

LINCOLN JOSÉ DOS SANTOS

**Análise e redução de falhas de bandagem no processo de fabricação de mangueiras
hidráulicas**

Lincoln José dos Santos

**Análise e redução de falhas de bandagem no processo de fabricação de mangueiras
hidráulicas**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Marcelo Sampaio Martins
Coorientador: Diego Nascimento

Guaratinguetá - SP
2022

S237a	Santos, Lincoln José dos Análise e redução de falhas de bandagem no processo de fabricação de mangueiras hidráulicas / Lincoln José dos Santos – Guaratinguetá, 2022. 55 f : il. Bibliografia: f. 55 Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2022. Orientador: Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins Coorientador: Prof. Dr. Diego Nascimento 1. Mangueira (Hidráulica). 2. Controle de qualidade. 3. Controle de processo. I. Título. CDU 658.56
-------	---

Lincoln José dos Santos

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA”

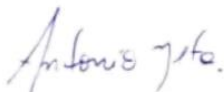
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. Celso Eduardo Tuna
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. MARCELO SAMPAIO MARTINS
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. EVERTON COELHO DE MEDEIROS
UNESP-FEG


Prof. Me. ANTONIO FARIA DOS REIS NETO
UNESP-FEG

Fevereiro de 2022

DADOS CURRICULARES

LINCOLN JOSÉ DOS SANTOS

NASCIMENTO	09.10.1993 – Pouso Alegre / MG
FILIAÇÃO	José Rodrigues dos Santos Maria Rosália Sala de Oliveira Santos
2015/2021	Curso de Graduação Engenharia Mecânica - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista.

Dedico este trabalho, de modo especial, à
minha família, que sempre me apoiou em
todas as minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte de vida e de graça. Agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos,

agradeço a minha família, que sempre me apoiou nas minhas escolhas, e em especial aos meus pais, *José Rodrigues* e *Maria Rosália*, que sempre incentivaram meus estudos,

ao meu orientador, *Prof. Dr. Marcelo Sampaio* que jamais deixou de me incentivar. Sem a sua orientação, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível,

ao meu orientador de estágio e coorientador deste trabalho, *Diego Nascimento*, que me auxiliou e me ensinou muito durante todo o desenvolvimento do projeto,

aos meus colegas de trabalho da *Eaton/Danfoss*, onde realizei meu estágio, que me ensinaram bastante e me proporcionaram um enorme crescimento profissional e pessoal.

aos meus amigos da *República Xanadu*, que ajudaram muito durante toda minha graduação,

às funcionárias da Biblioteca do Campus de Guaratinguetá pela dedicação, presteza e principalmente pela vontade de ajudar,

aos funcionários da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá pela dedicação e alegria no atendimento.

“Não tentes ser bem-sucedido, tenta antes
ser um homem de valor.”

Albert Einstein

RESUMO

O processo de bandagem é uma das etapas finais na produção de mangueiras hidráulicas. Esse é o processo onde as fitas de identificação são posicionadas na mangueira e todo o conjunto é envolto por uma fita de tecido, a fita de bandagem, que tem como objetivo manter as fitas de identificação na posição correta e proteger a mangueira durante o processo de vulcanização. Este trabalho teve como objetivo o estudo desse processo visando sua melhoria, a redução de 30% dos refugos provenientes do mesmo e a aplicação das ferramentas da qualidade. Para o desenvolvimento deste trabalho, um projeto A3 foi conduzido, junto com uma equipe multifuncional, utilizando a metodologia do ciclo PDCA. Durante o projeto também foram utilizadas algumas ferramentas da qualidade, como por exemplo, Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa, *Brainstorming*, 5 porquês e histogramas. Por fim, o projeto apresentou como resultado uma redução de 77% dos refugos mensais e uma previsão de economia de R\$59.196,00 nos 12 meses seguintes, provando a eficiência da metodologia e das ferramentas aplicadas.

PALAVRAS-CHAVE: Mangueira hidráulica. Processo de bandagem. Ciclo PDCA. Ferramentas da qualidade.

ABSTRACT

The bandaging process is one of the final steps in the production of hydraulic hoses. This is the process where the identification tapes are positioned on the hose and the whole set is wrapped by a fabric tape, the bandage tape, which aims to keep the identification tapes in the correct position and protect the hose during the process of vulcanization. This work had as objective the study of this process aiming at its improvement, the reduction of 30% of the scraps coming from it and the application of the quality tools. For the development of this work, an A3 project was conducted, together with a cross-functional team, using the PDCA cycle methodology. During the project some quality tools were also used, such as Pareto Diagram, Ishikawa Diagram, Brainstorming, 5 Whys and Histograms. Finally, the project resulted in a 77% reduction in monthly scrap and a savings forecast of R\$59.196,00 in the following 12 months, proving the efficiency of the methodology and tools applied.

KEYWORDS: Hydraulic hose. Bandaging process. PDCA cycle. Quality tools.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mangueira finalizada.....	15
Figura 2 – Processo de Bandagem.....	16
Figura 3 – GH81 Mangueira hidráulica.....	18
Figura 4 – EC118 Mangueira Hidráulica	19
Figura 5 – GH781 Mangueira hidráulica.....	19
Figura 6 – EC215 Mangueira hidráulica	20
Figura 7 – FC735 BRUISER Mangueira hidráulica.....	20
Figura 8 – GH493 Mangueira hidráulica.....	21
Figura 9 – 2556.....	21
Figura 10 – Fita <i>Match-mate</i> desalinhada	22
Figura 11 – Fita <i>Match-mate</i> invertida / Sem fita	23
Figura 12 – Fita <i>Match-mate</i> danificada.....	23
Figura 13 – Pedacos de outra fita <i>Match-mate</i>	23
Figura 14 – <i>Overlap</i> de Fita de Bandagem.....	24
Figura 15 – Espaçamento de Fita de Bandagem.....	24
Figura 16 – Fita de Bandagem torcida.....	25
Figura 17 – Borracha escamada.....	25
Figura 18 – Borracha vazando.....	25
Figura 19 – Exemplo Diagrama de Pareto	27
Figura 20 – Exemplo de um Histograma.....	28
Figura 21 – Esquema de um Diagrama de Ishikawa	28
Figura 22 – Esquema do Método PDCA de Gerenciamento de Projetos.....	30
Figura 23 – Comparativo de PPM Geral/Bandagem - acumulado até Junho de 2021	31
Figura 24 – PPM Mensal de Falha de Bandagem até Junho 2021	32
Figura 25 – Tabela com expansão dos modos de falha	33
Figura 26 – Exemplo de uma Lição de um Ponto (LUP)	34
Figura 27 – Planilha de coleta de dados	35
Figura 28 – Coleta de dados no Excel	35
Figura 29 – Análise <i>scrap</i> de Bandagem de Junho a Agosto de 2021	36
Figura 30 – Análise de <i>Scrap</i> por fita de bandagem de Junho a Agosto de 2021	37
Figura 31 – Análise de <i>Scrap</i> por fita <i>Lay-line</i> de Junho a Agosto de 2021	37
Figura 32 – Análise de <i>Scrap</i> por fita <i>Match-mate</i> de Junho a Agosto de 2021	38

Figura 33 – Análise <i>Escape</i> de Bandagem de Junho a Agosto de 2021.....	39
Figura 34 – Planilha de <i>brainstorming</i> e ações	40
Figura 35 – Comparação das máquinas por metragem de defeitos	41
Figura 36 – Comparação das máquinas por ocorrências de defeitos.....	41
Figura 37 – Modos de falha por máquina.....	41
Figura 38 – Comparação turnos por metragem de defeitos.....	42
Figura 39 – Comparação turnos por ocorrências de defeitos	42
Figura 40 – Comparação dos turnos por modo de falha.....	43
Figura 41 – Diagrama de Ishikawa.....	44
Figura 42 – Fita de bandagem manchada com a fita <i>Match-mate</i>	45
Figura 43 – Processo de repassagem de fita de bandagem.....	45
Figura 44 – Tubo guia da máquina de bandagem.....	46
Figura 45 – Entrada da mangueira na máquina de bandagem junto com as fitas <i>Lay-line</i> e <i>Match-mate</i>	47
Figura 46 – Novo tubo guia instalado na máquina.....	47
Figura 47 – Comparação entre <i>Scrap</i> e <i>Escape</i> em metros	49
Figura 48 – PPM Total Falha de Bandagem de Junho a Setembro de 2021	50
Figura 49 – PPM <i>Scrap</i> de Bandagem entre Junho e Novembro de 2021	51
Figura 50 – PPM <i>Escape</i> de Bandagem entre Junho e Novembro de 2021	51
Figura 51 – PPM Total falha de Bandagem entre Junho e Novembro de 2021	52
Figura 52 – Análise de redução de custos (<i>cost-out</i>).....	53
Figura 53 – Previsão de <i>cost-out</i> em 12 meses.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LUP	Lição de Um Ponto
PDCA	<i>Plan – Do – Check – Act</i> (Planejar – Fazer – Verificar – Agir)
PPM	Parte por Milhão
YTD	<i>Year to Date</i> (acumulado do ano até aquela data)

LISTA DE TERMOS

<i>Escape</i>	Material com defeito estético, porém conforme perante segurança e performance, que ainda era comercializado
<i>E-number</i>	Número de identificação do operador
Fita <i>Match-mate</i>	Fita colorida contendo especificações da mangueira
Fita <i>Lay-line</i>	Fita em alto relevo contendo especificações da mangueira
<i>Overlap</i>	Quando a fita de bandagem se sobrepõe durante o processo
<i>Part number</i>	Número de identificação da mangueira
<i>Scrap</i>	Material refugado, descartado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS.....	17
1.2	JUSTIFICATIVAS	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1	DEFINIÇÕES DOS PRODUTOS	18
2.2	FALHAS DECORRENTES DO PROCESSO DE BANDAGEM.....	21
2.3	FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	26
2.3.1	Diagrama de Pareto	26
2.3.2	Histograma	27
2.3.3	Diagrama de Ishikawa.....	28
2.3.4	<i>Brainstorming</i>	<i>29</i>
2.3.5	Método PDCA	29
3	DESENVOLVIMENTO	31
3.1	SITUAÇÃO ANTERIOR AO PROJETO	31
3.2	ENTENDENDO O PROCESSO	32
3.3	COLETA DE DADOS	33
3.4	GERAÇÃO DE NOVOS INDICADORES.....	36
3.4.1	Expansão dos modos de falhas	36
3.4.2	Indicadores de <i>Escape</i>	38
3.5	<i>BRAINSTORMING</i>	<i>39</i>
3.5.1	Análise das máquinas	40
3.5.2	Análise dos turnos.....	42
3.6	ISHIKAWA	43
3.7	PLANO DE AÇÕES	44
3.7.1	Repasse de fitas de bandagem suspeitas.....	44
3.7.2	Minimização de defeitos prévios.....	46

3.7.3	Tubo guia	46
3.7.4	Verificação da mangueira a cada 100 metros	48
3.8	PLANO DE AÇÕES FUTURAS	48
3.8.1	Oficialização da expansão dos modos de falha	48
3.8.2	Oficialização dos indicadores de <i>Escape</i>	48
3.8.3	Debandagem na Terkelsen	49
4	RESULTADOS	50
4.1	INDICADORES ATUAIS	50
4.2	REDUÇÃO DE CUSTOS	52
5	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

Mangueiras hidráulicas são compostas por borrachas e fios trançados em diferentes camadas, se intercalando, com o objetivo de aumentar sua resistência. Para mangueiras com pressão de trabalho relativamente baixa, como mangueiras para combustível, os fios usados são de tecido. Porém, para mangueiras que são usadas com pressões mais altas, os fios são de aço, e dependendo da magnitude da pressão de trabalho, a mangueira pode até mesmo ter duas ou mais camadas de fios de aço, com mais uma de borracha entre elas.

As linhas de mangueiras flexíveis oferecem muitas vantagens sobre os tubos rígidos incluindo facilidade de roteamento, absorção de vibração, abafamento de som e a capacidade de acomodar o movimento de componentes conectados. No entanto, as linhas de mangueiras requerem cuidado no uso não apenas para fornecer um longo serviço, mas também para se proteger contra falha potencialmente perigosa. (EATON FLUID CONVEYANCE MANSTER CATALOG, 2019). Um exemplo de uma mangueira finalizada se encontra na Figura 1:

Figura 1 – Mangueira finalizada



Fonte: Própria (2021)

Este trabalho apresenta um estudo sobre o Processo de Bandagem na fabricação de mangueiras hidráulicas. Esse processo é quando são adicionadas as fitas de identificação na mangueira e esta é envolta por uma fita de proteção, a fita de bandagem, para ser vulcanizada. Após ser vulcanizada e resfriada, a mangueira passa pelo Processo de Debandagem, onde essa

fita é retirada, e a mangueira segue para os testes. Na Figura 2 é possível ver uma mangueira sendo bandada.

