

**UNIVERSIDADE DE SOROCABA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA, EXTENSÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROCESSOS TECNOLÓGICOS E  
AMBIENTAIS**

**Davi Ricardo Martins Pires**

**ESTUDO PARA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIO NA PRODUÇÃO DE CORREIAS  
TRANSPORTADORAS**

**Sorocaba/SP  
2025**

**Davi Ricardo Martins Pires**

**ESTUDO PARA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIO NA PRODUÇÃO DE CORREIAS  
TRANSPORTADORAS**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais da Universidade de Sorocaba, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Processos Tecnológicos e Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Norberto Aranha  
Coorientadora: Profa. Dra. Valquíria Miwa  
Hanai Yoshida

**Sorocaba/SP  
2025**

### Ficha Catalográfica

P743e Pires, Davi Ricardo Martins  
Estudo para redução de desperdício na produção de correias transportadoras / Davi Ricardo Martins Pires. -- 2025.  
81 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Norberto Aranha.  
Coorientador: Profa. Dra. Valquíria Miwa Hanai Yoshida.  
Dissertação (Mestrado em Processos Tecnológicos e Ambientais) -  
Universidade de Sorocaba, Sorocaba, SP, 2025.

1. Correias transportadoras. 2. Gestão da qualidade total. 3. Desperdício (Economia). I. Aranha, Norberto, orient. II. Yoshida, Valquíria Miwa, coorient. III. Universidade de Sorocaba. IV. Título.


**Davi Ricardo Martins Pires**

**ESTUDO PARA REDUÇÃO DE DESPÉRDIO NA PRODUÇÃO DE CORREIAS  
TRANSPORTADORAS**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais da Universidade de Sorocaba, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Processos Tecnológicos e Ambientais.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA:**

Documento assinado digitalmente  
 **NORBERTO ARANHA**  
Data: 29/08/2025 13:19:26-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Norberto Aranha  
Universidade de Sorocaba



Prof. Dr. Jose Luiz Antunes de Almeida  
Universidade de Sorocaba



Prof. Dr. Adilson Rocha  
Faculdade de Tecnologia de Sorocaba – Fatec José Crespo Gonzales

Dedico esta pesquisa as minhas filhas queridas  
Thaila e Clara, por terem me acompanhado  
nessa minha nova conquista.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Professor Norberto Aranha e a Professora Valquíria Miwa Hanai Yoshida, por me orientarem neste trabalho e contribuírem no crescimento dos meus conhecimentos.

À grande responsável por me colocar neste caminho para esta realização, Juliana Vieira Pinto, meu eterno agradecimento.

Gratidão pela empresa FORBO SIEGLING BRASIL, por ter fornecido informações, instalações e me cedido os dias para a construção de mais uma etapa da minha vida.

## RESUMO

As empresas brasileiras fabricantes de correias transportadoras de produtos têm buscado constantemente aperfeiçoamentos tecnológicos, com foco principal no aumento da produtividade e na melhoria contínua dos processos produtivos. A ausência desses fatores pode resultar em atrasos na entrega de pedidos aos clientes, riscos à integridade física dos colaboradores e não conformidades nos processos e produtos. Esta pesquisa visou aperfeiçoar o processo de fabricação de correias transportadoras do tipo 900025 utilizadas nos ramos de madeiras, pneus e fios. A necessidade de melhoria surgiu devido ao elevado desperdício de insumos e à identificação de erros nos processos. A pesquisa, desde a coleta de dados até o cronograma de implementação das propostas de melhorias, foi fundamentada em ferramentas da qualidade como o diagrama de Pareto, *brainstorming*, diagrama de causa e efeito, 5H2H, fluxograma e do experimento fatorial estatístico completo de dois níveis, que facilitaram a análise, a identificação de causas, a programação da implementação do projeto e sua conclusão. Foi possível estimar que com essas melhorias implantadas, a redução de custo equivalente há um ano representou 82,67 %. Os processos ficaram mais bem definidos, algumas atividades foram automatizadas e a participação dos colaboradores e da alta direção foi fundamental no planejamento e na tomada de decisões. Este modelo prático contribuiu também para a redução de desperdícios, resultando no aumento da produtividade, na agilidade dos processos e na redução dos custos operacionais. Já o experimento fatorial permitiu gerar uma equação de regressão que, em resposta através de uma combinação de parâmetros validados em ensaios, permitiu reduzir a temperatura de prensagem das correias mantendo-se as especificações exigidas, com isso, houve uma redução do consumo de energia elétrica.

**Palavras-chave:** correias transportadoras; desperdício; ferramentas da qualidade; gestão da qualidade; produtividade.

## ABSTRACT

Recent advancements in Brazilian conveyor belt manufacturing have focused on technological improvements aimed at increasing productivity and enhancing production processes. The absence of these improvements can lead to delivery delays, risks to worker safety, and non-compliance in processes and products. This research specifically targeted the manufacturing process of type 900025 conveyor belts used in the wood, tire, and wire industries. The need for enhancement arose from significant material waste and errors identified in the production processes. The study utilized quality tools such as Pareto diagrams, brainstorming sessions, cause-and-effect diagrams, 5W2H analysis, flowcharts, and complete two-level factorial statistical experiments to analyze data, identify root causes, schedule project implementation, and finalize improvements. It was estimated that one year after implementing these enhancements, costs were reduced by 82.67 %, processes became more clearly defined, some activities were automated, and both employee involvement and upper management support were crucial in planning and decision-making. This practical model also contributed to waste reduction, resulting in increased productivity, faster processes, and lower operational costs. The factorial experiment allowed for the generation of a regression equation that helped reduce the pressing temperature of the belts while maintaining required specifications, leading to decreased electricity consumption.

**Keywords:** conveyor belts; waste; quality tools; quality management; productivity.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Indústrias e aplicações de correias transportadoras.....	11
Figura 2 – Materiais para descarte.....	13
Figura 3 – Fluxo de processo confecção de correia.....	16
Figura 4 – Camadas do produto 900025.....	17
Figura 5 – Dentes para o fechamento da correia.....	18
Figura 6 – Simbologias do fluxograma.....	19
Figura 7 – Ferramenta 5W2H.....	20
Figura 8 – Exemplo Gráfico de Pareto na área gráfica.....	21
Figura 9 – Exemplo Diagrama de causa e efeito – entrega errada.....	22
Figura 10 – Vista de uma parte da correia 900025.....	26
Figura 11 – Fluxograma de referência confecção.....	27
Figura 12 – Cálculo de área das perdas com material.....	29
Quadro 12 – Registro das perdas.....	30
Quadro 13 – Custos das perdas (R\$).....	32
Quadro 14 – Questionário de entrevistas.....	35
Figura 13 – Estoque galpão.....	36
Figura 14 – Visualização de mancha na parte superior esquerda do material.....	37
Figura 15 – Foto da refiladora e no detalhe o contador de comprimento.....	37
Figura 16 – Detalhe de extremidade irregular causada pelo corte com estilete.....	38
Figura 17 – Esquadro de metal com ângulo de 80°.....	38
Figura 18 – Equipamento chanfradeira, indicado em vermelho, no canto esquerdo abaixo na figura, a região de perda de material.....	39
Figura 19 – Prensa para fechamento de correias 900025.....	39
Figura 20 – Instrumentos para monitoramento da pressão, temperatura e tempo, durante o processo de prensagem.....	40
Figura 21 – Visualização de queima na emenda devido ao excesso de tempo de prensagem.....	41
Figura 22 – Pré-embalagem.....	36
Figura 23 – Deslocamento expedição.....	42
Figura 24 – Levantamento das causas.....	43
Figura 25 – Máquina de ensaio de tração.....	44
Figura 26 – Etiqueta de verificação de temperatura.....	45
Quadro 26 – Ações de melhorias.....	54
Figura 27 – Gaiolas para armazenamento de rolos.....	55
Figura 28 – Embalagem para proteção do rolo.....	55
Figura 29 – Chanfradeira adaptada.....	56
Figura 30 – Fita graduada adaptada na chanfradeira.....	56
Figura 31 – Ferramenta de preparação dos dentes.....	57
Figura 32 – Chanfradeira na posição de 80°.....	57
Figura 33 – Chanfros feitos simultaneamente.....	58
Figura 34 – Prensa com sistema pneumático.....	58
Figura 35 – Painel de controle de temperatura e tempo de prensagem.....	59
Figura 36 – Mesa para pré embalagem.....	60
Figura 37 – Carrinho para transporte de correias.....	60
Figura 38 – Vista superior ilustrativa da chanfradeira e sua operação.....	62
Quadro 37 – Registro das perdas após melhorias.....	64
Quadro 38 – Custos das perdas antes e depois das melhorias (R\$).....	66

Quadro 39 – Valores estimados dos investimentos implantados (R\$).....	67
Figura 39 – Fluxograma da padronização do processo.....	70
Quadro 40 – Amostras das forças de tração para os cálculos do Cp e Cpk.....	71
Gráfico 1 – Total de perdas por ordem de trabalho em porcentagem.....	31
Gráfico 2 – Total de perdas por ordem de trabalho em metros quadrados.....	31
Gráfico 3 – Médias das porcentagens de perdas por etapa.....	33
Gráfico 4 – Efeitos padronizados.....	48
Gráfico 5 – Gráficos de efeitos principais para tração (N).....	49
Gráfico 6 – Gráficos de interação para tração (N).....	49
Gráfico 7– Resíduos e valores ajustados.....	51
Gráfico 8 – Histograma de resíduos.....	51
Gráfico 9 – Probabilidade normal dos resíduos.....	51
Gráfico 10 – Total de perdas por ordem de trabalho em porcentagem.....	65
Gráfico 11 – Total de perdas por ordem de trabalho em metros quadrados.....	65
Gráfico 12 – Distribuição entre economia gerada e investimento.....	68
Gráfico 13 – Distribuição amostral.....	73
Tabela 1 – Experimento fatorial completo de dois níveis.....	25
Tabela 2 – Dados do delineamento.....	45
Tabela 3 – Dados dos coeficientes codificados.....	46
Tabela 4 – Sumário do modelo.....	46
Tabela 5 – Análise de variância.....	47

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Produção de correias transportadoras</b> .....	<b>15</b>
3.1.1	Processos bases de fabricação.....	15
3.1.2	Nomenclatura técnica.....	17
<b>3.2</b>	<b>Fluxograma de processos</b> .....	<b>18</b>
<b>3.3</b>	<b>Ferramenta 5W2H</b> .....	<b>19</b>
<b>3.4</b>	<b>Gráfico de Pareto</b> .....	<b>20</b>
<b>3.5</b>	<b><i>Brainstorming</i></b> .....	<b>21</b>
<b>3.6</b>	<b>Diagrama de causa e efeito</b> .....	<b>22</b>
<b>3.7</b>	<b>Experimentos fatoriais</b> .....	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>24</b>
<b>4.1</b>	<b>Fluxo atual de produção da correia para transporte</b> .....	<b>24</b>
<b>4.2</b>	<b>Levantamento dos desperdícios atuais</b> .....	<b>24</b>
<b>4.3</b>	<b>Questionário de entrevistas</b> .....	<b>24</b>
<b>4.4</b>	<b>Avaliação da influência dos fatores no processo de prensagem</b> .....	<b>25</b>
<b>4.5</b>	<b>Implementação e padronização</b> .....	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>26</b>
<b>5.1</b>	<b>Escolha do tipo de produto</b> .....	<b>26</b>
<b>5.2</b>	<b>Mapeamento do processo atual</b> .....	<b>26</b>
<b>5.3</b>	<b>Valor dos desperdícios atuais com materiais</b> .....	<b>28</b>
<b>5.4</b>	<b>Resultado do questionário aplicado</b> .....	<b>34</b>
<b>5.5</b>	<b>Análise crítica do questionário aplicado</b> .....	<b>36</b>
<b>5.6</b>	<b>Levantamento das causas</b> .....	<b>42</b>
<b>5.7</b>	<b>Resultado do experimento fatorial 2<sup>3</sup> no processo de prensagem</b> .....	<b>43</b>
5.7.1	Dados do delineamento fatorial 2 <sup>2</sup> completo.....	45
5.7.2	Regressão fatorial: Tração versus Pressão, Tempo e Temperatura.....	46
<b>5.8</b>	<b>Ações de melhorias</b> .....	<b>52</b>
<b>5.9</b>	<b>Implementação das melhorias</b> .....	<b>55</b>
<b>5.10</b>	<b>Valor dos desperdícios de materiais após melhorias</b> .....	<b>63</b>

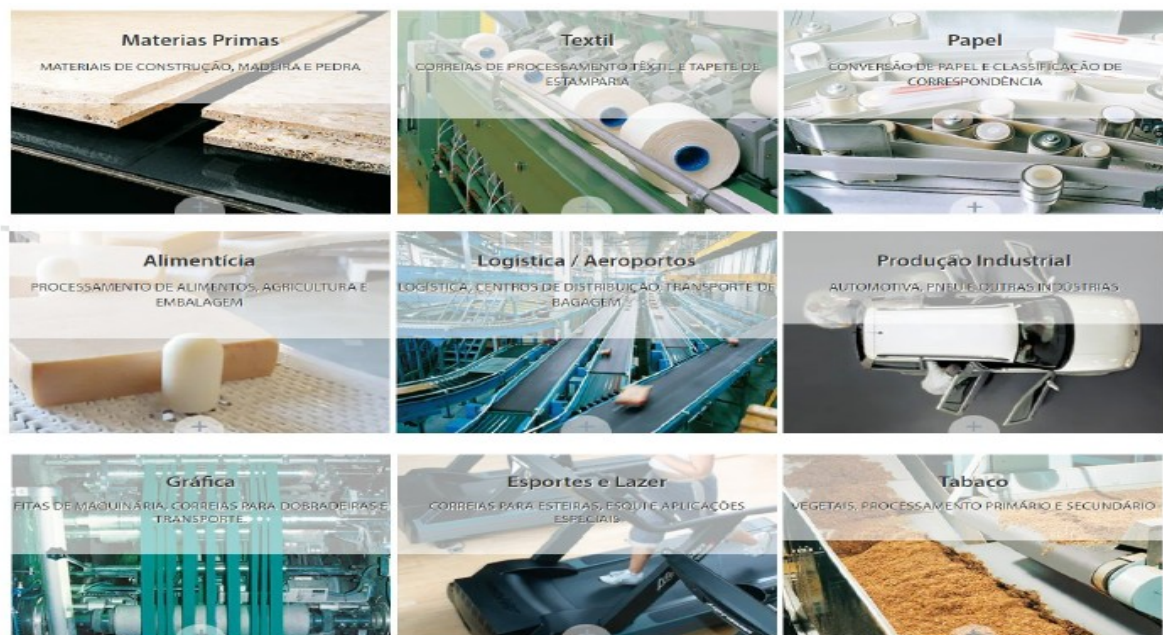
<b>5.11</b>	<b>Padronização do novo fluxo de processo de fabricação .....</b>	<b>69</b>
<b>5.12</b>	<b>Validação estatística pós-implementação .....</b>	<b>71</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>74</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>76</b>
	<b>APÊNDICE A – AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA ACADÊMICO-CIENTÍFICO..</b>	<b>77</b>
	<b>APÊNDICE B – RELATÓRIO DE ENSAIO DE TRAÇÃO.....</b>	<b>78</b>
	<b>APÊNDICE C – CAPA DO RELATÓRIO TÉCNICO.....</b>	<b>79</b>
	<b>APÊNDICE D – GUIA RÁPIDO: OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO PRODUTIVO.....</b>	<b>80</b>
	<b>ANEXO A – CERTIFICADO – OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO PRODUTIVO NA INDÚSTRIA DE CORREIAS TRANSPORTADORAS VIA PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>81</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As correias transportadoras, popularmente conhecidas como “esteiras”, são utilizadas para transportar pessoas ou produtos ao longo de uma linha de processos em uma empresa, facilitando a logística nas operações industriais. Essas esteiras são uma solução eficiente para otimizar o processo de armazenagem. Como mencionado por Alves (2021, cap. 3.2.1.4), “Uma solução foi a adoção de esteiras rolantes, equipamento que auxilia o transporte e circulação de mercadorias dentro dos depósitos”.

Essas correias podem ser utilizadas em uma variedade de aplicações na indústria transformadora e nos setores retalhista e de serviços, por exemplo, como correias de transporte e de processamento na indústria alimentar, como passadeiras em centros de *fitness* ou como correias planas em sistemas de triagem de correspondência. É possível observar na Figura 1, as correias transportadoras sendo empregadas em ramos de atividades diversas, fazendo com que o transporte dos produtos ao longo da cadeia de processos seja rápido, eficiente e seguro. As correias transportam bolachas em empresas alimentícias, em aeroportos elas deslocam as malas de clientes, transportam materiais de construção em empresas de madeiras, são utilizadas em academias nas esteiras ergométricas etc.

Figura 1 – Indústrias e aplicações de correias transportadoras



Fonte: Site da Empresa Forbo Siegling Brasil.  
Disponível em: <https://forbo.com/movement/pt-br/industrias-e-aplica-es/puag9o>

As correias transportadoras utilizadas em alguns setores de aplicação, passam por processos de fabricação “artesanal”. Atualmente, existem poucas opções tecnológicas disponíveis no mercado para a modernização dos processos.

O ramo de correias transportadoras é uma atividade de pouca concorrência. Os dispositivos, gabaritos, ferramentas etc, são desenvolvidos dentro das próprias organizações, ou seja, existe lugar ainda para o trabalho manual nos sistemas de produção modernos. Segundo Groover (2011, p. 10), “Mesmo em um sistema de produção automatizado, os seres humanos continuam a ser componente necessário do empreendimento de produção”.

Portanto, o desenvolvimento de uma pesquisa para esse tipo de segmento pode proporcionar soluções para a redução dos desperdícios e, como consequência, um equilíbrio harmônico em reduzir o tempo de fabricação, aumentar a produtividade e qualidade, reduzir os custos operacionais, aumentar a segurança e conforto no trabalho e eliminar potenciais problemas de processos trabalhistas, sempre que possível a aplicação de recursos tecnológicos aos processos.

Na indústria de correias transportadoras, os problemas ocorrem, assim como em qualquer outro ramo de atividade. Como afirmou Custodio (2015, p. 17), “A principal matéria-prima da qualidade são os problemas”.

Alguns dos principais problemas enfrentados pelas empresas de correias transportadoras incluem o tempo de fabricação, que afeta significativamente os prazos de entrega aos clientes, e os desperdícios excessivos de materiais que acabam não sendo utilizados.

