo médio para reparo somado ao tempo médio entre manutenções vezes 100. Disponibilidade aliada a qualidade do produto é o principal motivo do projeto, pois afeta diretamente o resultado da companhia (CAMPOS, 2004. B).

Para realização do projeto é imprescindível a escolha correta do método a ser utilizado para compilação das informações disponíveis, pois estas devem agrupadas de tal forma a facilitar o entendimento das falhas, suas causas e principalmente as ações a serem tomadas.

### 3. METODOLOGIA

A pesquisa para levantamento de informações pode ser tanto quantitativa como qualitativa, conduzindo o processo de investigação como forma de aproximação, focalização do fenômeno que se pretende estudar e identificando métodos e tipos de pesquisa adequados na busca de soluções desejadas.

O presente trabalho está voltado para pesquisa quantitativa, pois visa demonstrar o tempo parado de um equipamento por motivo de falha de manutenção. Neste sentido, também se mostrou em caráter de estudo de caso.

De acordo com YIN (2005, p.32), o estudo de caso:

“é uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.”

A aplicação da gestão da rotina com apoio das ferramentas da qualidade será utilizada para identificação da (s) anomalia (s), identificação das causas fundamentais, estruturação do plano de ação para remoção da (s) anomalia (s) melhoria do fluxo interno e promover a rotina de hábitos que aperfeiçoem a disciplina dos colaboradores.

O estudo de caso trata-se de um projeto que teve seu início justificado diante do histórico de paradas não programadas no equipamento rebobinadeira, equipamento este crítico para o processo de produção de papel. A metodologia desse foi dividida em fases que compreendem desde a coleta de dados no sistema de informações da empresa com o levantamento dos dados do processo nos últimos 3 anos. Quando do início da coleta dos dados, constatou-se que seria necessário direcionar mais recursos para aumento da disponibilidade do equipamento estudado.

As informações sobre indicadores de desempenho da rebobinadeira foram levantadas através do recebimento das apresentações utilizadas nas reuniões de acompanhamento do projeto de aumento da disponibilidade da máquina. Também foram utilizadas as informações das apresentações das reuniões gerenciais, como por exemplo o gráfico que deu origem ao início do projeto, gráfico que apresentou a instabilidade da máquina nos últimos 3 anos impossibilitando inclusive a implementação do projeto 1100, (concebido para aumento da velocidade da máquina à 1100 metros por minuto), que visa aumentar a produção para atendimento à crescente demanda de papel no mercado nacional e internacional.

A sequência se dá com formação dos grupos de estudo baseados nas etapas do ciclo PDCA e as demais ferramentas para gestão da rotina. A análise dos dados separados por disciplina e por tipo de falha, permitiu identificar os pontos que mais contribuem para o aumento da indisponibilidade. Através das reuniões com as equipes envolvidas foram traçados planos de ação com respectivos responsáveis e prazos. As ações propostas tiveram efeito na disponibilidade da máquina logo no segundo bimestre após o início do projeto, os efeitos destas ações foram percebidos também quando da diminuição de perdas por problemas de manutenção.

## 4. ESTUDO DE CASO

Preservando o nome da empresa no qual o presente estudo se baseia, será denominada Empresa Ramo Papel e Celulose.

A empresa em questão, com mais de 95 anos de fundação, é uma das mais tradicionais organizações privadas brasileiras, com forte participação na indústria de papel e celulose de áreas florestais 100% renováveis. No segmento de celulose, a empresa comercializa em 31 países; no segmento de papel para imprimir, papel para escrever e papel cartão a empresa detém cerca de 30 marcas comercializadas em 60 países.

No foco estratégico, a organização tem como visão, estar entre as maiores e mais rentáveis empresas de base florestal do mundo e ser reconhecida pelas práticas de respeito às pessoas e ao meio ambiente.

O estudo foi realizado no setor de produção de papel, em um equipamento específico, a Rebobinadeira, responsável por bobinar os rolos produzidos pela máquina de papel em bobinas com largura e diâmetros conforme pedidos dos clientes.

Uma breve descrição do processo de fabricação de papel se faz necessária para contextualizar a significância da Rebobinadeira no processo de fabricação de papel.

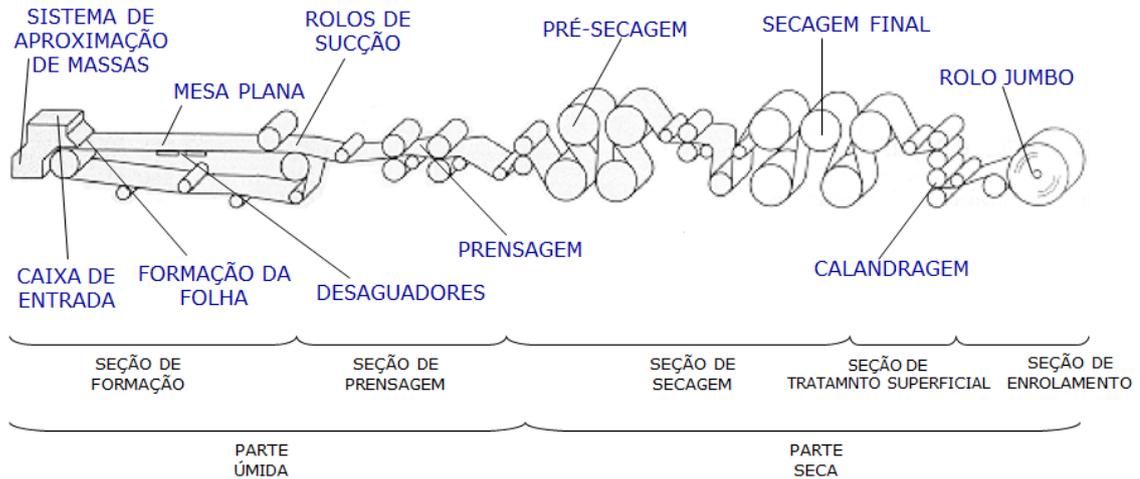
### 4.1 Processo Fabricação de Papel

O papel é formado por fibras celulósicas que se entrelaçam umas com as outras, garantindo a sua resistência. A principal matéria-prima para a obtenção industrial dessas fibras é a madeira, proveniente dos troncos das árvores. No Brasil, a produção de celulose e papel utiliza essencialmente espécies de eucalipto, que levam de seis a sete anos para atingir a idade de corte (FARDIM, 2002).