Figura 2 – Processo de Bandagem



Fonte: Própria (2021)

Para a realização deste trabalho, foi utilizada a metodologia de resolução de problemas A3, também frequentemente conhecida como ciclo de melhoria PDCA (Planejar – Fazer – Verificar – Agir). Essa abordagem estimula discussões em grupo e incentiva resoluções de problemas inovadoras. Para isso, uma equipe multidisciplinar foi estabelecida e reuniões semanais foram agendadas, com o objetivo de discutir ideias e definir e acompanhar ações.

Dentro dessa metodologia, algumas ferramentas foram utilizadas, como por exemplo:

- Diagrama de Pareto, para auxiliar na identificação dos problemas mais relevantes e definições de ações;
- Fluxograma, para auxiliar na organização das ações e o fluxo do processo;
- Diagrama de Ishikawa, para melhor compreender qual área das causas de defeitos é mais relevante;
- Folha de verificação, para coletar dados relevantes para o projeto;
- Histograma, para auxiliar na análise dos dados coletados;
- *Brainstorming*, para encontrar origens dos defeitos e suas possíveis causas;
- 5 porquês, para encontrar a causa raiz de cada problema;
- Plano de ação, para nortear as ações a serem tomadas.

Por meio dessas ferramentas, foi possível expandir os modos de falhas e encontrar suas principais causas, fazendo com que ações mais precisas e assertivas fossem tomadas. Dessa maneira, houve uma otimização das tomadas de decisões e das ações.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo a redução de 30% em relação à média do PPM (Parte Por Milhão) de refugo gerado entre Junho e Setembro de 2021, proveniente de falhas ocorridas no processo de bandagem e debandagem de mangueiras hidráulicas.

1.2 JUSTIFICATIVAS

Após um levantamento de dados verificou-se que, até o início deste trabalho, o processo de bandagem e debandagem se mostrou ser a principal causa de refugo de mangueiras. Um alto nível de refugo significa um alto custo para a empresa.

A chegada de um produto não conforme no cliente pode ter péssimas consequências. Por exemplo, um defeito da mangueira pode causar danos irreparáveis em motores de alto custo e causar um enorme prejuízo. Além do impacto financeiro, uma falha causa problemas de confiança entre cliente e fornecedor. E deve-se também levar em conta o risco à saúde humana caso haja alguma falha na mangueira durante seu processo de uso. Esses fatores intensificam a importância da área da qualidade em uma empresa e a importância deste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DEFINIÇÕES DOS PRODUTOS

Cada aplicação de mangueira industrial tem suas próprias necessidades distintas, sejam altas ou baixas pressões, taxas de transferência rápidas ou lentas ou materiais que variam de ar e água a perigosos produtos químicos. A Eaton tem um extenso portfólio de mangueiras industriais para atender a uma ampla gama de mercados e aplicações com requisitos exclusivos, incluindo produtos químicos, limpeza, vapor e serviço de alimentação, manuseio de materiais e outros. (EATON INDUSTRIAL HOSE MASTER CATALOG, 2014)

Por conta das diferentes finalidades e propósitos das suas aplicações, cada mangueira possui diferentes processos de fabricação, componentes e especificações. A seguir se encontram alguns exemplos de tipos de mangueiras que são fabricadas na unidade fabril de Guaratinguetá, para diferentes fluidos e aplicações, e algumas de suas especificações. Todas as informações foram retiradas do Catálogo de produtos principais de mangueira hidráulica Aeroquip da EATON:

- **GH681 Mangueira Hidráulica:**
 - Tubo interno: Tubo de borracha sintética.
 - Reforço: 1 trama de fio de aço
 - Cobertura: Borracha sintética DURA-TUFF™
 - Aplicação comum: Sistemas hidráulicos de baixa e média pressão, fluido à base de água e petróleo, equipamentos de construção e agrícolas.



Fonte: EATON (2019)

- **EC118 Mangueira Hidráulica**
 - Construção:
 - Tubo de borracha sintética
 - Reforço de uma ou duas tramas de arame

- Cobertura de borracha sintética
- Aplicação:
 - Sistemas hidráulicos de baixa e média pressão
 - Fluidos de petróleo e a base de água
 - Equipamentos de construção
 - Equipamentos de agricultura

Figura 4 – EC118 Mangueira Hidráulica



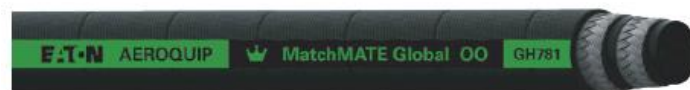
Fonte: EATON (2019)

- **GH781 Mangueira hidráulica**

- Tubo interno: Tubo de borracha sintética.
- Reforço: 2 tramas de fio de aço
- Cobertura: Borracha sintética DURA-TUFF™
- Aplicação comum: Sistemas hidráulicos de baixa e média pressão, fluido à base de água e petróleo, equipamentos de construção e agrícolas.

Figura 5 – GH781 Mangueira hidráulica

Premium
GH781 Mangueira hidráulica



Supera o desempenho da SAE 100R16 Tipo S, EN 857 Tipo 2SC, ISO 11237-1

Fonte: EATON (2019)

- **EC215 Mangueira hidráulica**

- Tubo interno: Tubo de borracha sintética.
- Reforço: Reforço em fiação trançada
- Cobertura: Borracha sintética

- Aplicação comum: Serviço de sistema hidráulico com petróleo e fluidos à base de água para serviços industriais gerais.

Figura 6 – EC215 Mangueira hidráulica



Fonte: EATON (2019)

- **FC735 BRUISER Mangueira hidráulica**

- Tubo interno: Tubo de borracha sintética.
- Reforço: 2 tramas de aço
- Cobertura: Cobertura intermediária de borracha sintética e cobertura externa BRUISER
- Aplicação comum: Aplicações de alta abrasão. Serviço de sistema hidráulico com fluidos à base de água e petróleo para serviços industriais em geral.

Figura 7 – FC735 BRUISER Mangueira hidráulica



Fonte: EATON (2019)

- **GH493 Mangueira hidráulica**

- Tubo interno: Tubo de borracha sintética.
- Reforço: 4 espiras de fios de aço
- Cobertura: Borracha sintética DURA-TUFF™
- Aplicação comum: Para linhas hidráulicas de pressão significativamente alta sujeitas à picos de pressão e flexibilidade. São exemplos de aplicações comuns: equipamentos de construção, mineração, agricultura e industriais de alto desempenho.

Figura 8 – GH493 Mangueira hidráulica



Fonte: EATON (2019)

- 2556
 - Construção: Tubo de borracha sintética, reforço de trançado têxtil e cobertura de borracha sintética.
 - Aplicação: Para gasolina, combustíveis, óleos lubrificantes, ar e água. Não recomendada para aplicações com golpe de aríete e aplicações de freio a ar.

Figura 9 – 2556



Fonte: EATON (2019)

2.2 FALHAS DECORRENTES DO PROCESSO DE BANDAGEM

Um dos primeiros desafios encontrados na realização deste trabalho foi o fato de que todos os defeitos provenientes do processo de bandagem eram apontados sistemicamente apenas como “falha de bandagem”, portanto a primeira ação a ser tomada foi a expansão dos modos de falha. Após levantamento de dados com os operadores e acompanhar o processo algumas vezes, foram definidas três origens para as falhas, que são os três elementos adicionados durante esse processo, além da mangueira. Esses itens são:

- **Fita Match-mate:** fita colorida contendo a identificação e especificações da mangueira, que é estampada na mangueira durante a vulcanização.

- **Fita *Lay-line*:** fita em alto relevo contendo as informações da mangueira, que são marcadas na mangueira após a vulcanização.
- **Fita de Bandagem:** fita de tecido usada para encobrir a mangueira com o objetivo de segurar as outras fitas na posição correta e de formar uma camada protetora para a mangueira durante a vulcanização.

Dentro de cada origem de defeito, foram abertos outros modos de falha. As fitas *Match-mate* e *Lay-line* se comportam de maneiras muito parecidas durante o processo por serem posicionadas quase da mesma maneira na mangueira, de forma longitudinal em relação à mangueira e uma oposta em relação à outra (180°), conforme a norma ES700. Por conta disso, os modos de falha das duas fitas são os mesmos, já que, a princípio, o que poderia acontecer com uma poderia também acontecer com a outra. Alguns exemplos dos modos de falha:

- Fita desalinhada: quando a fita não acompanha a linha longitudinal da mangueira;
- Fita invertida ou Sem fita: quando por algum motivo a fita se inverte durante o processo e não estampa a mangueira como deveria, fazendo com que a mangueira saia sem fita de identificação;
- Fita danificada: quando a fita *Match-mate* sai visualmente danificada;
- Pedacos de outra: quando a mangueira sai estampada com pedaços de outra fita por algum motivo.

As Figuras 10, 11, 12 e 13 ilustram os modos de falha das fitas *Match-mate* e *Lay-line*:

Figura 10 – Fita *Match-mate* desalinhada



Fonte: Própria (2021)

Figura 11 – Fita *Match-mate* invertida / Sem fita



Fonte: Própria (2021)

Figura 12 – Fita *Match-mate* danificada



Fonte: Própria (2021)

Figura 13 – Pedacos de outra fita *Match-mate*



Fonte: Própria (2021)

A Fita de Bandagem também foi analisada e alguns modos de falha foram definidos. Como por exemplo:

- *Overlap*: quando a fita de bandagem se sobrepõe durante o processo;
- Espaçamento: Quando há um pequeno espaço entre as espiras da fita de bandagem;
- Fita torcida: Quando a fita de bandagem se torce durante o processo;
- Borracha escamada: Quando a fita empurra um pedaço da borracha para cima das fitas de identificação, causando um efeito de “escamada”;
- Borracha vazando: Quando por algum defeito da fita de bandagem, a borracha acaba vazando pelos vãos da fita durante a vulcanização.

As Figuras 14, 15, 16, 17 e 18 ilustram os modos de falha provenientes da Fita de bandagem:

Figura 14 – *Overlap* de Fita de Bandagem



Fonte: Própria (2021)

Figura 15 – Espaçamento de Fita de Bandagem



Fonte: Própria (2021)

Figura 16 – Fita de Bandagem torcida



Fonte: Própria (2021)

Figura 17 – Borracha escamada



Fonte: Própria (2021)

Figura 18 – Borracha vazando



Fonte: Própria (2021)

Com a expansão dos modos de falha, se tornou possível mapear as falhas mais frequentes e relevantes e, assim, melhor guiar as tomadas de decisões e as ações.

2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Com o crescimento dos setores de mercado, avanço da tecnologia e aumento da concorrência, a exigência de um produto melhor ficou cada vez maior, e a certificação da qualidade dos produtos dentro de uma empresa se tornou muito importante, para transmitir principalmente confiança, segurança e garantia de desempenho. Com isso, o departamento da qualidade ganhou um valor significativo na dinâmica de uma organização, refletindo nos resultados externamente na qualidade de seus produtos e serviços, e também internamente com a diminuição de refugo e retrabalho, redução de custos e perdas, e maximização do tempo de trabalho.

A qualidade enquanto conceito evoluiu ao longo do tempo de forma a adequar-se ao mercado, considerando a evolução dos negócios e a intensificação da concorrência, obrigando assim as organizações a gerarem uma constante busca pela melhoria contínua de seus produtos através do aprimoramento dos seus processos. (LUPPI e ROCHA, 1998)

Segunda Lucinda (2010), o aumento do grau de dificuldade em solucionar problemas veio a partir da crescente complexidade das atividades organizacionais. Atualmente, é necessária uma intervenção multidisciplinar para a solução dos problemas, já que apenas uma pessoa não irá conseguir resolver problemas organizacionais, por mais habilidosa que seja e conhecimento que possua, gerando a necessidade do trabalho em equipe.