Além disso, o uso de matérias-primas importadas eleva o custo de produção, que acaba sendo repassado ao preço final do produto oferecido ao cliente.

Outros pontos são os riscos de segurança física e ergonômica dos colaboradores. São utilizadas, no dia a dia, ferramentas de cortes manuais, produtos químicos e materiais com dimensões e pesos consideráveis. Isso faz com que as organizações redobrem suas preocupações com os colaboradores, investindo em aparatos em prol da qualidade, do bem-estar dos colaboradores e dos serviços executados, além de evitar processos trabalhistas.

O grande impacto visual do volume acumulado de desperdício de materiais para descarte, conforme Figura 2, gerou um questionamento por parte do Diretor Geral da Forbo:

– Isso é normal?

Para responder a essa pergunta, este trabalho buscou identificar focos de potenciais desperdícios, e utilizou ferramentas estatísticas para analisar e otimizar o processo de produção de correias transportadoras.

Figura 2 – Materiais para descarte



Fonte: Elaboração própria.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Otimização do processo de fabricação de correias transportadoras do tipo 900025 utilizadas nos ramos de madeiras, pneus e fios.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar uma entrevista com os operadores para identificar possíveis problemas no processo de fabricação;
- Identificar os pontos de desperdícios ao longo dos processos;
- Levantar as causas potenciais dos desperdícios;
- Estudar os efeitos dos fatores temperatura, pressão e tempo no processo de prensagem;
- Analisar e implementar ações de melhorias.

### **3. REVISÃO DA LITERATURA**

#### **3.1 Produção de correias transportadoras**

##### **3.1.1. Processos bases de fabricação**

As formas, tipos e estruturas de fabricações são diversas, mas como mencionado por Lira (2017, p. 26), “O conhecimento do sistema produtivo proporciona poder de decisão e visão global das variáveis que podem prejudicar os ganhos obtidos, como redução dos custos e prazos de entrega”. Sendo assim, é fundamental a empresa conhecer seus processos, clientes e fornecedores.

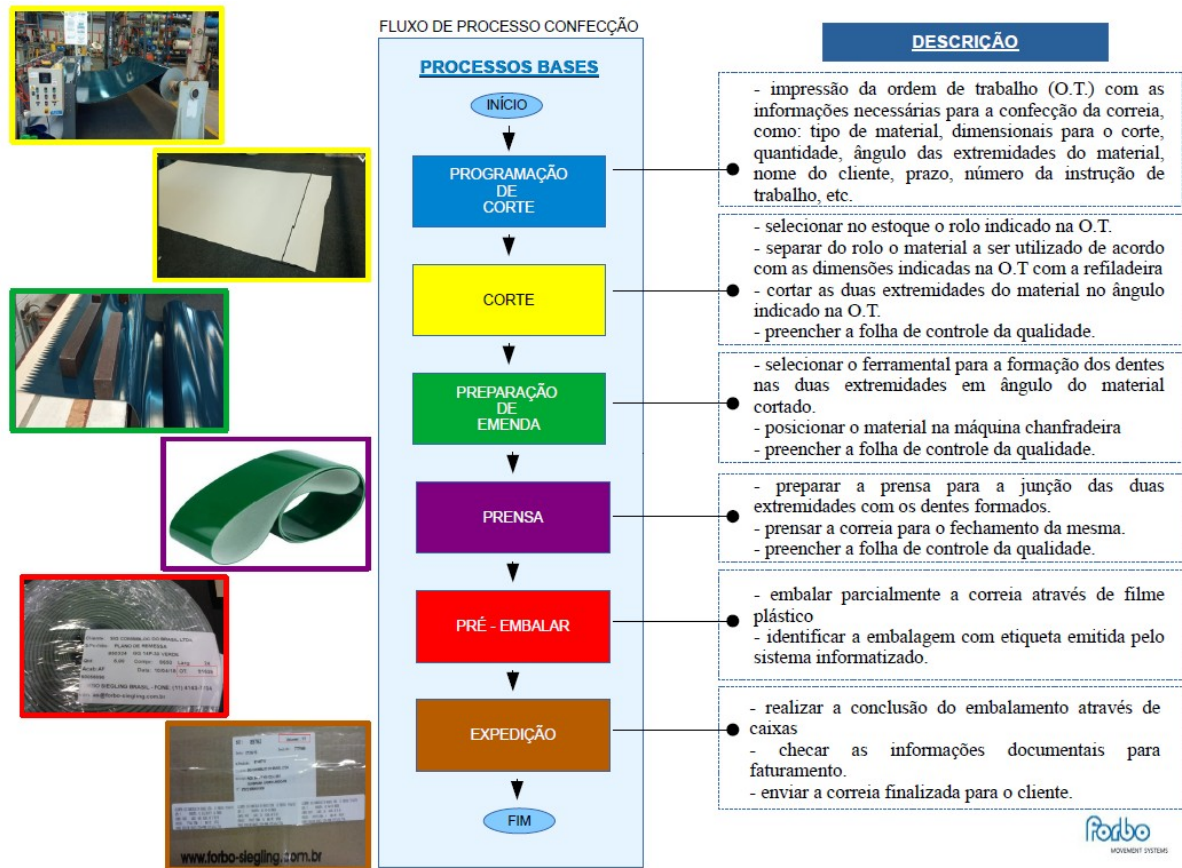
Os processos de fabricação de correias transportadoras são praticamente os mesmos, tendo algumas pequenas variações com adicionamento de subprocessos, dependendo do tipo de material e do tipo de aplicação. Na Figura 3, podem-se ver as etapas bases de confecções aplicadas para as correias transportadoras e a descrição das atividades realizadas em cada fase.

Todo o processo de produção de uma correia transportadora inicia-se na interpretação da ordem de trabalho (O.T.) entregue pela programação de corte ao operador. Nesse documento, constam todas as informações pertinentes e necessárias para o trabalho a ser realizado. Logo seguida, o operador retira o rolo a ser cortado do estoque, posiciona o mesmo em um cavalete e faz o pré-corte do material, separando-o do rolo, através de uma refiladora.

Nesse momento, são marcadas no material, as dimensões solicitadas na O.T. e cortadas as extremidades. Na sequência, é usado um esquadro para cortar novamente as extremidades em um ângulo específico, determinado também na O.T.. O material é conduzido para identificação através de uma impressora a laser. Com as extremidades cortadas em ângulo e devidamente identificado, o material é levado para a chanfradeira, onde serão formados os dentes, através da seleção de um ferramental de ângulo definido. Uma vez realizada a formação dos dentes, o material agora é conduzido para o fechamento da correia, juntando-se os dentes das extremidades, seguindo uma instrução de trabalho indicada na O.T. e utilizando-se de uma prensa de pressão e temperatura controladas. O controle da qualidade é realizado ao longo de todas as etapas do processo pelo próprio operador, o chamado autocontrole. Agora, a correia passa por uma limpeza e é pré-embalada para ser direcionada

para a expedição. Já na expedição, a correia é colocada em uma caixa de tamanho adequado e os processos de faturamento são realizados para que a correia possa ser enviada ao cliente.

Figura 3 – Fluxo de processo confecção de correia



Fonte: Elaboração própria.

A melhoria de um processo de confecção de correias transportadoras, busca o aumento da produtividade e qualidade, utilizando técnicas, metodologias, normas, conceitos e ferramentas da qualidade, ferramentas essas que, conforme Costa Neto (2002, p.1), “São instrumentos que não devem ser considerados como um fim, mas como um instrumento fornecedor de informações que subsidiarão, em consequência, a tomada de melhores decisões”.

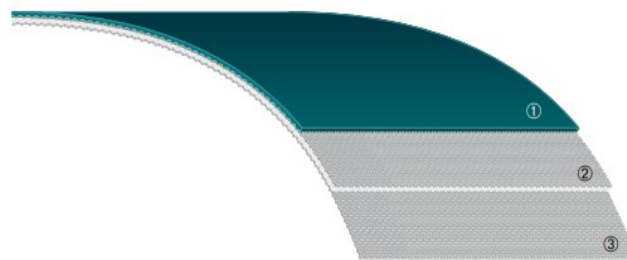
De acordo com Brunstein (2011), os custos da gestão econômica de negócios estão associados aos aspectos de flexibilidade, tempo de resposta, eficiência e qualidade do sistema produtivo. Segundo Ramos (2000, p.1), “A preocupação com a qualidade é tão antiga quanto a própria humanidade”.

Por isso, a importância de se ter um modelo de gestão cada vez mais eficaz e com qualidade nas empresas de correias transportadoras vem se tornando uma busca cada vez mais frequente, para que novos setores possam ser alcançados com as vendas das correias.

### 3.1.2. Nomenclatura técnica

Na produção de correias transportadoras, utilizam-se diversas técnicas. Conforme observa Lobo (2019), “Todas as técnicas têm como objetivo trazer o crescimento”. É possível observar o emprego de técnicas já nas próprias terminologias de descrições das correias, facilitando na comunicação entre os interlocutores. As correias são formadas por camadas (Figura 4) e para melhor entendimento, as definições técnicas das nomenclaturas utilizadas no produto são:

Figura 4 – Camadas do produto 900025



- 1 – revestimento da superfície do tecido superior.
- 2 – tecido superior.
- 3 – tecido inferior.

Fonte: Site da Empresa Forbo Siegling Brasil.

Disponível em: [https://forbo.blob.core.windows.net/forbodocuments/7276/224\\_EN.pdf](https://forbo.blob.core.windows.net/forbodocuments/7276/224_EN.pdf)

900025 = código interno do produto.

E = tecido superior de poliéster.

8 = tipo de classe do tecido.

2 = correia formada por 02 tecidos

U = tecido inferior de poliuretano.

0 = sem revestimento na parte de baixo no tecido inferior.

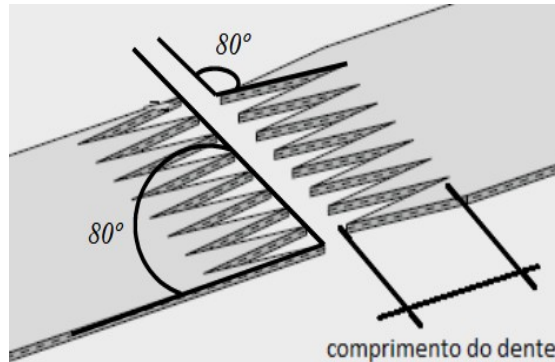
V = revestimento de cloreto de polivinila da superfície do tecido superior.

5 = espessura do revestimento da superfície do tecido superior de 0.5 mm.

VERDE = cor do revestimento da superfície.

Z = formato do corte dos dentes semelhante ao “zigue-zague” da letra “Z” do alfabeto. Para o fechamento da correia, o ângulo e o alinhamento dos dentes são de  $80^\circ$ , e seu comprimento de 70 mm, conforme se vê na Figura 5.

Figura 5 – Dentes para o fechamento da correia



Fonte: Site da Empresa Forbo Siegling Brasil.

Disponível em: [https://forbo.blob.core.windows.net/forbodocuments/7276/224\\_EN.pdf](https://forbo.blob.core.windows.net/forbodocuments/7276/224_EN.pdf)

### 3.2 Fluxograma de processos

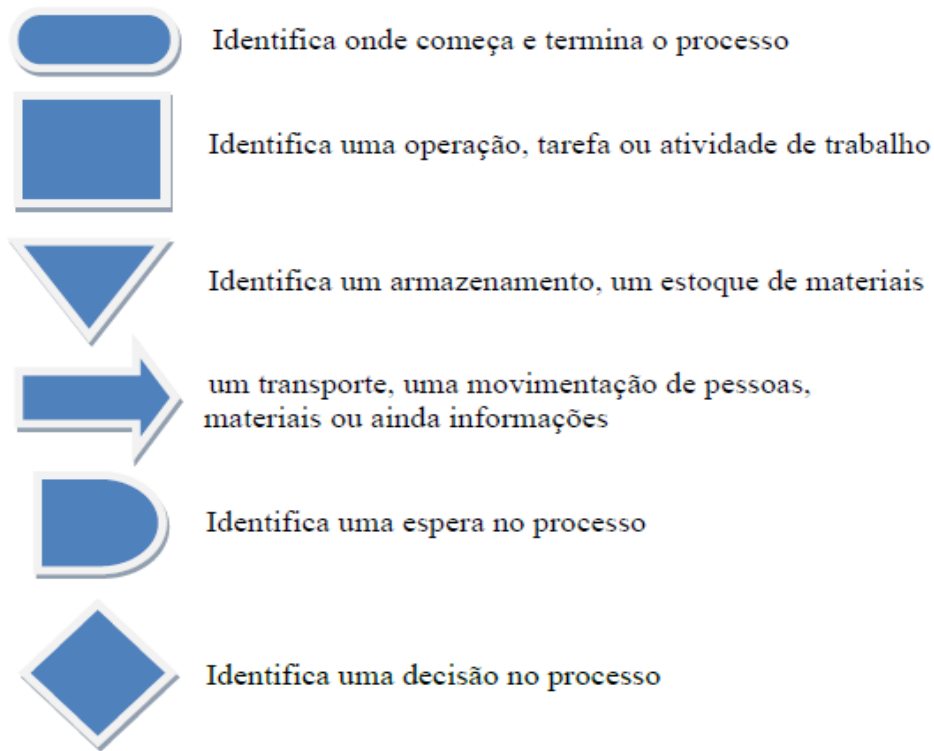
Atualmente, as organizações buscam se estruturar e se organizar. Buscam formas para executar uma atividade, procuram a eficácia e a rapidez de se atingir objetivos, como diz Bernardelli (2020, p. 10), “Para que essa organização possa ocorrer de forma clara e objetiva, é importante que o gestor conheça os processos da empresa, saiba o fluxo das atividades e consiga visualizar como cada colaborador participa desse ciclo de trabalho”.

Para melhor ilustrar todas as etapas de um processo de produção de uma correia transportadora, o fluxograma (Figura 6) permite visualizar como as várias etapas estão relacionadas entre si.

O fluxograma também permite identificar desvios nos processos, sua padronização, auxilia no treinamento de novos colaboradores, na definição clara dos limites do processo, identifica gargalos e pontos de melhorias.

A definição da simbologia é apresentada na Figura 6:

Figura 6 – Simbologias do fluxograma



Fonte: Elaboração própria.

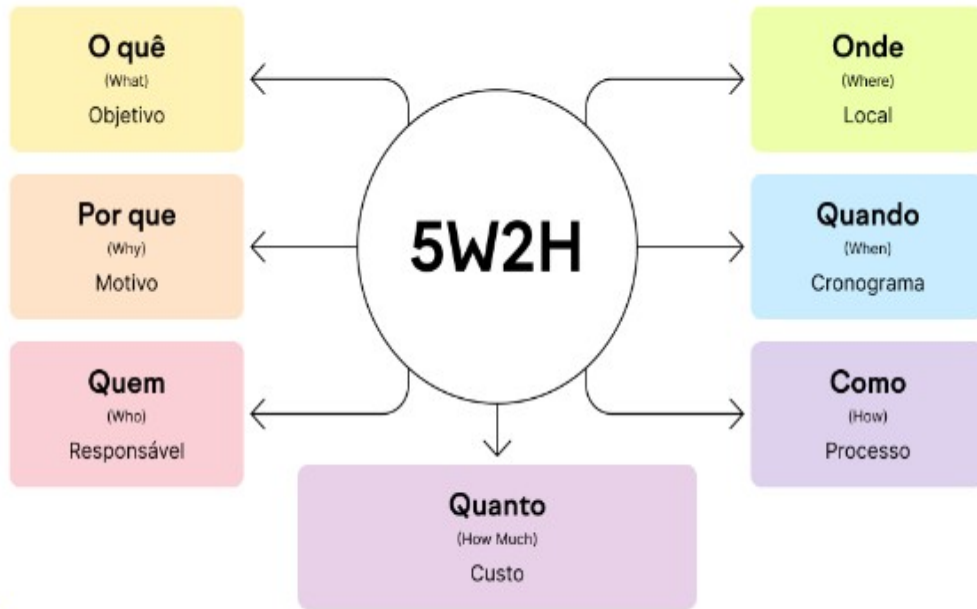
### 3.3 Ferramenta 5W2H

A 5W2H é uma ferramenta de aplicação para finalidades diversas e que apresenta as informações aos utilizadores em um formato de fácil compreensão, como o caso das chamadas padrão de consulta “5W2H”, que tiveram um estudo publicado utilizando-se dessa técnica, que segundo He e Jlang (2019), “Esses padrões mostraram o grande sucesso em encontrar pistas para resolver problemas de eficiência de produção, qualidade do produto, desperdício e custo, *brainstorm* para invenção, coleta de dados na indústria e outros campos”.

A comunicação, interação e levantamento de informações, são de extrema importância quando se pretende identificar e planejar algo. Marchiori (2014, p. 44) pontua que, “As conversações em tais relações também tendem a incluir a solução de problemas não rotineiros”. Ou seja, é o envolvimento e encorajamento do empregado a resolver problemas desafiadores. A 5W2H permite aproximar dos colaboradores envolvidos em determinados processos que estão sendo acompanhados e nos sugere levantar questões com o objetivo de

encontrar fatores influenciadores nos processos. Na Figura 7 são apresentadas as perguntas sugeridas e utilizadas por essa ferramenta.