O conjunto de componentes que formam a máquina de papel consiste em caixa de entrada, seção de formação da folha, seção de prensagem, seção de secagem, seção de tratamento superficial e seção de enrolamento conforme está representado na Figura 8. O conjunto formado pela caixa de entrada e pelas seções de formação e de prensagem é chamado de parte úmida da máquina uma vez que grande quantidade de água está envolvida nestas etapas (FARDIM, 2002). O

conjunto formado pelas seções de secagem, tratamento superficial e enrolamento é chamado de parte seca da máquina de papel.

Figura 8: Componentes da Máquina de Papel

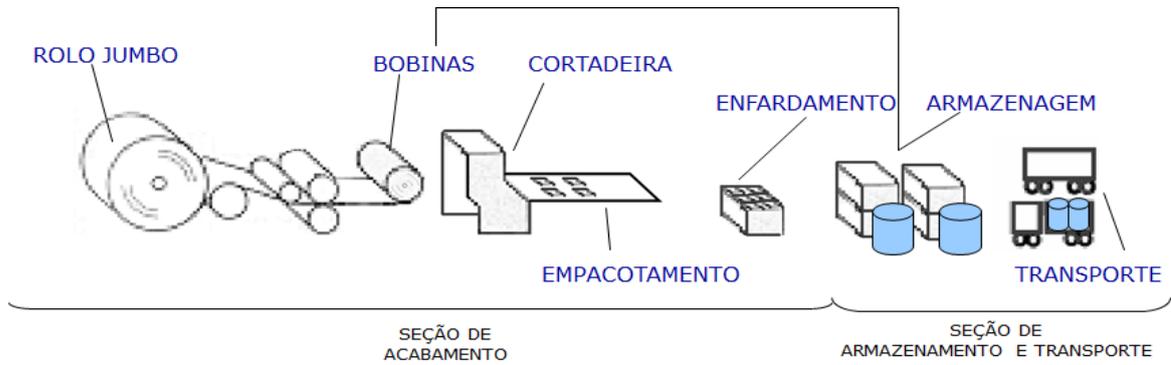


Fonte: Fardim, 2002

O fluxo de massa segue da caixa de entrada para a seção de formação da folha onde grandes quantidades de água são removidas e posteriormente para as seções de prensagem, secagem, colagem superficial, tratamento superficial e enrolamento dando origem ao papel acabado.

Depois da máquina, os enormes rolos de papel (rolos jumbo) produzidos no enrolamento seguem para a seção de acabamento onde são transformados em bobinas menores. As bobinas podem seguir diretamente para o setor de expedição ou podem ser enviadas para as cortadeiras, onde são transformadas em folhas que são comercializadas na forma de resmas ou *skids*. A Figura 9 ilustra as seções finais do processo de fabricação de papel.

Figura 9: Últimas Seções do Processo de Fabricação de Papel



Fonte: Fardim, 2002

Para maior percepção sobre a fabricação de papel, as Figuras 10, 11 e 12 ilustram as seções da máquina de papel e a Rebobinadeira, equipamento objeto deste estudo.

Figura 10: Visão Parte Úmida Máquina de Papel



Fonte: Banco de Imagens da empresa estudada.

Figura 11: Visão Rolo Jumbo na Rebobinadeira



Fonte: Banco de Imagens da empresa estudada

Figura 12: Visão bobinas na saída da Rebobinadeira



Fonte: Banco de Imagens da empresa estudada

#### 4.2 Identificação do Problema e Desenvolvimento dos Planos de Ação

O principal indicador de desempenho é o da Eficiência global, que é obtido pelo produto das eficiências de disponibilidade, utilização e rendimento. A eficiência de disponibilidade representa o tempo de parada da máquina de papel, em relação ao tempo previsto de parada OEE - *Overall Equipment Effectiveness* (BLOG.QUALYTEAM).

A eficiência de utilização representa o tempo que a máquina de papel ficou sem produzir por quebra de folha, em relação ao tempo previsto de quebra de folha.

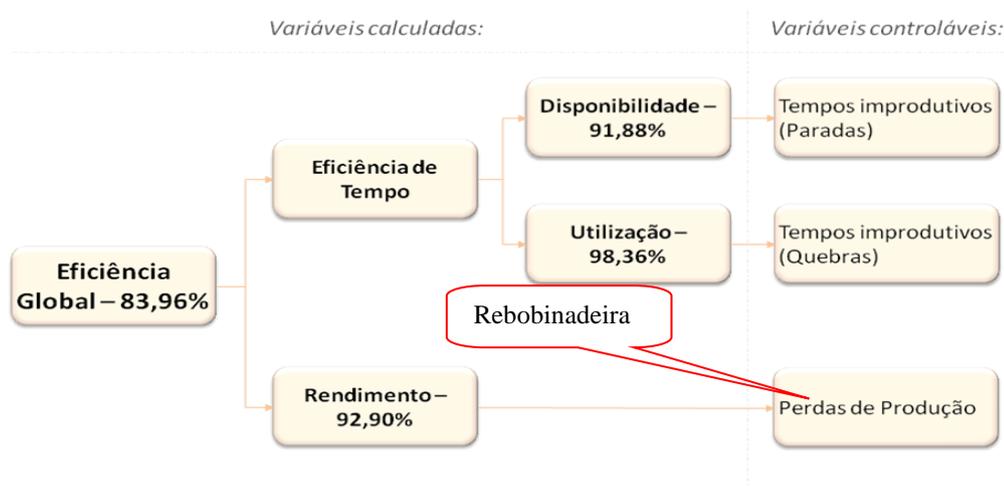
A eficiência de rendimento representa todas as possíveis perdas de papel como as inerentes ao processo e por defeitos (bobinamento irregular, enrugamento ou fichas, falha aplicação de amido, dentre outras) e por avarias ao produto acabado, é calculada pela produção líquida em relação à produção bruta.

A Rebobinadeira pela sua função de processar o rolo jumbo em bobinas para os clientes está inserida no grupo responsável pela eficiência de rendimento, pois perdas originadas neste equipamento afetam este indicador.

A Figura 13 demonstra as metas que foram estipuladas em 2019 para produção de papel.

