UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JANAINA CARNEIRO SANTOS

ESTUDO DE CASO: VIABILIDADE DE TROCA DE ELEMENTOS FILTRANTES EM EQUIPAMENTO INDUSTRIAL

JUIZ DE FORA
2023

JANAINA CARNEIRO SANTOS

ESTUDO DE CASO: VIABILIDADE DE TROCA DE ELEMENTOS FILTRANTES EM EQUIPAMENTO INDUSTRIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Dr. Eng. Luiz Henrique Dias Alves

JUIZ DE FORA

2023

JANAINA CARNEIRO SANTOS

ESTUDO DE CASO: VIABILIDADE DE TROCA DE ELEMENTOS FILTRANTES EM EQUIPAMENTO INDUSTRIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em 07 de dezembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

D. Sc., Luiz Henrique Dias Alves
Universidade Federal de Juiz de Fora

D. Sc., Cristina Marcia Barros de Castro
Universidade Federal de Juiz de Fora

D. Sc., Clarice Breviglieri Porto
Universidade Federal de Juiz de Fora

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração
automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Carneiro Santos, Janaina.
Estudo de Caso: Viabilidade de troca de Elementos Filtrantes em Equipamento Industrial / Janaina Carneiro Santos. -- 2023.
52 f.

Orientador: Luiz Henrique Dias Alves
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2023.

1. Elementos Filtrantes. 2. Gestão de Ativos. 3. Cânulas. I. Dias Alves, Luiz Henrique , orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pelo dom da vida e todas as graças concedidas ao longo do tempo. Aos meus pais Rita e Wallace agradeço por todo o amor, carinho e compreensão pelas ausências ao longo da carreira acadêmica.

Ao meu irmão Julio, agradeço por estar sempre presente e ser meu confidente nas horas mais difíceis e ao meu irmão Jessé, por sempre motivar minha carreira e sempre acreditar em mim.

Essa jornada só se tornou mais leve graças a todos os amigos e colegas que estiveram junto comigo ao longo desses anos. A vocês, meu muito obrigado e espero levá-los pra sempre.

Agradeço também a todos os membros da Mais Consultoria, por todo o aprendizado e crescimento que me proporcionaram. E aos professores, agradeço por cada conhecimento compartilhado.

A todos os companheiros de estágio, agradeço por me proporcionarem uma experiência única e me ensinarem todos os dias, em especial, agradeço a Lais Grom, Phillipe Werneck, Andreia Miranda, Daniel Lourenço e Bruno Nascimento por estarem constantemente inseridos na minha rotina e contribuir tanto.

Por fim, agradeço ao meu orientador Luiz, por todo o apoio e colaboração ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Em um processo de produção de Cânulas existem diversas etapas nos quais a presença de óleo é fundamental para que o material tratado não seja danificado e garanta a correta lubrificação do equipamento e ferramenta. Nesse estudo de caso, o objetivo é manter as características do material trefilado (Microtubos). Antes do material passar pela inspeção de Qualidade, ele precisa passar por uma etapa de limpeza a fim de garantir que todo o lubrificante utilizado nas etapas anteriores de trefilação e Apontamento e outras possíveis sujidades inerentes do processo sejam eliminados. Diante disso, o estudo em questão foi desenvolvido tendo em vista uma indústria do segmento médico localizada na Zona da Mata Mineira, a qual passava por dificuldades de liberação de material apontado devido a recusas no processo de limpeza subsequente ao Apontamento, fazendo com que houvesse acúmulo de material na etapa de limpeza e assim tornando o processo de limpeza um gargalo. O aumento das recusas de material lavado, ou seja, surgimento de um processo deficiente de limpeza de Cânulas, ocorreu após o fornecedor do elemento filtrante da solução de limpeza descontinuar a produção de um dos seus produtos utilizados no processo. Diante disso, com o objetivo de diminuir do *leadtime* do processo e evitar retrabalho do processo de limpeza, foi feito o acompanhamento e monitoramento da *performance* de dois diferentes elementos filtrantes para avaliar o desempenho de ambos. O primeiro elemento filtrante em análise consiste em um produto de 3µm e 10 µm da marca B e o segundo elemento filtrante trata-se de um produto de 5 µm da marca A. Ao final do trabalho é possível identificar que o Elemento Filtrante da marca A de 5 µm foi o mais satisfatório. Como consequência, possibilitou reduzir o tempo de liberação do produto, o acúmulo de material e custos da empresa. Ademais houve uma melhor *performance* quando comparado a outras máquinas.

Palavras-chave: Elementos Filtrantes, Gestão de Ativos, Cânulas.

ABSTRAT

In a process for the production of cannulas, there are several stages in which the presence of oil is essential so that the treated material is not damaged and ensures the correct lubrication of the equipment and tool. In this case study, the objective is to maintain the characteristics of the drawn material (Microtubes).

Before the material goes through the Quality inspection, it needs to go through a cleaning step in order to ensure that all the lubricant used in the previous steps of drawing and pointing and other possible dirt inherent to the process are eliminated.

In view of this, the study in question was developed in view of an industry in the medical segment located in Zona da Mata Mineira, which was experiencing difficulties in releasing the indicated material due to refusals in the cleaning process subsequent to the Appointment, causing an accumulation of material in the cleaning stage and thus making the cleaning process a bottleneck. The increase in refusals of washed material, i.e., the appearance of a deficient cannula cleaning process, occurred after the supplier of the filter element of the cleaning solution discontinued the production of one of its products used in the process. Therefore, in order to reduce the process, *lead time* and avoid rework of the cleaning process, the *performance* of two different filter elements was followed and monitored to evaluate the *performance* of both.

The first filter element under review consists of a 3 μm and 10 μm B product and the second filter element is a 5 μm product of the A brand.

At the end of the work, it is possible to identify that the 5 μm A Filter Element was the most satisfactory. As a consequence, it made it possible to reduce the time to release the product, the accumulation of material and the company's costs. In addition, there was a better *performance* when compared to other machines.

Keywords: Filter Elements, Asset Management, Cannulas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de Processo na Fabricação de Cânulas. 13
Figura 2 - Cenário de análise do Estudo de Caso. 14
Figura 3 - Classificação da Metodologia. 16
Figura 4 - Modelo de POP em formato de fluxograma. 22
Figura 5 - Relação de risco-Matéria Prima. 23
Figura 6 - Pirâmide da Manutenção. 25
Figura 7 - Classificação da Manutenção. 26
Figura 8 - Etapas do Estudo. 29
Figura 9 – Microtubo e Cânula 30
Figura 10 - Classificação do Calibre 30
Figura 11 - Processo Produtivo. 31
Figura 12 - Modelo de Estojo utilizado na máquina de Limpeza. 33
Figura 13 - Representação esquemática do equipamento. 34
Figura 14 - Elemento Filtrante B. 35
Figura 15 - Elemento Filtrante A a ser comparado. 36
Figura 16 - Estojos Recusados por Máquina. 37
Figura 17 - Linha do Tempo das Trocas realizadas. 41
Figura 18 - Duração Média dos Elementos Filtrantes. 41
Figura 19 - Tempo médio entre trocas. 42
Figura 20 - Tempo médio para substituição dos Elementos Filtrantes em todos os tanques. 43
Figura 21 - Disponibilidade do Equipamento. 44
Figura 22 - Estojos Recusados. 45
Figura 23 - Relação de Estojos produzidos antes e após a troca. 46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Parâmetros de desempenho e indicadores de produção. 20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Trocas realizadas. 40

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRAMAN - Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

APR - Aprovado

ISO - *International Organization for Standardization*

KPIs - *Key Performance Indicators*

MSA - *Measurement System Analysis*

MTBF - *Mean time to failure*

MTTR - *Mean time to repair*

OEE - *Overall Equipment Effectiveness*

POP - Procedimento Operacional Padrão

REP - Reprovado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 12
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 12
1.1 JUSTIFICATIVA 13
1.2 ESCOPO DO TRABALHO 14
1.3 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS 15
1.4 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA 15
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO 16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 17
2.1 GESTÃO DE ATIVOS 17
2.1.1 CONCEITO 17
2.1.2 GESTÃO DA OPERAÇÃO 18
2.1.3 INDICADORES CHAVES DO PROCESSO 18
2.1.4 PADRÕES E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS 21
2.1.5 INSTRUMENTAÇÃO ADEQUADA E CALIBRADA 22
2.1.6 QUALIDADE DA MATÉRIA PRIMA 23
2.1.7 CONFIABILIDADE DOS ATIVOS 24
2.2 GESTÃO DA MANUTENÇÃO 24
2.2.1 CONCEITO 24
2.2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO 26
2.3 FILTROS DE LIMPEZA 27
3. DESENVOLVIMENTO 29
3.1 MÉTODO UTILIZADO 29
3.2 A EMPRESA E SEU PROCESSO PRODUTIVO 29
3.3 PROCESSO GARGALO 33
3.4 TESTE DE EFICÁCIA 37
4. RESULTADOS 40
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES 40
4.1.1 TROCA DOS ELEMENTOS FILTRANTES 40
4.1.2 DISPONIBILIDADE 43
4.1.3 ANÁLISE DE RECUSAS 44
4.1.4 PRODUTIVIDADE 45

4.1.5 CUSTOS 46
5. CONCLUSÕES 48
REFERÊNCIAS 49
ANEXO A – FORMULÁRIO DE ACOMPANHAMENTO DE RECUSAS 52

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Com presença global, a empresa objeto do estudo está localizada na Zona da Mata, sendo responsável por produzir equipamentos de infusão intravenosa, tendo como prioridade a segurança e bem estar de seus associados e a qualidade do produto final acabado a serem utilizados por seus clientes finais.

Atualmente existem diferentes dispositivos médicos que usam Cânulas em sua estrutura para realizar procedimentos como injeções, coletas de sangue e biópsias. A sua presença é bem marcante em unidades hospitalares, odontológicas e médicas. Esse tipo de produto tem uso único, fazendo com que se torne um item fundamental e necessário (MORAES, 2014)

O estudo realizado é focado em uma das unidades presentes no Brasil, responsável principalmente pela produção de seringas, Cânulas e cateteres. A fábrica responsável pela produção de Microtubos e Cânulas apontadas passava por dificuldades na liberação de produtos em janeiro de 2023, devido a ineficiência do processo de limpeza subsequente à trefilação estar sendo ineficiente e ocasionando muitos retrabalhos.

Tendo em vista que a empresa preza por segurança e atua no segmento médico de infusão intravenosa, a etapa de limpeza do material perfurante é essencial para cumprir com o objetivo e com as normas que regem esse mercado e que são estipulados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária no Brasil tem regulamentos e diretrizes para a limpeza e reprocessamento de dispositivos médicos, incluindo agulhas Cânulas. Os códigos e normas específicas que regem a limpeza desses materiais podem variar, mas geralmente estão relacionados às boas práticas de fabricação e reprocessamento de dispositivos médicos. A limpeza é uma etapa crítica para garantir a segurança do paciente e prevenir infecções (ANVISA, 2012)

Garantir que esse produto esteja sempre em condições seguras e eficazes é essencial para a segurança do paciente e um funcionamento eficaz da unidade. Diante disso, a Gestão de Ativos de uma empresa desempenha um papel fundamental na Manutenção e utilização adequada desses ativos críticos.

A Gestão de Ativos nada mais é do que o valor que os ativos podem entregar para a organização. Essa entrega pode ser expressa através de produtividade, qualidade, custo, prazos de entrega, entre outros. Vale ressaltar também que Gestão de Ativos se difere de gerenciar ativos. (KARDEC *et al*, 2014).