Figura 7 – Ferramenta 5W2H



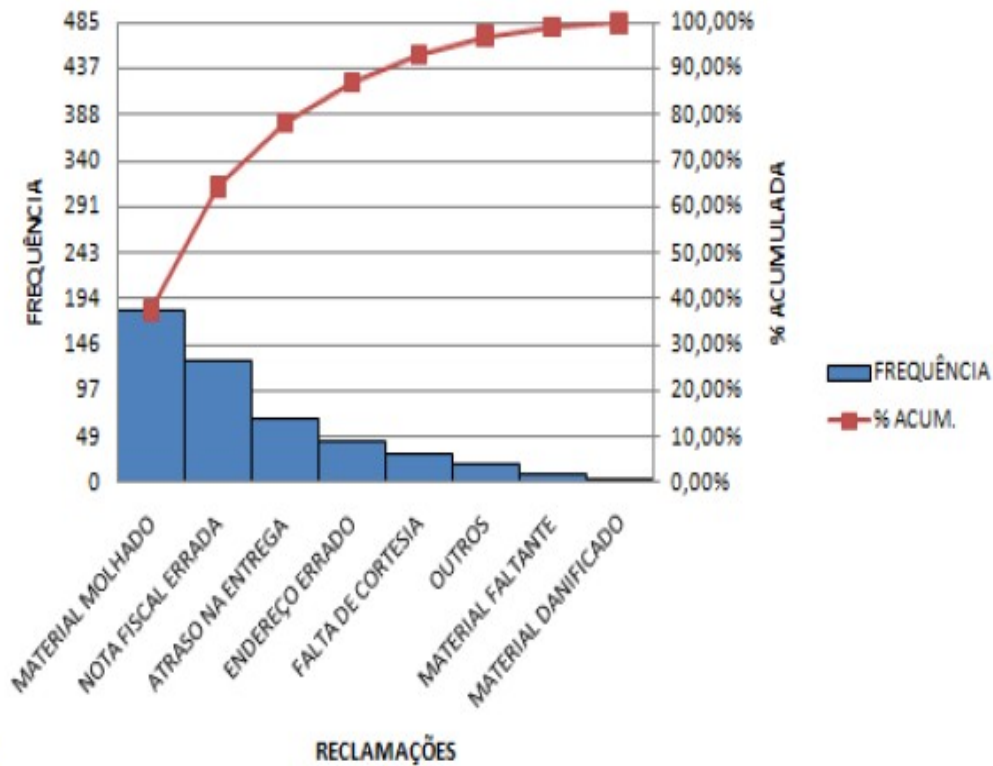
Fonte: Site semrush.com. Disponível em: <https://pt.semrush.com/blog/metodo-5w2h/>

### 3.4 Gráfico de Pareto

Atualmente, o volume de tarefas, atividades e problemas tende a ser cada vez maior. Diante disso, é fundamental direcionar a atenção e os esforços para o que realmente importa. O gráfico de Pareto é uma ferramenta eficaz nesse sentido, pois ajuda a identificar as questões mais relevantes e a estabelecer prioridades na resolução dos problemas. Gallegos (2023, cp. 4.2) sobre o gráfico de Pareto diz, “É amplamente utilizado em processos de otimização e na gestão de projetos para alcançar resultados mais efetivos e eficientes”.

Na Figura 8 é apresentado um exemplo de gráfico de Pareto, onde se observa a quantidade de tipos de falhas em uma área gráfica, sendo as prioridades apresentadas da esquerda para a direita. O gráfico também mostra a curva com as porcentagens acumulativas das falhas.

Figura 8 – Exemplo Gráfico de Pareto na área gráfica



Fonte: Elaboração própria.

### 3.5 Brainstorming

A participação dos colaboradores é fundamental para o levantamento de ideias, Reis (2021, p. 34), comenta que, “O processo criativo, quando realizado coletivamente, tende a resultar em ideias mais complexas e robustas em relação ao processo realizado individualmente”.

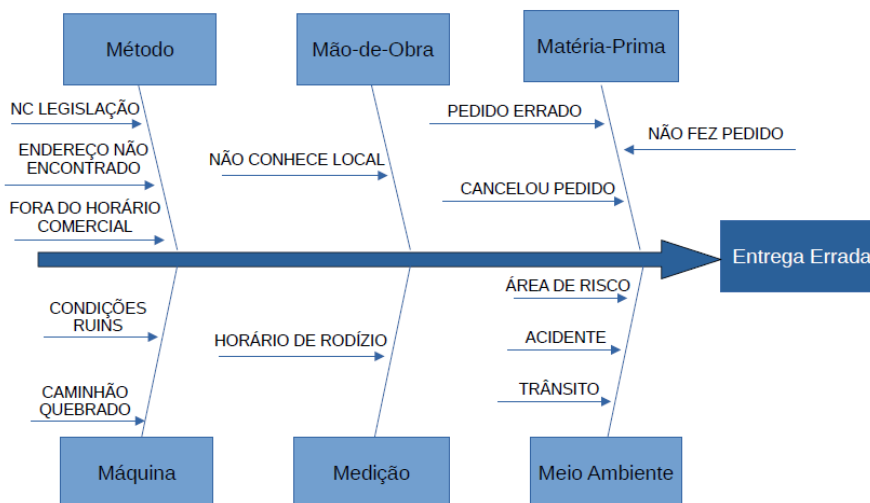
O *brainstorming*, conhecido também como “tempestade de ideias” ou “explosão de ideias”, usa da participação da criatividade coletiva de forma a permitir que as pessoas levanten sugestões em um curto espaço de tempo, fazendo com que a equipe pense e analise as principais causas de um problema.

Através de uma reunião informal no próprio local de trabalho do colaborador por exemplo, é possível levantar situações cotidianas e permitir de forma espontânea que os profissionais apontem soluções, ideias, ações para situações levantadas.

### 3.6 Diagrama de causa e efeito

Engajar os colaboradores na busca por soluções de problemas é algo crucial dentro das empresas, como menciona Alves (2023, cp. 3,3), “Delegando-se as tarefas, autoridades e responsabilidades às equipes, essas estarão aptas a procurar soluções para os seus problemas e desafios, aliando sua experiência profissional à pessoal na busca de resultados”. O diagrama de causa e efeito, também chamado de “espinha de peixe”, faz uma relação entre o efeito e todas as possíveis causas que podem contribuir para esse efeito através da participação da equipe de trabalho. Essas causas são distribuídas em seis categorias conhecidas como 6M’s conforme ilustrado na Figura 9.

Figura 9 – Exemplo Diagrama de causa e efeito – entrega errada



Fonte: Elaboração própria.

Atuar nas causas em busca de melhorias é o ponto primordial quando se trabalha com o diagrama de causa e efeito, isso se evidencia na pesquisa realizada por Pacana e Siwec (2021), sobre a criação de um modelo universal para apoiar a melhoria da qualidade de produtos industriais.

Melhorar a qualidade do produto é uma ação fundamental de cada empresa. Apesar do contínuo desenvolvimento de ações empresariais, continua a busca por instrumentos eficazes que apoiem esse processo. Portanto, o objetivo foi desenvolver um modelo universal que apoiasse a melhoria da qualidade do produto - por meio de causas determinantes de incompatibilidades coerentes e repetíveis e ações que permitissem sua eliminação, onde este modelo pudesse ser integrado a qualquer pesquisa de controle de qualidade do produto. (PACANA; SIWIEC, 2021).

### 3.7 Experimentos fatoriais

Em determinados processos de fabricação, a quantidade de fatores e suas relações podem gerar impactos e efeitos diversos no resultado de uma atividade. Os experimentos fatoriais permitem analisar as interações entre essas variáveis e que efeitos elas podem exercer sobre um processo ou produto. (BARROS NETO; SCARMINIO, BRUNS, 2010)

Para avaliar o impacto que um ou mais fatores geram sobre uma resposta, precisa-se trabalhar com dados experimentais seguros e ter plena certeza de que o resultado final será confiável e para tanto, como afirma Quinsler (2022, p.21), “Toda ciência que utiliza dados experimentais necessita de estatística como método de análise para que o pesquisador chegue a conclusões que tenham validade científica”.

Dessa forma, utilizando-se dos experimentos fatoriais como um campo da estatística, pode-se observar e avaliar as variações para reduzir os desperdícios, custos e possibilitar a melhoria contínua em processos de naturezas diversas.

## **4. METODOLOGIA**

As etapas e as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento de um modelo prático na produção de correias transportadoras serão apresentadas neste capítulo.

Essas fases e ferramentas utilizadas nesta pesquisa, servirão como um guia a ser aplicado em outros trabalhos de produtos e objetivos semelhantes para a redução de perdas.

### **4.1 Fluxo atual de produção da correia para transporte**

Para entendimento e visão do método de trabalho, mapearam-se as sequências das atividades realizadas atualmente no processo de confecção de uma correia transportadora, utilizando-se da ferramenta fluxograma.

O fluxograma produzido foi utilizado como parâmetro para as análises críticas da pesquisa, em que cada etapa do processo foi identificada com um número que será utilizado como referência no decorrer da pesquisa.

### **4.2 Levantamento dos desperdícios atuais**

Para uma melhor compreensão e comparação futura de resultados, realizou-se a mensuração da situação atual dos desperdícios, determinando a área das perdas ao longo dos processos de confecção da correia. Posteriormente realizou-se um acompanhamento de 30 (trinta) ordens de trabalho para determinar os valores dos percentuais de desperdícios.

### **4.3 Questionário de entrevistas**

Para a obtenção de dados dos possíveis fatores que contribuem para os desperdícios de materiais ao longo do fluxo de confecção, elaborou-se um questionário utilizando-se da ferramenta 5W2H. Esse questionário foi aplicado junto aos colaboradores envolvidos diretamente ao longo dos processos pertinentes de produção.

Para a realização da entrevista com os operadores, solicitou-se uma autorização assinada pelo departamento de Recursos Humanos (R.H.) da empresa, conforme Apêndice A.

#### 4.4 Avaliação da influência dos fatores no processo de prensagem

Um experimento fatorial completo de dois níveis foi criado para avaliar três fatores (nomeadamente: pressão, tempo e temperatura), que poderiam afetar a tração do produto 900025, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Experimento fatorial completo de dois níveis

Fatores	Parâmetro	Nível baixo (-)	Nível alto (+)
A	Pressão (bar)	1	7
B	Tempo (min)	3	7
C	Temperatura (° C)	166	174

Fonte: Elaboração própria..

Os principais objetivos desse experimento foi avaliar quais fatores influenciam na resistência à tração da correia e determinar quais as tolerâncias a serem especificadas como critério de aceitação de qualidade.

Para conhecimento, o ensaio de tração é um teste destrutivo realizado em uma amostra retirada da correia. Esse teste é efetuado através de um equipamento conhecido por dinamômetro (Tecsistel, Maxion R, Brasil). A amostra é tracionada até o seu ponto de ruptura e assim, é possível medir a força que a emenda feita no fechamento da correia suporta, utilizando-se da unidade de medida Newton (N).

A especificação aceitável para o resultado de ensaio de tração é de 143,75 N mínimo e 200,00 N máximo.

#### 4.5 Implementação e padronização

Para a determinação das ações de melhorias a serem implementadas, referentes aos fatores potenciais identificados, realizou-se uma reunião de análise crítica junto aos envolvidos e definiram-se as mudanças necessárias.

Implantaram-se as melhorias e realizou-se um treinamento do novo fluxo de confecção da correia junto aos colaboradores da produção.

Padronizaram-se, também, todos os documentos operacionais aplicáveis para a realização das atividades.

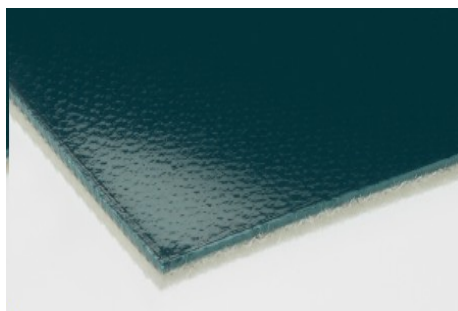
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Escolha do tipo de produto

Em reunião de análise crítica com a direção da empresa, alguns pontos foram levados em consideração para a definição da escolha do produto para ser objeto desta pesquisa, tais como: alto volume de vendas para clientes em geral, alto custo dos insumos, mão de obra utilizada para a confecção da correia e baixa complexidade dos processos.

O resultado do tipo de correia transportadora definida pela alta direção e que foi a base deste trabalho de pesquisa, é utilizada em aplicações de indústrias de impressões, têxteis, pneus, madeiras e fios, denominada internamente na empresa pelo código 900025 (Figura 10) e tem como descrição técnica: E 8/2 U0/V5 VERDE – Z 80°/70 mm.

Figura 10 – Vista de uma parte da correia 900025



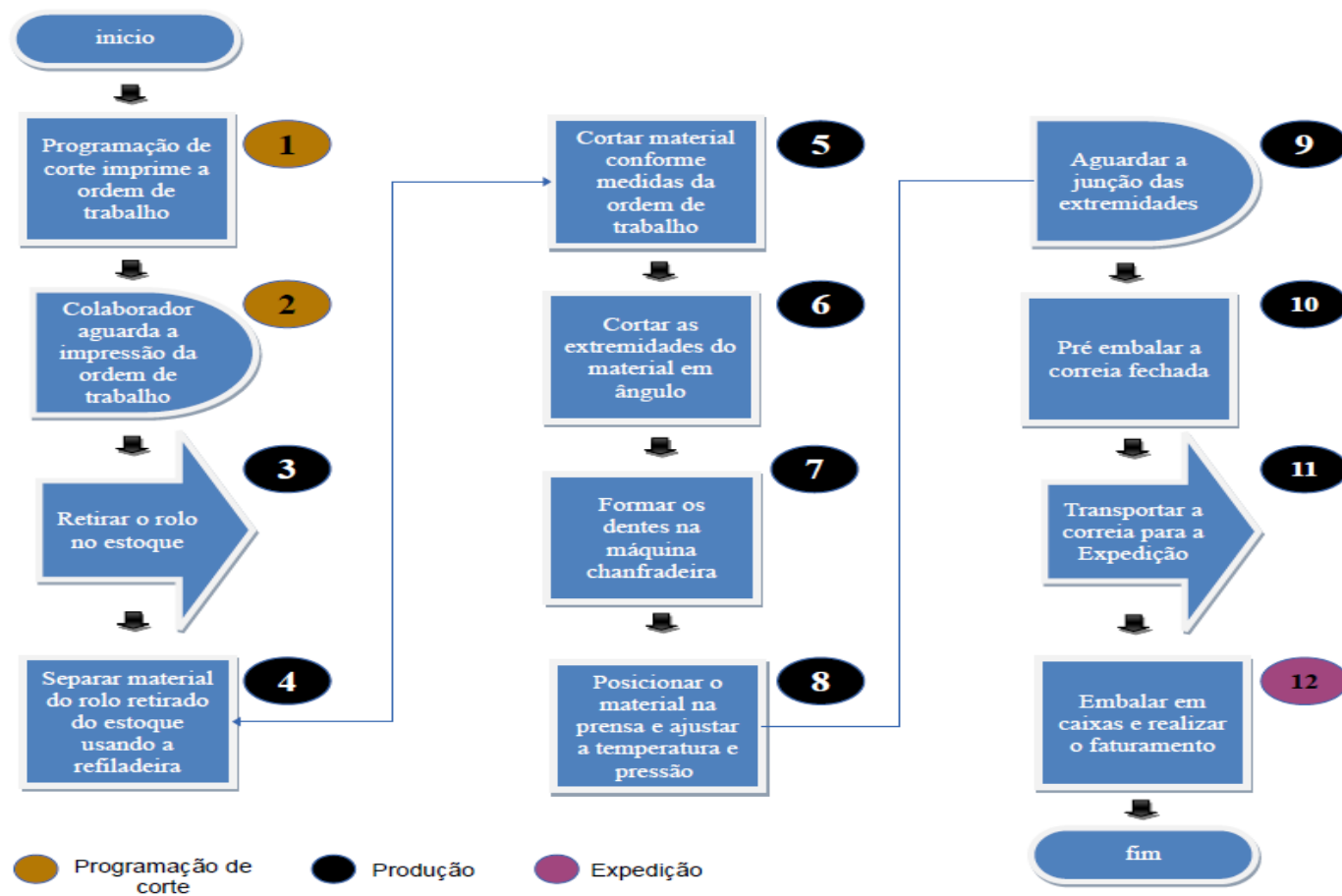
Fonte: Elaboração própria.

### 5.2 Mapeamento do processo atual

Conhecer a sequência das atividades realizadas no processo atual para produção das correias transportadoras foi fundamental para uma análise crítica mais detalhada.

Com a aplicação do fluxograma apresentado na Figura 11 foi possível observar com mais clareza os passos percorridos pela matéria-prima, a interação dessas tarefas e identificação de falhas potenciais. Nesse fluxograma foi identificada cada etapa através de uma numeração sequencial de 1 a 12 que permitiu usá-las como referência no decorrer do desenvolvimento desta pesquisa. As etapas 1 e 2 referem-se ao processo de programação de corte e a etapa 12 ao processo de expedição. Essas etapas não fazem parte do produto deste trabalho científico por não se tratarem de processos diretos ligados à produção da correia.

Figura 11 – Fluxograma de referência confecção



Fonte: Elaboração própria.

### 5.3 Valor dos desperdícios atuais com materiais

Para o levantamento dos desperdícios atuais existentes nas etapas do processo de fabricação das correias transportadoras, foram acompanhadas 30 ordens de trabalho.

Foi mantido um padrão de tamanho para esse levantamento de dados, em que as O.T. indicavam como medida final da correia a ser entregue ao cliente as dimensões de 6,45 x 2,00 m (comprimento x largura), emenda Z com um ângulo de 80°. O rolo selecionado pela programação de corte a ser retirado no estoque pelo operador foi de 2,00 m de largura, ou seja, a mesma medida final da correia solicitada na ordem de trabalho.

Das etapas do fluxograma de processo de produção (etapas de 3 a 11), foi possível observar os registros dos resultados de perdas coletados nas etapas 4, 5, 6, 7 e 9. Nas etapas 3, 8, 10 e 11, não foram detectadas perdas reais ou potenciais de material.


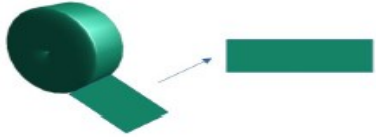








Os valores das perdas com materiais registrados foram fundamentados para os cálculos matemáticos de área, conforme apresentados na Figura 12. Nessa Figura 12 podem-se observar, de forma ilustrativa, as perdas em cada etapa do processo e as fórmulas de cálculo aplicadas.

As perdas detectadas nas respectivas etapas do fluxograma de cada ordem de trabalho estão registradas no Quadro 12, na unidade de medida  $m^2$ , assim como o total dessas perdas e a fórmula matemática aplicada. Nesse mesmo documento, é possível ainda verificar os percentuais das etapas impactadas do fluxograma.

Adotando-se a ordem de trabalho número 1 como exemplo, observou-se que na etapa 4 do Quadro 12, que representa a separação do material do rolo, conforme fluxograma da Figura 11, o operador separou  $14,7 m^2$  de material do rolo, em que se perdeu, dessa metragem, o valor de  $0,9 m^2$  na etapa 5, de  $0,76 m^2$  na etapa 6 e de  $0,31 m^2$  na etapa 7, totalizando  $1,97 m^2$  de perda de material. Dividindo-se esse valor de  $1,97 m^2$  pelo valor do material separado do rolo ( $14,7 m^2$ ), obtêm-se o resultado de 0,1340, que multiplicado por 100, resulta o correspondente a 13,40 % de perda.