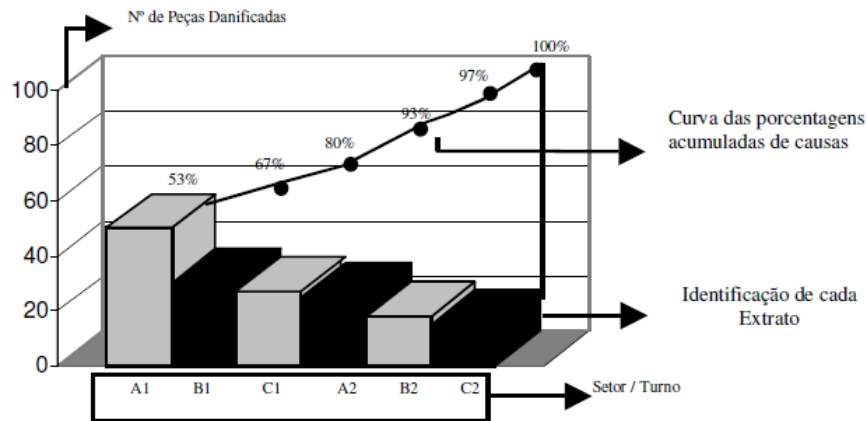
Assim surgem as ferramentas da qualidade, com o objetivo de facilitar o entendimento do problema, proporcionar um método eficaz de abordagem, disciplinar o trabalho e aumentar a produtividade. As principais Ferramentas da Qualidade utilizadas neste trabalho são apresentadas a seguir:

2.3.1 Diagrama de Pareto

Baseando-se no princípio de “Pareto”, um estudioso italiano, que dizia: “poucas causas são vitais, sendo a maioria delas triviais”, o Gráfico de Pareto serve para apontar quantitativamente as causas mais significativas, em sua ordem decrescente, identificadas a partir da estratificação. (SILVA, 1995). O Diagrama de Pareto consiste em um gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências de forma decrescente, junto com uma curva contendo as porcentagens acumuladas. Assim, essa ferramenta se mostra muito eficiente para fácil visualização dos problemas mais relevantes, frequentes e principais, sendo de vital

importância nas tomadas de decisões e priorização de ações. Um exemplo de Diagrama de Pareto se encontra na Figura 19.

Figura 19 – Exemplo Diagrama de Pareto

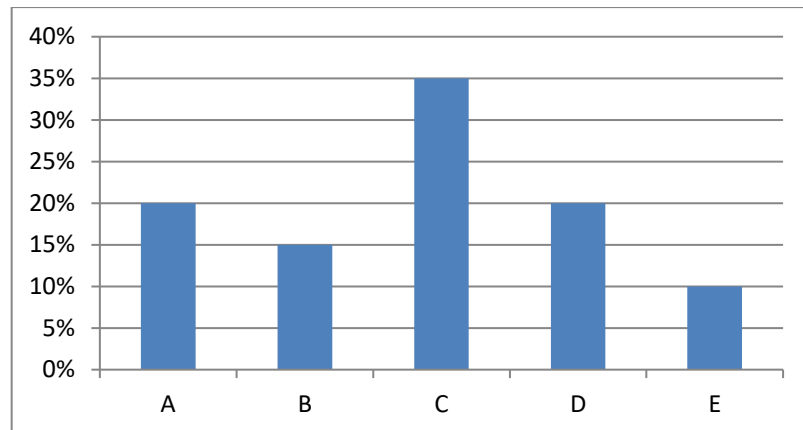


Fonte: Silva (1995)

2.3.2 Histograma

O histograma é um gráfico de barras onde a base equivale ao intervalo de classes e a sua altura à sua frequência. Essa ferramenta tem como objetivo agrupar os valores de uma variável e apresenta-los de uma maneira simples, direta e de fácil visualização, mostrando magnitudes de certas ocorrências, auxiliando nas tomadas de decisões. O histograma segundo Cooper e Schindler (2001), é uma solução convencional para apresentar dados de intervalos e de razão. O histograma é desenvolvido em forma de gráfico de barras, o qual a variação sobre uma faixa específica, possibilitando expor e conhecer as características de um processo envolvendo a medição dos dados além de permitir ter uma visão geral da variação desse conjunto de dados. A Figura 20 apresenta um exemplo de um histograma.

Figura 20 – Exemplo de um Histograma



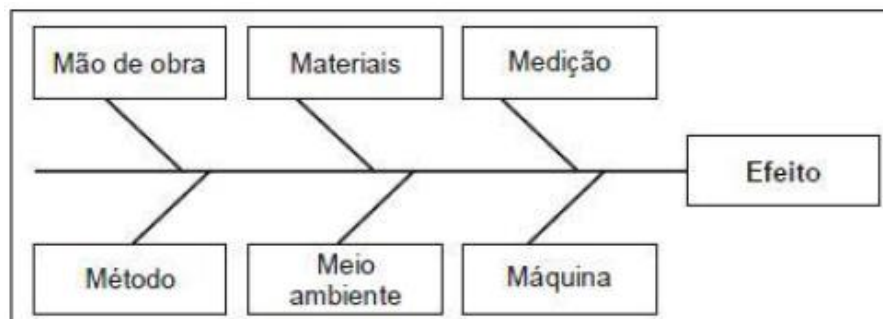
Fonte: Própria (2021)

2.3.3 Diagrama de Ishikawa

Também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito, o Diagrama de Ishikawa foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa em 1953, na Universidade de Tóquio, com o objetivo de sintetizar e agrupar causas de problemas, expondo suas relações. Esse diagrama é uma representação gráfica que permite organizar informações para identificar as possíveis causas e efeitos de um problema, mostrando duas relações.

Esse método agrupa as causas de um problema em seis principais grupos: Mão de obra, Materiais, Medição, Método, Meio ambiente e Máquina. Um esquema do Diagrama de Ishikawa se encontra na Figura 21.

Figura 21 – Esquema de um Diagrama de Ishikawa



Fonte: Adaptado de Giocondo (2011)

Segundo Giocondo (2011), este diagrama é normalmente utilizado para visualizar em conjunto as causas primárias e secundárias de um problema, enriquecendo sua análise e auxiliando na identificação de possíveis soluções, na busca de melhorias.

2.3.4 Brainstorming

O *Brainstorming* ou “Tempestade de ideias” foi desenvolvido em 1938 pelo inglês Alex Osborne. Meireles (2001) afirma que este é um método para gerar ideias em grupo dentro de um curto período de tempo. Essa reunião conta com a contribuição de todos os integrantes a fim de obter soluções inovadoras e criativas para os problemas. Com o envolvimento de todos, o método assegura a qualidade nas tomadas de decisões, o comprometimento e a responsabilidade compartilhada pelo grupo.

Durante um *Brainstorming*, é valorizada a quantidade de ideias, não a qualidade. Neste primeiro momento, são evitadas críticas e avaliações, com o objetivo de estimular o surgimento de novas ideias sem maiores considerações. Para Meireles (2001), o objetivo é o exercício livre da criatividade na geração de soluções que possam reduzir ou eliminar o problema constatado.

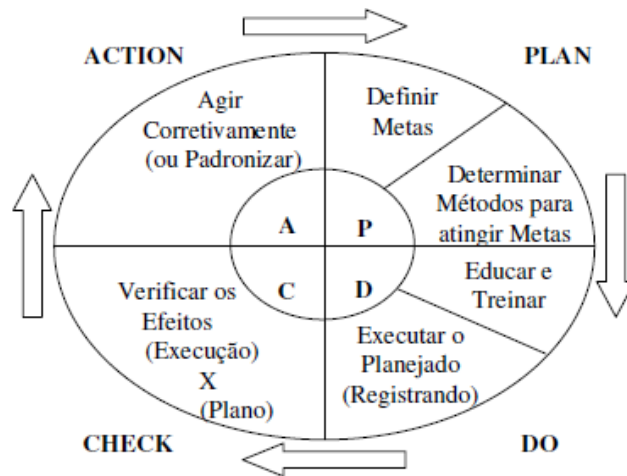
2.3.5 Método PDCA

As ferramentas da qualidade listadas anteriormente são utilizadas dentro o método A3 de resolução de problemas, também conhecido como Método PDCA (Planejar – Fazer – Verificar – Agir), que foi idealizado por Shewart, mas foi efetivamente aplicado por Deming. Este ciclo é uma ferramenta que facilita a tomada de decisões visando garantir o alcance das metas necessárias para a sobrevivência das organizações. Tem como objetivo tornar mais clara e rápida a visualização dos processos envolvidos na execução da gestão, sendo dividido em quatro passos ilustrados na Figura 22.

- P (*Plan*/Planejamento): nesta etapa são feitos os levantamentos e análise de dados, planejamento do fluxo do processo, estabelecimento da equipe, estabelecimento de metas e análise de causas raízes.

- D (*Do/Execução*): nesta etapa as ações começam a serem implementadas, sendo elas melhorias no maquinário, no processo e até mesmo treinamento dos operadores, com o objetivo de alcançar os objetivos estabelecidos.
- C (*Check/Verificação*): nesta etapa são feitos os monitoramentos dos resultados, para verificar a sua correlação com o plano de ação, e por fim verificar a eficácia das ações tomadas.
- A (*Act/Ação*): nesta etapa são feitas as padronizações das ações bem-sucedidas, com o objetivo de promover a melhoria contínua dos processos. São elaboradas também nesta etapa as ações de acompanhamento.

Figura 22 – Esquema do Método PDCA de Gerenciamento de Projetos



Fonte: Campos (1992)

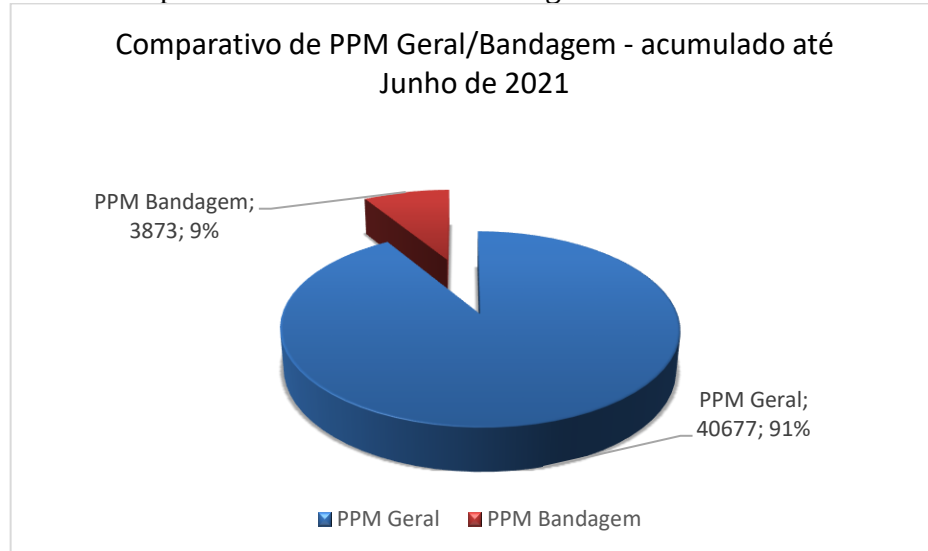
Segundo Paranhos Filho (2007) a aplicação deste ciclo torna-se importante, pois leva à raiz do sistema de qualidade. Trazendo para a prática um método simples que pode ser aplicado em qualquer processo da organização, proporcionando a melhoria contínua.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 SITUAÇÃO ANTERIOR AO PROJETO

Ao analisar os indicadores acumulados de refugo do ano de 2021 até Junho, notou-se que a falha de bandagem estava representando 9% de todo o refugo da fábrica de mangueiras. A Figura 23 mostra um gráfico comparativo do percentual e PPM de falhas provenientes do processo de bandagem e as falhas gerais. PPM é uma sigla que significa “parte por milhão”, e é uma relação entre a quantidade de falhas multiplicadas por um milhão e a quantidade produzida.

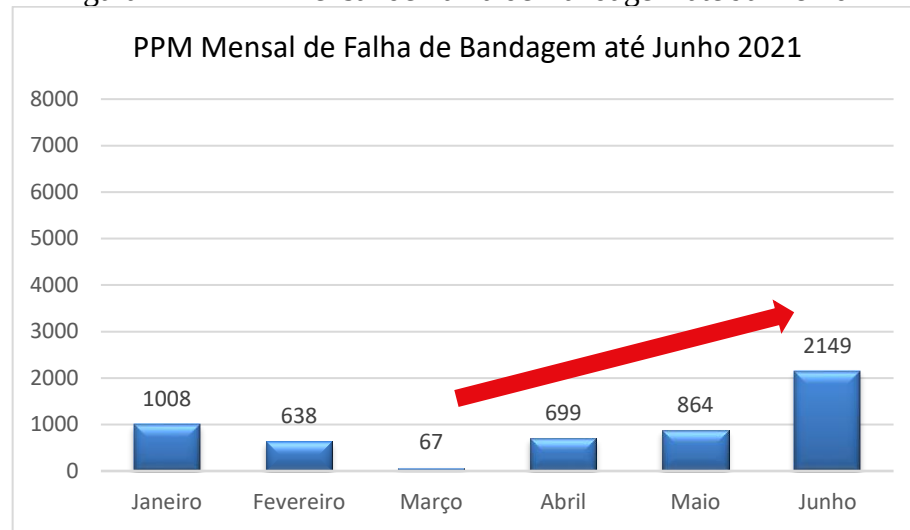
Figura 23 – Comparativo de PPM Geral/Bandagem - acumulado até Junho de 2021



Fonte: Própria (2021)

Além da sua representação percentual, a falha de bandagem estava mostrando uma tendência a aumentar. Essa tendência está representada na Figura 24.