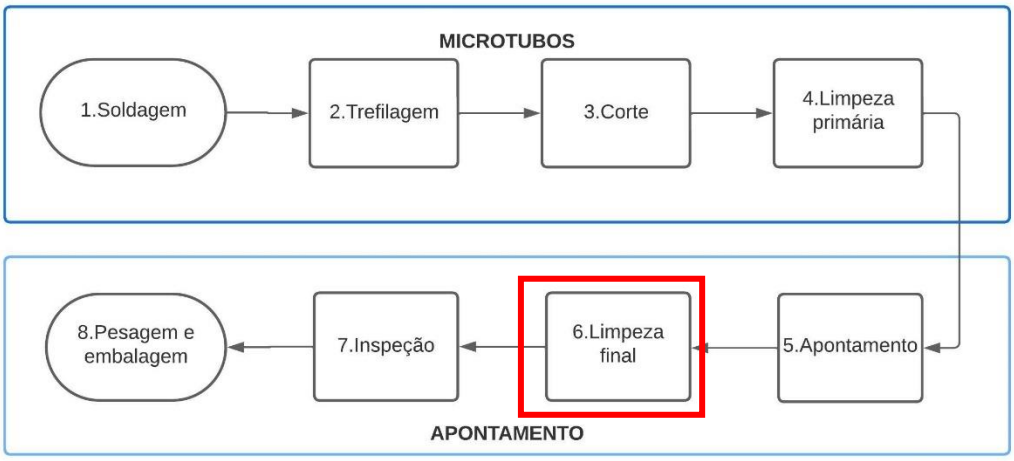
1.1 JUSTIFICATIVA

Tratando-se de equipamentos médicos a limpeza desempenha um papel fundamental, uma vez que a ineficiência deste processo pode comprometer a vida do paciente. Tal afirmação vai de encontro com a norma da Anvisa, citada anteriormente.

Com isso, o estudo em questão busca avaliar a eficiência e a *performance* de diferentes Elementos Filtrantes utilizados em máquinas de limpeza subsequentes aos processos de trefilação e Apontamento, garantindo assim os padrões de qualidade quanto às exigências de limpeza.

Na Figura 1 a seguir está destacado dentro do processo, a localização da etapa de limpeza a qual está no escopo deste estudo.

Figura 1 - Fluxograma de Processo na Fabricação de Cânulas.



Fonte: Autora.

Para um Engenheiro de Produção, garantir o atendimento das características do processo é tarefa obrigatória, mas além disso, poder contribuir para a otimização, maior fluidez e redução de custos, são também pontos positivos.

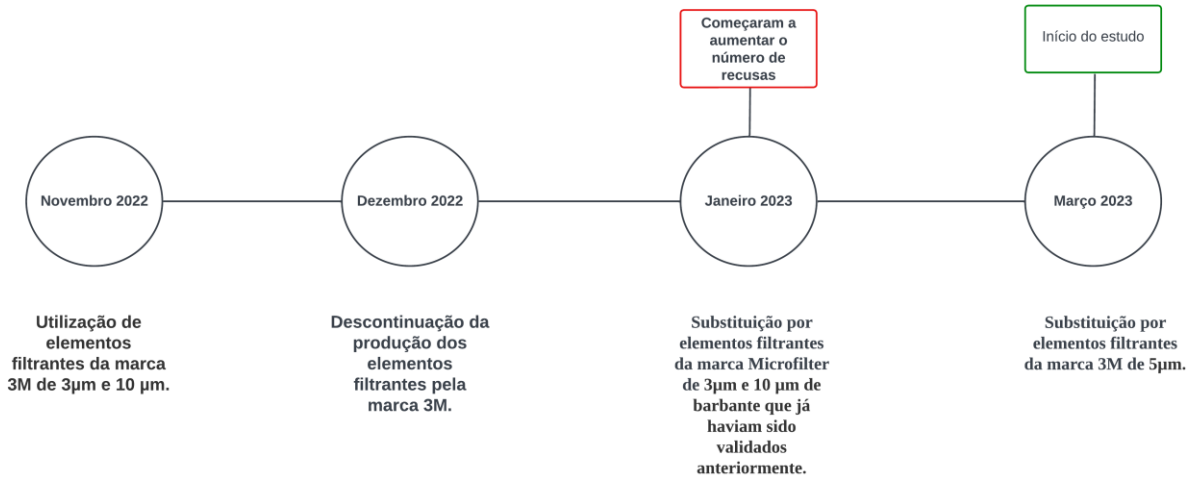
Este trabalho abrange uma gama de preceitos da Engenharia de Produção, possuindo relevância industrial, visto que com uma troca eficiente de Elementos Filtrantes, essa atividade acaba por desempenhar um papel crucial na Manutenção da operação suave e eficiente das indústrias. Além disso, traz otimização para essa atividade podendo impactar diretamente a produtividade, a qualidade dos produtos e a competitividade no mercado.

Ademais, pode-se citar a eficiência operacional, onde com a análise dos custos e benefícios da troca de Elementos Filtrantes, pode-se levar a melhorias na eficiência operacional, reduzindo o tempo de liberação de produtos, minimizando o acúmulo de material e diminuindo a incidência de rejeições no processo produtivo.

1.2 ESCOPO DO TRABALHO

O estudo propõe analisar a condição atual do processo de limpeza final e avaliar a substituição dos elementos filtrantes utilizados nas máquinas responsáveis. Esse cenário decorreu diante a descontinuidade da produção pelo fornecedor (A *Company*) dos Elementos Filtrantes utilizados anteriormente no processo e a substituição por novos elementos filtrantes, conforme Figura 2 abaixo.

Figura 2 - Cenário de análise do Estudo de Caso.



Fonte: Autora.

Diante desta problemática, incialmente foi avaliado um grande número de retrabalho nessa etapa, fazendo com que fosse necessário entender como garantir um aumento de produtividade da máquina e consequentemente, maior fluidez do material ao longo do processo produtivo, levando em consideração os Elementos Filtrantes utilizados.

Para tal estudo, foi importante comprovar através de números o que já tinha sido comprovado visualmente. Para isso utilizou-se de dados já coletados pela empresa anteriormente e a diferenciação no tratamento se deu com a implantação do novo modelo de Elemento Filtrante. O acompanhamento da *performance* se deu de Janeiro de 2023, com duração até Abril do mesmo ano.

1.3 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

O objetivo principal desse trabalho é avaliar a viabilidade da troca de Elementos Filtrantes em equipamento de limpeza industrial subsequente ao processo de Apontamento. Para tal, primeiramente buscou-se o entendimento da realidade da empresa no cenário analisado, seu processo de limpeza de material, o impacto do processo de limpeza nos processos seguintes, e análise de dados para melhoria continua dos processos (KAIZEN). Todos esses pontos circundam através da utilização e troca do tipo de Elementos Filtrantes utilizado no processo.

Para efeito de objetivos mais específicos, tem-se:

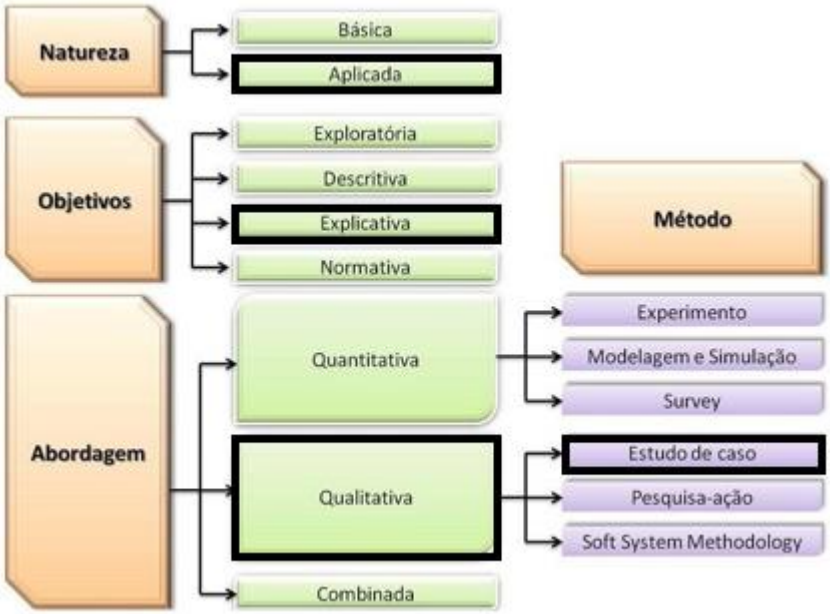
- Estudo comparativo entre dois diferentes Elementos Filtrantes de limpeza;
- Análise da qualidade do processo com a troca;
- Comparativo do tempo de liberação de materiais;
- Avaliação relativa à Disponibilidade do equipamento;
- Impacto financeiro.

1.4 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

Baseado na Figura 3(Adaptado de Vergara, (2005)), pode-se afirmar que esse trabalho é de natureza aplicada, uma vez que seus resultados poderão ser aplicados por pessoas e empresas, especialmente voltadas para processos produtivos e Gestão de Ativos. Seu objetivo é explicativo, pois a ideia é aprofundar-se em um fato real.

Por tratar-se de estudo de um acontecimento real e objetivar a compreensão do contexto e avaliar diferentes tipos de dados, a abordagem será qualitativa e o método empregado é o estudo de caso.

Figura 3 - Classificação da Metodologia.



Fonte: Adaptado de Vergara, 2005.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para o desenvolvimento desse trabalho, a seguinte estrutura foi utilizada:

- Capítulo 1 (Introdução): este capítulo contempla o introdutório do problema a ser discutido, objetivos, justificativa e relevância. Por fim, é definido também a metodologia que guiará o trabalho.
- Capítulo 2 (Revisão Bibliográfica): nesta etapa haverá a revisão de toda a literatura a ser utilizada, que contemplará em sua maioria, os temas análise de viabilidade.
- Capítulo 3 (Desenvolvimento): neste capítulo são apresentados os meios utilizados para análise e acompanhamento da *performance* do novo Elemento Filtrante.
- Capítulo 4 (Resultados e Conclusões): esta etapa apresenta com os resultados finais, após análises e conclusão do resultado obtido.
- Capítulo 5 (Conclusão): esse último capítulo apresenta com as conclusões tiradas do trabalho em consonância com o referencial teórico apresentado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 GESTÃO DE ATIVOS

2.1.1 CONCEITO

Segundo (KARDEC *et al*, 2014), o termo Gestão de Ativos surgiu no século 21 e ainda é um paradigma para muitas empresas. Para entender melhor sobre o assunto, primeiramente, é importante definir o que é a gestão de ativos.

> Gestão de ativos é o conjunto de atividades que uma organização utiliza para conseguir que os seus ativos entreguem (alcancem) os resultados e objetivos de forma sustentável. (KARDEC *et al*, 2014, p. 14)

Ainda segundo Kardec (2014), os resultados alcançados dentro de um processo irão transformar-se em Desempenho, podendo os mesmos serem qualitativos ou quantitativos. Além disso, pode-se relacionar também desempenho com a capacidade de cumprir com os requisitos e objetivos impostos inicialmente.

A gestão de ativos é caracterizada como práticas metódicas, ações e coordenação através das quais uma organização administra, de maneira sustentável, seus sistemas de ativos e os ativos em si, juntamente com seu desempenho associado, custos e riscos ao longo de seus ciclos de vida (ABRAMAN, 2008).

A eficaz administração desses ativos pode trazer possibilidades de crescimento e aumentar as vantagens por meio da supervisão de métricas de desempenho. Isso é possível por meio da avaliação de indicadores relacionados à disponibilidade, utilização, confiabilidade e eficácia dos ativos. Além disso, permite monitorar atividades de Manutenção, datas de aquisição, expectativa de vida útil, garantias, acordos de serviço e registros de serviços previamente realizados. (NBR ISO 55000, 2014).

No contexto de Manutenção, a integridade estrutural desempenha um papel fundamental na preservação e no aprimoramento das práticas de Manutenção em empresas. Isso ocorre porque o planejamento e a padronização são fundamentais para a melhoria da gestão de Manutenção e a administração de ativos de forma eficiente.

> (...) os padrões de Manutenção devem conter, entre outras informações, instruções detalhadas sobre o que inspecionar, reformar ou trocar, com que

> frequência, por que e como estas tarefas devem ser executadas. Assim, na base das informações contidas nos padrões, é possível elaborar planos de Manutenção que definem, para cada tarefa, suas respectivas datas de execução (XENOS, 1998, p. 172).

2.1.2 GESTÃO DA OPERAÇÃO

Operação caracteriza-se como o ato de operar equipamentos, sistemas e instalações, tendo como resultado final a produção de bens ou serviços. E para que se tenha uma avaliação do desempenho dessa atividade, existem algumas variáveis chaves para garantir a excelência operacional (KARDEC *et al*, 2014):

- Indicadores chaves do processo;
- Padrões e procedimentos operacionais;
- Instrumentação adequada e calibrada;
- Qualidade da matéria prima;
- Confiabilidade dos ativos.