Após esse levantamento de informações para todas as demais ordens de trabalho, foi possível através dos Gráficos 1 e 2 ter uma melhor visualização das perdas no cenário atual. O Gráfico 1 mostra que a perda total na execução de uma O.T. da correia transportadora 900025 – E 8/2 U0/V5 VERDE – Z 80°/70 mm variou entre 10,56 % e 17,45 %, com uma média de 14,00 %. O Gráfico 2 revela que essa faixa de desperdício, em metros quadrados, varia de  $1,51 m^2$  a  $2,53 m^2$ , com uma média de  $2,02 m^2$  por ordem de trabalho.

Figura 12 – Cálculo de área das perdas com material

 <b>CÁLCULO DE ÁREA DAS PERDAS</b>			
<b>Etapas do Fluxo</b>	<b>ILUSTRAÇÃO DO PROCESSO</b>	<b>PERDAS</b>	<b>CÁLCULO DE ÁREA</b>
<b>4</b>		NÃO APLICÁVEL	NÃO APLICÁVEL
<b>5</b>			<b>ÁREA RETÂNGULO = BASE X ALTURA</b> (aplicar duas vezes)
<b>6</b>			<b>ÁREA TRIÂNGULO = (BASE x ALTURA)/2</b> (aplicar duas vezes)
<b>7</b>			<b>ÁREA RETÂNGULO = (LADO x LADO)</b> (aplicar duas vezes)  <b>ÁREA TRIÂNGULO = ((BASE x ALTURA)/2) x N° DE DENTES</b> (aplicar duas vezes)
<b>9</b>			<b>ÁREA RETÂNGULO = (LADO x LADO)</b>  <b>ÁREA TRIÂNGULO = ((BASE x ALTURA)/2) x N° DE DENTES</b> (aplicar duas vezes)

Fonte: Elaboração própria.

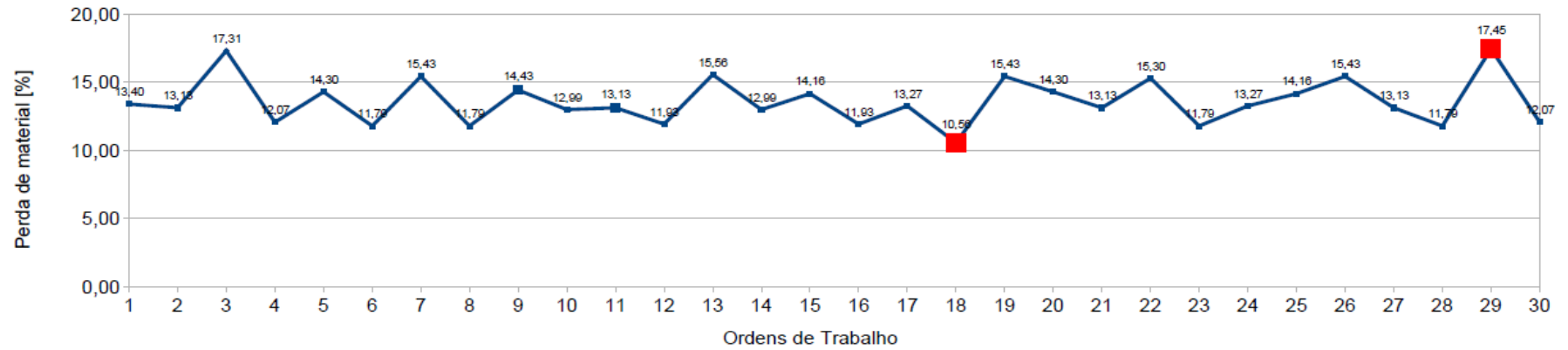
Quadro 12 – Registro das perdas

		Desperdícios – 30 ORDENS DE TRABALHO – O.T.																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PERDAS	Etapa do Fluxo																														
	Etapa 4	14,7	14,7	14,5	14,5	14,9	14,5	15,1	14,5	14,9	14,7	14,7	14,5	15,1	14,7	14,9	14,5	14,7	14,3	15,1	14,9	14,7	15,1	14,5	14,7	14,9	15,1	14,7	14,5	14,5	14,5
	Etapa 5	0,9	0,9	1,5	0,7	1,1	0,7	1,3	0,7	1,1	0,9	0,9	0,7	1,3	0,9	1,1	0,7	0,9	0,5	1,3	1,1	0,9	1,3	0,7	0,9	1,1	1,3	0,9	0,7	1,5	0,7
	Etapa 6	0,76	0,72	0,7	0,74	0,72	0,7	0,72	0,7	0,74	0,7	0,72	0,72	0,74	0,7	0,7	0,72	0,74	0,7	0,72	0,72	0,72	0,7	0,7	0,74	0,7	0,72	0,72	0,7	0,72	0,74
	Etapa 7	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
	Etapa 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL DE PERDAS - m <sup>2</sup>	1,97	1,93	2,51	1,75	2,13	1,71	2,33	1,71	2,15	1,91	1,93	1,73	2,35	1,91	2,11	1,73	1,95	1,51	2,33	2,13	1,93	2,31	1,71	1,95	2,11	2,33	1,93	1,71	2,53	1,75
	TOTA DE PERDAS - %	13,40	13,13	17,31	12,07	14,30	11,79	15,43	11,79	14,43	12,99	13,13	11,93	15,56	12,99	14,16	11,93	13,27	10,56	15,43	14,30	13,13	15,30	11,79	13,27	14,16	15,43	13,13	11,79	17,45	12,07

FÓRMULAS	
TOTAL DE PERDAS	soma das etapas 5 / 6 / 7 / 9
% PERDA	(TOTAL DE PERDA / ETAPA 4)*100

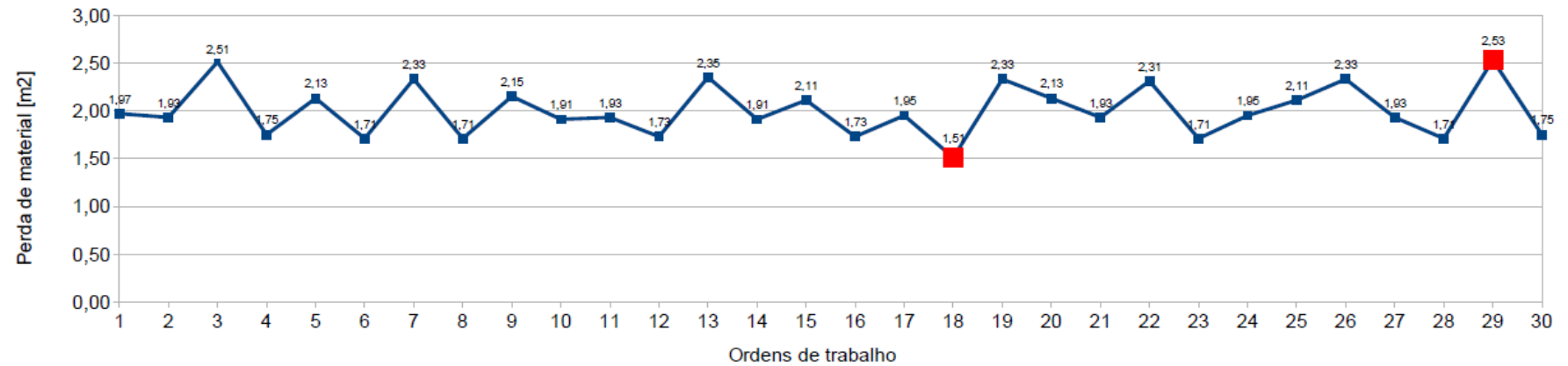
Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 1 – Total de perdas por ordem de trabalho em porcentagem



Fonte: Elaboração própria..

Gráfico 2 – Total de perdas por ordem de trabalho em metros quadrados



Fonte: Elaboração própria.

Além do total de perdas por ordem de trabalho em porcentagem, apresentado no Gráfico 1, foram calculadas as perdas em cada etapa do fluxograma. Abaixo, são apresentadas as variações entre o menor e o maior valor encontrado, bem como a média dessas duas variações.


Etapa 5 – variação de desperdício de 3,50 % a 10,34 %, média de 6,92 %.

Etapa 6 – variação de desperdício de 4,64 % a 5,17 %, média de 4,90 %.

Etapa 7 – variação de desperdício de 2,05 % a 2,17 %, média de 2,11 %.

Para exemplificar, a fórmula matemática utilizada na etapa nº5 da ordem de trabalho 1, tem-se o valor de 0,9 m<sup>2</sup>, conforme apresentado no Quadro 12. Esse valor é dividido pelo valor obtido na etapa 4, que é de 14,7 m<sup>2</sup>, resultando em 0,0612. Em seguida, multiplica-se esse resultado por 100, obtendo-se 6,12 % de perda de material. Na etapa 9, que corresponde ao fechamento da correia por meio da máquina de prensagem, não houve desperdícios. Esse tipo de perda é altamente significativo quando ocorre, pois, além das perdas de materiais já mencionadas, também inclui a parte útil do material, ou seja, a correia a ser entregue ao cliente. Esse tipo de perda resultaria em 100 % de desperdício no total. Em um primeiro momento, esses valores podem não ser significativos, se for considerada apenas a produção de uma ordem de trabalho, mas, se for levado em conta o valor do preço de compra do m<sup>2</sup> da matéria-prima usada na correia e as perdas em uma quantidade maior de produção de ordens de trabalho, os custos com as perdas tornam-se significativos para a empresa, considerando que, a média da perda por O.T. = 2,02 m<sup>2</sup> e o preço de compra da matéria-prima = R\$ 35,00 o m<sup>2</sup>. É apresentada no Quadro 13 uma simulação dos custos com as perdas de materiais levando em conta uma quantidade regular de ordens de trabalho fabricadas ao longo de um período.

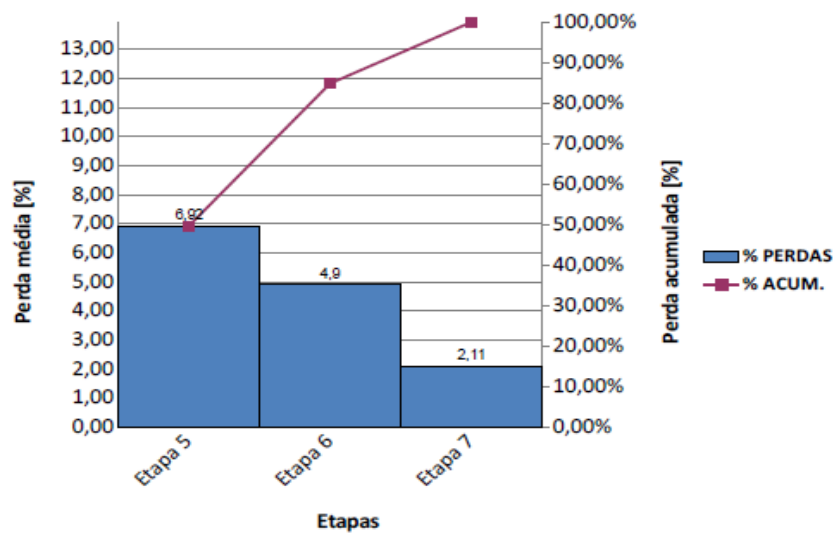
Quadro 13 – Custos das perdas (R\$)

		Custos Das perdas (R\$)
Período	Quantidade de OT	
1 hora	1	70,70
1 dia	6	424,20
1 semana	30	2.121,00
1 mês	120	8.484,00
1 ano	1440	101.808,00

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com os dados do Quadro 13, cada ordem de trabalho é realizada em aproximadamente 1 hora, com uma perda média de 2,02 m<sup>2</sup> de material, conforme mostrado no Gráfico 2. O custo de compra da matéria-prima para a fabricação da correia 900025 é de R\$ 35 por m<sup>2</sup>, o que significa que, em cada ordem de trabalho, o custo com a perda de material é de R\$ 70,70. Ao longo de um ano, com a produção de 1.440 correias, isso resulta em uma perda total de R\$ 101.808,00. No Gráfico 3 é possível observar as médias das porcentagens de desperdícios e suas respectivas porcentagens acumulativas por etapa do processo de produção.

Gráfico 3 – Médias das porcentagens de perdas por etapa



Fonte: Elaboração própria.

Pode-se verificar no Gráfico 3 que a etapa 5 foi a que obteve o maior desperdício com média de perda de 6,92 %, seguida da etapa 6 com 4,90 % e da etapa 7 com 2,11 %.

Era esperado que a etapa 5 apresentasse a maior porcentagem de perda, devido ao fato de que a tarefa de separar o material do rolo é realizada com base no critério do próprio operador ao medir o comprimento. A especificação na ordem de trabalho indica apenas o valor mínimo a ser seguido, o que pode contribuir para variações e, conseqüentemente, maiores perdas. É possível ainda observar no Gráfico 3 que a etapa 5 equivale há 49,68 % de todas as perdas levantadas na coleta de dados, já a etapa 6 com 35,18 % e a etapa 7 com 15,15 %. Observa-se ainda que, na curva da perda acumulada, eliminando-se as perdas das etapas 5 e 6, tem-se uma redução equivalente a 84,85 %; um resultado bem significativo.

## 5.4 Resultado do questionário aplicado

Foi realizado junto aos colaboradores que atuam diretamente nos processos de fabricação das correias transportadoras um *Brainstorm* para a obtenção de possíveis fatores, ações a serem tomadas, frequência dos acontecimentos e locais de desperdícios.

Participaram desse levantamento de ideias 10 operadores, em que, as questões sugeridas foram fundamentadas no emprego da ferramenta 5W2H.

Durante a obtenção dos dados, as informações foram sendo inseridas no questionário de entrevistas e cada questão foi aplicada em cada etapa do fluxo de processo de produção.

Nessa fase do questionário, além das perdas de materiais, foram observados as perdas relacionadas com tempo de execução, distância e postura do operador.

Sendo assim, foram consideradas da etapa 3 até a etapa 11 do processo de produção.


As questões formuladas foram direcionadas para a busca de resultados específicos, como apresentadas e explicadas a seguir:

- Que equipamento, máquina, ferramenta, apresenta maior desperdício? (Visa o local com maior desperdício);
- Por que ocorre esse desperdício? (Busca o motivo, as causas);
- Isso ocorre com que frequência nas ordens de trabalho? (Procura identificar um padrão de horários, datas, etc);
- Esse desperdício ocorre com todos os operadores? (Identifica o responsável que permita adiante uma aplicação de treinamento);
- O que esse desperdício afeta na prática? (Avalia o que objetivamente representa no dia a dia);
- Como esse desperdício poderia ser eliminado e/ou mitigado? (Analisa no processo melhorias potenciais).

A pergunta representada pela letra “A” no questionário de entrevistas do Quadro 14, aponta de forma inicial os fatores potenciais de cada etapa que serão mais adiante organizados de forma visual em um diagrama de causa e efeito.

Já a questão representada pela letra “B” no questionário de entrevistas do Quadro 14, observou-se também em fase inicial as possíveis sugestões de melhorias já apontadas pelos colaboradores, que também serão mais exploradas posteriormente nesse trabalho.

Quadro 14 – Questionário de entrevistas

	QUESTIONÁRIO DE ENTREVISTAS – 5W2H					
Etapas do Fluxo	Que equipamento, máquina, ferramenta, apresenta maior desperdício? (Onde?)	<b>A</b> Por que ocorre esse desperdício? (Por que?)	Isso ocorre com que frequência nas O.Ts? (Quando?)	Esse desperdício ocorre com todos os operadores? (Quem?)	O que esse desperdício afeta na prática? (O que?)	<b>B</b> Como esse desperdício poderia ser eliminado e/ou mitigado? (Como?)
<b>3</b>	Galpão de rolos	Distância do estoque Acabamento em geral	Rolo localização galpão Materiais com certo tempo no estoque	Todos	Distância e tempo em localizar o rolo no galpão Perda de material	Aproximação dos rolos Mudança de lay-out Proteção do rolo
<b>4</b>	Refiladeira suporte rolo	Refiladeira sem recurso Falta de critério do operador	Todas	Não	Perda de material	Ajuste de corte na refiladeira Treinamento
<b>5</b>	Piso da fábrica	Refiladeira sem recurso	Todas	Todos	Postura do operador Perda de material	Mesa para corte Ajuste de corte na refiladeira
<b>6</b>	Piso da fábrica	Refiladeira sem recurso	Todas	Todos	Postura do operador Perda de tempo	Mesa para corte Corte em ângulo na mesa
<b>7</b>	Chanfradeira	Chanfradeira sem limitador	Todas	Todos	Perda de material	Ajuste do limitador de dente
<b>8</b>	Prensa	Levantamento manual da prensa	Todas	Todos	Tempo de espera	Automação do levantamento da prensa
<b>9</b>	Prensa	Temperatura, pressão e tempo manual	Todas	Todos	Perda de material	Automação da pressão e temperatura
<b>10</b>	Piso da fábrica	Falta de mesa	Todas	Todos	Postura do operador	Mesa para pré embalar
<b>11</b>	Manual	Falta de carrinho Distância da expedição	Todas	Todos	Postura do operador Tempo de espera	Carrinho para transporte Mudança de lay-out

Fonte: Elaboração própria.

## 5.5 Análise crítica do questionário aplicado

Uma vez obtido o levantamento de dados no item anterior, foi realizada uma análise crítica das etapas do processo de produção, esclarecendo os pontos citados pelos colaboradores no questionário aplicado e ilustrando através de fotos os apontamentos, comentários e observações das dificuldades e perdas de material na prática atual realizada.

Essa análise possibilitou realizar uma melhor avaliação e identificação dos problemas verificados *in loco*.

Nesta fase, é possível observar e comentar de forma mais técnica os detalhes intrínsecos dos equipamentos e das atividades, bem como os conhecimentos compartilhados pelos operadores que atuam diretamente no processo. Essas observações fornecem uma visão mais aprofundada sobre o funcionamento das máquinas, a execução das tarefas e as práticas adotadas pelos colaboradores, permitindo identificar oportunidades de melhoria e otimização.

Etapa 3: O estoque de rolos é armazenado em um galpão, localizado a uma distância significativa da área de produção da correia, aproximadamente 50 metros. O material é transportado por empilhadeira, o que resulta em um tempo considerável para buscá-lo devido à distância. Além disso, dependendo da localização do rolo no galpão, é necessário retirar vários outros rolos para acessar o material desejado. A Figura 13 ilustra esse ponto de forma destacada.