Figura 13: Composição Eficiência Global Produção de Papel

### Componentes da Eficiência Global

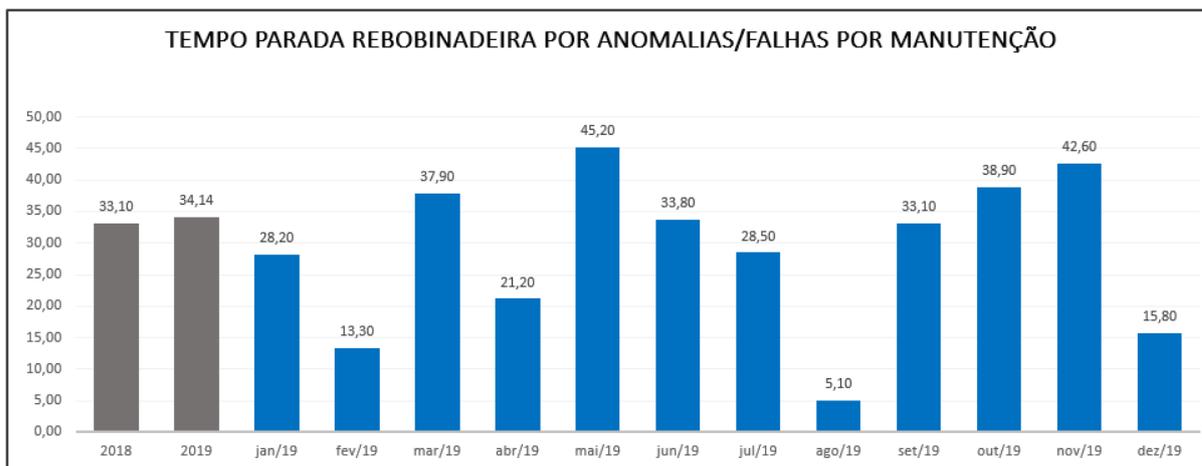


Fonte: Bloq.Qualityteam

O Indicador de Disponibilidade Global da máquina de papel é diretamente impactado pelo desempenho da rebobinadeira, pois uma vez que esta não permite o aumento da produção por consequências das paradas por manutenção.

O gráfico sequencial representado na Figura 14 indica a estratificação para definição da meta representando o tempo de parada durante o ano de 2019 em horas. No eixo "y", no lado esquerdo, a unidade é horas de paradas. Os valores acima de cada coluna são as horas de paradas.

Figura 14: Gráfico Sequencial Tempo Parada Rebobinadeira por anomalia/falha Manutenção



Fonte: Informe interno da empresa estudada

Para definições, análises, elaboração, implantação das ações de manutenção e operação propostas neste projeto foi definido o prazo de 44 semanas, tendo início do primeiro bimestre de 2020. Esse prazo foi necessário devido necessidade de aquisição de alguns materiais, contratação serviços e prazo para realização de paradas programadas.

Esse prazo foi necessário pois o equipamento, rebobinadeira, não pode ter todas as ações implantadas em apenas uma parada, uma vez que as intervenções dependem de fatores externos e principalmente por existir pontos que são tratados em paradas de oportunidades diferentes. Durante o período do projeto o grupo multidisciplinar realizou reuniões quinzenais para atualizar o status das ações.

### 4.3 Definição da Meta

As metas foram definidas conforme critério sugerido por consultoria contratada pela empresa que consiste no seguinte cálculo:

$$\text{Lacuna} = (\text{média/ano} - \text{melhor resultado/ano})$$

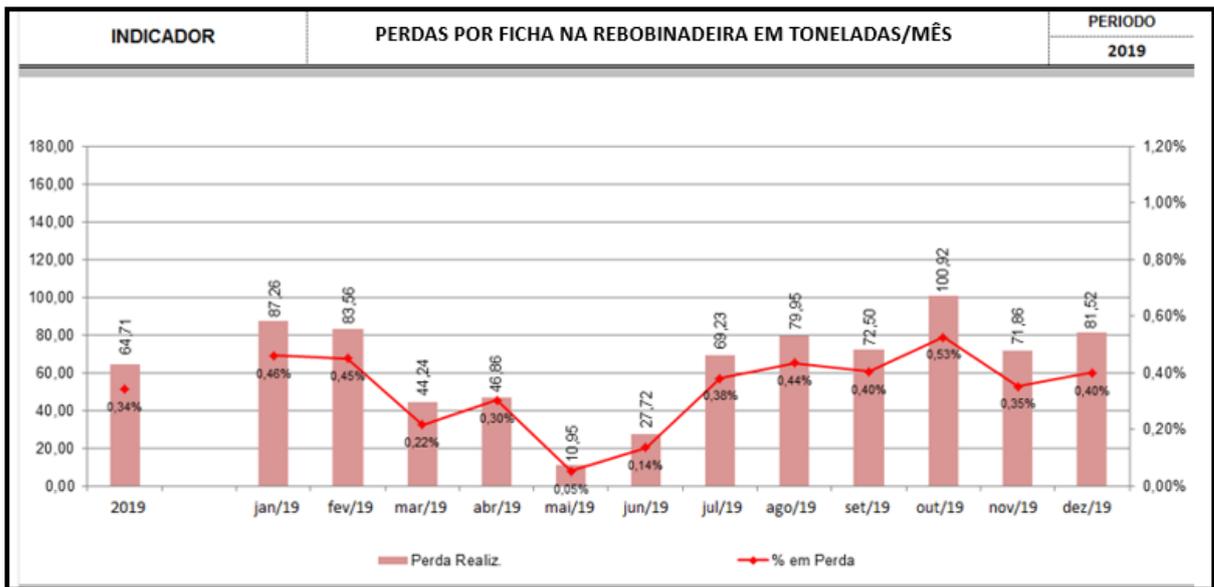
$$\text{Meta} = \text{média/ano} - (\text{lacuna} * 50\%)$$

O gráfico sequencial mostrado na Figura 15 indica a estratificação para definição da meta, representando a perda durante o ano de 2019 em toneladas e quanto esta perda está representando em percentual em relação ao produto acabado. No eixo "y", no lado esquerdo, a unidade é toneladas de papel perdido por fichas e no lado direito porcentagem dessa perda. Os valores acima de cada coluna

são perda de produção e a Linha é o percentual de perdas em relação à produção de papel acabado ou pronto para consumo.

As perdas de produção na Rebobinadeira possuem diversas causas, mas as de maior impacto, são oriundas da falta de comprometimento e utilização da gestão da rotina no dia a dia da manutenção.

Figura 15: Gráfico Sequencial Perdas por Ficha Rebobinadeira



Fonte: Informe interno da empresa estudada

Para tempo de parada da Rebobinadeira por anomalias/falhas de manutenção foi aplicado o cálculo da meta na integra, ou seja, com 50% em relação a lacuna, sendo a definição da meta como: reduzir tempo mensal por parada de manutenção na Rebobinadeira de 28,14 horas/mês 16,5 horas/mês até outubro 2020.