Figura 24 – PPM Mensal de Falha de Bandagem até Junho 2021

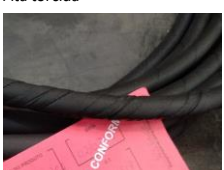


Fonte: Própria (2021)

3.2 ENTENDENDO O PROCESSO

O primeiro desafio que se foi deparado foi o fato de todas as falhas de bandagem serem apontadas em uma mesma categoria. Portanto, foi necessário um melhor entendimento do processo para que houvesse uma expansão dos modos de falha e então fosse possível uma melhor análise da situação. Para isso, foram lidas cuidadosamente as instruções de trabalho e um tempo foi passado com os operadores, para coletar informações que seriam relevantes. Após a análise e entendimento do processo, foram definidas três origens de defeito: fita de bandagem, fita *lay-line* e fita *match-mate*. E também foram expandidos alguns modos de falha dentro dessas origens. Uma tabela foi criada e colocada na cabine de testes, onde os defeitos são apontados sistemicamente. A Figura 25 mostra a tabela com a expansão dos modos de falha.

Figura 25 – Tabela com expansão dos modos de falha

 LUP - Projeto A3: Falha de Bandagem Prazo: 30/11/2021		
Defeitos de bandagem / debandagem		
Match-mate	Lay-line	Fita de bandagem
fita desalinhada 	fita desalinhada 	overlap 
fita invertida 	fita invertida (sem foto)	espaçamento 
danificada 	fita trocada (sem foto)	emenda mal feita 
pedaços de outra 	defeito de fabricação (sem foto)	Fita torcida 
fita trocada (sem foto)	danificada (sem foto)	Escamada 
		Borracha vazando 

Fonte: Própria (2021)

3.3 COLETA DE DADOS

Para realizar a coleta de dados, uma Lição de um Ponto (LUP) teve que ser feita. Esse é um procedimento padrão da empresa para quando alguma instrução diferente do padrão deve ser seguida, normalmente ela tem uma data final. A Figura 26 mostra um exemplo de uma LUP.

Figura 26 – Exemplo de uma Lição de um Ponto (LUP)

		LIÇÃO DE UM PONTO		DATA:	29/09/2021	
TEMA:		Coleta de dados falha de bandagem		Preparado Por:	Lincoln Santos	
Classificação	Conhecimento Básico	Casos de Melhoria	Casos de Problemas	Orientação aos Operadores	Supervisor:	
	☒	☒	☒	☒	Michel Almeida	
					Líder:	Carlos/Felipe

Com o objetivo de diminuir o SCRAP por defeitos provenientes do processo de bandagem, um projeto A3 está sendo conduzido. Para uma melhor eficácia do projeto, alguns dados precisam ser coletados, e para isso as instruções abaixo devem ser seguidas:

- Ao ser detectada uma falha de bandagem, a mesma deve ser registrada na planilha deixada na cabine de teste.
- Nessa planilha deve conter o part number do item, data, turno, quantidade refugada e origem e descrição do defeito, baseado na tabela onde estão listados os diferentes tipos de defeito.

Obs.: Ação Temporária até 30/11/2021

Engenharia de Processos Danfoss | Hydraulics 29/09/2021

Fonte: Própria (2021)

Com esse procedimento temporário oficializado, os operadores foram treinados para reconhecer os diferentes modos de falhas e apontá-los. Porém, esse apontamento não poderia ser feito de maneira sistêmica ainda, porque isso envolveria outras mudanças de processo. Portanto, o apontamento foi feito em planilhas impressas, que foram deixadas nas cabines de testes. A Figura 27 mostra a planilha usada para a coleta de dados.

Figura 27 – Planilha de coleta de dados

		LUP - ProjetoA3: Falha de Bandagem						Prazo: 30/11/2021
E-number Bandagem	Part Number	Data	Turno	Quantidade	Match-mate	Lay-line	Fita de bandagem	Descrição do defeito

Fonte: Própria (2021)

Nessa planilha, os operadores anotavam o *E-number* do operador da bandagem, o *Part number* da mangueira, a data de extração, o turno, a quantidade (ou metragem) da mangueira com defeito, a origem do defeito (fita de bandagem, *lay-line* ou *match-mate*) e a descrição do defeito, de acordo com a tabela deixada nas cabines. Essas planilhas eram coletadas e substituídas a cada dois dias, e seus dados eram transcritos para uma planilha do Excel. Um exemplo da planilha do Excel se encontra na Figura 28.

Figura 28 – Coleta de dados no Excel

Mês	Ano	Part Number	Data	Turno	Quantidade	Origem	Descrição do defeito
Julho	2021	GH493-12	17/jul	3	3,80	match-mate	Fita danificada
Julho	2021	GH781-8	18/jul	1	4,20	lay-line	Desalinhada
Julho	2021	GH781-8	19/jul	1	5,00	fita de bandagem	Fita torcida
Julho	2021	EC118-04	19/jul	1	5,00	fita de bandagem	Fita torcida
Julho	2021	EC118-04	20/jul	1	0,45	fita de bandagem	Fita torcida
Julho	2021	GH781-6	20/jul	1	0,55	match-mate	Desalinhada
Julho	2021	HC101-6	20/jul	1	0,15	fita de bandagem	Desalinhada
Julho	2021	EC118-04	21/jul	1	0,20	fita de bandagem	Espaçamento
Julho	2021	EC118-06	23/jul	1	0,50	fita de bandagem	Espaçamento
Julho	2021	HC101-6	23/jul	1	0,78	fita de bandagem	Espaçamento
Julho	2021	GH781-8	24/jul	1	0,35	fita de bandagem	Espaçamento
Julho	2021	HC139-7	24/jul	1	2,00	fita de bandagem	Espaçamento
Julho	2021	GH781-8	24/jul	1	0,85	fita de bandagem	Espaçamento
Julho	2021	GH781-16	26/jul	1	1,00	fita de bandagem	Fita torcida
Julho	2021	EC118-04	26/jul	2	2,00	lay-line	Desalinhada
Julho	2021	EC115-04	27/jul	1	1,80	lay-line	Desalinhada
Julho	2021	GH781-6	27/jul	2	2,00	fita de bandagem	Fita torcida
Julho	2021	GH781-6	27/jul	2	2,00	match-mate	Desalinhada
Julho	2021	GH781-12	28/jul	1	0,60	fita de bandagem	Espaçamento
Julho	2021	GH781-4	29/jul	1	0,85	fita de bandagem	Desalinhada
Julho	2021	GH781-4	29/jul	2	2,00	match-mate	Desalinhada
Julho	2021	GH781-8	29/jul	2	0,30	fita de bandagem	Fita danificada
Julho	2021	GH781-16	30/jul	1	1,83	lay-line	Sem fita

Fonte: Própria (2021)

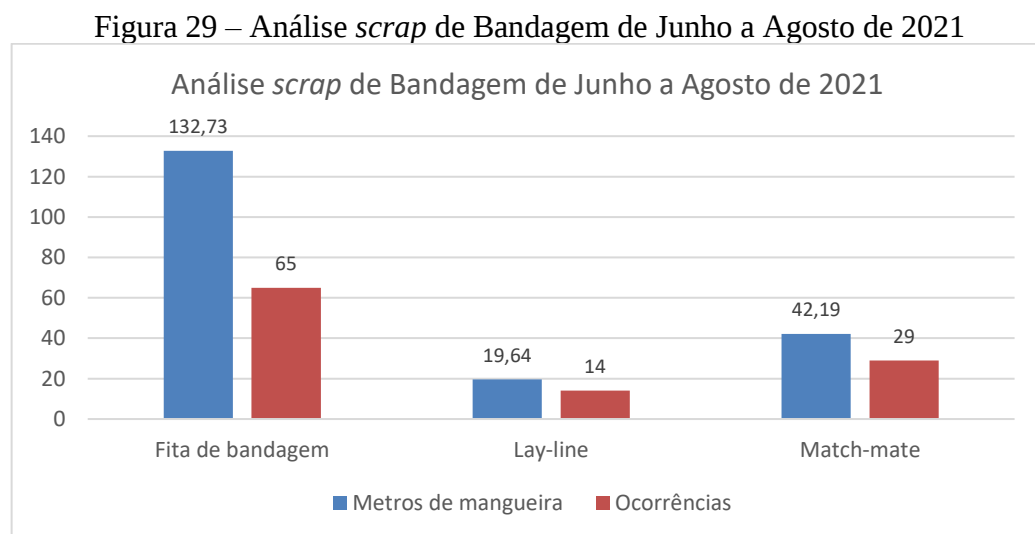
Esse novo procedimento mostrou a importância da interação dos três turnos. Foi necessário pedir auxílio dos outros membros do departamento para treinar e instruir os operadores dos outros turnos.

3.4 GERAÇÃO DE NOVOS INDICADORES

3.4.1 Expansão dos modos de falhas

A partir dos dados coletados durante os meses de Junho a Agosto, foi possível gerar os primeiros indicadores, ajudando a visualizar os defeitos mais frequentes.

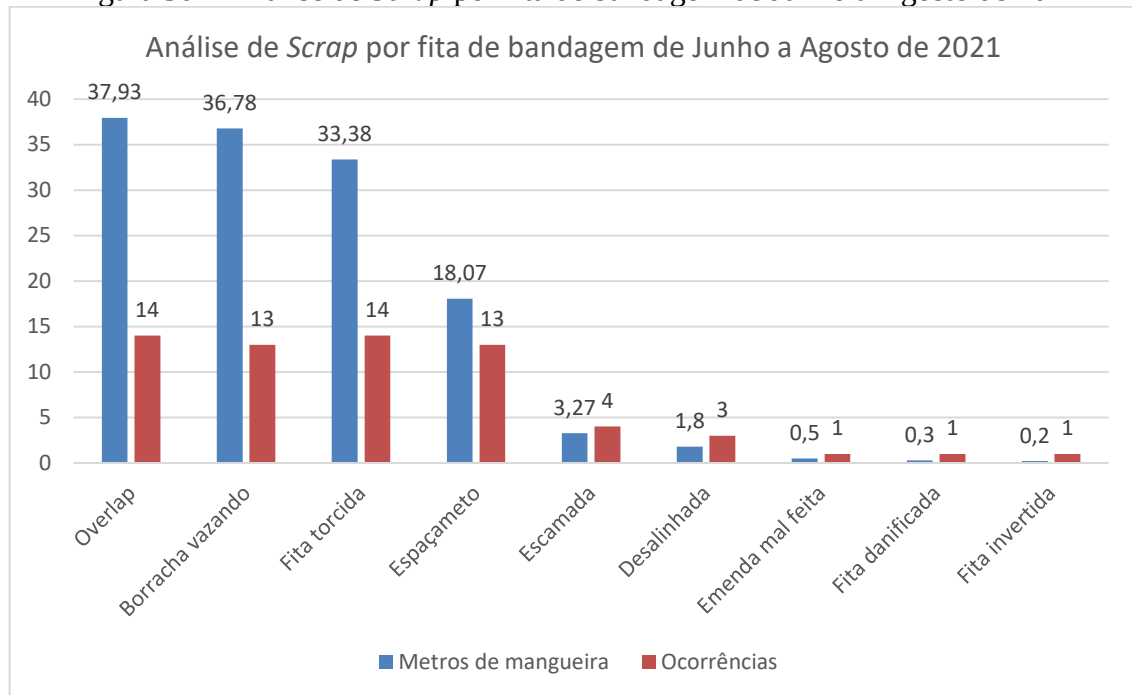
A Figura 29 mostra os indicadores de *scrap* de mangueira. O gráfico mostra o somatório da metragem e ocorrência das três principais origens de falha. *Scrap* é um termo em inglês, que representa o material que foi refugado, descartado.