2.1.3 INDICADORES CHAVES DO PROCESSO

Os Indicadores Chaves de Processo, frequentemente referidos como KPIs (*Key Performance Indicators*), desempenham um papel importante na avaliação e no monitoramento do desempenho operacional das organizações em uma variedade de setores. Essas métricas fornecem *insights* valiosos sobre a eficácia dos processos, permitindo que as empresas avaliem seu progresso em direção a metas e objetivos específicos.

> Os indicadores são dados numéricos que permitem controlar os processos. O principal indicador da Operação é o volume/quantidade produzida ou de serviços prestados, desde que esteja diretamente ligado ao faturamento e ao lucro (Kardec *et al*, 2014, p. 141).

Além disso, os indicadores de produção garantem que a tomada de decisão seja um consenso dentro da empresa, visto que metrifica os resultados de acordo com metas estipuladas anteriormente. Porém, é importante que as metas e indicadores sejam objetivos, para que não acontece análises subjetivas e ainda gerem dúvidas na hora da tomada de decisão.

> Num processo de monitorização da *performance*, os indicadores são de facto o elemento mais crítico. A sua função é simplesmente apurar o nível das realizações da organização para que estas possam ser comparadas com as metas pré-estabelecidas, e apurando o desvio e o respectivo nível de *performance* (CALDEIRA, 2012, p. 9).

Como indicadores, temos (KARDEC *et al*, 2014):

- Volume de produção: quantidade produzida, sejam elas boas ou ruins. Esse indicador é normalmente comparado com o plano de produção da empresa.
- Taxa de rejeitos ou refugo: é determinada pela relação entre a quantidade produzida de itens bons (dentro da conformidade) e itens ruins (fora da conformidade). Para os materiais ruins, os mesmos podem sofrer reprocesso ou descarte.
- Takt time ou Ritmo: é o comparativo entre a demanda imposta pelo mercado e o tempo que a empresa tem disponível para produzir aquele determinado produto.
- Ciclo de Produção: é o tempo necessário para concluir uma determinada atividade.
- Meta de Produção: é a quantidade fim que se deseja entregar. A mesma é determinada levando em consideração o ritmo e a qualidade que se deseja entregar.
- Indisponibilidade: o tempo que a operação ficou parada, por fatores diversos; Manutenção, falha, ajustes, falta de recursos, entre outros.
- *Overall Equipment Effectiveness* (OEE): corresponde ao rendimento da instalação. Para se obter esse rendimento utiliza-se do produto da disponibilidade do equipamento, *performance* do equipamento e qualidade do produto ($\text{Disponibilidade} \times Performance \times \text{Qualidade}$).

Em complemento é possível verificar diversos outros parâmetros para acompanhar o desempenho de uma operação, podendo eles estarem ligados ao financeiro, qualidade, planejamento, vendas, entre outros setores da empresa (ROSA, 2006).

Quadro 1 - Parâmetros de desempenho e indicadores de produção.

Parâmetros de Desempenho	Indicadores Associados
Eficiência	Tempo de máquina parada Prazo de entrega médio Utilização de espaço Horas planejadas/horas trabalhadas Custos previstos/custos obtidos
Eficácia	Número de falhas dos cronogramas Participação no mercado Faturamento obtido/faturamento previsto
Produtividade	*Lead-time* do processo Vendas por período Faturamento/custos Quantidade produzida por homens-hora
Qualidade	Índice de rejeição Número de reclamações de clientes Quantidade de retrabalhos
Qualidade de vida no trabalho	Absenteísmo Nº de reivindicações de funcionários Nº de acidentes de trabalho
Inovação	Nº de novos procedimentos adotados Economia de tempo (novos métodos) Economia de custos (novos métodos)
Lucratividade	Lucro (percentagem do capital empregado) Lucro (percentagem das vendas) Lucro por empregado

Fonte: Rosa, 2006.

É importante e necessário que se tenha uma avaliação do desempenho considerando os resultados tangíveis ou na utilização dos recursos. Abaixo é possível consultar alguns pontos elencados e que foram baseados e obtidos por meio de fontes diversas, artigos e estudos (KAYDOS, 1998).

- Flexibilidade:
  - Número de padrões, conformidades e partes únicas;
  - Número de diferentes capacidades do processo;
  - Médias dos lotes produzidos.

- Manutenção:
  - Tempo perdido por diferentes tipos de problemas em equipamentos;

- Manutenção planejada *versus* não planejada;
- Perdas por testes de Manutenção.

- Inventário:
  - Percentagem das ordens cumpridas;
  - Variações no inventário físico.

- Qualidade interna:
  - Custos da qualidade – retrabalhos, rejeições, garantias, retornos e refugos;
  - Perdas – de todos os tipos – má utilização da capacidade, tempo ocioso, perda de tempo, excesso de produção, etc.;
  - Processos abaixo do controle estatístico.

- Eficácia na programação:
  - Percentagem de itens em atraso versus média de produção diária;
  - Alteração na programação – controlados e não controlados.

2.1.4 PADRÕES E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

Durante a Revolução Industrial, a padronização de processos visava atingir resultados mais uniformes entre os produtos, o que garantia maior eficiência e qualidade da produção. Além disso, a ausência de procedimentos e normas para serem seguidas na rotina de produção podia sinalizar desordem (GUERRERO, 2008).

Padrões e procedimentos operacionais definem a forma correta como deve ser realizada determinada atividade, com padrões a serem seguidos. Para que isso funcione na prática é essencial que se faça um treinamento eficaz para os funcionários, de modo a garantir que esses procedimentos estão sendo seguidos estejam atualizados. A operação dentro desses padrões garante maior desempenho ao processo, garantindo segurança, qualidade produtividade e redução de custos (KARDEC *et al*, 2014).

Mas além disso, é importante salientar que apesar de ser uma forma eficaz de realizar a operação, um processo é passível de melhoria contínua e é fundamental para o aprimoramento

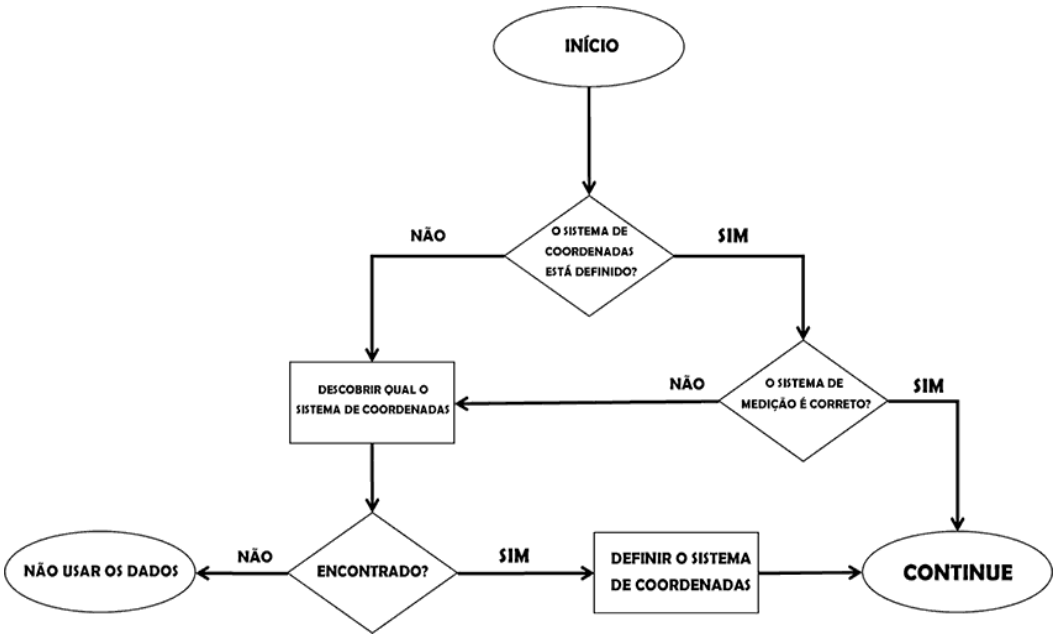
dos resultados. Isso implica na distinção e na aplicação precisa do termo "padronização", que o autor descreve como sendo uma ferramenta a ser utilizada na rotina das empresas.

> O termo padrão, (...) refere-se a tudo que se unifica e simplificada, para o benefício das pessoas. Aí se incluem procedimentos, conceitos, etc., além de método de medida (metro padrão, quilograma padrão, etc.). O padrão é consensado e pode ser alterado (CAMPOS, 2014, p. 171).

Por fim, uma ferramenta pela qual a empresa pode gerenciar esses procedimentos e repassá-los para os operados é através de POP (Procedimento Operacional Padrão). Esses modelos, nada mais são do que passo a passo das atividades a serem realizadas, para assim melhorar a probabilidade de se atingir o resultado esperado sem que haja falhas durante a operação. Ressalta-se também que é necessário ter o conhecimento completo de toda a operação antes do desenvolvimento de tal ferramenta (PERFEITO, 2011).

Na Figura 4 abaixo é possível observar o modelo de POP no formato de fluxograma.

Figura 4 - Modelo de POP em formato de fluxograma.



Fonte: Voitto, 2020.

2.1.5 INSTRUMENTAÇÃO ADEQUADA E CALIBRADA

A instrumentação, ou seja, os instrumentos utilizados pelos operadores, são como guias para a operação. Através dela que as decisões são tomadas, e para isso é importante que

se tenha instrumentos adequados para aquela atividade, garantindo que a instrumentação realmente trará dados importantes para a operação, além de certificar que os mesmos estejam calibrados. Tudo isso permitirá obter dados mais precisos e decisões mais embasadas (KARDEC *et al*, 2014).

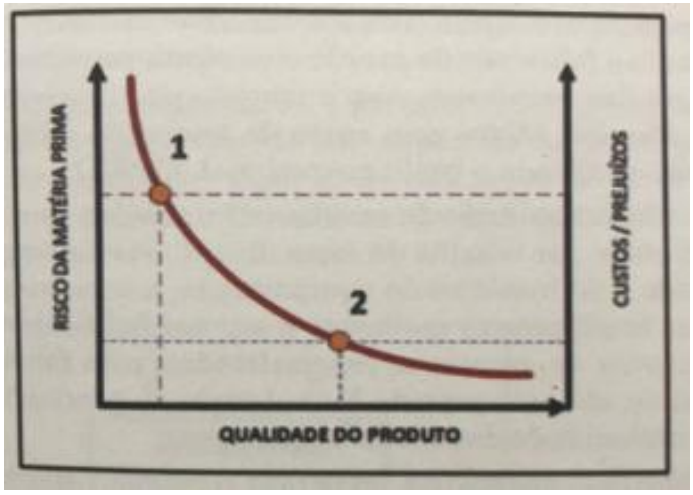
A obtenção de dados confiáveis em um teste é um processo que depende da precisão dos instrumentos empregados nas medições. Um sistema de medição e aquisição de dados representa a interação entre a qualidade do dispositivo de aquisição de dados e da calibração de cada componente utilizado. Cada um desses elementos desempenha um papel crítico na garantia da precisão e confiabilidade dos dados obtidos durante o processo de medição (GESTEIRA, 2014).

2.1.6 QUALIDADE DA MATÉRIA PRIMA

Os insumos são fundamentais para a operação de fabricação de qualquer produto. Sua utilização tem custos, que na maioria das vezes afetam a rentabilidade final, além de poder causar estrangulamentos na produção. Kardec *et al* (2014, p. 180) cita que "A matéria prima tem grande importância para os resultados do processo que se refletem na qualidade final do produto".

Na Figura 5 é possível reafirmar a importância que a matéria prima utilizada tem na qualidade final do produto e os custos atrelados a esses fatores.

Figura 5 - Relação de risco-Matéria Prima.



Fonte: Kardec *et al*, 2014.

2.1.7 CONFIABILIDADE DOS ATIVOS

A confiabilidade de ativos pode ser determinada em um primeiro momento com a aquisição de determinado equipamento. No momento da compra é possível avaliar esse indicador, mas caso isso não seja uma realidade da empresa, é possível atuar ou influenciar esse indicador através da forma como a operação é realizada, por meio de melhoria implementadas, ou até mesmo pela Manutenção (KARDEC *et al*, 2014).