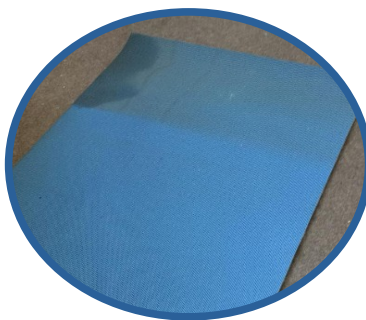
Figura 13 – Estoque galpão



Fonte: Elaboração própria.

No galpão, dependendo do tempo que o material fica no estoque, gera-se o aparecimento de manchas nos rolos decorrentes de goteiras, altas temperaturas, poeira e até mesmo por conta de animais como gatos, levando assim aos problemas de acabamentos e descartes parciais, conforme Figura 14.

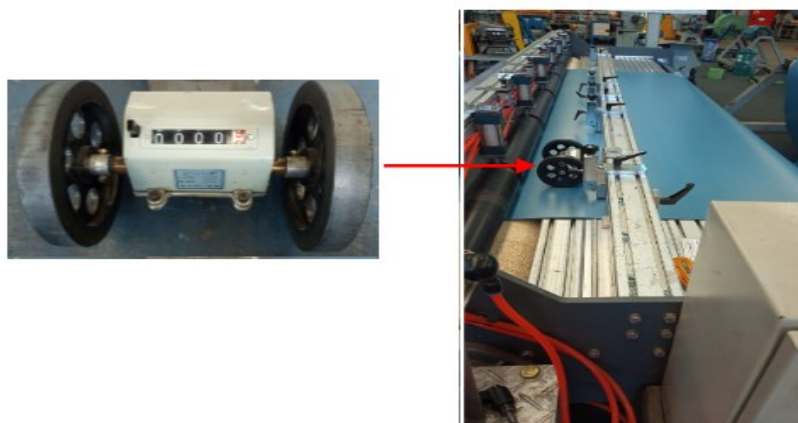
Figura 14 – Visualização de mancha na parte superior esquerda do material



Fonte: Elaboração própria..

Etapa 4: O material a ser separado do rolo possui um comprimento mínimo especificado na ordem de trabalho, que deve ser seguido pelo operador no momento do primeiro corte. Isso leva o operador a separar o material em medidas maiores do que o necessário para as operações subsequentes, resultando em perdas. A refiladora (Figura 15), que é responsável por garantir a largura do material por meio de ajustes, não oferece recursos para medir o comprimento. A medição do comprimento é feita com um equipamento conhecido como carrinho contador de metros. A separação do material do rolo é realizada com o auxílio de um estilete, o que resulta em cortes irregulares nas extremidades.

Figura 15 – Foto da refiladora e no detalhe o contador de comprimento

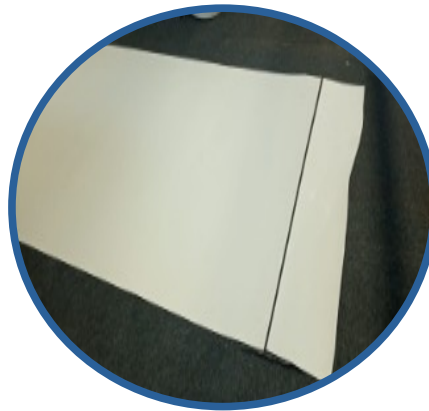


Fonte: Elaboração própria.

Etapa 5: Após o material a ser trabalhado estar separado do rolo, é necessário nesse momento retirar as extremidades irregulares devido ao estilete não assegurar a linearidade do corte, conseqüentemente o excesso de material que ficou acima da medida mínima solicitada na ordem de trabalho será eliminada e desperdiçada (Figura 16).

A medição é feita com auxílio de uma trena e o processo é realizado no piso, gerando de certa forma um desconforto ergonômico ao trabalhador.

Figura 16 – Detalhe de extremidade irregular causada pelo corte com o estilete



Fonte: Elaboração própria.

Etapa 6: O material terá suas extremidades cortadas em um ângulo de  $80^\circ$  com auxílio de um esquadro (Figura 17). Nessa etapa, além da perda de material também há perda de tempo de execução dessa atividade, pois exige que sejam feitas marcações dimensionais no material para garantir o ângulo preciso. Essa etapa também é realizada no piso da fábrica causando assim uma postura inadequada ao operador.

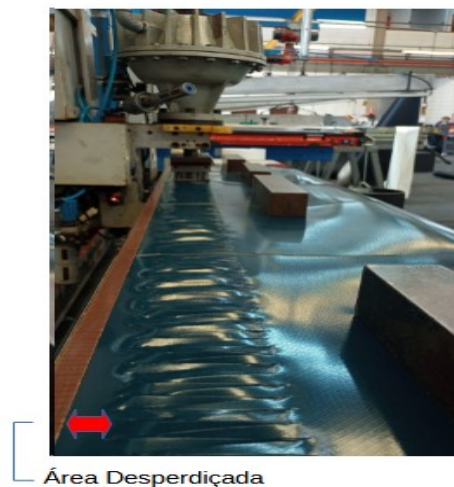
Figura 17 – Esquadro de metal com ângulo de  $80^\circ$



Fonte: Elaboração própria..

Etapa 7: Quando posicionado o material com as extremidades em ângulo na chanfradeira para a realização da operação de formação dos dentes, observa-se que esse equipamento não possui um limitador de ajuste que permita reduzir a área existente atrás dos dentes formados, conforme Figura 18. Essa região é desconsiderada durante o processo e representa uma perda de material.

Figura 18 – Equipamento chanfradeira, indicado em vermelho, no canto esquerdo abaixo da figura, a região da perda de material



Fonte: Elaboração própria.

Etapa 8: Na prensa utilizada para o fechamento da correia (Figura 19), o movimento de subida e descida é realizado manualmente por meio de um guincho. Esse processo manual acaba demandando tempo adicional para a preparação do material junto ao equipamento, impactando a eficiência do trabalho.

Figura 19 – Prensa para fechamento de correias 900025



Fonte: Site da Empresa Forbo Siegling Brasil.

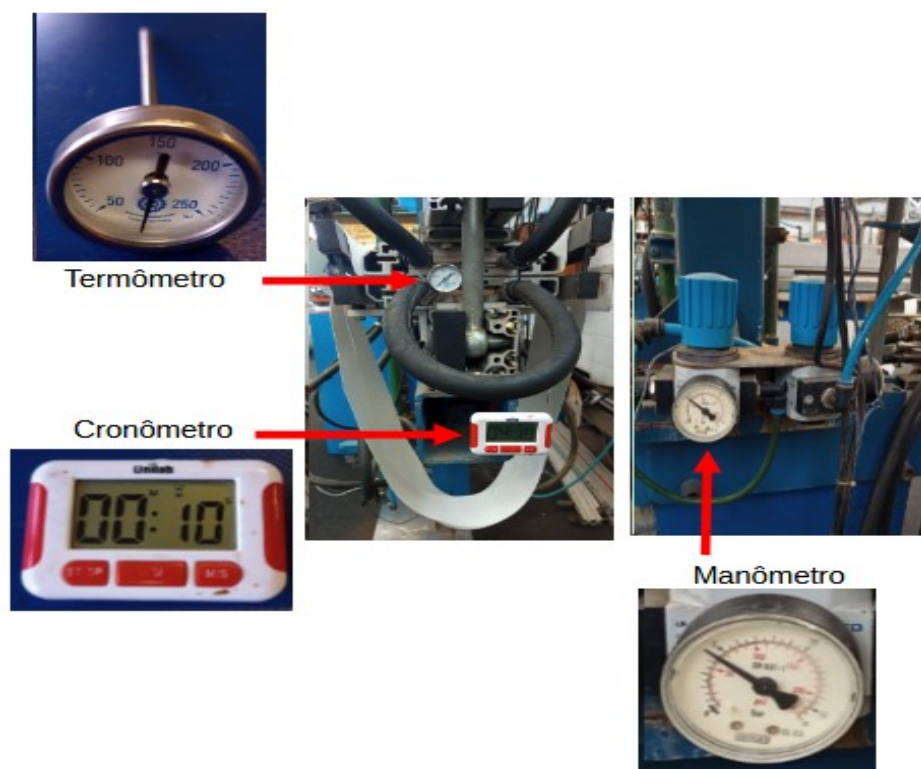
Disponível em: <https://www.forbo.com/movement/en-gl/splicing/splicing/water-cooled-splicing-tools/p5o5q0>

Observa-se que o ajuste e monitoramento da pressão é feito através de um manômetro. Já a temperatura é ajustada manualmente, ligando e desligando a prensa, e seu monitoramento é feito com um termômetro de haste (Figura 20).

Etapa 9: O tempo de prensagem é ajustado pelo próprio operador através de um cronômetro, onde, o operador configura o tempo desejado e um alerta sonoro o comunica quando finalizado, conforme Figura 20.

O valor da temperatura, pressão e tempo de prensagem são especificados no documento denominado de instrução de processo.

Figura 20 – Instrumentos para monitoramento da pressão, temperatura e tempo, durante o processo de prensagem



Fonte: Elaboração própria..

Foi relatado pelos operadores que os valores desses parâmetros nem sempre são seguidos e que essas especificações já passaram por diversas alterações.

Configurações inadequadas, queda da energia elétrica ou tempo de prensagem acima do solicitado, gera a queima da emenda e com isso se perde toda a correia.

A seguir, na Figura 21 observa-se um caso de uma queima, ocorrida na região da emenda, por excesso de tempo de prensagem.

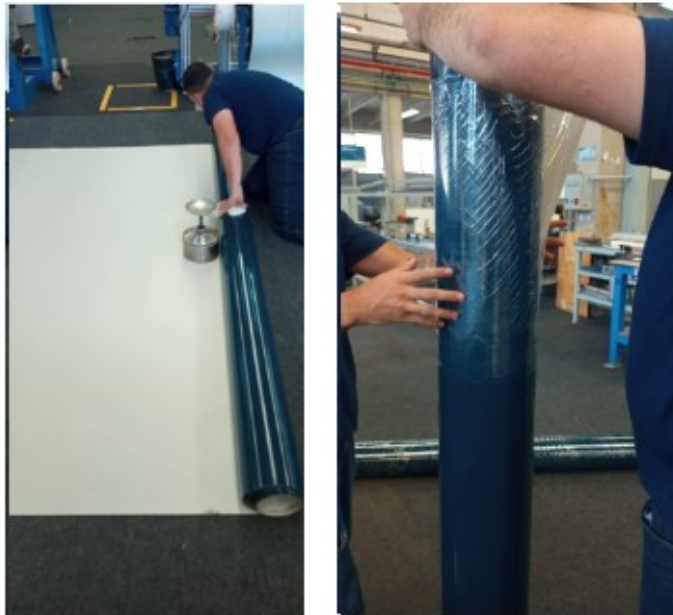
Figura 21 – Visualização de queima na emenda devido ao excesso de tempo de prensagem



Fonte: Elaboração própria.

Etapa 10: A pré-embalagem da correia pronta é realizada diretamente no chão da fábrica (Figura 22), o que levanta novamente a questão da ergonomia no ambiente de trabalho.

Figura 22 – Pré-embalagem



Fonte: Elaboração própria.

Etapa 11: Na Figura 23, verificou-se que as correias são encaminhadas para a expedição de forma manual. Além da questão da postura do colaborador também existe o fator do tempo de deslocamento.

Figura 23 – Deslocamento expedição



Fonte: Elaboração própria.

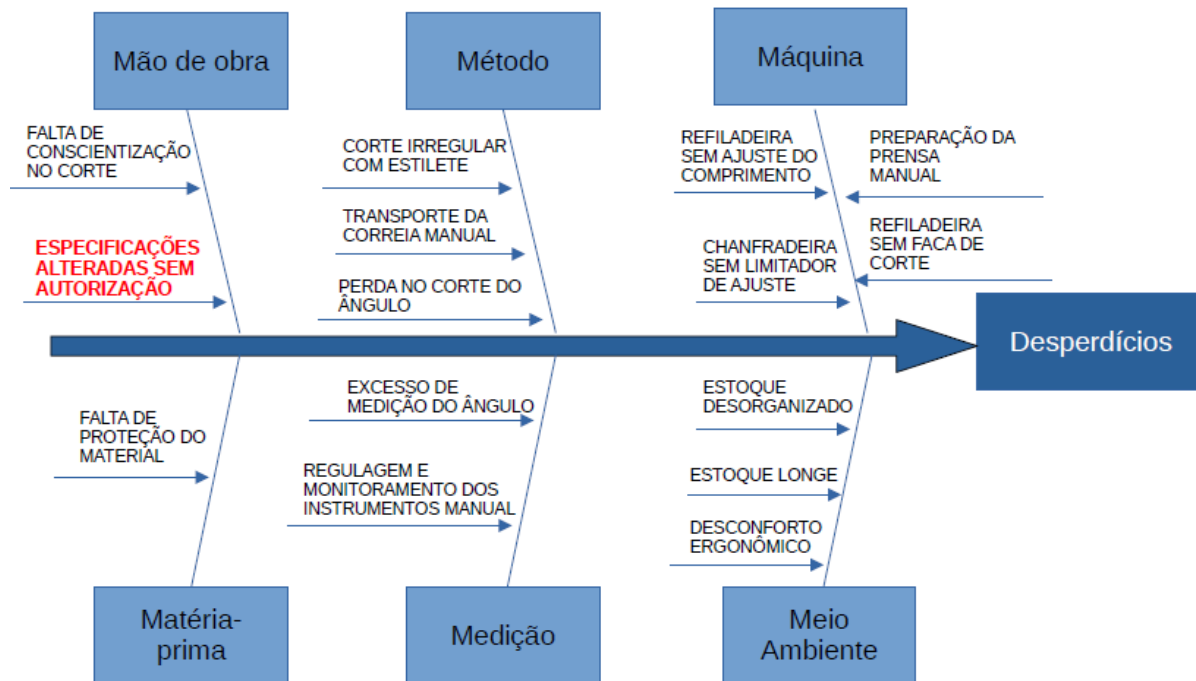
## 5.6 Levantamento das causas

Para uma melhor visualização das causas apontadas pelos operadores após o levantamento de dados da coluna "A" do Quadro 14, essas informações foram organizadas e categorizadas na Figura 24, utilizando-se os 6M's.

O diagrama de causa e efeito foi empregado para ilustrar essas causas de maneira mais clara e estruturada.

Na categoria mão de obra, destaca-se a causa levantada durante a análise crítica da etapa 9 do fluxograma (Figura 11), em que, as especificações de temperatura, pressão e tempo de prensagem são alteradas sem alguma análise prévia e/ou sem autorização do Coordenador pertinente. Com base nas causas relatadas pelos operadores, foi realizado, na seção “5.7 Resultado do experimento fatorial  $2^3$  no processo de prensagem”, um estudo mais detalhado das relações entre as variáveis influentes e seus efeitos no estágio de fechamento das correias nas prensas. O objetivo foi estabelecer uma especificação padrão a ser seguida, para otimizar o processo.

Figura 24 – Levantamento das causas



Fonte: Elaboração própria.

### 5.7 Resultado do experimento fatorial $2^3$ no processo de prensagem

Foi analisado um experimento fatorial com o objetivo de determinar como a pressão, o tempo e a temperatura de trabalho influenciam a tração do produto 900025. Para a análise, utilizou-se o software Minitab® Statistical Software 22.

Quanto aos níveis, os mesmos foram considerados como nível baixo (-) e nível alto (+) e seus valores foram representados por:

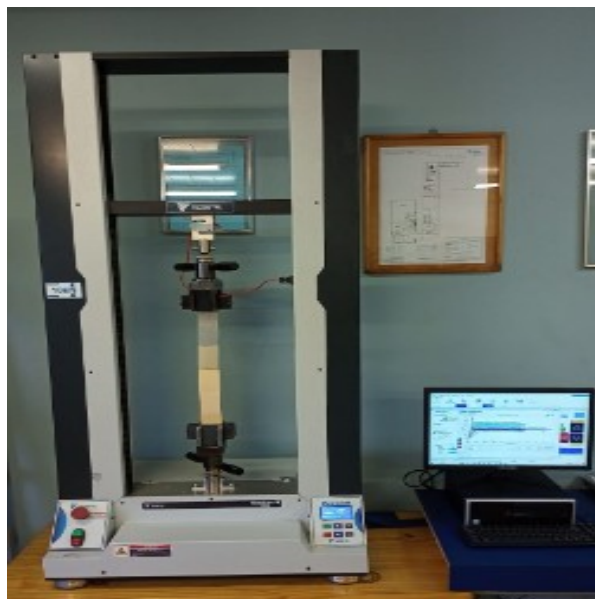
- Temperatura de 166 °C no nível baixo e 174 °C no nível alto.
- Tempo de 3 minutos no nível baixo e 7 minutos no nível alto.
- Pressão de 1 bar no nível baixo e 7 bar no nível alto.

Para a obtenção dos resultados, foi realizado o ensaio de tração, utilizando uma máquina de ensaios (Tecsistel, Maxion R, Brasil), conforme ilustrado na Figura 25.

Foram realizadas duas repetições para cada um dos oito tratamentos, totalizando 16 experimentos.

A ordem dos ensaios de 1 a 16 foi feita de forma aleatória, utilizando um sorteio, realizado manualmente.

Figura 25 – Máquina de ensaio de tração



Fonte: Elaboração própria.

Na realização do experimento fatorial  $2^3$  foram tomados alguns cuidados para garantir que as incertezas de medições não interferissem de forma impactante no processo de execução do estudo, tais como as mencionadas a seguir.

- A preparação das amostras para os testes de tração foram realizados conforme procedimento operacional – PO 005 revisão 00.

- As prensagens das amostras foram realizadas entre os horários das 8:00 horas e 9:00 horas. Dessa forma, garantiu-se que a temperatura do ambiente ficasse entre 20 °C a 22 °C, monitorada com auxílio de um termômetro digital de haste metálica, com resolução de 0,01 °C.

- O operador possui experiência e treinamento para realização da atividade de prensagem.

- A prensa (Mussel, SMHP, Alemanha), estava com a manutenção preventiva em dia. Foi também verificada, antes do início dos experimentos, a temperatura em toda a sua extensão, através da etiqueta de verificação de temperatura, conforme Figura 26.

- Os instrumentos de medição estavam com as verificações/Calibrações aprovadas.

- Os testes de tração foram realizados no Laboratório em condições controladas.

- A máquina de tração estava com a calibração aprovada.