Fonte: Própria (2021)

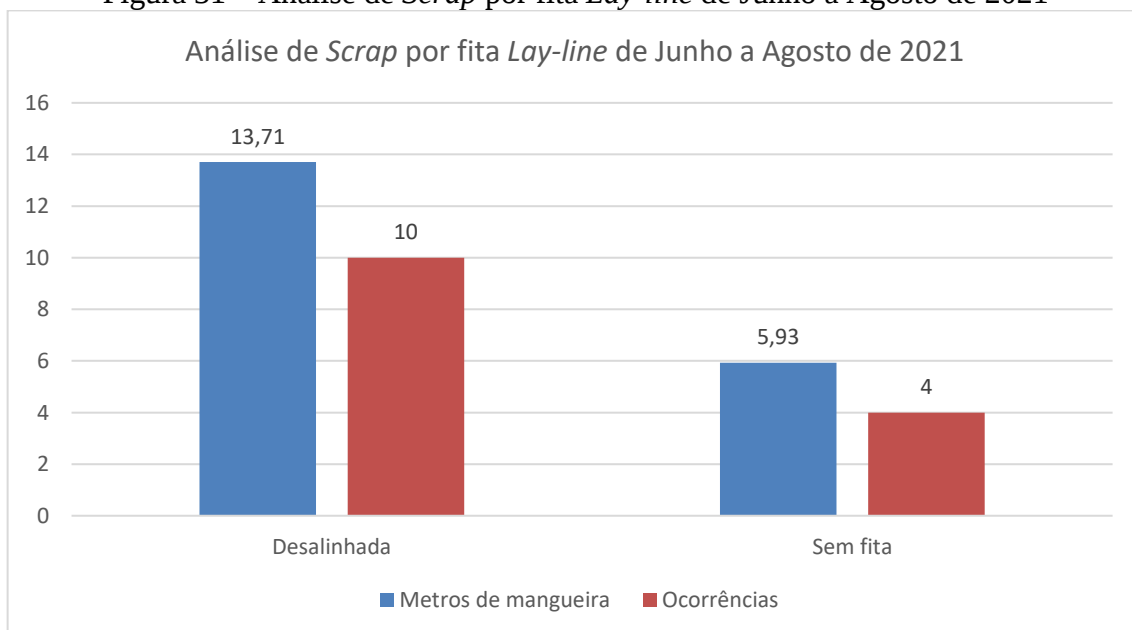
Foi possível também, gerar indicadores expandindo cada origem de falha. As Figuras 30, 31 e 32 mostram os indicadores de *scrap* com os modos de falha expandidos referentes aos defeitos de Fita de Bandagem, *Lay-line* e *Match-mate*, respectivamente.

Figura 30 – Análise de *Scrap* por fita de bandagem de Junho a Agosto de 2021



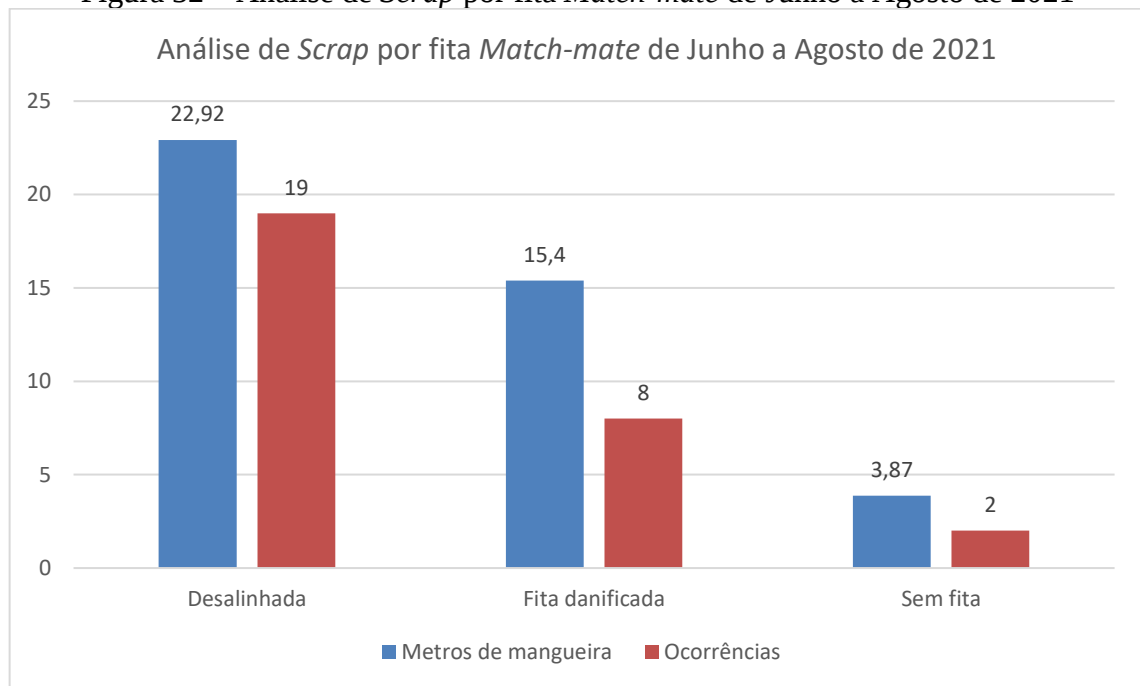
Fonte: Própria (2021)

Figura 31 – Análise de *Scrap* por fita *Lay-line* de Junho a Agosto de 2021



Fonte: Própria (2021)

Figura 32 – Análise de Scrap por fita Match-mate de Junho a Agosto de 2021



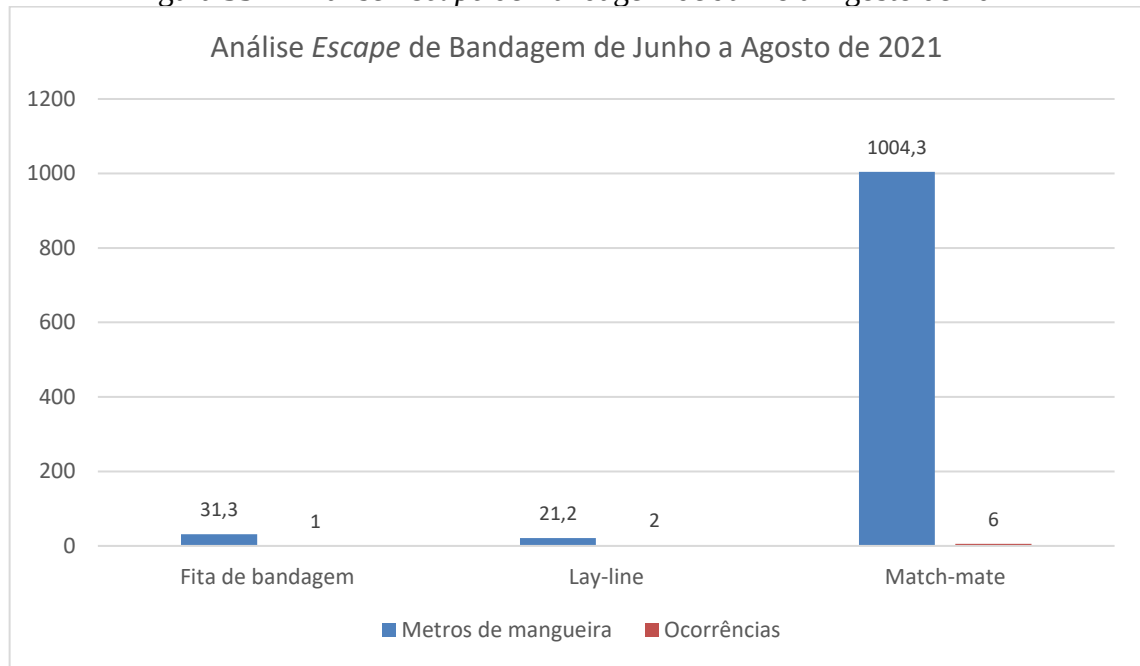
Fonte: Própria (2021)

3.4.2 Indicadores de *Escape*

Ao observar o processo, notou-se um outro tratamento dado para defeitos de metragem superiores. Quando uma falha ocorria em uma quantidade alta, essa mangueira defeituosa era colocada na quarentena e um membro do departamento da Qualidade ia avaliá-la. Caso a mangueira apresentasse algum defeito meramente estético, sem comprometer sua performance, ela poderia ainda ser comercializada com o aceite do cliente; ela poderia ser vendida com algum desconto financeiro; ou ainda poderia ser vendida coberta com uma mola plástica. Esse material era classificado como *Escape*, e os defeitos encontrados nessas mangueiras não eram defeitos funcionais, ou seja, as mangueiras estavam conformes no quesito performance, os defeitos eram, na sua grande maioria, estéticos. Esse material defeituoso não chegava a ser refugado, porém a falha ocorreu. Um fato importante que foi notado foi que o material classificado como *Escape* não era apontado sistemicamente e nem contabilizado, exatamente por não ser refugado e ser, de alguma forma, ainda comercializado. Porém, essa situação estava mascarando a real ocorrência das falhas. Portanto, a partir do início do projeto, os *Escapes* também começaram a ser observados e contabilizados.

Os dados de *Escape* também foram coletados da mesma forma, e a Figura 33 mostra indicadores de *Escape* de bandagem, contendo a metragem e ocorrência dos defeitos de acordo com as mesmas três categorias entre Junho e Agosto de 2021.

Figura 33 – Análise *Escape* de Bandagem de Junho a Agosto de 2021



Fonte: Própria (2021)

Os indicadores mostraram que os *Escapes* apresentam grandes metragens, mostrando a importância de seu gerenciamento.

3.5 BRAINSTORMING

Depois que os primeiros indicadores com os novos modos de falha foram gerados, foi possível dar início às reuniões de *brainstorming* semanais com uma equipe multifuncional. Num primeiro momento, os participantes dessas reuniões eram o autor deste trabalho, seu orientador do projeto, um membro do time de Engenharia de Processos e um operador da máquina de bandagem. Nessas primeiras reuniões, os modos de falha de maior frequência e metragem eram levados em conta primeiro. Primeiramente uma causa suspeita era levantada, e o método dos 5 porquês era aplicado, buscando assim uma causa raiz.

Após um primeiro entendimento da situação, essa reunião semanal foi substituída por uma outra com os líderes da fábrica. Durante essas reuniões, as causas raízes eram analisadas, e algumas ações eram definidas, com responsável e prazo para serem cumpridas. Toda

semana os status dessas ações eram apresentados nas reuniões. A Figura 34 mostra um exemplo de como essas reuniões eram estruturadas.

Figura 34 – Planilha de *brainstorming* e ações

Origem	Falha	Causa suspeita	5 Porquês	Causa raiz	Ações
Fita de Bandagem	Overlap / Espaçamento	trancos entre carretéis e caterpillar	Não sincronização entre o caterpillar e os carretéis	Não comunicação entre os potenciômetros dos carretéis e caterpillar	Enviar custo da falha para o processo
			Sincronização feita de forma manual		Fazer a cotação Take-up / let-off (concluído)
			Não comunicação entre os potenciômetros dos carretéis e caterpillar		Apresentar a cotação para a liderança
					Verificar viabilidade de registrar em qual máquina a mangueira foi bandada
					Reunião com Papini sobre possíveis soluções técnicas na máquina
					Fazer orçamento para implementação de um dispositivo provisório para melhorar a performance da máquina (<i>dancer-bailarino</i>) na Terkelsen
					Apresentar orçamento e um prazo para a implementação e instalação do dispositivo novo
					Apresentar orçamento do projeto
					Abertura de um MOC
					Possibilidade de se debandar na Terkelsen e bandar na Penguin
					Verificar a possibilidade de se debandar na Terkelsen
					Análise para implementação do dispositivo para debandar na Terkelsen
					Abrir RC (debandar)
					Fazer pedido do dispositivo
					Oficializar a coleta de dados com uma LUP e treinar os operadores
					Coletar dados sobre onde as mangueiras estão sendo bandadas
					Ver pelo drit do operador
					levantamento dos turnos
					Gerar indicador de modos de falha por turno
					Montar um slide para apresentar pro Fabiano
					Analisar a sistemática de cada turno, verificando as boas práticas de cada turno

Fonte: Própria (2021)

3.5.1 Análise das máquinas

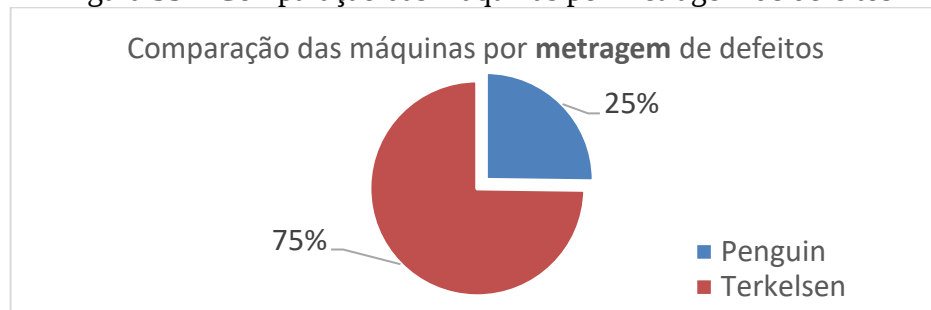
Na fábrica, duas máquinas eram capazes de realizar os processos de bandagem e debandagem, a *Terkelsen* e a *Penguin*. O foco de estudo deste trabalho foi a *Terkelsen*, exatamente por ela ter mais que 20 anos a mais que a *Penguin* e já apresentar vários problemas, e principalmente pelo fato de ser responsável pela grande maioria das mangueiras bandadas.