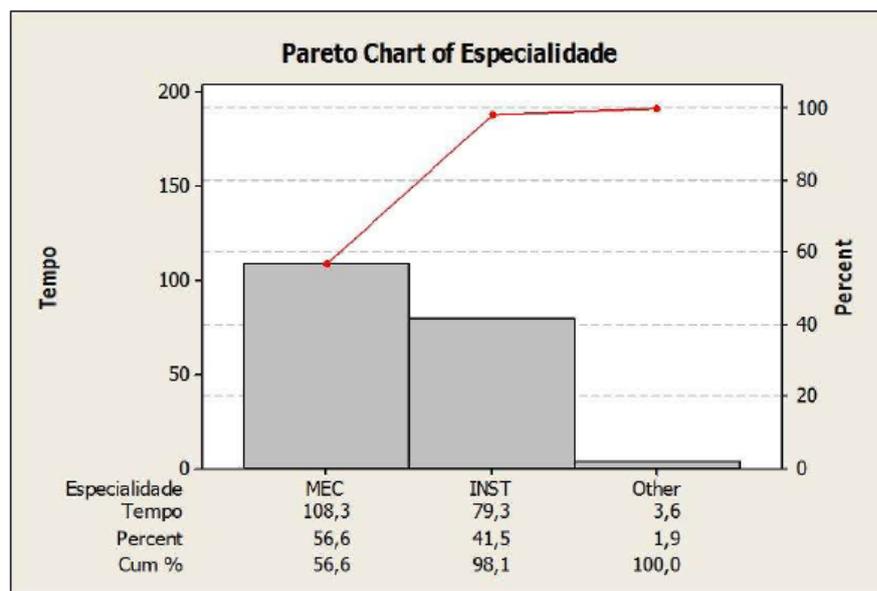
#### 4.4 Estratificação do Problema

A etapa de análise do fenômeno consiste em estudar especificamente o problema, com suas características bem definidas sob vários pontos de vista. É necessário assegurar que a coleta de dados seja feita de modo que os dados representem amostras independentes e em número suficiente para uma correta representação do processo da linha de produtos escolhida.

Foram realizadas estratificações do banco de dados do sistema de controle de produção para identificação das possíveis causas sumarizadas em gráficos sequenciais e o Diagrama de Pareto. A primeira análise dos dados é em função das perdas na Rebobinadeira por ficha. A análise dos dados do Gráfico de Pareto possibilitou a identificação de um maior número de falhas nas gramaturas 75 e 56 g/m<sup>2</sup>. Colocada estas informações em relação a perdas, serão demonstradas as estratificações por paradas de manutenção.

O Gráfico de Pareto mostrado na Figura 16 indica em qual disciplina de manutenção está havendo maior tempo de parada. Para auxiliar na leitura do gráfico da Figura abaixo: MEC descreve a disciplina de mecânica e INST descreve a disciplina de instrumentação, onde essa última descreve uma disciplina na manutenção que estão agregados os equipamentos de leitura de status de equipamentos, posicionamento das válvulas na área, se aberta ou fechado, e sensores que indicam o posicionamento por exemplo das facas na rebobinadeira. Pode-se observar que a mecânica é a maior responsável pelas paradas da rebobinadeira seguida pela elétrica/instrumentação, os outros motivos não são representativos.

Figura 16: Diagrama de Pareto Paradas por Disciplina de Manutenção



Fonte: Adaptado do autor

Detalhando as falhas por manutenção foi possível identificar os maiores responsáveis por paradas na Rebobinadeira, sendo eles: pinça, eixo do rolo suporte, rolo de carga, introdutor de tubetes, ventosas e cabeçote de fixação.

Concluída a fase de estratificações, iniciou-se o próximo passo, que trata as discussões das possíveis causas para motivo levantado pelas estratificações.

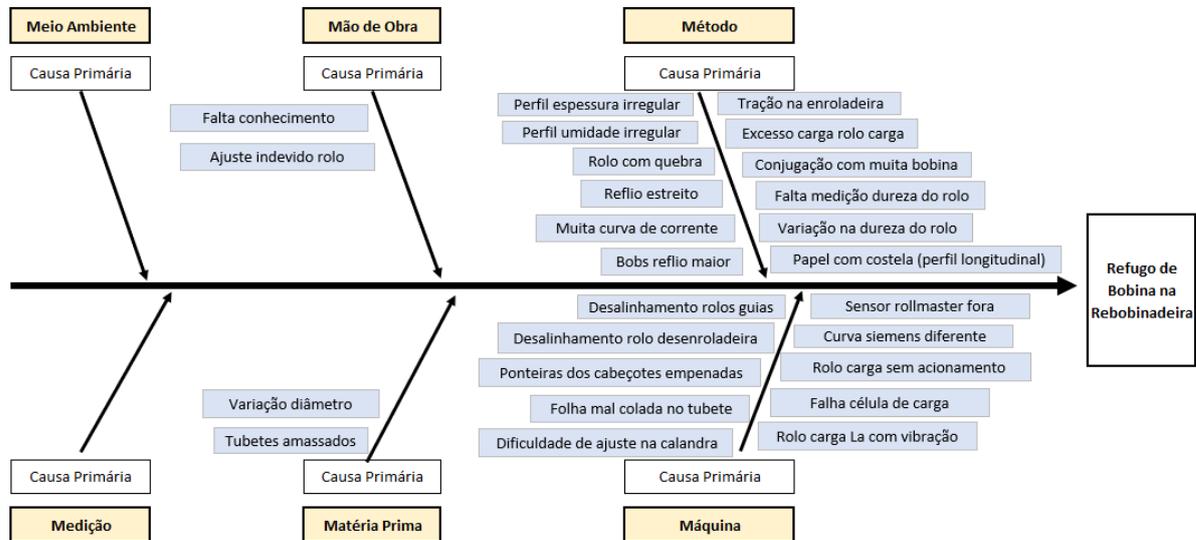
#### **4.5 Análise das Causas do Problema**

A etapa de análise do processo envolve a identificação e o estudo das causas principais e fundamentais do problema. Busca-se identificar a causa raiz ou fundamental.

Definiram-se as causas influentes, utilizando o brainstorming para colher o maior número possível de causas a fim de construir o Diagrama de Ishikawa (diagrama de causa e efeito).

O próximo passo foi a análise de fenômeno buscando a causa raiz ou fundamental do problema pelo método dos 5 por quês. Determinaram-se então as causas fundamentais das paradas da Rebobinadeira, por especialidade de manutenção e por componentes e também as perdas por fichas que decorriam principalmente em função de falhas/desgaste de alguns componentes do equipamento. A Figura 17 apresenta o Diagrama de Ishikawa desenvolvido para este projeto.