De acordo com a Norma Regulamentadora Brasileira, define-se o termo confiabilidade como sendo: "A capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo". (NBR 5462, 1994, pag. 3)

Além disso, por vezes a confiabilidade é confundida com qualidade, porém enquanto a confiabilidade estipula a certeza que um determinado equipamento ou operação pode desempenhar, a qualidade está relacionada com a capacidade de funcionamento. (ROCHA, 2019)

2.2 GESTÃO DA MANUTENÇÃO

2.2.1 CONCEITO

Anteriormente foi repassado os conceitos de Gestão de Ativos e os principais indicadores relacionados, e entre eles é possível notar a presença da Manutenção. Ao se falar sobre Gestão de Ativos, muito se compara à Excelência da Manutenção, porém Kardec traz uma relação diferente entre ambos

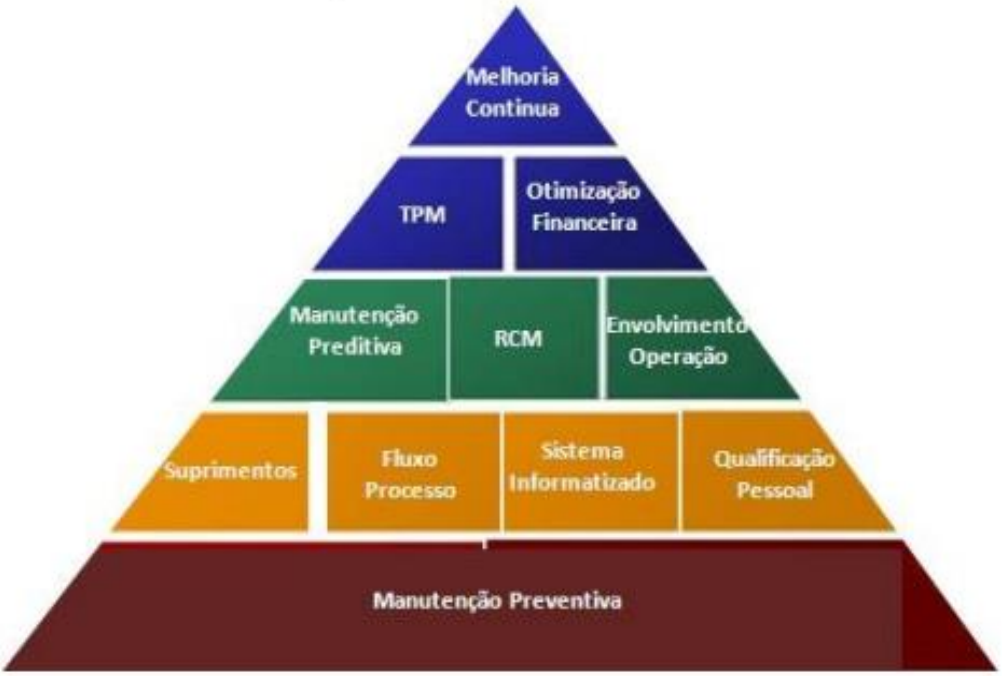
> A Gestão de Ativos não implica, necessariamente, na Excelência da Manutenção. O que a Gestão de Ativos promove é o alinhamento do desempenho da Manutenção, necessário para a produção de valor para a empresa (Kardec *et al*, 2014, p. 193).

Para a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) a Manutenção combina ações onde o intuito é manter um determinado item em condições adequadas para desempenhar a sua função. A Manutenção pode incluir a prevenção de falhas, reparos, substituição de peças desgastadas, limpeza, inspeção, entre outras atividades, dependendo do tipo de item e do contexto em que ele é utilizado (ABNT – NBR 5462 / 1994).

A boa gestão da Manutenção está diretamente relacionada com a qualidade do processo e do produto. Diante disso é importante que as empresas tenham um olhar estratégico para essas áreas (SOURIS, 1992).

Os fatores que influenciam a Gestão da Manutenção podem ser encontrados na Figura 6 a seguir. Nessa estrutura, os fatores são hierarquizados com base em sua importância e relação com a efetividade da Gestão da Manutenção. A ideia por trás dessa hierarquização é que uma base sólida de fatores básicos é necessária para sustentar e suportar os fatores mais avançados (WIREMAN ,1998).

Figura 6 - Pirâmide da Manutenção.



Fonte: Wireman , 1998.

A Manutenção possui participação importante em novos projetos dentro da empresa. Por meio dela é possível garantir a especificação mais adequada e auxiliar na análise de novos componentes a serem utilizados. Além disso, pode-se haver contribuição por meio do melhoramento da manutenabilidade, podendo implicar no tempo de reparo do equipamento (KARDEC *et al*, 2014).

Por fim, a Manutenção ainda pode ser classificada em diferentes tipos, de acordo com a forma de intervir no sistema, como será discutido adiante.

2.2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

A ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção) conceitua a Manutenção em três categorias: Preventiva, Corretiva e Preditiva. Além disso, sua definição fica ainda mais abrangente ao se subdividir essas três conceituações. Na Figura 7 é possível notar a relação feita.

Figura 7 - Classificação da Manutenção.

Fonte: Abraman, 2005.

A Manutenção Preventiva, conforme demonstra a Figura, é aquela feita de forma planejada. Através de critérios pré-estabelecidos, a intervenção no equipamento é feita dentro de uma determinada programação, visando ter o maior desempenho e disponibilidade para a operação (MONCHY, 1989).

Além disso, esse tipo de Manutenção auxilia também para que a falha não ocorra e que não atrapalhe, por exemplo o planejamento da fábrica, visto que com o planejamento essas horas já podem ser incorporadas na estratégia de operação. Dessa forma, tem-se o máximo de aproveitamento do equipamento, reduzindo tempo de parada e custos (ZAIONS, 2013).

Diferente da Manutenção Preventiva, a Manutenção Corretiva tem o intuito de intervir após a falha ou problema ter ocorrido. Apesar disso, é importante ressaltar que nesse modelo

reparar de forma rápida também é importante. Como forma de atingir esse padrão, a utilização de pessoal qualificado e treinado é de extrema importância para um rápido diagnóstico (STEFANINI, 2011).

Tratando-se de Manutenção Preditiva, essa é responsável por monitorar os parâmetros de operação para assim intervir, muitas das vezes utilizando de meios tecnológicos e estatísticos. Porém para que esse modelo seja eficiente, é importante que as anomalias sejam detectadas cedo. As probabilidades de falha podem ser analisadas e indicar a hora correta de intervir, a fim de se causar os menores danos possíveis para a operação (TAVARES, 1999).

Atrelado a Manutenção e Gestão de Ativos, surge-se o fator Inspeção, que auxilia na garantia da confiabilidade do processo, como mostra a passagem abaixo.

> A inspeção é uma importante etapa do processo de garantia da confiabilidade operacional dos ativos. Trata-se da atividade preventiva de executar periodicamente rotas de inspeção acionadas diretamente pelo plano de Manutenção, em que não há intervenção do planejador. As não conformidades observadas durante a execução dessa rota são caracterizadas como Manutenção preventiva baseada na condição. São casos em que não é necessário nenhum trabalho preparatório, peças de reposição ou ferramentas (COSTA, 2022, pag. 46).

Dentro da bibliografia é possível encontrar diversas outras classificações de Manutenção, porém para este trabalho, apenas essas três diferenciações são o suficiente para entendimento do caso.

2.3 FILTROS DE LIMPEZA

Em um processo industrial é comum que ao longo da produção o material que está sendo processado sofra com a presença de impurezas e matéria estranha, e assim o processo de limpeza torna-se necessário. Nesse meio, o processo de filtragem surge com o intuito de contribuir para que haja a separação dessa matéria estranha (LEGNER, 2021).

> ...alta eficiência de filtração está diretamente ligada ao processo de filtragem utilizado. A filtragem nominal possui como principal característica a baixa eficiência de filtração, além de que, os resultados prometidos, são raramente reproduzíveis, em função de ser baseada em testes gravimétricos. Já a filtragem absoluta refere-se à capacidade de um filtro em remover partículas cujo conceito é baseado na contagem de partículas. Filtros com essa

> capacidade devem possuir uma eficiência maior ou igual a 99,5% na remoção de partículas que passam pelo filtro (HECK ET AL., 2015 pag.2).

Existem dois conceitos que são utilizados e que muitas das vezes se é confundido: Filtro e Elemento Filtrante. Ambos são duas partes essenciais de um sistema de filtração, mas desempenham funções distintas (HECK *et al*., 2015)

- Filtro:
  - O Filtro é a estrutura ou o componente maior que contém o Elemento Filtrante. Ele é a parte externa que mantém o Elemento Filtrante no lugar e fornece suporte estrutural ao sistema de filtração.
  - O Filtro pode ser feito de vários materiais, como plástico, metal ou vidro, e sua principal função é proteger o elemento filtrante e manter a integridade do sistema.
  - O Filtro é a parte que é geralmente substituída com menos frequência, a menos que esteja danificado ou desgastado.

- Elemento Filtrante:
  - O Elemento Filtrante é a parte interna do Filtro que realmente faz a filtragem. É responsável por reter partículas, impurezas ou substâncias indesejadas presentes no fluido que está sendo filtrado.
  - Os elementos filtrantes podem ter uma variedade de formas e materiais, incluindo papel, tecido, metal sinterizado, membranas microporosas, entre outros, dependendo das necessidades específicas de filtração.
  - O Elemento Filtrante é a parte do sistema de filtração que geralmente precisa ser substituída regularmente, uma vez que acumula sujeira e partículas ao longo do tempo, reduzindo sua eficácia.

Uma das características que diferem os elementos filtrantes é a capacidade de filtragem. A unidade de medida que representa tal esse fator é a Micra, através da qual é possível identificar o tamanho da maior partícula que o elemento filtrante é capaz de reter.

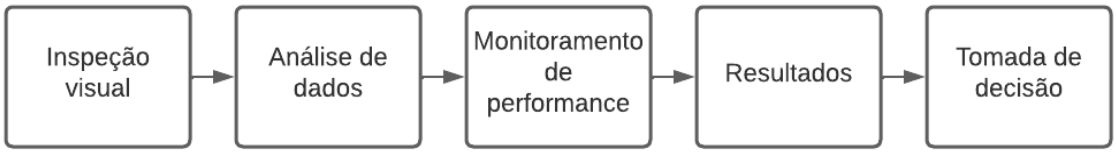
Além disso, os Elementos Filtrantes classificam-se em duas categorias: Nominal e Absoluto. Os Filtros Nominais possuem eficiência entre 90% e 98%, enquanto os Filtros Absolutos a eficiência mínima é 99,9% (LEGNER, 2021).

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 MÉTODO UTILIZADO

A fim de construir este trabalho, as etapas da Figura 8 foram seguidas.

Figura 8 - Etapas do Estudo.



Fonte: Autora.

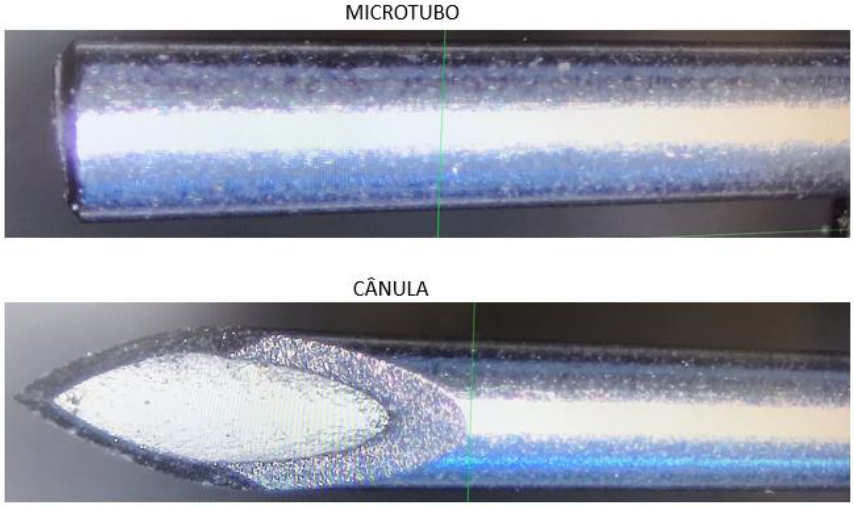
- Inspeção Visual: Através dessa etapa foi evidenciado de forma nítida a ineficiência do processo, pelo inventário local na área de limpeza.
- Análise de dados: Por meio dos dados já existentes na empresa, foi possível comprovar o *Gap* nesta etapa do processo produtivo.
- Monitoramento de *performance*: Verificação diária do comportamento do Elemento Filtrante, de forma visual e através de dados.
- Resultados: Compilação e comparação entre os dois tipos de Elementos Filtrantes estudados.
- Tomada de decisão: Com os resultados obtidos, de custo, disponibilidade e de tempo de troca, foi possível tomar a melhor decisão de maneira embasada.