Como a *Terkelsen* tinha mais idade, os seus equipamentos responsáveis pelo processo de debandagem estavam danificados. Por conta disso, ela estava apenas bandando, e a *Penguin* era responsável pelo processo de debandagem. Porém, quando a *Terkelsen* estava sobrecarregada, a *Penguin* auxiliava bandando as mangueiras de menores bitolas.

Uma questão levantada nas reuniões foi o fato de não sabermos exatamente quais defeitos estavam ocorrendo em qual máquina e se era a *Terkelsen* mesmo que estava gerando os defeitos. Então, foi feito um levantamento dos dados de quais mangueiras defeituosas foram bandadas em qual máquina. Esse levantamento foi feito a partir do *E-number* do

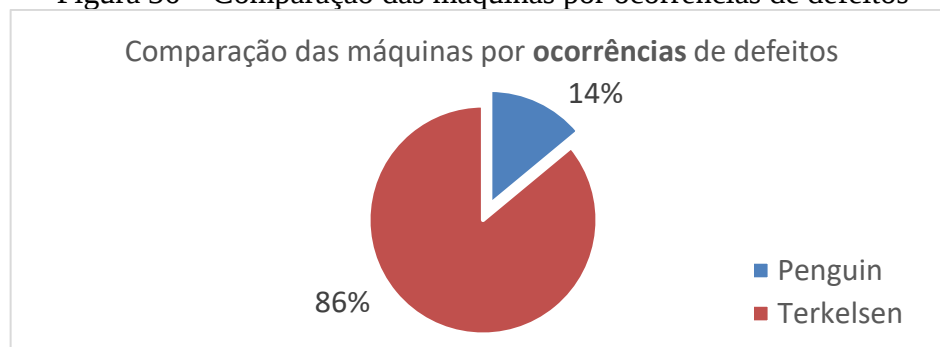
operador de bandagem e foi dado início em Outubro. As Figuras 35, 36 e 37 mostram os indicadores comparando as duas máquinas.

Figura 35 – Comparação das máquinas por metragem de defeitos



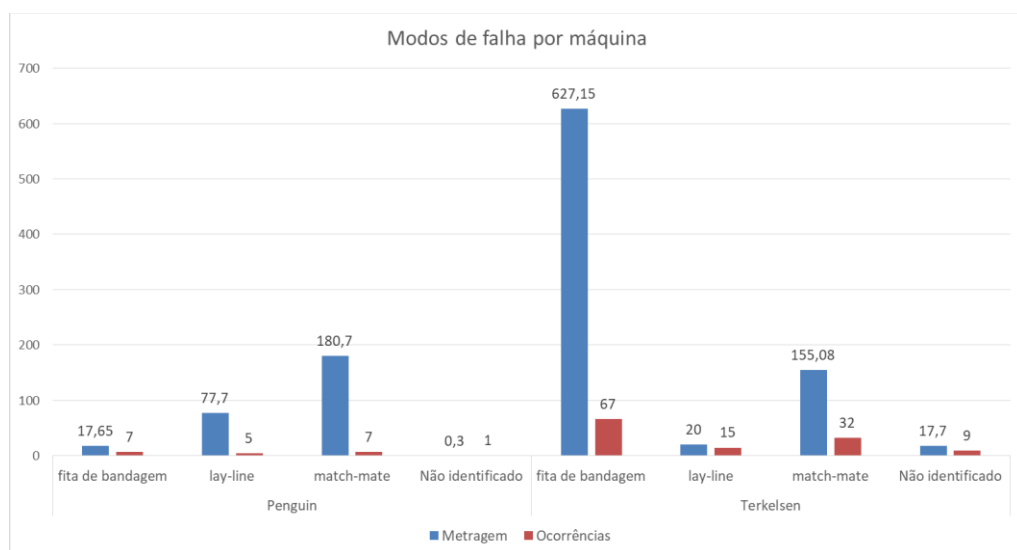
Fonte: Própria (2021)

Figura 36 – Comparação das máquinas por ocorrências de defeitos



Fonte: Própria (2021)

Figura 37 – Modos de falha por máquina



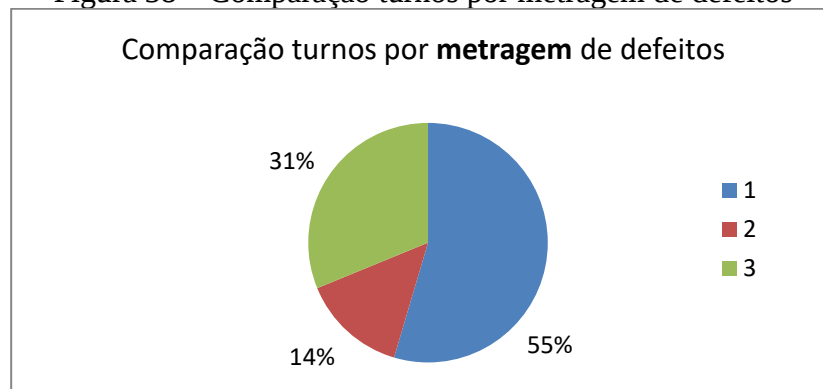
Fonte: Própria (2021)

A partir dos dados apresentados, foi possível concluir que a *Terkelsen* era responsável por 86% das ocorrências, justificando a importância deste trabalho e as ações tomadas na máquina.

3.5.2 Análise dos turnos

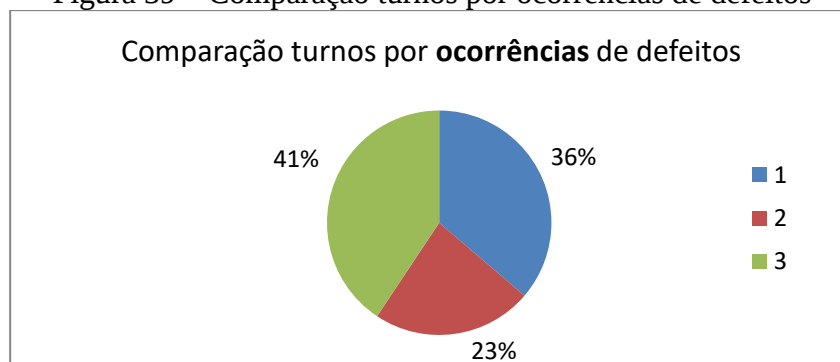
Um outro questionamento feito durante as reuniões foi qual turno estava gerando mais defeitos e quais defeitos também. Portanto, também a partir do *E-number* dos operadores, foi feito um levantamento de qual turno estava gerando quais falhas. Esse levantamento também foi feito a partir de Outubro. As Figuras 38, 39 e 40 mostram esses indicadores.

Figura 38 – Comparação turnos por metragem de defeitos



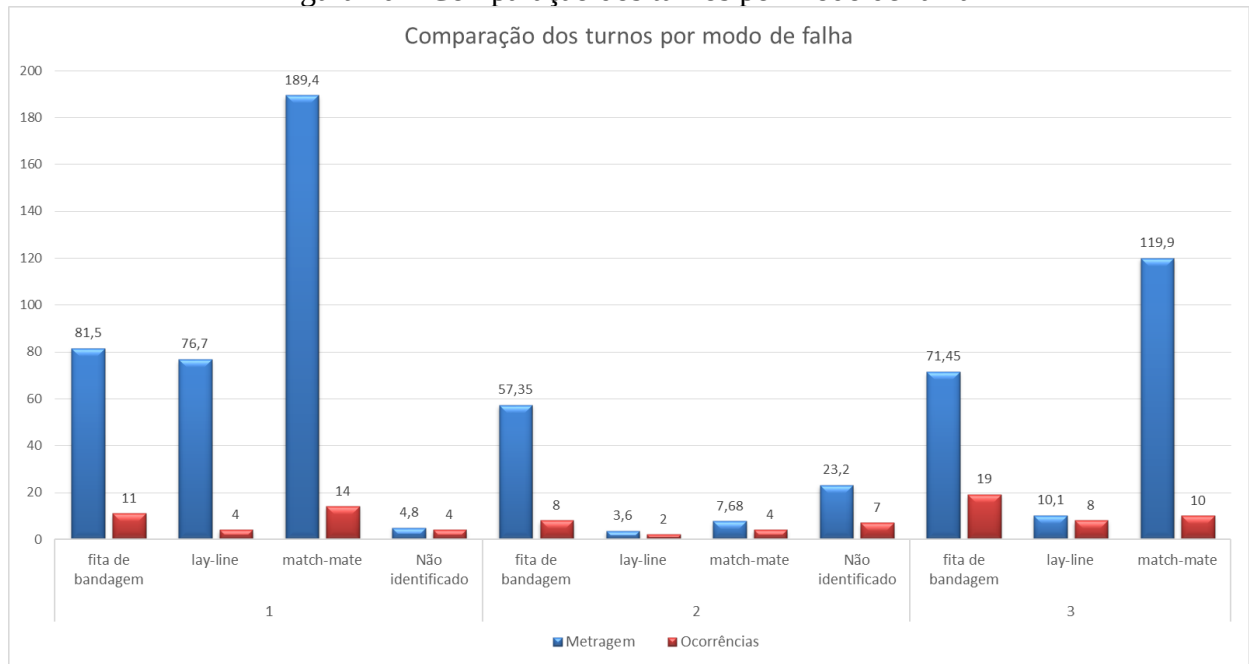
Fonte: Própria (2021)

Figura 39 – Comparação turnos por ocorrências de defeitos



Fonte: Própria (2021)

Figura 40 – Comparação dos turnos por modo de falha



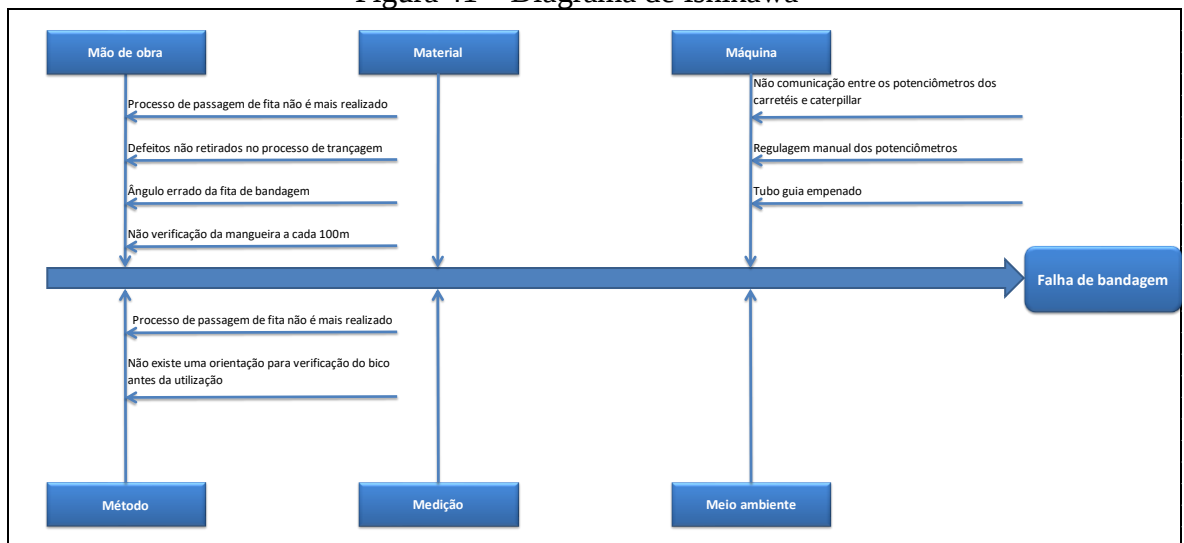
Fonte: Própria (2021)

Esses dados foram apresentados para os líderes e uma ação para tentar padronizar os trabalhos dos turnos será tomada posteriormente.