Figura 17: Diagrama de Ishikawa desenvolvido



Fonte: Adaptado do autor

O Diagrama de Ishikawa possibilitou o estudo minucioso de todas as possíveis causas de refugo por ficha. Foram analisadas as causas em vários âmbitos, sendo de maior impacto o fator máquina e método. Sendo apontado pelo grupo de estudos e análises das ocorrências o defeito "Rolo suporte 1 diferente do rolo suporte 2". Sendo essa falha responsável diretamente por outros problemas de manutenção na máquina.

A partir das causas fundamentais identificadas foram criados os planos de ação para resolução dos problemas de paradas e perdas.

A fim de investigar as causas raízes dos problemas levantados no brainstorming e agrupados no Diagrama de Ishikawa, foi desenvolvida uma análise do fenômeno, conforme mostrada na Figura 18.

Figura 18: Análise de Fenômeno

Causa Primária	Causa Secundária	Causa Terciária	Causa Quaternária	Nº da Causa	Causa Fundamental	
Rolo suporte 1 diferente do rolo suporte 2.	Rolo suporte 1 é liso.	Rolo suporte I da bobinadeira não é ranhurado.		1	Rolo suporte I da bobinadeira não é ranhurado.	
		Rolo suporte trabalham com rugosidade fora da especificação.		2	Rolo suporte trabalham com rugosidade fora da especificação.	
	Bobinas apoiam mais no rolo suporte 1 que no 2.	Desalinhamento dos cabeçotes do LA e LC.	Diferença de altura dos cabeçotes.		3	Diferença de altura dos cabeçotes
			Desgaste da ponteira causado pelo aperto e ajuste do mandril.		4	Desgaste da ponteira causado pelo aperto e ajuste do mandril.
		Excesso de carga (bobina e rolo de carga) forçando mais o suporte 1 (pressão aproxima de 18t).		5	Excesso de carga (bobina e rolo de carga) forçando mais o suporte 1 (pressão aproxima de 18t).	
	O expulsor de bobina está fixado no mesmo mancal do rolo suporte 1, podendo deslocá-lo.		6	O expulsor de bobina está fixado no mesmo mancal do rolo suporte 1, podendo deslocá-lo.		
	Diferença de diâmetro do rolo suporte.	Desnívelamento entre os dois rolos suportes fazendo com que um gaste mais rápido que o outro.		7	Desnívelamento entre os dois rolos suportes fazendo com que um gaste mais rápido que o outro.	

Fonte: Adaptado do autor

A análise do fenômeno possibilitou a identificação das causas que contribuíam para o surgimento de falhas nos componentes da Rebobinadeira e conseqüentemente paradas não desejadas que afetavam a entrega da produção. De posse dos dados coletados na aplicação das ferramentas da qualidade, tais como PDCA e Pareto, foi possível traçar as estratégias para atuação conforme o calendário do PCP (Planejamento e Controle da Produção) e conseqüente eliminação das pendências que afetavam a disponibilidade da máquina.

#### 4.6 Plano de Ação

Nesta etapa foi realizado o planejamento das ações propostas para eliminação ou mitigação das causas do problema. Elaborada a estratégia de ação, através de um brainstorming com o grupo envolvido, certificando que as ações tomadas foram sobre as causas fundamentais e não sobre seus efeitos e que as ações propostas não produzam efeitos colaterais, e se produzirem serão tratados. Avalia-se também o custo para implementação da ação.

O primeiro plano é referente às ações de responsabilidade da manutenção, pois são itens que, conforme apontados no estudo, possuem maior influência no resultado.

Para visualização neste trabalho somente os campos do plano (causa, o que fazer e como) serão exibidos, o plano de ação completo é composto também por (quem, quando e quanto custa).

Optou-se por exibir parcialmente os planos como exemplo mostrado no Quadro 1, porém todos serão exibidos nos anexos deste trabalho.

Quadro 1: Principais ações para a manutenção

<b>CAUSA</b>	<b>O QUE FAZER (Ação ou contramedida)</b>	<b>COMO</b>
Falta de inspeção e revisão periódica dos motores das contrafacas	Criar plano de manutenção para inspecionar os motores das contra facas	Criando planos de manutenção preventivo baseado na inspeção e cuidado básico nos motores das facas, seguindo os modos de falha e as políticas, premissas de manutenção
	Criar plano de manutenção para revisar os motores das contra facas	Criando planos de manutenção preventivo de revisão dos motores das facas. Seguindo os modos de falha e as políticas, premissas de manutenção
Diferença de espessura (antes 8 mm, fornecida 6 mm) - causando desalinhamento da pinça	Adequar fornecimento do material	Solicitando ao fornecedor a adequação do desenho para as especificações adequadas para a máquina

Fonte: Adaptado do autor

A gestão do plano é fundamental para que o mesmo seja cumprido conforme o planejado, no projeto da Rebobinadeira foram geradas e executadas um número significativo de ações garantindo assim a confiabilidade do projeto e demonstrando o engajamento dos envolvidos.

Um dos principais pontos de perda de papel na Rebobinadeira são as bobinas com ficha, que por vezes passam fora do controle do operador podendo chegar até o cliente final gerando retrabalho para a empresa que precisa ressarcir o mesmo.

Pode-se observar na tabela 2 pela gestão do plano de perda por ficha na Rebobinadeira que 126 ações foram concluídas e apenas 5 ações atrasadas. As ações em atraso são em decorrência do planejamento do PCP e oportunidades de paradas na máquina. Dentro das ações propostas temos as facas que contribuíam para aumento do tempo de intervenção da manutenção, pois em virtude do emaranhado de tubos havia um índice alto de ressecamento e rompimento nos Anexos 6 e 7 é possível identificar a o antes e depois das ações implantadas pela manutenção.

Tabela 1: Controle das ações por ficha na rebobinadeira

<b>Controle das Ações</b>	<b>Número</b>	<b>% (do Total)</b>
Concluídas	126	96%
Em Andamento	0	0%
Atrasadas	5	4%
Não iniciadas	0	0%
Canceladas	0	0%
<b>Número Total de Ações Propostas</b>	<b>131</b>	

Fonte: Adaptado do autor

Com a implantação e monitoramento das ações propostas nos planos, a próxima fase é o acompanhamento e análise dos resultados obtidos.