- Os testes de tração foram realizados conforme instrução de trabalho – IT 041 rev.00.

Figura 26 – Etiqueta para verificação de temperatura



Fonte: Elaboração própria.

### 5.7.1. Dados do delineamento fatorial $2^3$ completo

Na tabela 2, observa-se a esquematização das combinações entre os níveis altos e baixos das variáveis pressão, tempo e temperatura.

Os dezesseis experimentos foram realizados de forma aleatória e os resultados das trações obtidas são apresentadas a seguir.

Tabela 2 – Dados do delineamento

Ordem dos ensaios	Pressão (bar)	Tempo (min)	temperatura (°C)	Tração (N)
1	1	-1	-1	122
2	1	1	1	126
3	-1	1	-1	177
4	-1	-1	1	187
5	1	-1	1	125
6	1	1	-1	123
7	1	1	1	128
8	-1	1	-1	175
9	1	-1	1	127
10	1	-1	-1	120
11	-1	-1	1	186
12	-1	1	1	178
13	-1	-1	-1	192
14	-1	1	1	181
15	1	1	-1	124
16	-1	-1	-1	190

Fonte: Minitab® Statistical Software 22.

### 5.7.2. Regressão fatorial: Tração versus Pressão, Tempo e Temperatura

Os VIFs (VIF é o fator de inflação da variância e avalia a significância estatística do coeficiente angular da reta de regressão linear simples) são iguais a um, indicando que os termos no modelo não estão correlacionados e devem ser incluídos no modelo final.

Na Tabela 3 observam-se os dados dos coeficientes codificados.

Já o erro padrão do coeficiente (EP de Coef), mede o grau de precisão com que o modelo estima o valor desconhecido do coeficiente.

Assim um EP de Coef igual a 0,348, considerado pequeno, indica que a média da amostra é uma estimativa precisa da média populacional.

Tabela 3 – Dados dos coeficientes codificados

<b>Termo</b>	<b>Efeito</b>	<b>Coef</b>	<b>EP de Coef</b>	<b>Valor-T</b>	<b>Valor-P</b>	<b>VIF</b>
Constante		153,813	0,348	442,01	0	
Pressão (bar)	-58,875	-29,438	0,348	-84,59	0	1
Tempo (min)	-4,625	-2,312	0,348	-6,65	0	1
Temperatura (°C)	1,875	0,938	0,348	2,69	0,027	1
Pressão (bar)*Tempo (min)	6,375	3,188	0,348	9,16	0	1
Pressão (bar)*Temperatura (°C)	2,375	1,188	0,348	3,41	0,009	1
Tempo (min)*Temperatura (°C)	1,625	0,813	0,348	2,33	0,048	1
Pressão (bar)*Tempo (min)*Temperatura (°C)	-2,375	-1,188	0,348	-3,41	0,009	1

Fonte: Minitab® Statistical Software 22.

O valor de  $R^2$  mostra que o modelo explica 99,89 % da variação em tração, o que indica que o modelo ajusta os dados extremamente bem, conforme o sumário do modelo da Tabela 4. O  $R^2$  previsto (pred) determina o quão bem um modelo de regressão faz previsões.

Tabela 4 – Sumário do modelo

<b>S</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup>(aj)</b>	<b>R<sup>2</sup>(pred)</b>
<b>1,39194</b>	<b>99,89%</b>	<b>99,80%</b>	<b>99,56%</b>

Fonte: Minitab® Statistical Software 22.

Na Tabela 5 da Análise de Variância, os valores-p para todos os termos lineares — pressão, tempo e temperatura — e as interações bidirecionais são significativos. Como os valores-p são inferiores ao nível de significância de 0,05, conclui-se que os efeitos são estatisticamente significativos. Portanto, não se pode considerar a redução do modelo.

Tabela 5 – Análise de variância

Fonte	GL	SQ(Aj.)	QM (Aj.)	ValorF	Valor-P
Modelo	7	14182,9	2026,1	1045,75	0
Linear	3	13964,7	4654,9	2402,53	0
Pressão (bar)	1	13865,1	13865,1	7156,16	0
Tempo (min)	1	85,6	85,6	44,16	0
Temperatura (°C)	1	14,1	14,1	7,26	0,027
Interações de 2 fatores	3	195,7	65,2	33,67	0
Pressão (bar)*Tempo (min)	1	162,6	162,6	83,9	0
Pressão (bar)*Temperatura (°C)	1	22,6	22,6	11,65	0,009
Tempo (min)*Temperatura (°C)	1	10,6	10,6	5,45	0,048
Interações de 3 fatores	1	22,6	22,6	11,65	0,009
Pressão (bar)*Tempo (min)*Temperatura (°C)	1	22,6	22,6	11,65	0,009
Erro	8	15,5	1,9		
Total	15	14198,4			

Fonte: Minitab® Statistical Software 22.

A seguir é apresentada pelo *Minitab* a equação de regressão para o ensaio de tração.

Na seção “5.9 Implementação das melhorias”, foi possível utilizar essa fórmula para determinar os valores ideais das variáveis, de forma a atender à especificação de tração definida pela Engenharia e a reduzir custos, como os de energia.

$$T = 153.8 - 29.4 A - 2.3 B + 0.9 C + 3.2 AB + 1.2 AC + 0.8 BC - 1.2 ABC$$

onde, T representa valor de tração (N); A, B, C representam pressão (bar), tempo (min) e temperatura (°C), respectivamente.

A equação de regressão obtida, permitiu observar a sensibilidade do modelo em relação às variáveis independentes (pressão, tempo e temperatura). Ao substituir os valores dos parâmetros A, B e C da equação, notou-se que pequenas variações nestes parâmetros, resultaram em mudanças relativamente abruptas no valor estimado da tração (T).

Esse comportamento evidenciou que a equação é sensível a flutuações nos fatores de entrada. Essa sensibilidade indicou que, embora o modelo otimizado forneça excelentes resultados sob condições ideais, ele pode responder de forma significativa a desvios operacionais comuns na linha de produção.

Assim, a análise reforçou a importância de controlar rigorosamente as variáveis do processo para garantir a robustez e a confiabilidade dos dados, por meio de ações como a calibração adequada dos instrumentos de medição, a manutenção preventiva das máquinas e o treinamento dos colaboradores.

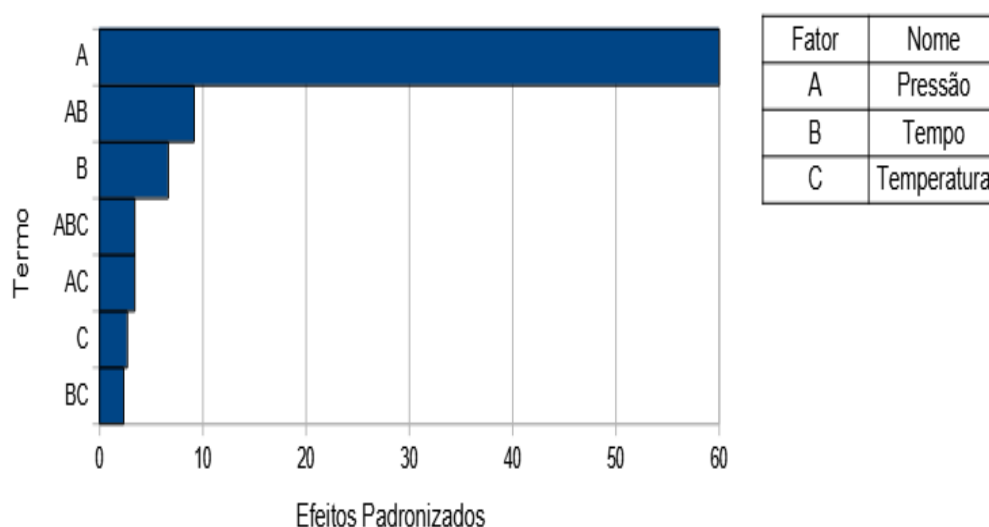
O Gráfico 4 possibilita a identificação visual dos efeitos importantes e compara a magnitude relativa dos vários efeitos.

Além disso, é possível ver que o maior efeito é a pressão de trabalho (C), porque ela se estende para mais além.

O efeito da temperatura de trabalho (A) é o menor porque é o que menos se estende.

Como o Gráfico 4 exibe o valor absoluto dos efeitos, é possível determinar quais efeitos são grandes, mas não é possível determinar quais efeitos aumentam ou diminuem a resposta.

Gráfico 4 – Efeitos padronizados

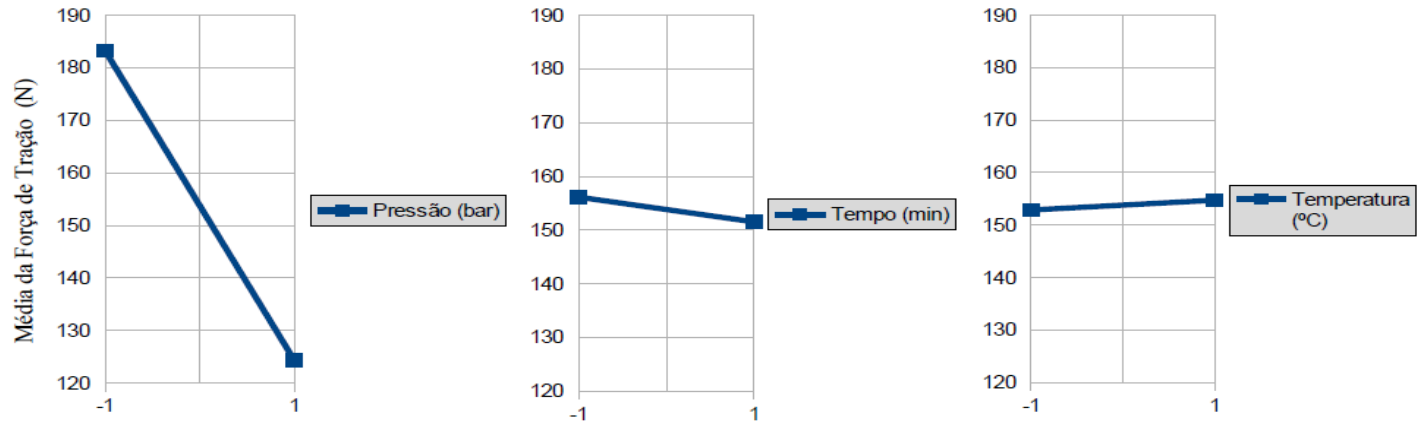


Fonte: Elaboração própria.

Através do Gráfico 5 é possível examinar a magnitude e direção desses efeitos.

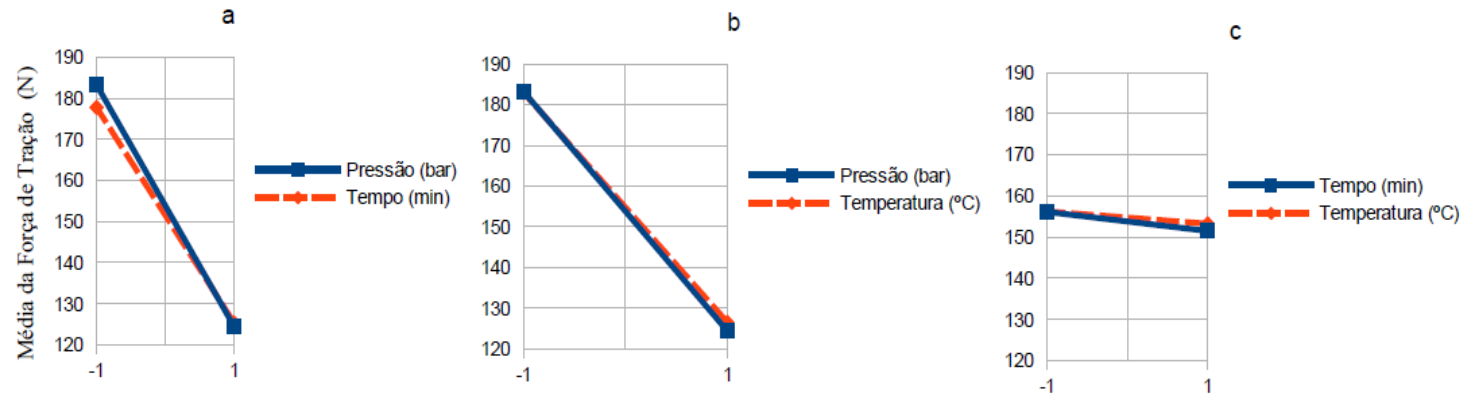
Observa-se que, quando o experimento foi realizado com o nível baixo de pressão, a resposta de tração foi alta. No entanto, quando a pressão foi elevada a níveis altos, a tração apresentou uma redução significativa. Já com o fator tempo, tanto os experimentos em nível baixo ou alto, a diferença do resultado de tração foi baixa, observando-se assim pouco impacto na resposta. Nota-se que isso também ocorreu para o fator temperatura, que teve resultados de resposta próximos, quando experimentados em níveis baixos e altos.

Gráfico 5 – Gráfico de efeitos principais para tração (N)



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 6 – Gráfico de interação para tração (N)



Fonte: Elaboração própria.

No Gráfico 6 são apresentadas as interações entre os fatores para a tração.

No Gráfico 6a observa-se que, se a pressão e tempo estiverem no nível baixo, o resultado de tração será um valor alto. Se as mesmas variáveis estiverem em um nível alto, o resultado de tração será um valor baixo. O mesmo acontece no Gráfico 6b para a interação entre as variáveis pressão e temperatura.

Já no Gráfico 6c, quando as variáveis tempo e temperatura estão em um nível baixo ou alto, há pouca variação no resultado de tração, porém os resultados estarão em torno de 155 N.

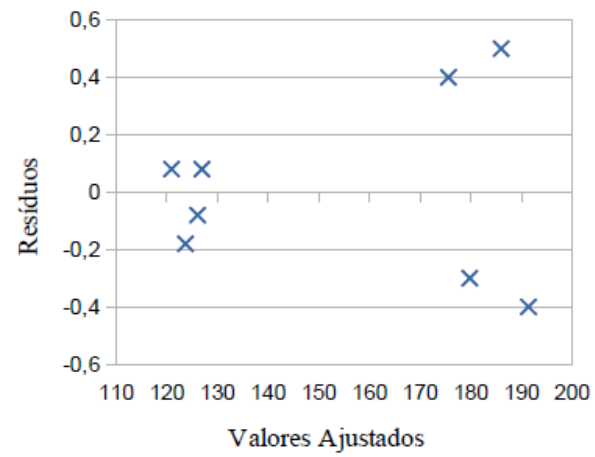
Nos Gráficos 7, 8 e 9, é possível evidenciar visualmente que os pressupostos estatísticos são atendidos, validando o modelo.

O Gráfico 7, avalia-se a aleatoriedade dos resíduos em relação aos valores ajustados. Nota-se que os pontos estão espalhados aleatoriamente ao redor da linha zero, sem formar padrões visíveis, o que indica que o modelo está adequado aos dados e não há indícios de fatores omitidos ou de não linearidade.

No Gráfico 8, o histograma tem o objetivo de verificar se os resíduos seguem uma distribuição aproximadamente normal. Observa-se uma leve assimetria à direita, mas sem indícios de desvio severo da normalidade ou de problemas significativos no modelo.

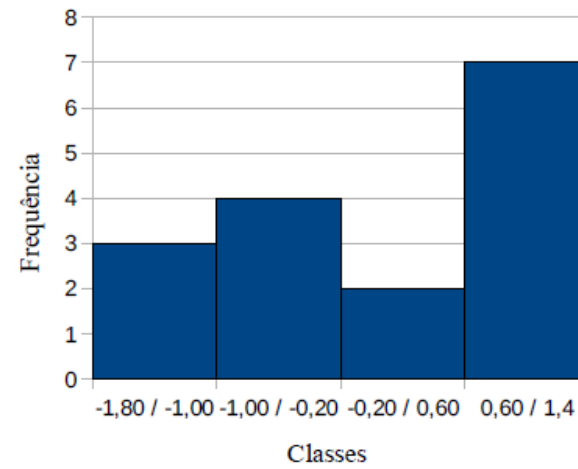
Já no Gráfico 9, observa-se uma comparação da distribuição dos resíduos com uma distribuição normal teórica. Nota-se que a maioria dos pontos estão próximos da linha vermelha, que representa a normalidade teórica. Portanto, os resíduos podem ser considerados normalmente distribuídos, satisfazendo o pressuposto do modelo.

Gráfico 7 – Resíduos e valores ajustados



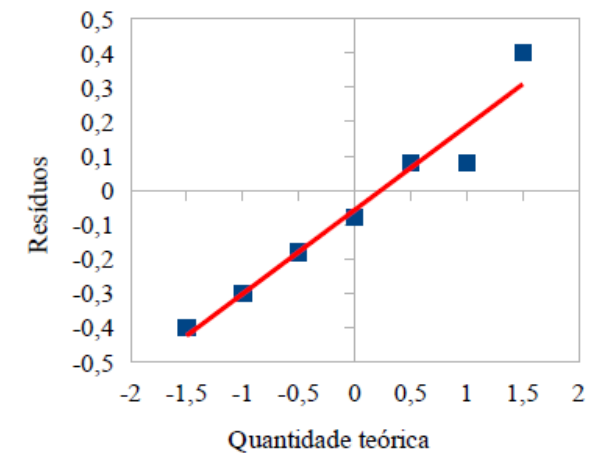
Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 8 – Histograma de resíduos



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 9 – Probabilidade normal dos resíduos



Fonte: Elaboração própria.

## 5.8 Ações de melhorias

Com base nas causas identificadas na Figura 24, foi realizada uma reunião com a Alta Direção e representantes das áreas de Engenharia, Departamento Técnico, Ferramentaria, Industrial e Qualidade. O objetivo foi discutir possíveis soluções de melhoria e estabelecer prazos para a resolução das causas apontadas pelos operadores. No questionário de entrevistas, já apresentado, (Quadro 14), observam-se na coluna identificada pela letra "B", algumas sugestões de melhorias indicadas pelos colaboradores. Essas sugestões facilitaram a discussão, análise e proposição de ações durante a reunião, direcionando o grupo na busca por soluções. A seguir, são apresentados os comentários sobre as propostas de melhoria para as etapas do fluxograma mostrado na Figura 11:

Etapa 3: Mudar o estoque de rolos do galpão para perto da confecção de correias adquirindo gaiolas para armazenamento. Envelopar os rolos com plástico preto para evitar amarelamentos e manchas.