3.6 ISHIKAWA

Durante as reuniões de *brainstorming*, várias possíveis causas foram levantadas e, após uma análise utilizando os 5 porquês, as principais causas raízes foram definidas. Para melhor visualizar essas causas, elas foram colocadas em um diagrama de Ishikawa. Esse diagrama se encontra na Figura 41.

Figura 41 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: Própria (2021)

A partir do diagrama de Ishikawa, foi possível perceber que as causas raízes estavam concentradas em três categorias: Mão de obra, Método e Máquina. E foram nessas categorias que as ações foram focadas.

3.7 PLANO DE AÇÕES

Depois que as principais causas raízes foram definidas, começou a serem decididas quais ações seriam tomadas. As ações de maiores impactos se deram início na segunda metade de Setembro.

3.7.1 Repassagem de fitas de bandagem suspeitas

Ao observar o processo, foi notado que quando a fita *Match-mate* se inverte, ela acaba não estampando a mangueira, o que gera um defeito daquela mangueira sair sem essa fita, mas existe um outro problema, essa fita invertida acaba estampando a própria fita de bandagem. A Figura 43 mostra a fita de bandagem manchada com a fita *Match-mate*.

Figura 42 – Fita de bandagem manchada com a fita *Match-mate*



Fonte: Própria (2021)

Uma mesma fita de bandagem é utilizada várias vezes. E ao utilizar uma fita de bandagem manchada, esta acaba manchando a próxima mangueira na qual for utilizada. Então um defeito, a inversão da fita *Match-mate*, é a causa de um segundo defeito.

No momento da debandagem, às vezes o operador consegue detectar essa mancha na fita, e a sua instrução é parar a máquina, cortar essa parte fora, soldar a fita novamente, e continuar. Porém, como o processo é muito rápido, o operador não consegue ver a fita toda, e muitas vezes essa fita defeituosa passa despercebida.

Para tentar diminuir esse problema, foi decidido que o operador irá segregar todo o rolo de fita de onde ele extraiu o pedaço manchado, pois pode haver outra parte que não foi vista, classificando a fita como “suspeita”. Depois, ele irá realizar o processo de repassagem de fita, onde é possível ver com clareza se a fita está danificada ou não. Dessa forma, irá minimizar a chance de uma fita manchada ser utilizada causando um outro defeito na próxima mangueira. A Figura 43 mostra a máquina que realiza a repassagem de fita de bandagem.

Figura 43 – Processo de repassagem de fita de bandagem



Fonte: Própria (2021)

3.7.2 Minimização de defeitos prévios

Uma outra possível causa que foi levantada durante as reuniões foi o fato de que imperfeições da mangueira vindas de outros processos poderiam estar causando a inversão ou mau posicionamento das fitas. Por exemplo, alguma fita poderia enroscar em um caroço da mangueira que surgiu na hora da trançagem, atrapalhando o seu posicionamento correto, gerando uma falha.

Para tentar minimizar isso, uma nova instrução de trabalho foi criada. Os operadores da trançagem, ao detectar alguma imperfeição, devem parar a máquina e eliminar aquela imperfeição antes de dar continuidade àquela mangueira, diminuindo a chance desse defeito gerar outros defeitos no momento da bandagem. A instrução de trabalho foi oficializada e os operadores foram devidamente treinados.

3.7.3 Tubo guia

A mangueira, ao entrar na máquina de bandagem, passa por um tubo guia onde as fitas *Match-mate* e *Lay-line* são posicionadas. Esse tubo é também usado para auxiliar a fita de bandagem ser enrolada na mangueira, a fita passa por um rasgo contido no tubo. A Figura 44 mostra como é esse tubo guia montado na máquina, e a Figura 45 mostra como é a entrada da mangueira na máquina, com a fita *Lay-line* entrando por cima e a fita *Match-mate* entrando por baixo.

Figura 44 – Tubo guia da máquina de bandagem



Fonte: Própria (2021)

Figura 45 – Entrada da mangueira na máquina de bandagem junto com as fitas *Lay-line* e *Match-mate*



Fonte: Própria (2021)

Durante o projeto, notou-se que todos os tubos guia estavam empenados, o que estava gerando altas vibrações durante o processo. Essas vibrações foram consideradas uma possível causa do mau posicionamento das fitas. Portanto, uma ação tomada foi a compra de novos tubos guia.

Após a chegada do novo tubo guia, este foi instalado e a diminuição da vibração foi visivelmente notável, e a diminuição da ocorrência de defeitos também, o que foi comprovada com os indicadores gerados posteriormente. A Figura 46 mostra o novo tubo guia já instalado na máquina junto com a mangueira e a fita de bandagem já posicionada.

Figura 46 – Novo tubo guia instalado na máquina



Fonte: Própria (2021)

3.7.4 Verificação da mangueira a cada 100 metros

Um item que já fazia parte da instrução de trabalho para o processo de bandagem é que o operador deve parar a máquina a cada 100 metros de mangueira bandada e verificar se tudo está ocorrendo de maneira conforme. Se tiver algum problema, o operador deve corrigi-lo antes de dar continuidade ao processo.

Durante o projeto, surgiram alguns defeitos de grandes metragens. Surgiram alguns de mais de 200 metros e um de mais de 400 metros. Esse fato chamou a atenção de que essa parte da instrução de trabalho não estava sendo cumprida. Um Alerta de Qualidade foi feito e os operadores foram advertidos e treinados novamente. O cumprimento dessa instrução garante que nenhum defeito ocorrido seja maior que 100 metros.

3.8 PLANO DE AÇÕES FUTURAS

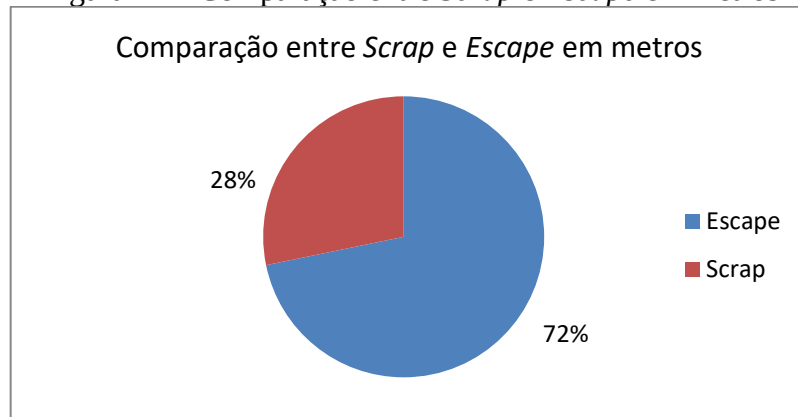
3.8.1 Oficialização da expansão dos modos de falha

Durante o projeto, foi comprovada a eficiência da expansão dos modos de falha, facilitando a detecção da origem de possíveis defeitos e também facilitando a decisão e tomadas de futuras ações.

Após a conclusão do projeto, se dará início à oficialização dos modos de falha expandidos, os operadores serão treinados e passarão a lançar as falhas já nesse novo sistema.

3.8.2 Oficialização dos indicadores de *Escape*

O monitoramento dos *Escapes* já estava sendo feito por um membro da Qualidade, mas esses indicadores não eram apresentados oficialmente pelo fato de essas mangueiras defeituosas não serem sucateadas e ainda serem comercializadas de alguma maneira. Porém, o projeto mostrou a importância da análise dos indicadores de *Escape*, já que esses defeitos representam uma grande parte das falhas ocorridas, exatamente por serem defeitos com grandes metragens. A Figura 47 mostra uma comparação em metros entre *Scrap* e *Escape*, comprovando sua importância.

Figura 47 – Comparação entre *Scrap* e *Escape* em metros

Fonte: Própria (2021)

Após a conclusão do projeto, os indicadores de *Escape* passarão a ser apresentados oficialmente para os líderes da fábrica.

3.8.3 Debandagem na Terkelsen

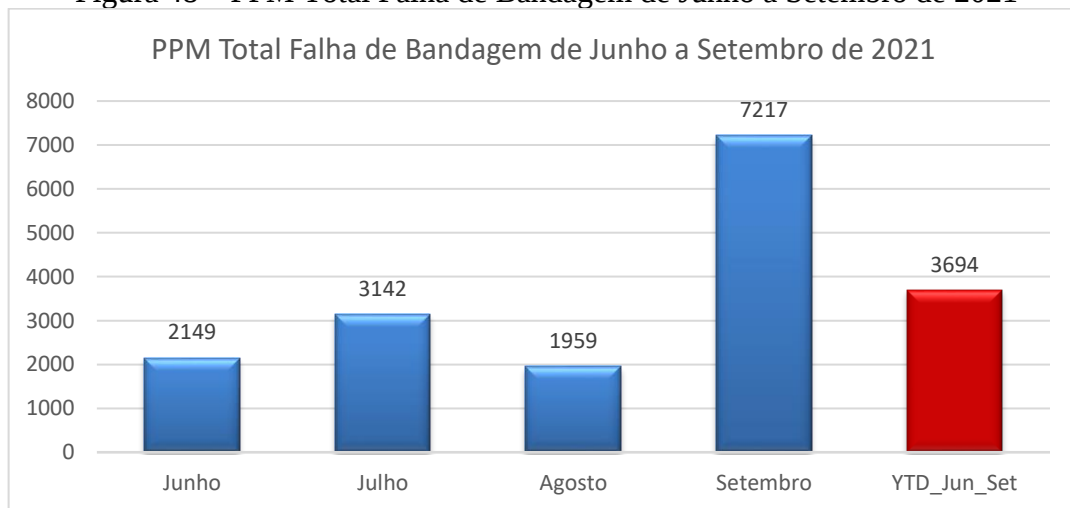
Uma outra ação decidida em reuniões foi o conserto e reativação dos módulos da *Terkelsen* para que ela também possa debandar. Dessa maneira, seria criada uma certa versatilidade, sendo possível bandar ou debandar com ambas as máquinas. Uma outra importante vantagem da reativação desse módulo seria o fato de, quando o operador perceber alguma falha ocorrendo durante a bandagem, ele seria capaz de debandar aquele pedaço, reorganizar os parâmetros, e bandar novamente, tudo isso durante o processo e antes da mangueira ser vulcanizada, diminuindo ainda mais os defeitos gerados.

Essa ação não pôde ser concluída durante o projeto por motivos externos. Porém, o orçamento para esse equipamento já foi aprovado e essa ação ficou como pendente para após a conclusão do projeto.

4 RESULTADOS

Como os dados de *Escape* não eram contabilizados anteriormente a Junho de 2021, os dados anteriores a esse período não podem ser considerados nos cálculos dos resultados. A Figura 48 mostra o PPM Total Falha de Bandagem de Junho a Setembro de 2021 e a última coluna representa o YTD, de onde foi calculada a redução de 30% e então estabelecida a meta deste trabalho. YTD é uma sigla em inglês *Year to date*, que significa o acumulado do ano até aquela data.