3.2 A EMPRESA E SEU PROCESSO PRODUTIVO

O estudo foi realizado em uma empresa do segmento médico localizada na Zona da Mata Mineira. E o estudo foi desenvolvido exclusivamente na fábrica de Cânulas.

As Cânulas são produtos semelhantes a agulhas, porém apresentam ponta romba, abertura lateral e maior flexibilidade. Já o Microtubos, o qual será discutido adiante, consiste da própria cânula sem o processo final de apontamento (Não possui arestas para corte).

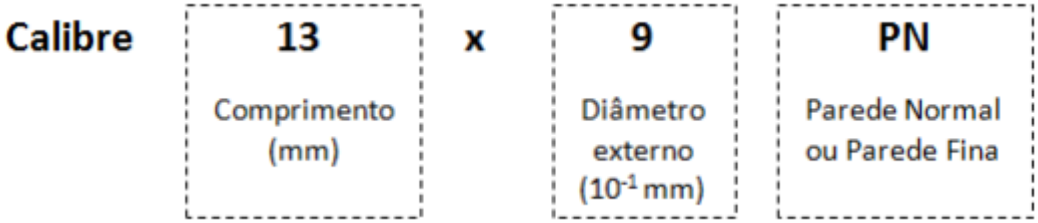
Figura 9 – Microtubo e Cânula .



Fonte: Autora.

Atualmente a fábrica de Cânulas é responsável pela produção de uma grande variedade de produtos que diferem entre si pelo calibre. O calibre consiste na especificação do produto, que é representada pela relação entre comprimento e diâmetro.

Figura 10 - Classificação do Calibre



Fonte: Roseane, 2017.

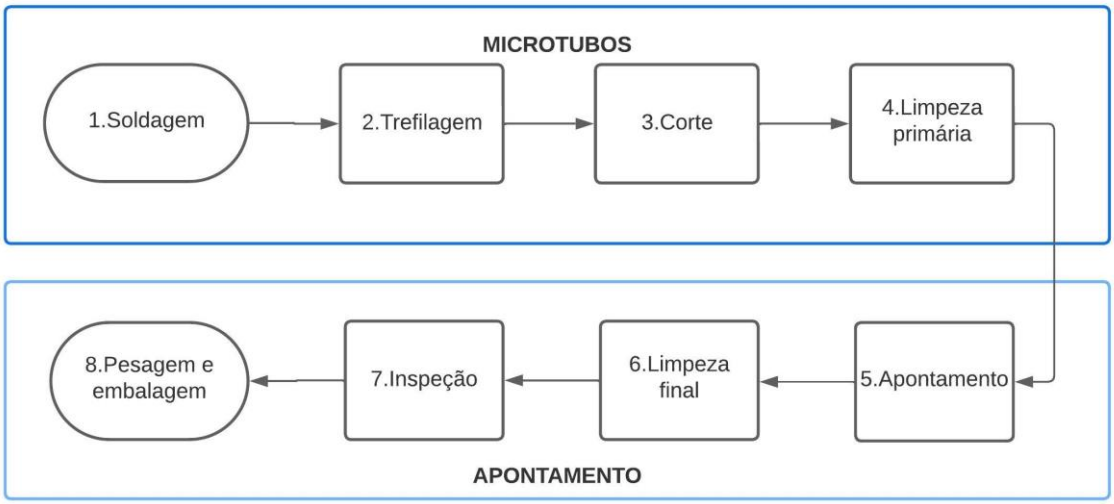
Na fábrica de Cânulas apesar de possuir diversos processos, a mesma é composta por duas grandes áreas, denominadas Microtubos e Apontamento.

Na área de Microtubos existe toda a etapa de trefilação do material, onde a matéria prima passa por sua primeira transformação e limpeza primária, 10direcionando assim o material para a área do Apontamento, onde o Microtubos será apontado e passará pela etapa de limpeza final e inspeção.

O material utilizado para a confecção dos produtos é o aço inoxidável, visto suas principais características: alta resistência a corrosão, facilidade de limpeza, baixa rugosidade.

Abaixo, na Figura 11, é possível acompanhar o caminho pelo qual o material passa até ser liberado para o cliente.

Figura 11 - Processo Produtivo.



Fonte: Autora.

A área de Microtubos contempla o processo de Soldagem até a Limpeza Primária, e o Apontamento inicia com a operação de Apontamento dos Microtubos e termina com a Pesagem e Embalagem do material.

1. Soldagem: Processo no qual a fita de aço inox é calandrada para formar o tubo, e então soldada.
2. Trefilagem: nessa etapa o tubo calandrado e soldado do processo anterior é trefilado com recozimento para posteriormente diminuir o seu diâmetro interno e externo, transformando o tubo no diâmetro desejado de acordo com o calibre a ser produzido.
3. Corte: O lote de tubo trefilado do processo anterior (Tubo trefilado já no diâmetro desejado) é cortado de acordo com o comprimento da Cânula a ser produzida.

Nos processos anteriores, para manter a conservação do equipamento, ferramentas de trefilação e propriedades do tubo trefilado, a presença de óleo lubrificante é fundamental. Assim, uma vez finalizado o processo de trefilação é necessário que o tubo já calandrado,

soldado, trefilado e cortado passe por uma limpeza primária para retirar o óleo contido no corpo do produto. Para isso, o processo de limpeza;

4. Limpeza primária: Neste processo existe a limpeza que é responsável pelas Cânulas de maiores dimensões e de Cânulas de menores dimensões. Essa variação se dá pelo fato delas possuírem tratamentos diferentes para que não venha a comprometer a estrutura física do material.

A partir daqui o material já é tratado dentro da área Apontamento, onde os processos finais são realizados. Adiante é possível acompanhar como essa Área se comporta dentro do processo produtivo.

5. Apontamento: Constituído por máquinas manuais e automáticas, ele é responsável por dar forma a ponta da Cânula, constituindo suas arestas cortantes.
6. Limpeza final: Limpeza para retirar o restante de óleo residual do processo de trefilação e também consumíveis de processos utilizados na operação de Apontamento (Formação das arestas cortantes).
7. Inspeção : Dentro dessa etapa é feito a verificação visual das Cânulas para que todas aquelas que possuem algum defeito sejam descartadas. Passam também por um controle de qualidade para novamente serem inspecionadas. Essa é a área responsável pela liberação do material.
8. Pesagem e embalagem: Depois que o material foi liberado pelo controle de qualidade, o material é pesado conforme as ordens de pedido de clientes e embalado para ser encaminhado ao almoxarifado local.

Por fim, vale ressaltar que até a etapa 4, etapa de Corte, o material é transferido entre as áreas por meio de bobinas (Tubo trefilado enrolado em carretéis). Após o Corte, o material já se encontra no formato de Microtubos e a transferência ocorre por meio de Estojos, conforme Figura 12.

Figura 12 - Modelo de Estojo utilizado na máquina de Limpeza.

Fonte: Roseane, 2017, adaptado.

3.3 PROCESSO GARGALO

Diante do que foi apresentado anteriormente, o enfoque deste trabalho está no processo de Limpeza Final apresentado no fluxograma da Figura 7. Neste processo, existem as seguintes etapas para realizar tal ação:

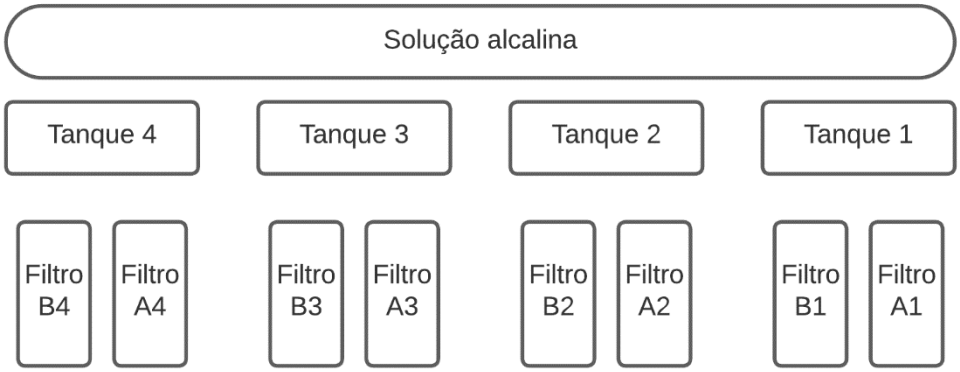
- Mergulho em solução alcalina: Nesta primeira etapa o material é imerso em solução desengraxante extremamente alcalina, iniciando o processo de limpeza.
- Jateamento de água: Jatos de água em alta pressão são lançados sobre os Estojos para retirada do óleo e sabão desengraxante do tanque anterior.
- Passivação: Com a presença do ácido nítrico, uma barreira é formada para garantir maior resistência a corrosão.
- Mergulho em água: Os Estojos passam por um tanque de água pura para retirar o excesso de ácido da etapa anterior.
- Jateamento de água: Novamente os Estojos recebem jatos de água para garantir a total limpeza do material.

Em cada uma dessas etapas existem tanques onde o material é submergido. Acoplados a cada um desses tanques existem Filtros que são utilizados para filtrar todo o resíduo não desejado do material e assim aumentar a vida útil das soluções de cada tanque, diminuindo a frequência de troca das soluções e a mantendo limpa. Somente para a etapa de mergulho em solução alcalina, existem 4 tanques responsáveis pela tarefa e os elementos filtrantes servem para que a solução alcalina possa ser reutilizada múltiplas vezes. Tendo em vista que esses tanques de soluções alcalinas são responsáveis pelo primeiro contato do material no

equipamento, existe uma grande sobrecarga nos Elementos Filtrantes, visto que a concentração de sujidade é maior.

Diante disso, a análise do estudo concentrou-se nesses 4 primeiros tanques de solução desengraxante alcalina, os quais possuem dois Filtros em cada um deles.

Figura 13 - Representação esquemática do equipamento.



Fonte: Autora.

No ano de 2022 eram utilizados os Elementos Filtrantes de Polipropileno da marca A de 3µm e 10 µm, para cada um dos tanques. Porém, devido a problemas internos do fornecedor, houve a descontinuação da produção dos mesmos.

Diante disso, a fábrica optou por prosseguir com a utilização do Elemento Filtrante de Barbante com as mesmas micragens do Elemento Filtrante do fornecedor A, porém da marca B, visto que ele já era utilizado nos tanques posteriores aos analisados neste estudo.

Na Figura 14 é representado o Elemento Filtrante de Barbante da B utilizado para substituir o que havia sido descontinuado.

Figura 14 - Elemento Filtrante B.

Disponível em: https://images.app.goo.gl/VbZPnuxixhtnJHiR6

Entretanto algum tempo após a troca pelo novo sistema de filtragem, começaram a surgir muitas recusas e uma investigação começou a ser feita. Em conversa com o colaborador da área, foi relatado por ele a “coincidência” das recusas terem aumentado com a troca do Elemento Filtrante. A etapa de Limpeza Final, a qual conta com 5 equipamentos de limpeza, não estava sendo capaz de liberar o material, gerando no local um acúmulo grande de Estojos para retrabalho.

Com suspeitas de que a qualidade do Elemento Filtrante estava sendo diretamente responsável pelas recusas, buscou-se no mercado novas opções para substituição.

Na linha de produtos de prateleira do fornecedor A existe um Elemento Filtrante com características bem parecidas com o utilizado antes da descontinuidade de fornecimento do material de Polipropileno de 3µm e 10 µm. Entretanto, para este Elemento Filtrante, não havia a mesma micragem que a utilizada anteriormente. Com isso, optou-se por fazer um teste de *performance* para esse Elemento Filtrante, porém com a micragem igual a 5 µm.