Etapa 4: Adaptar na chanfradeira uma régua de medição para que o material ao ser separado do rolo já obtenha a medida solicitada na ordem de trabalho, eliminando assim a escolha arbitrária por parte do operador.

Etapa 5: Adaptar na chanfradeira uma faca de corte, eliminando o uso do estilete e garantindo que o material não tenha cortes irregulares nas extremidades. Isso também evitará que o operador faça essa tarefa no piso da fábrica.

Etapa 6: Adaptar na chanfradeira um recurso para cortes de ângulos específicos. Com isso, não são necessárias as marcações dimensionais, elimina-se o uso do esquadro e evitam-se problemas ergonômicos.

Etapa 7: Com a adaptação da etapa anterior, é possível produzir correias em série e assim evitar as perdas por falta de limitador de ajuste na chanfradeira.

Etapa 8: Instalar na prensa um sistema pneumático para o movimento de subida e descida. Adquirir um painel de controle automatizado para programação da temperatura e do tempo de prensagem, utilizando um equipamento conhecido como Controlador Lógico Programável (CLP).

Etapa 9: Aquisição de um sistema com CLP para controle automático do tempo de prensagem. Estabelecer padrão de especificação para os fatores que afetam o resultado de tração da emenda.

Etapa 10: Disponibilizar uma mesa para a pré embalagem da correia evitando que esse processo seja realizado no chão da fábrica.

Etapa 11: Disponibilizar um carrinho para transporte da correia até a área de expedição.

O Quadro 26 apresenta um levantamento das melhorias sugeridas, com base nas informações obtidas a partir das causas identificadas na Figura 24 e da reunião de análise crítica conduzida pela direção e pelas áreas envolvidas no projeto.

Quadro 26 – Ações de melhorias

	AÇÕES DE MELHORIAS					
Etapas do Fluxo	Causas	Melhorias	Como?	Quem?	Onde?	Quando?
<b>3</b>	Estoque longe	Mudança de <i>Lay-out</i>	Compra estrutura de gaiolas	Supervisor de Fábrica	Confecção	6 meses
	Estoque desorganizado	Mudança de <i>Lay-out</i>	Compra estrutura de gaiolas	Supervisor de Fábrica	Confecção	6 meses
	Falta de proteção do material	Envelopar os rolos	Compra de saco preto	Supervisor de Fábrica	Estoque Gaiolas	2 meses
<b>4</b>	Refiladeira sem ajuste no comprimento	O material será separado do rolo na própria Chanfradeira	Adaptação de recurso na Chanfradeira	Coordenador de Manutenção	Confecção	6 meses
	Falta de conscientização no corte	O material será medido na própria Chanfradeira	Adaptação de recurso na Chanfradeira	Coordenador de Manutenção	Confecção	6 meses
<b>5</b>	Refiladeira sem faca de corte	O material será cortado na medida da OT na própria Chanfradeira, sem o uso de estilete	Adaptação de recurso na Chanfradeira	Coordenador de Manutenção	Confecção	6 meses
	Desconforto ergonômico	Mesa na Chanfradeira	Adaptação de recurso na Chanfradeira	Coordenador de Manutenção	Confecção	6 meses
<b>6</b>	Excesso de medição do ângulo	A Chanfradeira já terá uma mesa no ângulo de 80°	Adaptação de recurso na Chanfradeira	Coordenador de Manutenção	Confecção	6 meses
<b>7</b>	Chanfradeira sem limitador de ajuste	Eliminação dessa operação	As correias terão as formações dos dentes em produção em série sem perda ou necessidade de ajuste	Coordenador de Manutenção	Confecção	6 meses
<b>8</b>	Preparação da Prensa manual	Automatizar	Sistema pneumático para subida e descida da prensa	Supervisor de Fábrica	Confecção	6 meses
	Regulagem e monitoramento dos instrumentos manual	Automatizar	Painel eletrônico com a receita das especificação da correia	Supervisor de Fábrica	Confecção	6 meses
<b>9</b>	Regulagem e monitoramento do tempo de prensagem manual	Automatizar	Painel eletrônico com o tempo de prensagem programado	Supervisor de Fábrica	Confecção	6 meses
	Especificações alteradas sem autorização	Padronizar receita	Criar receita padrão com temperatura, pressão e tempo de prensagem	Supervisor de Fábrica	Confecção	6 meses
<b>10</b>	Desconforto ergonômico	Mesa para embalar	Aquisição de mesa	Supervisor de Fábrica	Confecção	6 meses
<b>11</b>	Transporte da correia manual	Carrinho para transporte	Aquisição de mesa	Supervisor de Fábrica	Confecção	6 meses

Fonte: Elaboração própria.

## 5.9 Implementação das melhorias

A seguir, são apresentadas as melhorias implementadas em cada etapa do fluxograma da Figura 11, após análise e aprovação da Alta Direção:

Etapa 3: Foi implantado, próximo à área de confecção de correias, um sistema de armazenamento de rolos em gaiolas identificadas, conforme mostrado na Figura 27. Essa iniciativa reduziu o tempo de deslocamento e a busca pelo rolo especificado na ordem de trabalho.

Figura 27 – Gaiolas para armazenamento de rolos



Fonte: Elaboração própria.

Após o uso, os rolos são protegidos com um plástico escuro para evitar problemas de acabamento, conforme mostrado na Figura 28.

Figura 28 – Embalagem para proteção do rolo



Fonte: Elaboração própria.

Etapa 4: Foi adquirida uma nova chanfradeira, e realizadas algumas modificações na área de Manutenção, conforme mostrado na Figura 29, para permitir a confecção de correias em série.

Figura 29 – Chanfradeira adaptada



Fonte: Elaboração própria.

Eliminou-se a necessidade de corte de separação do material do rolo pelo operador. Em vez disso, foi adaptada uma fita graduada na mesa do equipamento, conforme mostrado na Figura 30. Essa modificação permite que o operador meça o material de acordo com a especificação da ordem de trabalho para a preparação do chanfro.

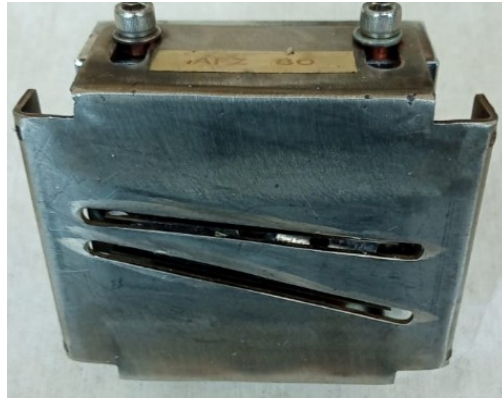
Figura 30 – Fita graduada adaptada na chanfradeira



Fonte: Elaboração própria.

Etapa 5: A chanfradeira, equipada com uma ferramenta de corte, forma os dentes em série para a correia atual e para a correia seguinte. Essa abordagem elimina as perdas associadas às extremidades irregulares que ocorriam no processo anterior. A Figura 31 ilustra a ferramenta de corte acoplada à chanfradeira.

Figura 31 – Ferramenta de preparação dos dentes



Fonte: Elaboração própria.

Etapa 6: Foi criada uma mesa, onde a chanfradeira está em um ângulo de 80°, conforme mostrado na Figura 32. Com essa adaptação, a formação dos dentes será feita no ângulo correto pelo equipamento, eliminando os desperdícios de material anteriormente observados após o corte com o uso do esquadro.

Além disso, o material também terá seu ângulo formado em série, ou seja, para a correia atual e a para a correia seguinte.

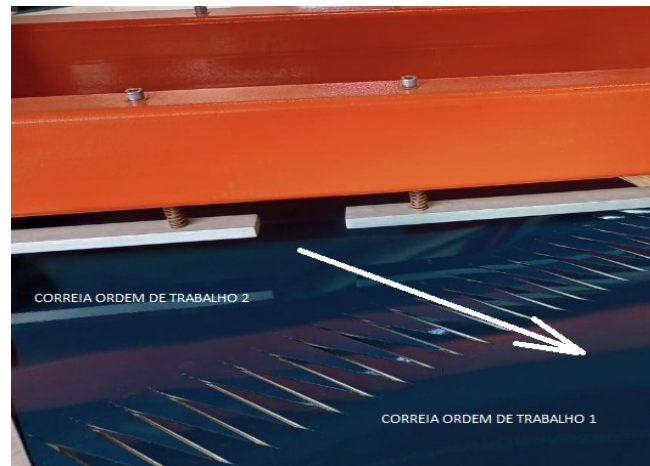
Figura 32 – Chanfradeira na posição de 80°



Fonte: Elaboração própria.

Etapa 7: Eliminaram-se as perdas associadas às áreas atrás dos dentes formados pela chanfradeira, graças ao fato de que as correias são agora fabricadas em série nessa etapa do processo. A Figura 33 mostra uma correia com os dentes formados pela chanfradeira para a Ordem de Trabalho Número 1 e para a Ordem de Trabalho Número 2 simultaneamente, sem perda de material e em menor tempo.

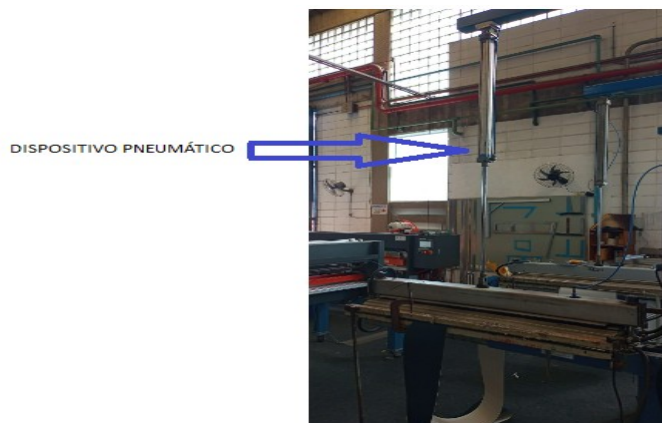
Figura 33 – Chanfros feitos simultaneamente



Fonte: Elaboração própria.

Etapa 8: Implantou-se na prensa um sistema de levantamento e descida pneumático conforme Figura 34. Instalou-se também um sistema com CLP para controle automático programado da temperatura e tempo de prensagem através de um painel eletrônico conforme a Figura 35.

Figura 34 – Prensa com sistema pneumático



Fonte: Elaboração própria.

Figura 35 – Painel de controle para temperatura e tempo de prensagem



„ Fonte: Elaboração própria.

Etapa 9: Foi instalado na prensa um sistema de aviso que sinaliza o término do tempo de prensagem. Utilizando a fórmula de regressão apresentada a seguir, foram realizadas combinações das variáveis no experimento fatorial  $2^3$  para determinar a melhor configuração que atende às especificações de ensaio de tração e possibilita a redução do consumo de energia elétrica.

$$T = 153.8 - 29.4 A - 2.3 B + 0.9 C + 3.2 AB + 1.2 AC + 0.8 BC - 1.2 ABC$$

Onde:

A = Pressão (bar)

B = Tempo (minuto)

C = Temperatura (°C)

Sabendo-se que a especificação de tração aceitável é de no mínimo 143,75 N e no máximo de 200,00 N, as melhores combinações entre as variáveis foram:

A = 1 bar

B = 5 minutos

C = 166 °C

Aplicando esses valores na fórmula de regressão, obteve-se um resultado de tração de 170,00 N, o qual foi considerado aprovado.

Com esses valores das variáveis, foi possível reduzir o consumo de energia elétrica, já que, anteriormente utilizava-se uma temperatura de 170 °C para a prensagem da correia 900025. Para validar a fórmula de regressão com os novos parâmetros e avaliar a consistência dos resultados de tração, foram preparadas e prensadas três amostras. Essas foram então submetidas a ensaios de tração no Laboratório de Testes. Os valores aprovados estão detalhados no relatório de ensaio de tração no Apêndice B.

Apenas a amostra 3 apresentou um resultado de 203 N, que é ligeiramente superior à especificação aceitável, mas ainda é considerada uma aprovação condicional.

Inseriram-se os parâmetros das variáveis na receita de programação CLP da prensa e se revisou a instrução operacional de prensagem da correia 900025.

Etapa 10: Foi instalada uma mesa para a pré-embalagem das correias confeccionadas, conforme ilustrado na Figura 36. Essa adição melhorou a ergonomia do processo.

Figura 36 – Mesa para pré embalagem



Fonte: Elaboração própria.

Etapa 11: Na Figura 37, é possível observar a implantação de um carrinho para o deslocamento das correias da área de confecção até a expedição da empresa. Essa melhoria também contribuiu para uma postura mais adequada do colaborador.

Figura 37 – Carrinho para transporte de correias



Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 38, é apresentada uma ilustração da vista superior da chanfradeira com as adaptações realizadas e o conjunto das operações.

A seguir, é feita uma descrição mais detalhada:

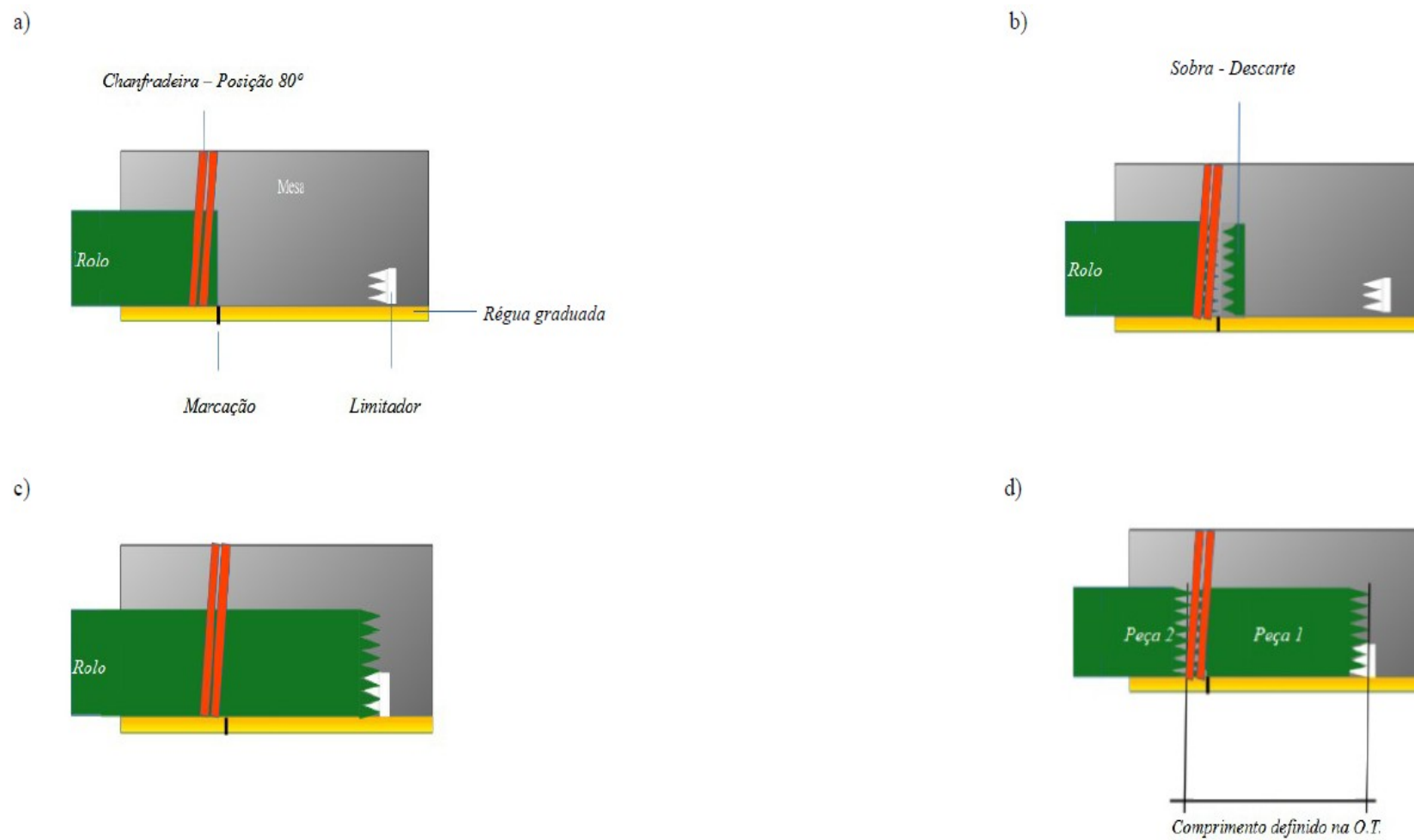
Figura 38a: o material é colocado sobre a mesa, e sua extremidade é puxada até a marcação pré-definida. Essa marcação garante que o operador utilize apenas o comprimento necessário de material.

Figura 38b: a chanfradeira é acionada para a formação dos dentes na correia, inicialmente em uma das extremidades. Como o dispositivo está fisicamente inclinado, os dentes já saem com ângulo de  $80^\circ$ .

Figura 38c: o material é puxado novamente, de forma que seja encostado e ajustado a um limitador localizado no final da mesa. Esse limitador tem o formato dos dentes e está posicionado a uma distância exata, correspondente ao comprimento definido na ordem de trabalho.

Figura 38d: o dispositivo da chanfradeira é acionado novamente para a formação dos dentes na outra extremidade da correia. Nesse momento, os dentes da peça 2 também são formados simultaneamente.

Figura 38 – Vista superior ilustrativa da chanfradeira e sua operação



Fonte: Elaboração própria.

## 5.10 Valor dos desperdícios de materiais após melhorias

Para o levantamento dos desperdícios existentes após as implementações das melhorias nas etapas do processo de fabricação das correias transportadoras, foram acompanhados outras novas 30 O.T..

Foi mantido o mesmo padrão de tamanho para esse levantamento de dados, em que, as ordens de trabalho indicavam como medida final da correia a ser entregue ao cliente as dimensões de 6,45 x 2,00 m (comprimento x largura), emenda Z com um ângulo de 80°.

O rolo selecionado pela programação de corte para retirada do estoque pelo operador manteve a largura de 2,00 m, correspondente à medida final da correia especificada na ordem de trabalho.

Das etapas do fluxograma de processo de produção da Figura 11 (etapas de 3 a 11), é possível observar nos novos registros dos resultados de perdas coletados nas etapas 4 e 7.

Nas etapas 3, 5, 6, 8, 9, 10 e 11, não foram detectadas perdas reais ou potenciais de material.

Os valores registrados foram fundamentados em cálculos matemáticos de área conforme apresentados na Figura 12.

Nessa Figura 12, podem-se observar de forma ilustrativa as perdas em cada etapa do processo e suas fórmulas de cálculo aplicadas.