Figura 48 – PPM Total Falha de Bandagem de Junho a Setembro de 2021

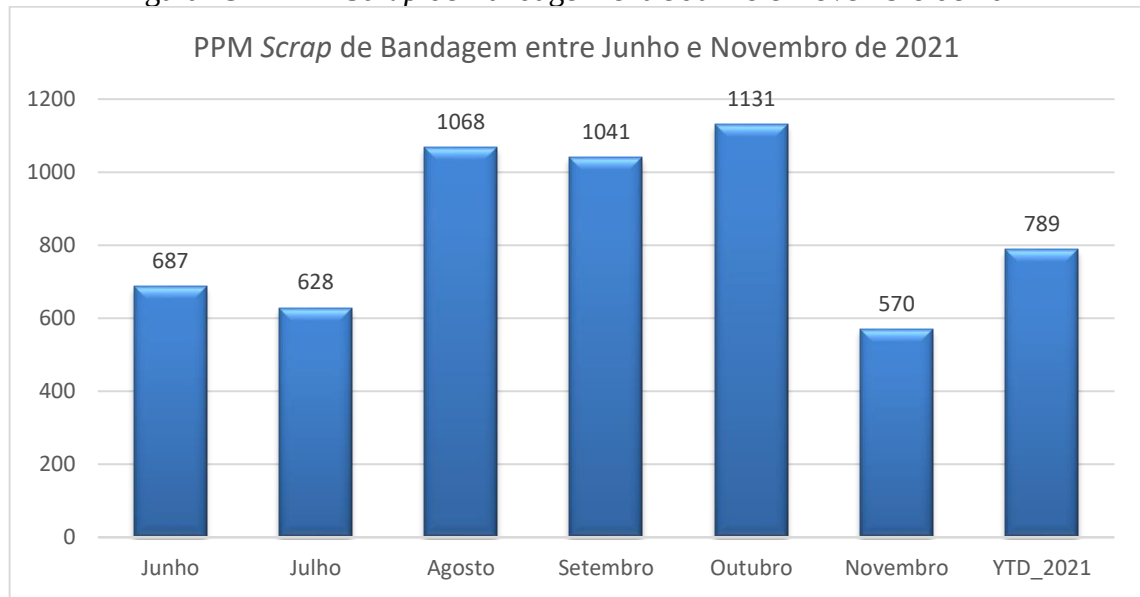


Fonte: Própria (2021)

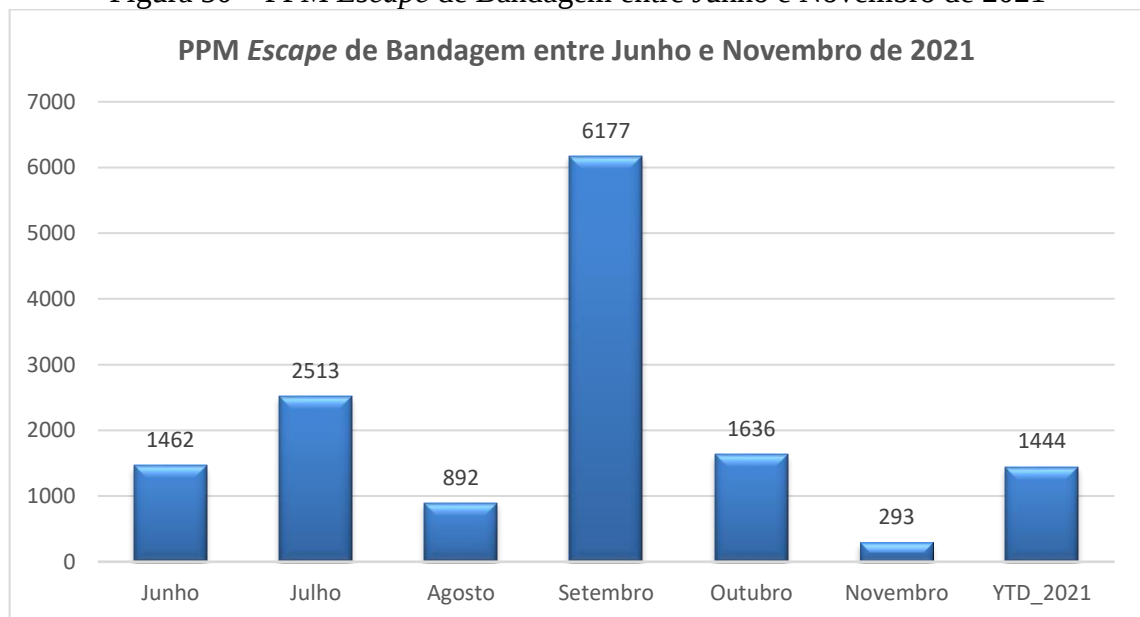
A partir do valor do YTD entre Junho e Setembro (3694), foi calculada uma redução de 30% e a meta deste projeto ficou sendo um PPM mensal de 2586.

4.1 INDICADORES ATUAIS

As ações de maiores impactos foram tomadas no final de setembro e as Figuras 49 e 50 mostram os indicadores de *Scrap* e *Escape* respectivamente.

Figura 49 – PPM *Scrap* de Bandagem entre Junho e Novembro de 2021

Fonte: Própria (2021)

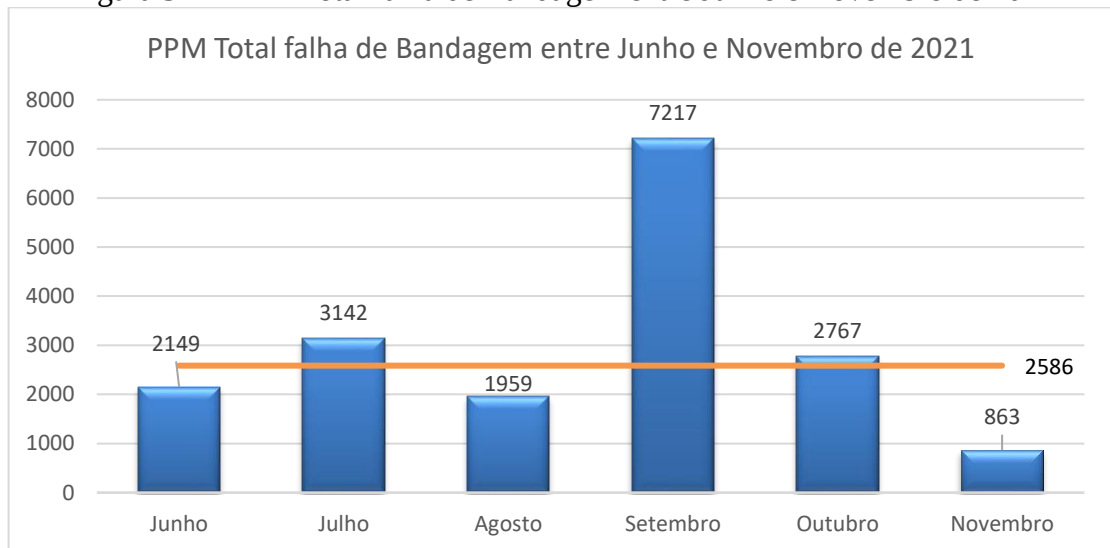
Figura 50 – PPM *Escape* de Bandagem entre Junho e Novembro de 2021

Fonte: Própria (2021)

A análise apenas dos indicadores de *Scrap* pode gerar uma falsa conclusão que as ações tomadas não tiveram efeitos em Outubro. Porém, ao analisar os indicadores de *Escape*, é possível perceber o grande impacto que as ações tiveram. Portanto, esses indicadores, além de provar a eficácias das ações tomadas, também comprovam novamente a importância de se levar em conta os dados de *Escape*.

Para melhor visualizar os resultados, os dados de *Scrap* e *Escape* foram analisados em conjunto e a Figura 51 mostra esses indicadores.

Figura 51 – PPM Total falha de Bandagem entre Junho e Novembro de 2021



Fonte: Própria (2021)

Ao analisar os indicadores totais, é possível perceber claramente a eficácia das ações tomadas. Logo no primeiro mês após as tomadas de ações, o PPM já diminuiu significativamente, e o mês de Novembro mostrou uma redução de 77% do PPM mensal, 67% abaixo da meta estabelecida, comprovando o sucesso do projeto.

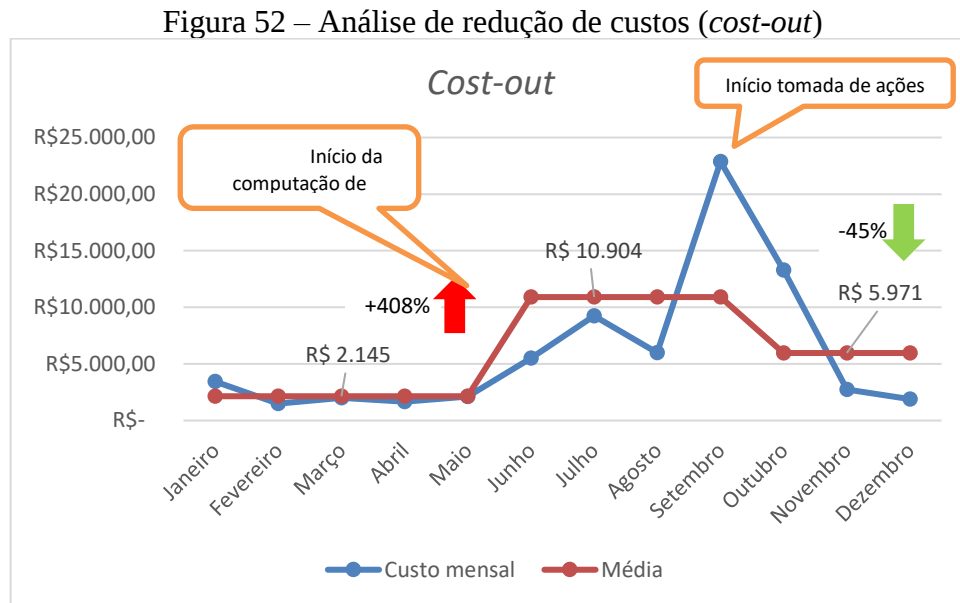
4.2 REDUÇÃO DE CUSTOS

Para realizar o cálculo da redução de custos que o projeto proporcionou, ou seu termo em inglês *cost-out*, foram coletados os dados de *Scrap* e *Escape* do ano todo, e foi feita uma comparação utilizando os valores de custo de refugo de cada mangueira, e foi feita então uma compilação desses dados.

Como não é possível ter nenhuma certeza se uma mangueira classificada como *Escape* vai ser de fato comercializada, e nem saber o valor de cada desconto, os *Escapes* foram contabilizados como se fossem refugados, pelo fato da falha ter ocorrido.

Como não existe um histórico dos dados de *Escape* anterior a Junho de 2021, os cálculos foram feitos da seguinte forma:

Primeiramente foi feita uma média dos valores de Janeiro a Maio, uma média dos valores entre Junho e Setembro, e uma média dos valores a partir de Outubro, após a tomada de ações. A Figura 52 mostra esses dados.



Fonte: Própria (2021)

A diferença das duas primeiras médias pode ser considerada uma exposição do que realmente estava acontecendo, já que em Junho o *Escape* passou a ser computado. E isso mostrou um aumento de 408% do que se achava que estava gastando. A diferença das duas últimas médias mostra de fato a redução financeira que o projeto proporcionou para a fábrica, redução essa de 45% dos custos de refugo.

Para fazer uma previsão da economia da fábrica nos próximos 12 meses, foi feita uma diferença entre as duas últimas médias e então esse valor foi multiplicado por 12. Concluiu-se então que este projeto tem uma previsão de economia de R\$59.169 para a fábrica nos próximos 12 meses. A Figura 53 mostra esses cálculos.

Figura 53 – Previsão de *cost-out* em 12 meses

Média entre Junho e Setembro	Média entre Outubro e Dezembro	Diferença entre médias	Previsão <i>cost-out</i> em 12 meses
R\$ 10.904	R\$ 5.971	R\$ 4.933	R\$ 59.196

Fonte: Própria (2021)

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou um estudo de caso sobre o processo de bandagem na fabricação de mangueiras hidráulicas. Processo esse de vital importância para garantir a qualidade final e também as características estéticas das mangueiras.

O primeiro passo foi a expansão dos modos de falha, para auxiliar na melhor visualização dos problemas e nas tomadas de decisões. Durante reuniões de *brainstorming* com uma equipe multifuncional, analisando os dados coletados e utilizando as ferramentas da qualidade, foram definidas as causas raízes e as ações a serem tomadas foram decididas.

A meta para este projeto era uma redução de 30% dos refugos proveniente do processo de bandagem, e foi obtido como resultado uma redução de 77%, provando a eficiência da metodologia e das ferramentas utilizadas.

Muitas ações tomadas tiveram resultados muito satisfatórios, e serão oficializadas como trabalho padrão da fábrica. Algumas ações que não foram concluídas durante o projeto ficaram como ações futuras com promessas de resultados ainda melhores após serem aplicadas.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, V. F. **TQC: controle da qualidade total** (no estilo japonês). Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

COOPER, Ronald R.; SCHINDLER, Pamela S. **Métodos de pesquisa em administração**. São Paulo: Art Med, 2001.

EATON. **Catálogo de produtos principais de mangueira hidráulica Aeroquip da EATON**. Guaratinguetá/SP: EATON, 2019.

EATON. **Fluid conveyance master catalog**. USA: EATON, 2019.

EATON. **Industrial hose master catalog**. USA: EATON, 2014.

GIOCONDO, Francisco I. César. **Ferramentas básicas da qualidade: instrumentos para gerenciamento de processo e melhoria contínua**. São Paulo: Biblioteca24horas, 2011.

LUCINDA, Marcos Antônio. **Qualidade: fundamentos e práticas para cursos de graduação**. 3. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2010.

LUPPI, Denise; ROCHA, Renata Araújo. **Praticando qualidade**. 2. ed. Belo Horizonte Sebrae, 1998.

MEIRELES, Manuel. **Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas: organizações com foco no cliente**. São Paulo: Arte e Ciência, 2001.

PARANHOS FILHO, Moacyr. **Gestão da produção industrial**. Curitiba: Editora IBPX, 2007.

SILVA, D. C. **Metodologia de análise e solução de problemas: curso de especialização em qualidade total e marketing**. Florianópolis: Fundação CERTI, 1995.