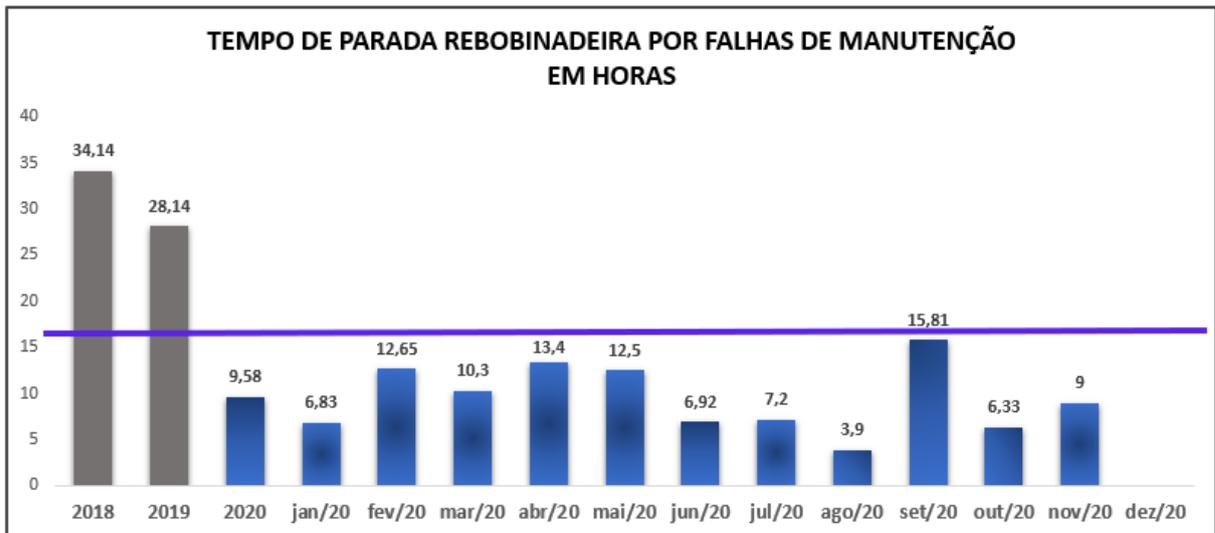
## 5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Com a redução do tempo de parada da Rebobinadeira por problemas de manutenção, a equipe está com 140 horas ano disponíveis para realizar atividades planejadas e programadas em outras máquinas, evitando desta forma a manutenção corretiva, buscando melhoria contínua dos equipamentos e seu próprio desenvolvimento. O tempo que era dedicado a reparos, passou ser utilizado na gestão da rotina, possibilitando novas oportunidades de ganhos para a organização.

A redução da perda de papel por fichas na Rebobinadeira está consolidada a partir (julho/20), seu valor médio é de 18 toneladas mês, frente uma meta de 46,6 toneladas mês, representando uma redução de 343,2 toneladas ano.

Comparando-se o resultado médio de 18,6 toneladas mês com as perdas do ano de 2019 que estavam em 64 toneladas mês, a redução é de 544,8 toneladas ano. Isto representa para empresa um ganho de R\$ 1.370.520,00 com o preço de venda da tonelada do papel em R\$ 2.400,00 (Empresa Ramo Papel e Celulose, 2020). A Figura 19 exibe os valores tempo de parada da Rebobinadeira por problemas de manutenção durante o ano de 2020 em horas. No eixo “y” lado esquerdo, a unidade é horas de parada da Rebobinadeira, do lado direito a seta voltada para baixo indica que o melhor resultado é quanto ele for menor. Pode-se verificar que a meta proposta de redução tempo de parada de 28,14 horas/mês para 16,5 horas/mês foi superada, com valor médio até outubro/20 em 9,58 horas/mês.

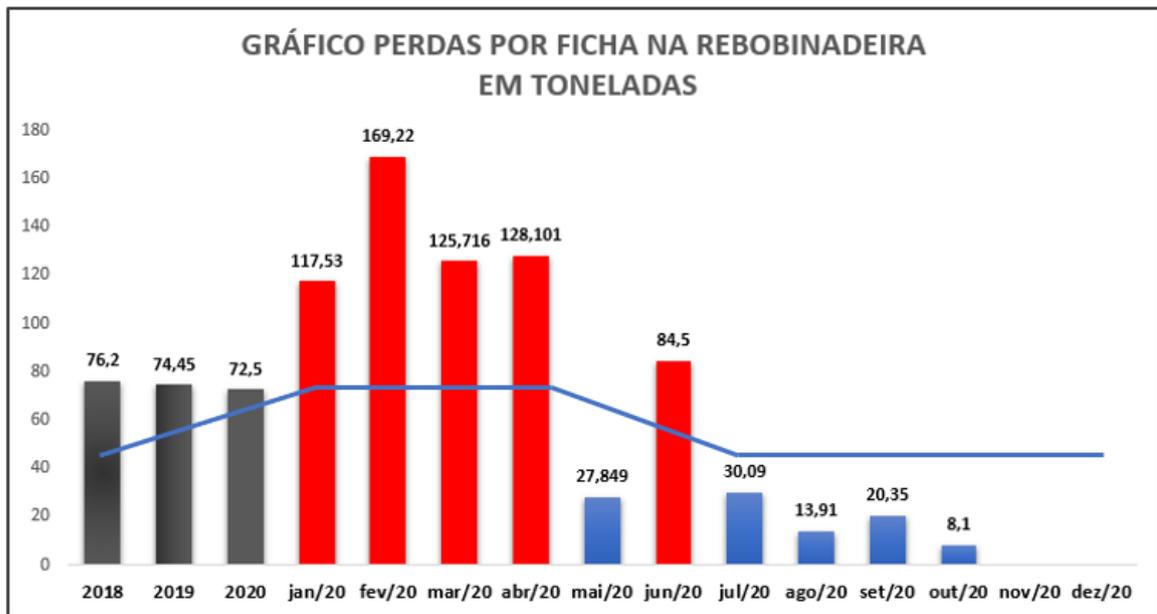
Figura 19: Gráfico de Tempo Parada Rebobinadeira por Problemas de Manutenção



Fonte: Informe interno da empresa estudada

A Figura 20 exibe os valores perda de papel por ficha na Rebobinadeira durante o ano de 2020 em toneladas. No eixo “y” lado esquerdo, a unidade é toneladas de papel perdido na Rebobinadeira, já do lado direito a seta voltada para baixo indica que o melhor resultado é quanto ele for menor. Pode-se verificar que a meta proposta de redução da perda 64 toneladas/mês para 46,5 toneladas/mês, está sendo consolidada a partir de julho/20. Até que o plano de ação fosse implementado completamente, de janeiro a abril/20 a meta não foi atingida, sendo necessário elaborar relatórios de desvio de meta para cada mês, indicando os motivos, as causas e gerando plano de ação para tratamento dos desvios, a partir de julho /20 a média está em 18 toneladas/mês.