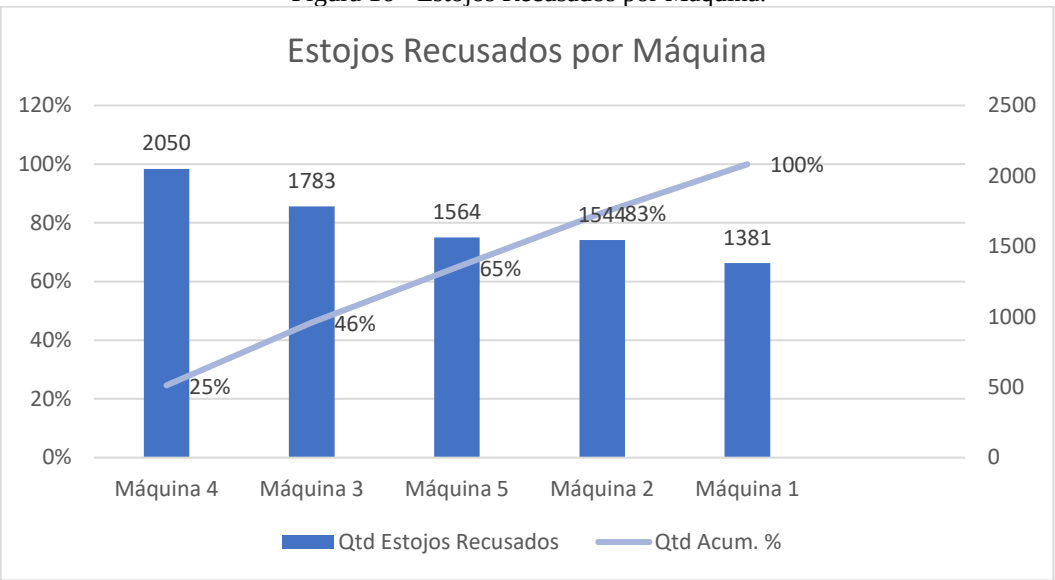
Conforme mencionando anteriormente, o novo elemento filtrante utilizado é da marca A de 5µm. Seu corpo é do material Polipropileno e suas ranhuras ao longo do seu corpo garantem maior área superficial, dando maior vida útil ao produto e alto desempenho. Na Figura 15 abaixo é possível observar a ilustração do mesmo.

Figura 15 - Elemento Filtrante A a ser comparado.

Disponível em: https://images.app.goo.gl/c3FmPEwpXN3JCcaV6.

Para fazer o acompanhamento de *performance* sem prejudicar ainda mais o processo que já passava por dificuldades, uma das máquinas foi escolhida para que o estudo fosse feito. Essa decisão foi tomada tendo em vista o índice de recusa do equipamento, podendo assim avaliar o cenário no pior caso. Sendo assim, a Máquina a ser analisada foi a Máquina 4. Na Figura abaixo é possível analisar a *performance* de cada uma das máquinas do local no início do teste.

Figura 16 - Estojos Recusados por Máquina.



Fonte: Autora.

Apesar dos Elementos Filtrantes serem acompanhados diariamente pelo operador responsável da área, a análise dos dados para comprovar ou não a eficácia aconteceu durante a etapa que precede a inspeção do material. Os dados eram provenientes de sistema de controle próprio e através do formulário em anexo A. Todo esse processo está evidenciado no tópico a seguir.

3.4 TESTE DE EFICÁCIA

Antes do material ser enviado para o cliente, o mesmo precisa ser inspecionando, e para isso é necessário a realização de testes para comprovar que o processo de limpeza foi realmente eficaz. Para isso, cada lote é avaliado retirando-se uma pequena amostra de cada um dos Estojos que compõem o lote. Isso é feito para que a amostra final não seja tendenciosa e que apenas a amostra de um Estojo defina o resultado final de um lote inteiro.

Além disso, para que se tenha o controle destes testes, existe na área um formulário de controle no qual os responsáveis pela área preenchem com as informações de lote do material inspecionado. Neste formulário é evidenciado o lote, quantidade de Estojos que existem no lote, qual o turno do teste, qual a máquina responsável pela limpeza, resultado dos testes (APR ou REP). No formulário em anexo é possível verificar o procedimento.

A seguir é possível verificar como que cada um desses testes é realizado.

Teste 1: O objetivo do teste é verificar se a limpeza externa foi realmente efetiva. Para isso uma amostra é retirada de cada um dos lotes e o mesmo é friccionado sobre um pano branco, onde a coloração vai determinar ou não a recusa do material. Caso o pano apresente uma coloração mais escura, isso representa sujidade e o mesmo é recusado e já retorna para o processo de limpeza, para que uma nova limpeza seja feita. Caso o material seja aceito, ele segue para a realização do teste 2.

Teste 2: O objetivo do teste é verificar a limpeza do diâmetro interno da Cânula. Com o auxílio de uma agulha, é injetado creme dental no interior da Cânula. Caso esse creme saia com uma coloração mais escura, há então indícios de que a limpeza foi ineficiente e o mesmo retorna para o processo de limpeza novamente para ser retrabalhado. Caso seja aprovado, ele segue para a etapa de inspeção final.

Os dois testes acima são classificados como “Aprovados” ou “Reprovados” através da inspeção visual da coloração resultante dos testes. Para que os testes sejam efetivos e que não haja variação considerável no resultado, conforme o operador que está realizando o teste, essa etapa conta com um *Measurement System Analysis (MSA*), que já existia na área.

O MSA nada mais é do que uma análise do sistema de medição que busca validar o processo para que diminua a variabilidade do resultado do teste. Essa variabilidade pode ser decorrente da temperatura, umidade, fatores ambientais, ou humanos, como é o caso desse estudo.

Para o critério de aceitação desse processo de MSA, considerou-se o limite inferior do intervalo de confiança a um nível de 95% para a concordância entre os avaliadores, entre os avaliadores e o padrão, e o avaliador consigo mesmo. A amostra utilizada foi de tamanho 60, numeradas em ordem aleatória 2 vezes, por cada associado de cada turno.

Dentro desta análise foram utilizados 30 amostras boas e 30 amostras ruins. À partir daí cada associado deveria avaliar cada uma das amostras, dando o seu parecer a respeito da aprovação ou reprovação do material. Após a coleta dos resultados, os dados foram tratados com o auxílio da ferramenta *Minitab*, que resultou na aprovação dos associados logo na

primeira tentativa, comprovando assim a eficácia do processo de teste. Vale apenas ressaltar, que todos os envolvidos receberam treinamento apropriado antes da realização desse MSA.

Sendo assim, comprovado que os testes são eficazes, nota-se a partir daí que qualquer recusa de material conta como um retrabalho e prejudica o tempo de liberação, além de gerar acúmulo de material na área onde é realizado o processo de limpeza. Em segundo plano, isso conta com um gasto maior para a empresa, além de sobrecarregar o processo gargalo. Diante disso, confirma-se mais uma vez a importância de garantir que esse processo seja o mais eficiente possível para que retrabalhos sejam amenizados ou até mesmo eliminados, garantindo assim uma melhor *performance*.

Com o formulário de recusa diário em mãos, os dados são lançados diariamente em uma planilha e realizado as análises. Para maior precisão na análise, além de comparar apenas as quantidades de lotes, leva-se em consideração a quantidade de Estojos presentes em cada um deles, visto que a quantidade é variável de lote para lote.

Ademais, a empresa já possuía histórico com dados de todos os processos da empresa, o que já facilitou a análise inicial. Abaixo é possível observar o cenário no início da investigação, ou seja, após a descontinuação de uso dos Elementos Filtrantes de 3 µm e 10 µm e inserção do Elemento Filtrante de 5 µm da marca A.

- Tempo médio entre trocas dos Elementos Filtrantes: 15 dias;
- Tempo de equipamento parado para troca dos Elementos Filtrantes: 60h mensais;
- Porcentagem de recusas: 10%;
- Disponibilidade: 85%;
- Quantidade processada no equipamento 4: 20826 Estojos
- Elemento Filtrante 3 µm e 10 µm da marca B:18/01/2023 a 01/03/2023
- Elemento Filtrante 5 µm da marca A: 02/03/2023 a 24/04/2023

Vale ressaltar que os períodos se diferem em duração devido ao fato de feriados e folgas, porém a quantidade de dias em cada uma das análises são os mesmos para que o comparativo do resultado final fosse coerente entre ambos.

4. RESULTADOS

Nesta seção foram analisados os dados relacionados ao desempenho dos Elementos Filtrantes de 3 µm e 10 µm da B e o Elemento Filtrante de 5 µm da marca A, garantindo assim um comparativo para justificativa da ação tomada e discussões realizadas em cima desse cenário.

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.1 TROCA DOS ELEMENTOS FILTRANTES

Como mencionado anteriormente, com o elemento filtrante da B, o tempo médio de troca dos mesmos para todos os tanques eram 15 dias. Para acompanhamento do novo Elemento Filtrante da A de 5 µm, foi verificado diariamente a conservação de cada um deles, fazendo uso da inspeção visual acompanhada do operador responsável pela área.

De acordo com a tabela 1, tem-se as trocas realizadas ao longo do estudo em cada um dos tanques do equipamento, avaliando a *performance* do Elemento Filtrante da A de 5 µm. Para essa análise, avaliou-se da data de implementação até a troca de 100% dos elementos filtrantes de todos os tanques colocados inicialmente. Ou seja, todos os Elementos Filtrantes foram trocados ao menos 1 vez no período estudado.

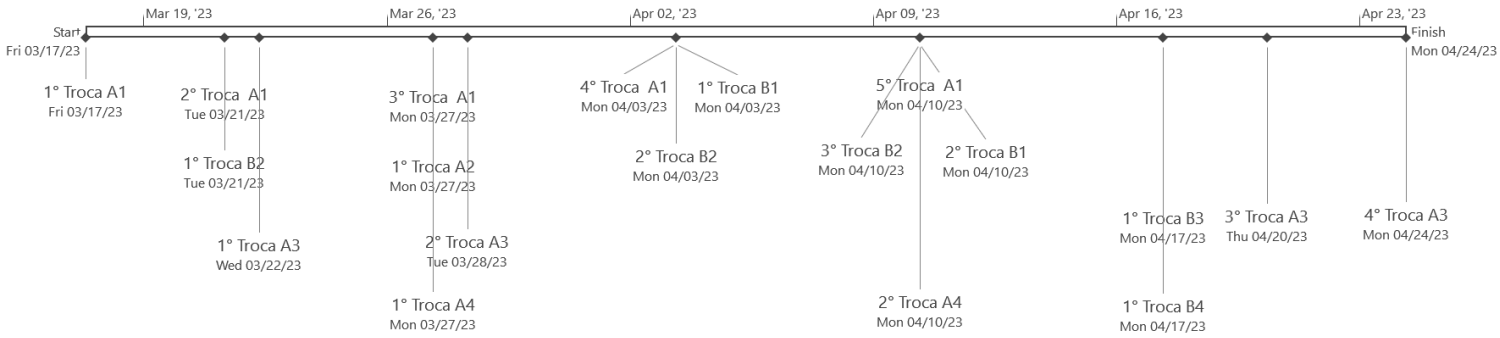
Tabela 1 - Trocas realizadas.

	Filtro	**1ª troca**	**2ª troca**	**3ª troca**	**4ª troca**	**5ª troca**
Tanque 1	**A1**	17/03/2023	21/03/2023	27/03/2023	03/04/2023	10/04/2023
	B1	03/04/2023	10/04/2023			
Tanque 2	**A2**	27/03/2023				
	B2	21/03/2023	03/04/2023	10/04/2023		
Tanque 3	**A3**	22/03/2023	28/03/2023	20/04/2023	24/04/2023	
	B3	17/04/2023				
Tanque 4	**A4**	27/03/2023	10/04/2023			
	B4	17/04/2023				

Fonte: Autora.

Esquematicamente, abaixo se tem a linha do tempo com as trocas realizadas.