Figura 20: Gráfico Perdas por Ficha na Rebobinadeira



Fonte: Informe interno da empresa estudada

Foi observado durante o desenvolvimento do projeto que é possível fazer uma gestão eficaz na rotina da manutenção com a aplicação das ferramentas da qualidade. Porém os resultados esperados só são obtidos com engajamento de todos desde a diretoria até a área operacional.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do objetivo do trabalho de analisar o potencial das ferramentas da qualidade aplicadas à gestão de rotina da manutenção para o tratamento de problemas, tais como falhas, foi possível uma melhora significativa no desempenho da rebobinadeira, expressa na redução do número de horas de paradas por falhas atribuídas a manutenção.

A realização desse projeto não deixa dúvidas de que a gestão da rotina no dia a dia da manutenção pode trazer inúmeros benefícios, dentre eles podemos citar maior disponibilidade da equipe para aperfeiçoamento técnico uma vez que não estão a realizar um volume de corretivas não planejadas acima dos níveis tratados nas ferramentas de gestão da qualidade.

Dessa forma, com a utilização da gestão da rotina associada às ferramentas da qualidade é possível identificar as oportunidades de melhoria, tratá-las de forma sistemática e com isto alcançar um nível superior ao encontrado anteriormente. Estendendo-se esta aplicação a todos os processos de manutenção, possibilitará a empresa manter-se competitiva frente a seus concorrentes pelo aumento da disponibilidade dos ativos, isto é, maior produção e com baixo custo de manutenção.

Como foi apresentado nesse estudo, a performance da Rebobinadeira alcançou níveis desejáveis pela gestão da organização, com isso foi possível o aumento da disponibilidade e conseqüentemente aumento da produção. A Rebobinadeira deixou de ser o ponto crítico na produção possibilitando atendimento com maior eficácia dos pedidos dos clientes que até o ano de 2019 e meados de 2020 não conseguiram cumprir 35% dos prazos nos pedidos contratados.

A implantação desse projeto serviu também de modelo para aplicação da gestão da rotina em outras áreas da máquina que necessitavam de melhorias.

## REFERÊNCIAS

- SALOMÃO, Alexandre. **Eficiência Global dos Equipamentos**. Blog.Qualityteam. Acesso em 12 de novembro de 2020
- AGUIAR, Silvio. **Integração das Ferramentas de Gestão ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial (EDG), 2002.
- AGUIAR, S. **Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**. Nova Lima: INDG, 2006. 234 p.
- ALKAIM, J. L. **Metodologia para incorporar conhecimento intensivo às tarefas de manutenção centrada na confiabilidade aplicada em ativos de sistemas elétricos** (2003). 239 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade** – Rio de Janeiro, 1994.
- BRANCO FILHO, G. **Dicionário de termos de Manutenção e Confiabilidade**. Rio de Janeiro, Editora Ciência. Moderna Ltda., 2000
- CAMPOS, Vicente Falcoai. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia- a-Dia**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004. B
- CAMPOS, Vicente Falconi. **O Valor dos Recursos Humanos na Era do Conhecimento**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004. A
- DRUCKER, Peter F. **Administrando para o futuro**. São Paulo, SP: Livraria Pioneira Editora, 1998.
- FARDIM, P. Papel e Química de Superfície: Parte I – A superfície da fibra e a química da parte úmida. **O Papel**. Artigo técnico. 2002.p 97 -107. Disponível em: <[www.tappi.org/content/Journal/2002/TJ/.../Fardim1\\_Port.pdf](http://www.tappi.org/content/Journal/2002/TJ/.../Fardim1_Port.pdf)> Acesso mar. 2011.
- KARDEC, A; NASCIF, J. (1998) **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark. 5ª ed.
- LUCERO, A. G. R. **Um método para desenvolvimento de medidas de desempenho como apoio à gestão de sistemas de manufatura**. Tese (Doutorado) – Departamento de pós-graduação em engenharia mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- MOUBRAY, J. (2000) **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. Aladon Ltd. Lutterworth.
- MOREIRA FILHO, U. **“Planejamento, Programação e Controle da Manutenção”** - Apostila utilizada no Curso de Engenharia Mecânica, Centro Universitário Positivo – Unicenp. Curitiba, 2002.

NOGUEIRA, Cassio; GUIMARÃES, Leonardo; DA SILVA, Margarete. **Manutenção Industrial: Implementação da manutenção produtiva total (TPM).** e-xacta, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 175-197. (2012). Editora UniBH.

PINHO, C. T. A. **Seis sigmas: uma proposta para implementação da metodologia em pequenas e médias empresas.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal (RN), 2005.

ROTANDARO, G. R; et al. **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para melhoria de processos, produtos e Serviços.** São Paul: Atlas, 2002.

SILVA, A. C. R da. **Utilização da Ferramenta PDCA e o seu potencial de aplicação no setor aeroespacial.** Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2009.

SLACK, N; CHAMBERS, S; HARKAND, C; HARRISON, A; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 1997.

SOUZA, J. B. S.; MARÇAL, R. F. M.; KOVALESKI, J. L. **Gestão da Manutenção em um ambiente Metal-Mecânico compartilhada com a Gestão do Conhecimento. XIII SIMPEP** – Bauru, SP, Brasil, 6 a 8 de Novembro, 2006.

VASCONCELOS, Pedro. M. R. **Sistema de Gestão de Ativos e Manutenção.** 2009. Trabalho (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2009.

WERKEMA, M. C. C. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995. 108 p.

XENOS, Harilaus Georgius d'Philippus. **Gerenciando a Manutenção Produtiva.** Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004.

YIN, R. K. (2005) **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos.** Porto Alegre, RS: Bookman, 2005.

## ANEXOS

## Anexo 1 – Quadro das ações propostas no projeto para atuação da manutenção

CAUSA	O QUE FAZER (Ação ou contramedida)	COMO
Falta de inspeção e revisão periódica dos motores das contrafacas	Criar plano de manutenção para inspecionar os motores das contra facas	Criando planos de manutenção preventivo baseado na inspeção e cuidado básico nos motores das facas, seguindo os modos de falha e as políticas, premissas de manutenção
	Criar plano de manutenção para revisar os motores das contra facas	Criando planos de manutenção preventivo de revisão dos motores das facas. Seguindo os modos de falha e as políticas, premissas de manutenção
Ressecamento das mangueiras pneumáticas das facas	Criar plano de manutenção para inspecionar as mangueiras das facas	Criando planos de manutenção preventivo baseado na inspeção e cuidado básico nas mangueiras pneumáticas, seguindo os modos de falha e as políticas, premissas de manutenção
	Criar plano de manutenção para trocar periodicamente as mangueiras das facas	Criando planos de manutenção preventivo baseado na troca periódica das mangueiras. Seguindo os modos de falha e as políticas, premissas de manutenção
Ressecamento das mangueiras pneumáticas das facas	Trocar tipo de mangueiras das facas de vinil para silicone	Comprar mangueiras de silicone de mesmo diâmetro
		Elaborar cronograma de troca das mangueiras das facas nas paradas programadas máquina de papel Iniciar processo de troca das mangueiras

**Anexo 2 – Quadro das ações propostas no projeto para atuação da manutenção**

CAUSA	O QUE FAZER (Ação ou contramedida)	COMO
Falta de plano preventivo para cilindros pneumático baseado na troca periódica	Criar plano preventivo para inspecionar os cilindros pneumáticos	Criando planos de manutenção preventivo baseado na inspeção e cuidado básico dos cilindros pneumáticos, seguindo os modos de falha e as políticas, premissas de manutenção
	Criar plano preventivo para trocar os cilindros pneumáticos periodicamente	Criando planos de manutenção preventivo baseado na troca periódica dos cilindros pneumáticos. Seguindo os modos de falha e as políticas, premissas de manutenção
Diferença de espessura (antes 8 mm, fornecida 6 mm) - causando desalinhamento da pinça	Adequar fornecimento do material	Solicitando ao fornecedor a adequação do desenho para as especificações adequadas para a máquina
Excesso de quebra de folhas gerando embuchamento causando desalinhamento da pinça	Analisar Procedimento Operacional	Comparando o procedimento recomendado pelo fabricante com o qual está sendo utilizado pelos operadores e se este atende as melhores práticas para a máquina.
Falta de conhecimento do mantenedor causando desalinhamento da pinça na montagem	Treinar os colaboradores para o procedimento de montagem	Treinando os colaboradores durante a execução do serviço de substituição da pinça durante as paradas programadas
Falta de procedimento causando desalinhamento da pinça na montagem	Criar procedimento de substituição das pinças	Analisando junto ao fabricante e aos mais experientes as etapas ideais para elaborar o procedimento seguindo os padrões da empresa
Ajuste de plano preventivo devido parafusos soltos	Revisar plano preventivo de reaperto e inspeção nas pinças	Analisando o histórico de ocorrências para ajustar a frequência do plano preventivo e consolidando junto aos colaboradores mais experientes as etapas adequadas de execução

**Anexo 3 – Quadro das ações propostas no projeto para atuação da manutenção**

CAUSA	O QUE FAZER (Ação ou contramedida)	COMO
Follow up de materiais devido à falta de material em estoque	Analisar política de reposição do material no sistema SAP	Analisando a política de reposição no sistema garantindo reposição em tempo seguro e conferindo a próxima entrega se estará dentro das especificações
Parafusos de fixação da cremalheira da ventosa mal dimensionados	Redimensionar os parafusos para atender a demanda real do equipamento	Analisando a atual aplicação e realizando estudo para substituição por parafusos na especificação correta
	Instalar os parafusos com especificação correta	Instalando após o estudo de aplicação os parafusos conforme especificação correta
Rolo Suporte I da bobinadeira não é ranhurado	Trocar o rolo suporte 1, retornando com o rolo titular desta posição	Substituindo o rolo suporte 1
	Alterar o rolo reserva de liso para ranhurado	Verificando com a Voith a possibilidade de fazer ranhuras no rolo reserva
Rolo suporte trabalham com rugosidade fora da especificação	Fazer levantamento histórico dos desgastes da rugosidade dos rolos suportes	Levantando a data de entrada e saída de cada rolo suporte com o seu respectivo valor de rugosidade
	Identificar a causa da perda maior de rugosidade nas laterais dos rolos suporte	Verificando junto com os fornecedores (Voith, 1001 e etc) as possíveis causas desta perda de rugosidade nas laterais dos rolos suporte
	Aumentar a vida útil do rolo (rugosidade)	Verificando com a Voith alguma maneira de aumentar a vida útil do rolo (rugosidade)
	Fazer acompanhamento mensal da rugosidade dos rolos	Implantando um controle mensal de medição da rugosidade dos rolos suporte (parada programada)
	Comparação do valor de aspereza do nosso papel	Comparando a nossa especificação de aspereza do nosso papel com os demais fabricantes.

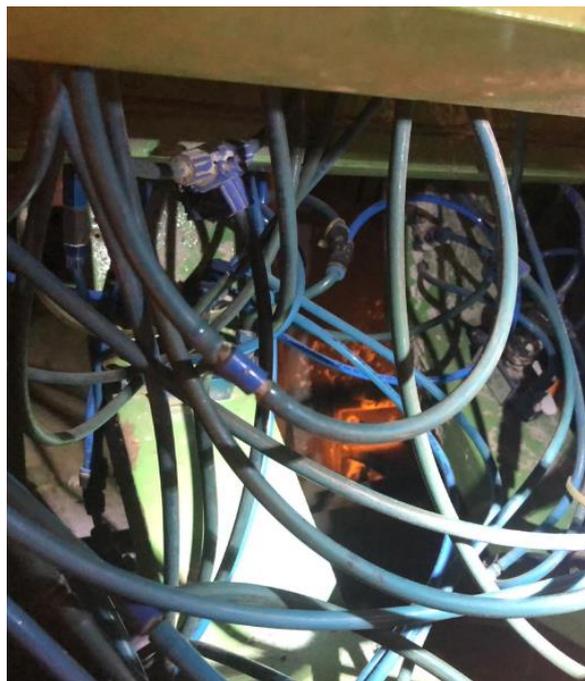
**Anexo 4 – Quadro das ações propostas no projeto para atuação da manutenção**

CAUSA	O QUE FAZER (Ação ou contramedida)	COMO
Diferença de altura dos cabeçotes	Fazer alinhamento dos cabeçotes em toda parada semanal da bobinadeira	Incluindo no programa semanal da bobinadeira para toda vez fazer alinhamento dos cabeçotes.
	Criar um programa de alinhamento dos cabeçotes com uma empresa responsável	Estabelecendo um programa de alinhamento, nivelamento para a bobinadeira com uma frequência pré-estabelecida
	Confeccionar batente padrão para cada diâmetro de tubete	Dimensionando e solicitando a confeção do batente padrão para cada diâmetro de tubete

**Anexo 5**– Vista aproximada da caixa de entrada máquina de papel da empresa estudada



**Anexo 6** – Alimentação pneumática das facas da rebobinadeira antes das ações



**Anexo 7 – Alimentação pneumáticas das facas da rebobinadeira após das ações**