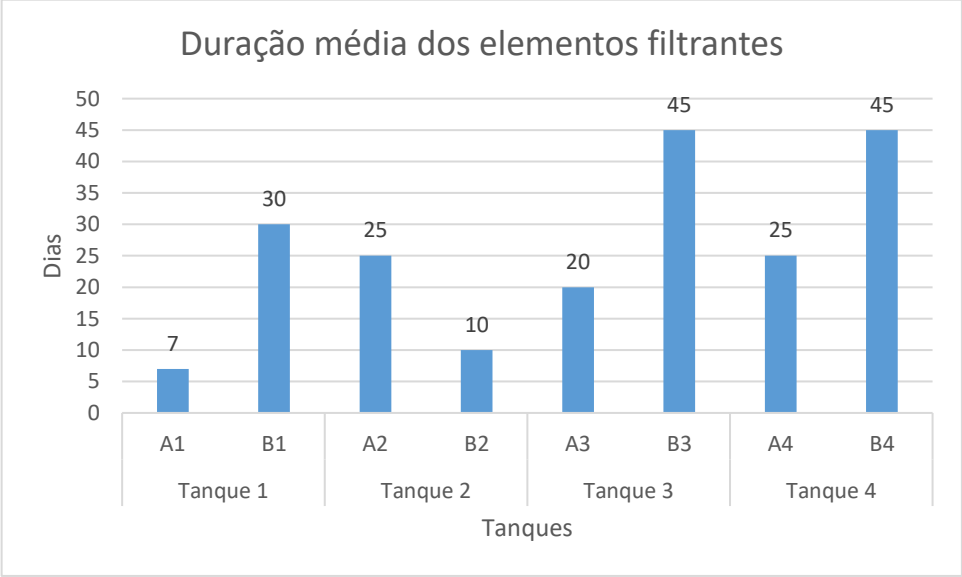
Figura 17 - Linha do Tempo das Trocas realizadas.



Fonte: Autora.

Como resultado, na Figura 18, tem-se a relação da duração média do elemento filtrante de 5 µm da marca A. Essa média levou em consideração as datas de trocas de cada Elemento de cada um dos tanques.

Figura 18 - Duração Média dos Elementos Filtrantes.



Fonte: Autora.

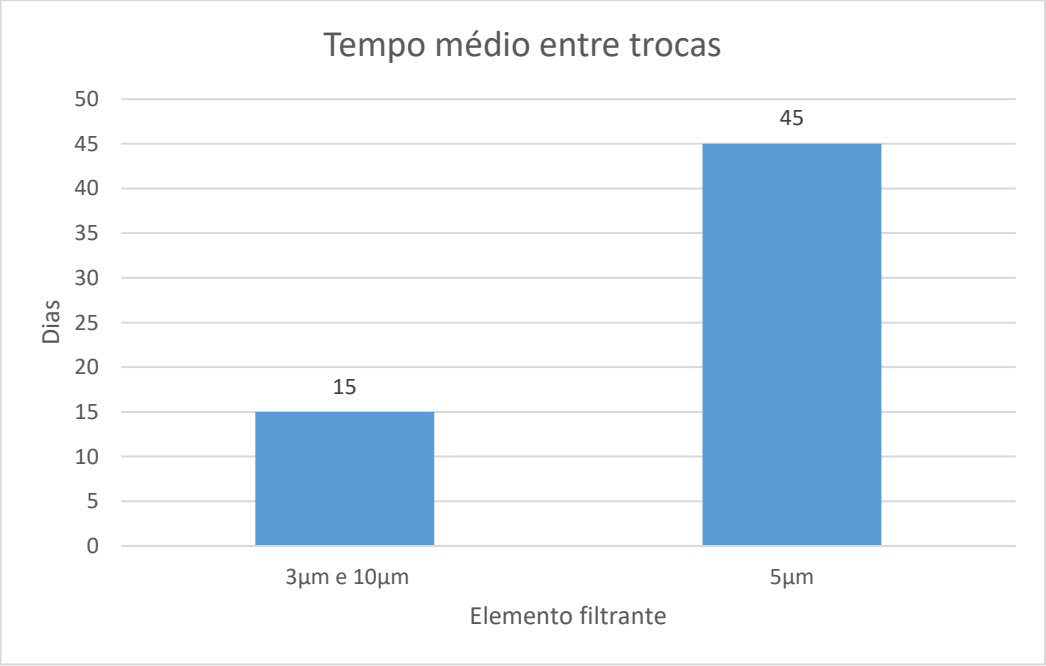
Percebe-se ainda que para os tanques iniciais, houveram trocas mais rápidas, isso decorre do fato de ser o primeiro momento do material no equipamento, tendo com isso, uma quantidade de resíduo maior, sobrecarregando assim os Elementos Filtrantes. Para os componentes dos Filtros dos tanques seguintes o tempo de troca foi mais elevado, uma vez que

o material já não estava tão sobrecarregado, comprovado pela última troca ter sido realizado no tanque 4, o último da sequência analisada.

Entretanto houve uma discrepância do valor médio encontrado e o valor médio esperado. O esperado era se ter uma linha de tendência linear e crescente, porém durante o estudo o equipamento passou por alguns problemas mecânicos. Isso fez com que em alguns filtros a troca do elemento filtrante fosse mais rápida, devido ao fato de alguns deles terem sofrido sobrecarga de matéria estranha, decorrente dessa falha mecânica.

Conclui-se que como resultado para essa variável houve uma diminuição na recorrência de troca, sendo a maior durabilidade constatada no tempo médio de 45 dias. A variação no tempo total de substituição de 100% dos elementos filtrantes da A pode ser verificada na Figura 19.

Figura 19 - Tempo médio entre trocas.

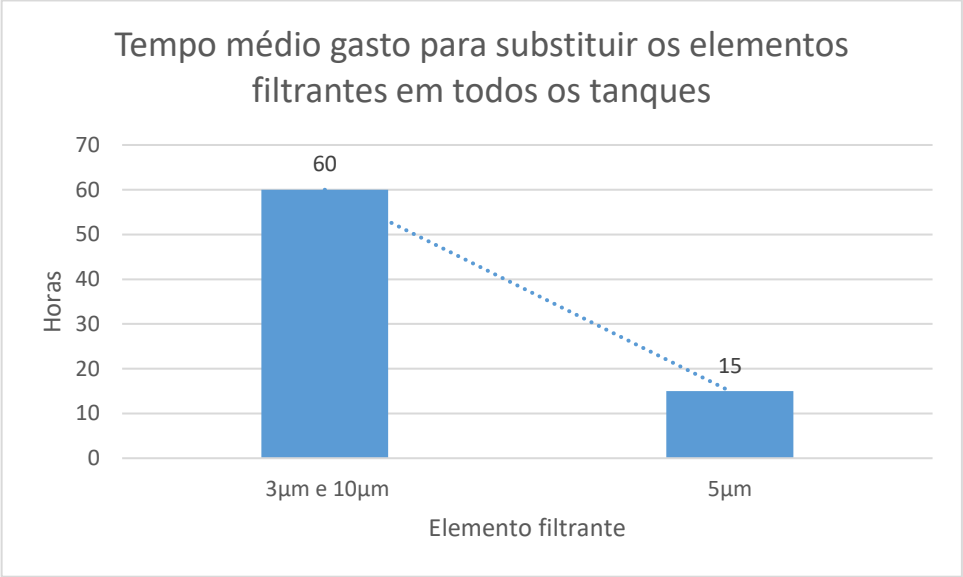


Fonte: Autora.

Além disso, foi analisado o tempo gasto para a operação de substituir todos os Elementos Filtrantes saturados dos 4 tanques analisados. Para isso foi considerado o tempo necessário para a troca de cada Elemento isolado e a quantidade de trocas feitas no período. Vale ressaltar que para a troca dos Elementos Filtrantes somente ocorrem com a parada do equipamento.

Diante disso, fazendo um comparativo entre o tempo total gasto pelo operador para substituir todos os elementos filtrantes durante o período de estudo, obteve-se como resultado a redução de 1/3 do tempo gasto e aumento na disponibilidade, conforme Figura 20.

Figura 20 - Tempo médio para substituição dos Elementos Filtrantes em todos os tanques.



Fonte: Autora.

Vale ressaltar que esse resultado não é unicamente relacionado com o próximo tópico a ser discutido, Disponibilidade. Isso ocorre, pois ao se considerar a disponibilidade do equipamento, leva-se em consideração também o tempo de paradas para Manutenção, por exemplo.

4.1.2 DISPONIBILIDADE

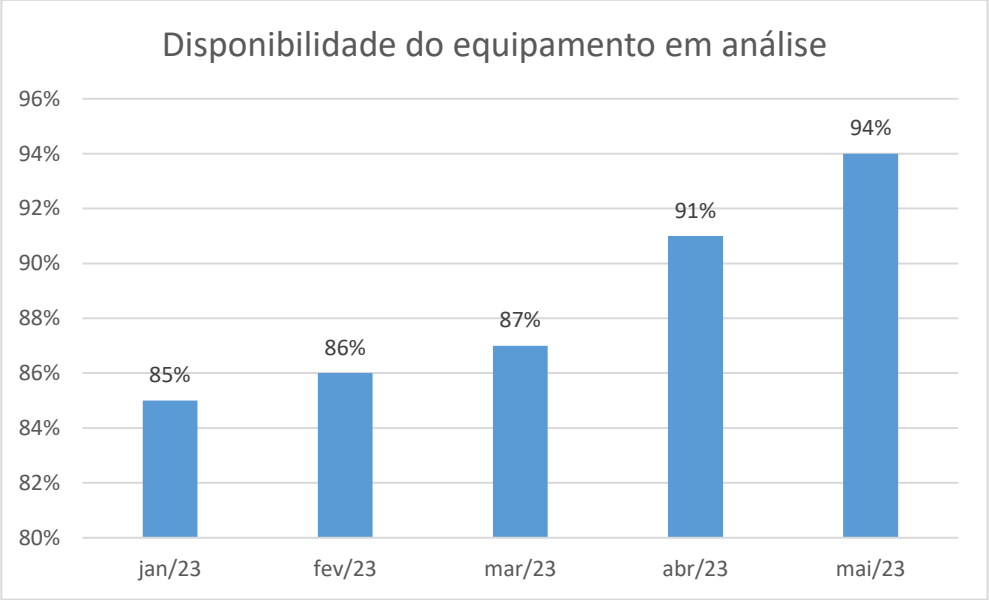
Para avaliar a Disponibilidade do equipamento a empresa conta com um sistema de planejamento de recursos empresariais (ERP) para registrar paradas de máquinas, tempo de parada, manutenções, entre outros. A partir daí foram extraídos os dados de MTTR(*Mean time to repair* ou tempo médio para reparar) e MTBF (*Mean time between failures* ou tempo médio entre falhas) e calculado a disponibilidade do equipamento conforme equação abaixo.

$$Disponibilidade = \frac{MTBF}{(MTTR + MTBF)} \times 100$$

Conforme mencionado, o estudo iniciou-se em Janeiro / 2023 e se encerrou-se no final de Abril / 2023. Após este período ainda ocorreu o acompanhamento da disponibilidade do equipamento para garantir que o mesmo padrão permanecesse após a implementação de um Elemento Filtrante com especificações diferentes.

Nota-se que após a troca dos Elementos Filtrantes houveram aumentos significativos na disponibilidade do equipamento, conforme Figura 21.

Figura 21 - Disponibilidade do Equipamento.



Fonte: Autora.

4.1.3 ANÁLISE DE RECUSAS

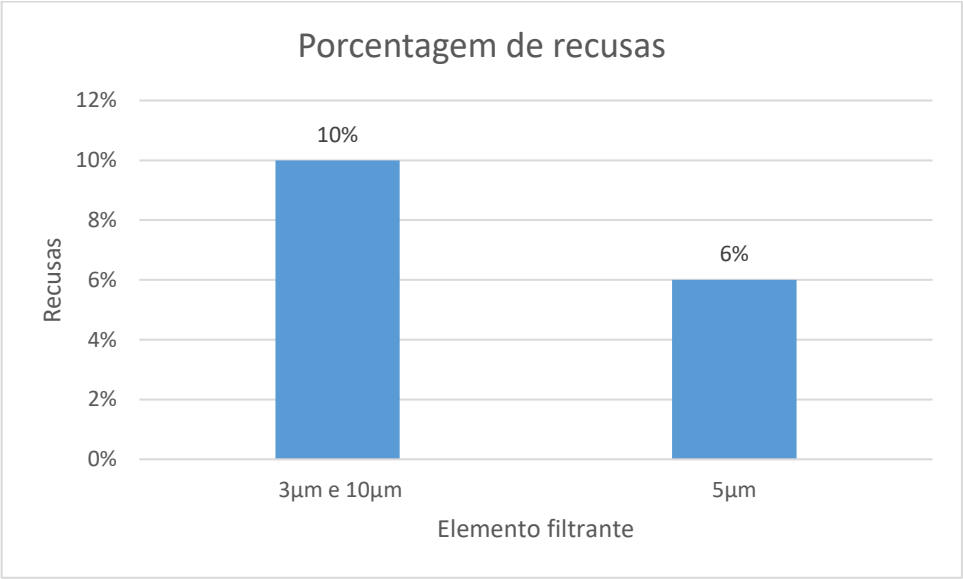
Por meio do formulário de recusas, diariamente, analisava-se os Estojos que foram recusados, ou seja, apresentaram ineficiência no processo de limpeza e que precisariam ser retrabalhados. Todos os retrabalhos contribuíam para que houvesse um inventário local grande, afetando na liberação do material.

Diante disso, para evidenciar a qualidade do processo e a *performance* do novo Elemento Filtrante, encontrou-se a relação de Estojos recusados perante o total. Lembrando-se que essa análise foi feita apenas para a máquina 4, a qual foi a máquina em estudo.

$$\%\ de\ recusas = \frac{Estojos\ recusados}{Estojos\ totais}$$

Com isso, encontrou-se a seguinte relação.

Figura 22 - Estojos Recusados.



Fonte: Autora.

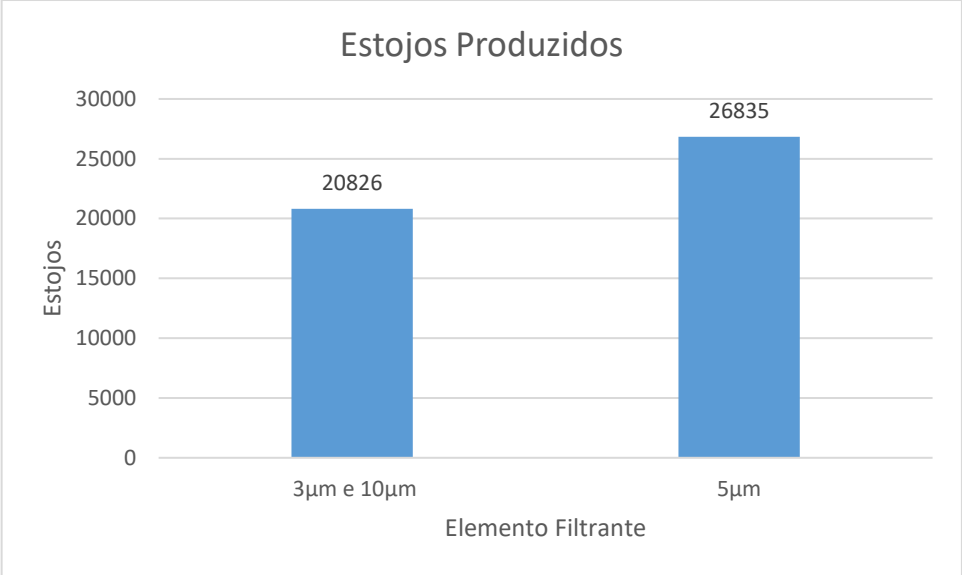
Conforme observado na Figura 22 acima, nota-se que houve uma diminuição de 40% entre as duas conFigurações de Elementos Filtrantes, levando em consideração o cenário antes e após o estudo de *performance*.

4.1.4 PRODUTIVIDADE

Para comparar a produtividade do equipamento com a utilização dos dois elementos filtrantes, foi considerado a produção total de Estojos nos períodos em análise. Ou seja, analisou-se a partir da base de dados todos os Estojos que passaram por esse processo de limpeza na máquina 4, independente do material ter sido recusado ou não.

Nota-se com isso, conforme Figura 23 abaixo, o total de Estojos processados nesse equipamento, tanto com a utilização do Elemento Filtrante da B, como da A.

Figura 23 - Relação de Estojos produzidos antes e após a troca.



Fonte: Autora.

Nota-se assim que o equipamento teve um aumento de 28,5% no processamento de Estojos nessa etapa do processo.

4.1.5 CUSTOS

Para avaliar a variável Custo, considerou-se o valor gasto com a compra de Elementos Filtrantes, visto que essa variável já se mostrou significante para o resultado e análise final. Nesse tópico ainda poderia considerar os recursos que foram economizados, como energia, água, solventes, entre outros.

Diante disso, foi analisado a quantidade de Elementos Filtrantes necessários para substituição, considerando o mesmo período analisado, e o seu valor unitário, como mostra a fórmula abaixo.

$$Custo\ total = Preço\ unitário \times quant.de\ filtros\ utilizados$$

Para manter a privacidade da empresa em questões de valores numéricos, apresenta-se apenas a redução percentual que o estudo trouxe, quando comparado com o cenário antigo. Houve uma redução de 55,5% no valor gasto, representando uma diminuição na casa dos 4 dígitos, o que representa um valor muito significativo, visto que esse processo é necessário para todos os produtos e que a troca é feita de forma continua ao longo do tempo nos 5 equipamentos disponíveis na área.

5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados no presente trabalho nota-se que os objetivos com o estudo de viabilidade foram alcançados, constatando que a troca do Elemento Filtrante era uma opção mais viável para o caso em questão. Ou seja, optou-se por seguir com o Elemento Filtrante de 5 micras da marca A, o qual demonstrou uma melhor *performance*.

Comprova-se também a eficácia do estudo de viabilidade para ações de maior impacto dentro da indústria, para garantir que as melhores decisões sejam tomadas. Isso é comprovado neste estudo, visto que a fábrica é responsável por entregar um grande volume e mix de produtos e qualquer ação não embasada poderia impactar diretamente e negativamente na entrega dos resultados.

Sendo assim, nota-se a importância de a empresa gerenciar os seus ativos conforme demonstrados no referencial teórico desse trabalho e ter um enfoque em Manutenção. Dentro desse estudo, utilizou-se de diversos parâmetros de desempenho citados por (ROSA, 2006), como por exemplo, eficiência, produtividade, qualidade e inovação. Além disso, a atuação do setor de Manutenção e o estudo de *performance* foi crucial para alavancar consideravelmente o valor da disponibilidade do equipamento.

Ademais, essa conclusão foi baseada em dados reais e simultâneos ao estudo, garantindo que o resultado e a escolha final fossem embasados e não gerasse prejuízos em diferentes âmbitos, como no quesito custos e qualidade, que como comprovado desempenhou um resultado positivo.

Por fim, esse estudo se torna útil para direcionar ações em outras empresas que também possuem esse tipo de problema e onde o processo de limpeza é fundamental para garantir a qualidade do produto a ser entregue ao mercado.

REFERÊNCIAS

ABRAMAN, PAS:55 Gestão de Ativos. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora LTDA, 2008.

ABRAMAN (2005), Associação Brasileira de Manutenção, Revista oficial da Abraman, Vinte anos da ABRAMAN, n. 54.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). RDC nº 15, de 15 de março de 2012. Estabelece os requisitos para o reprocessamento de produtos médicos e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 mar. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISSO 55000: Gestão de Ativos – Visão Geral, Princípios e Terminologia. Rio de Janeiro, 2014.

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

CALDEIRA, Jorge. 100 Indicadores da Gestão: Key *Performance* Indicators. 1. ed. Coimbra: Actual, 2012.

CAMPOS, Vicente Falconi. Qualidade total: padronização de empresas. 2ª edição. Nova Lima: FALCONI Editora, 2014.

CARMINATI, Roseane de Oliveira. Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor em uma fábrica de cânulas, 2017.

COSTA, Thiago Fernandes Anício: Estudo da Manutenção Centrada em Confiabilidade na melhoria da confiabilidade dos ativos críticos: O caso do Departamento de Manutenção de uma Empresa Siderúrgica, 2022.

DE SOUSA, Gabriella Castro; DE LIMA, Tamires Borges; DE ALMEIDA, Viviane Chaves. Cânulaxagulha: Segurança e precisão na injeção de preenchedores dérmicos. Aesthetic Orofacial Science, v. 3, n. 2, p. 18-24, 2022.

GESTEIRA, L. G. G. K., 2014, “Sistema de aquisição de dados baseado em LabVIEW para um dinamômetro de chassi”, Dissertação de Pós-Graduação, Universidade Federal da Bahia, Salvador/BA, Brasil, 83 p.

GUERRERO, G. P. et al. Procedimento operacional padrão: utilização na assistência de enfermagem em serviços hospitalares. Rev. Latino-Am. Enfermagem, Ribeirão Preto, v. 16, n. 6, Dec. 2008.

Heck, T. A.; Kieling, A. G.; Moraes, C. A. M.; Fontana, W. A.; Rocha, T. L. A. C. Influência do Conceito do Sistema de Filtragem na Filtração do Óleo Hidráulico. Contribuição técnica ao 70º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 15º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, parte integrante da ABM Week, realizada de 17 a 21 de agosto de 2015, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

IARTELLI, Alexandre. Avaliação de Imperfeições do Tipo "GOUGE" em Tubos de Aço Inox 304L Utilizados na Produção de Agulhas Hipodérmicas. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação (REASE), vol. 9, n. 3, março de 2023, ISSN 2675-3375, doi: 10.51891/rease.v9i3.8949.

KARDEC, Alan; ESMERALDO, João; LAFRAIA, João; NASCIF, Júlio. Gestão de Ativos. 1. ed. Rio de Janeiro, 2014.

KAYDOS, W. *Operational Performance Measurement: Increasing Total Productivity. New York: St Lucie Press*, 1988.

LEGNER, Carla. "Filtragem nos Processos na Elaboração de Alimentos." Revista e Portal Meio Filtrante, Edição Nº 109, Março/Abril de 2021, Ano 19. Disponível em: https://www.meiofiltrante.com.br/Artigo/4901/filtragem-nos-processos-na-elaboracao-de-alimentos.

MONCHY, F. A Função Manutenção – Formação para a Gerência da Manutenção Industrial. São Paulo: Editora Durban, 1989.

MORAIS, L. O. Avaliação da qualidade de seringas agulhas comercializadas no Brasil. 2009. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso(Especialização em Controle da Qualidade de Produtos, Ambientes e Serviços Vinculados à Vigilância Sanitária) - Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde , Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2009.

PERFEITO, Aline de Oliveira. Implantação de um procedimento operacional padrão para a Ouvidoria da Secretaria Municipal da Saúde de Curitiba. 2011. 39 pág. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

ROCHA, Henrique Martins. Confiabilidade. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2019.

ROSA, E. Indicadores de Desempenho e Sistema ABC o Uso de Indicadores para uma Gestão Eficaz do Custo e das Atividades de Manutenção. 2006, xx f. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

SOURIS, J. P., Manutenção Industrial – custo ou benefício. Tradução de Elizabete Batista. Lisboa: Lidel, 1992.

STEFANINI, P. Metodi di Ricerca e Prevenzione dei Guasti. Milano: Tecniche Nuove II Edizione, 2011.

TAVARES, L. Excelência na Manutenção – Estratégias, otimização e Gerenciamento. Salvador: Casa da Qualidade, 1999.

WIREMAN, T.. *World Class Maintenance Management. Proceedings of the Automatic Factory Conference, Detroit, United States*, 1989.

XENOS, H. G. Gerenciando a Manutenção Preventiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

ZAIONS, D. Manutenção Industrial com Enfoque na Manutenção Centrada em Confiabilidade. Porto Alegre: UFRGS, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Curso de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

ANEXO A – FORMULÁRIO DE ACOMPANHAMENTO DE RECUSAS

Formulário de acompanhamento de performance

1º Turno								2º Turno								3º Turno							
Calibre	Data	Nº de Estojos	Máquina	Teste 1		Teste 2		Calibre	Data	Nº de Estojos	Máquina	Teste 1		Teste 2		Calibre	Data	Nº de Estojos	Máquina	Teste 1		Teste 2	
				APR	REP	APR	REP					APR	REP	APR	REP					APR	REP	APR	REP

ANEXO B – TERMO DE AUTENTICIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 07 de dezembro de 2023.

Jomina Carneiro Santos	202149057
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)	Matrícula
Jomina Carneiro Santos	136 533 546 17
ASSINATURA	CPF

[1] LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.