As perdas detectadas nas respectivas etapas do fluxograma de cada ordem de trabalho estão registradas no Quadro 37 na unidade de medida  $m^2$ , assim como o total dessas perdas e a fórmula matemática aplicada.

Nesse mesmo documento, é possível ainda verificar os percentuais das etapas impactadas do fluxograma.

Após a coleta de informações para todas as ordens de trabalho, os Gráficos 10 e 11 oferecem uma visualização mais clara das perdas no cenário atual.

Observa-se no Quadro 37, após a implementação das melhorias, uma perda de material apenas para a etapa número 7 nas ordens de trabalho 1 e 30, que representam o começo e o final da confecção das correias acompanhadas.

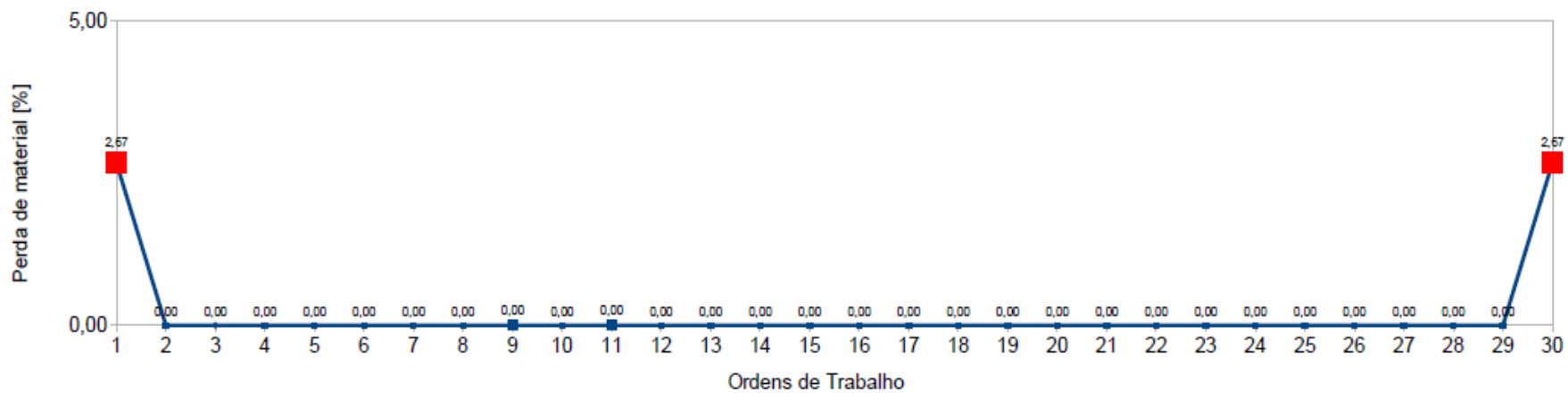
Quadro 37 – Registro das perdas após melhorias

		Desperdícios – 30 ORDENS DE TRABALHO – O.T.																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PERDAS	Etapas do Fluxo																														
	Etapa 4	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	
	Etapa 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etapa 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etapa 7	0,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,35
	Etapa 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL DE PERDAS – m <sup>2</sup>	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35
	TOTA DE PERDAS - %	2,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,67

FÓRMULAS	
TOTAL DE PERDAS	soma das etapas 5 / 6 / 7 / 9
% PERDA	(TOTAL DE PERDA / ETAPA 4)*100

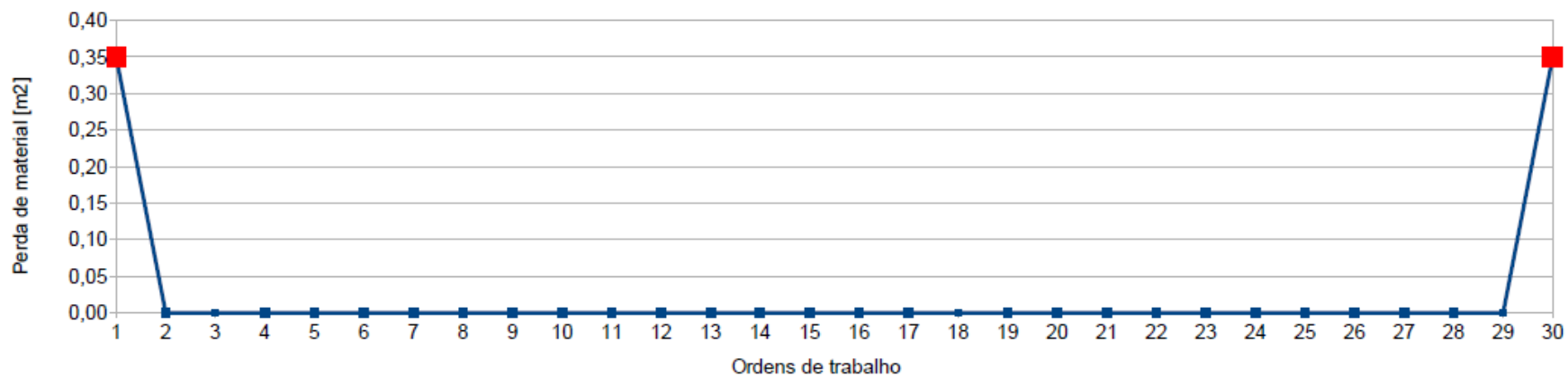
Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 10 – Total de perdas por ordem de trabalho em porcentagem



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 11 – Total de perdas por ordem de trabalho em metros quadrados



Fonte: Elaboração própria..

O Gráfico 10 mostra que a perda total na execução em cada uma dessas duas O.T. da correia transportadora 900025 – E 8/2 U0/V5 VERDE – Z 80°/70 mm, é de 2,67 %. Isso significa que, toda as vezes que as correias forem fabricadas em série, haverá uma perda na primeira e na última correia de 2,67 % cada.

No Gráfico 11 verifica-se que esse desperdício equivale a 0,35 m<sup>2</sup> para cada uma dessas duas ordens de trabalho. Observando-se os dados já apresentados no Gráfico 2, antes das melhorias, os valores dos desperdícios, em metros quadrados, encontrados dentre as 30 O.T. foram:


- mínimo = 1,51 m<sup>2</sup>
- máximo = 2,53 m<sup>2</sup>
- média = 2,02 m<sup>2</sup>

Aplicando-se o mesmo método no Gráfico 11 para as novas 30 O.T. após as melhorias, tem-se:

- mínimo = 0,35 m<sup>2</sup>
- máximo = 0,35 m<sup>2</sup>
- média = 0,35 m<sup>2</sup>

Com essa redução de perda de 2,02 m<sup>2</sup> para 0,35 m<sup>2</sup> por O.T. é possível observar no Quadro 38 um comparativo dos custos antes e depois das melhorias, ao longo de um período, considerando-se uma quantidade regular de fabricação.

Quadro 38 – Custos das perdas antes e depois das melhorias (R\$)

		ANTES	DEPOIS
Período	Quantidade de OT	Custos das perdas (r\$)	Custos das perdas (r\$)
1 hora	1	70,70	12,25
1 dia	6	424,20	73,50
1 semana	30	2.121,00	367,50
1 mês	120	8.484,00	1.470,00
1 ano	1440	101.808,00	17.640,00

Fonte: Elaboração própria.

Analisando os dados do Quadro 38 após as melhorias, observa-se que cada O.T. leva cerca de 1 h para ser realizada, resultando em uma perda média de 0,35 m<sup>2</sup> de material, conforme indicado no Gráfico 11.

Com o preço de compra da matéria-prima para a fabricação da correia 900025 sendo R\$ 35 por m<sup>2</sup>, o custo de qualidade por ordem de trabalho devido à perda de material é de R\$ 12,25. Ao longo de um ano, com a fabricação de 1.440 correias, isso representa uma perda total de R\$ 17.640,00.


Comparando os valores antes e depois das melhorias, a estimativa de redução de custo após um ano passou de R\$ 101.808,00 para R\$ 17.640,00, o que representa uma melhoria de 82,67 %. Esse é um valor extremamente significativo. Além disso, com as novas melhorias, os processos tornaram-se mais rápidos, permitindo a fabricação de mais correias por dia.

No entanto, para fins comparativos, essa melhoria na produtividade não foi considerada no Quadro 38.

O Quadro 39 apresenta os valores estimados dos investimentos implantados com as melhorias, bem como a resposta à ferramenta 5W2H para a questão:

- Quanto custou o investimento estimado com as melhorias implantadas? (*How much?*).

Quadro 39 – Valores estimados dos investimentos implantados (R\$)

		Valor estimado – R\$
Descrição		
Máquina Chanfradeira		7.000,00
Mesa em ângulo para chanfradeira		3.000,00
Trena para mesa chanfradeira		30,00
Sistema pneumático da prensa		1.000,00
Sistema CLP da prensa		6.000,00
Carrinho transporte para correias		300,00
Mesa limpeza / pré-embalagem		1.000,00
Gaiolas estoque para correias		15.000,00
<b>Total (R\$)</b>		<b>33.330,00</b>

Fonte: Elaboração própria.

O custo total estimado dos investimentos foi de R\$ 33.330,00, incluindo a aquisição de uma máquina chanfradeira posicionada em um ângulo de 80°, o sistema pneumático e o

sistema com CLP da prensa, além de dispositivos de apoio, como o carrinho de transporte, a mesa para limpeza e pré-embalagem, e as gaiolas para armazenamento de correias.

Esses valores serviram de base para a elaboração de uma análise de viabilidade econômica, como a avaliação do Retorno sobre o Investimento (ROI), conforme apresentado a seguir:

$$\text{ROI} = (\text{Ganho obtido} - \text{Investimento} / \text{Investimento}) * 100$$

Onde:

Ganho obtido = Custos das perdas de um ano antes das melhorias – Custos das perdas de um ano após as melhorias (Quadro 38);

Investimento = Valor total estimado com a implementação das melhorias (Quadro 39).

Temos:

$$\text{Ganho obtido} = \text{R\$ } 101.808,00 - \text{R\$ } 17.640,00 = \text{R\$ } 84.168,00.$$

$$\text{Investimento} = \text{R\$ } 33.330,00.$$

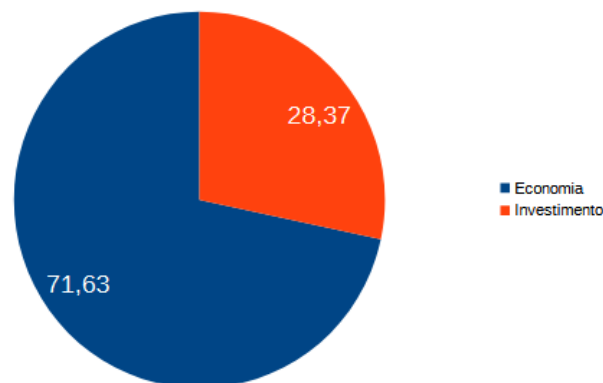
Aplicando-se a fórmula, o ROI encontrado é:

$$\text{ROI} = (\text{R\$ } 84.168,00 - \text{R\$ } 33.330,00 / \text{R\$ } 33.330,00) * 100 = 152,52 \%$$

A economia gerada (R\$ 84.168,00) ultrapassou o valor investido (R\$ 33.330,00). O valor do ROI, de 152,52%, indica que, para cada R\$ 1,00 investido, houve um retorno de aproximadamente R\$ 1,52 de lucro líquido. O investimento em melhorias mostrou-se altamente vantajoso, trazendo benefícios diretos na redução de perdas.

No Gráfico 12, observa-se que o valor de 71,63%, representa a economia gerada após um ano, enquanto 28,37%, corresponde ao investimento necessário para obter essa melhoria.

Gráfico 12 – Distribuição entre economia gerada e investimento



Fonte: Elaboração própria.

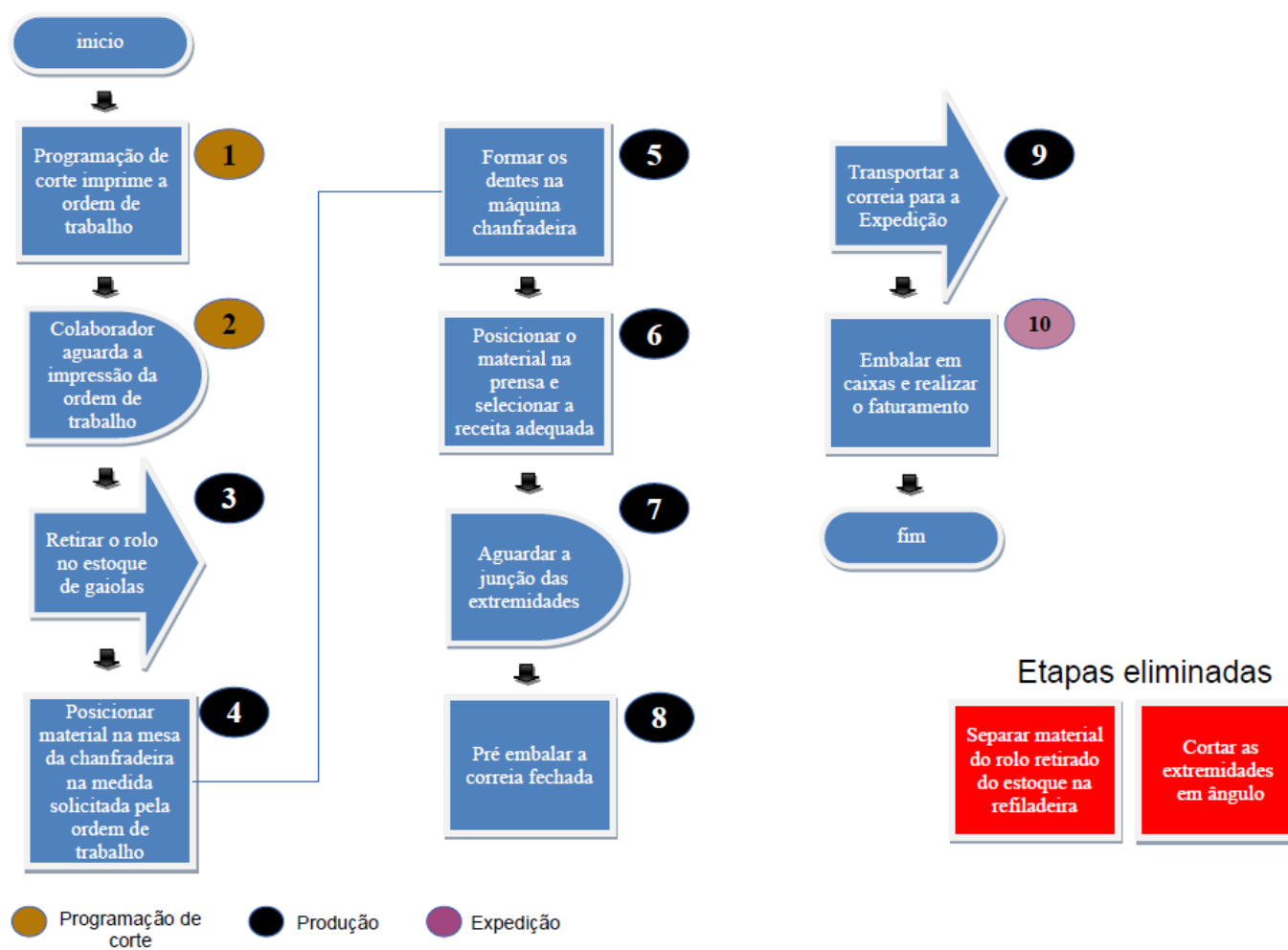
### **5.11 Padronização do novo fluxo de processo de fabricação**

Após as mudanças implementadas, elaborou-se o novo fluxo de processo de fabricação das correias 900025, conforme Figura 39. Observa-se que a quantidade de etapas foram reduzidas, comparando-se ao fluxo anterior, de 12 para 10 etapas.

Com o novo fluxo, o impacto positivo não se limita apenas à redução da quantidade de etapas. Os principais benefícios incluem a diminuição de desperdícios de tempo, distância e custos, além de um aumento na praticidade e produtividade. Também houve uma melhoria na postura de trabalho dos colaboradores.

Foi necessário aplicar um treinamento a todos os envolvidos na produção para padronizar o novo método de trabalho desenvolvido e garantir que as correias sejam fabricadas de forma consistente por todos os operadores, seguindo o padrão estabelecido. Elaborou-se um relatório técnico para a Alta Direção, conforme a capa apresentada no Apêndice C, detalhando as etapas realizadas durante o desenvolvimento e a implementação deste trabalho, bem como os resultados obtidos.

Figura 39 – Fluxograma da padronização do processo




Fonte: Elaboração própria.

## 5.12 Validação estatística pós-implementação

Com as melhorias implementadas, foi calculada a capacidade do processo (Cp e Cpk) com base nos resultados de tração, cujos valores de medição de 20 amostras, foram registrados inicialmente no Quadro 40. O índice Cp avalia se o processo está dentro dos limites de especificação, enquanto o Cpk verifica se o processo está centrado. Para que um processo seja considerado capaz de atender às especificações e esteja sob controle, os valores de Cp e Cpk devem estar entre 1,00 e 1,33.

Quadro 40 – Amostras das forças de tração para os cálculos do Cp e Cpk

		Valor força de tração (N)					
Amostra	Valor	Amostra	Valor	Amostra	Valor	Amostra	Valor
1	194,00	6	194,00	11	197,00	16	192,00
2	192,00	7	195,00	12	192,00	17	192,00
3	193,00	8	193,00	13	194,00	18	193,00
4	193,00	9	196,00	14	198,00	19	193,00
5	194,00	10	196,00	15	197,00	20	194,00

Fonte: Elaboração própria.

Temos:

Limite Inferior de Especificação (LIE) = 143,75 N

Limite Superior de Especificação (LSE) = 200,00 N

Média amostral = 194,10

Desvio padrão amostral = 1,83

Com os valores acima, seguem as aplicações das fórmulas e seus respectivos resultados:

$$Cp = (LSE - LIE) / (6 \times \text{desvio padrão})$$

$$Cp = (200,00 - 143,75) / (6 \times 1,83) = 5,12$$

$Cpk = \text{mínimo} [(LSE - \text{média}) / (3 \times \text{desvio padrão}), (\text{média} - LIE) / (3 \times \text{desvio padrão})]$

$$Cpk = \text{mínimo} [(200,00 - 194,10) / (3 \times 1,83), (194,10 - 143,75) / (3 \times 1,83)] = 1,07$$

No Gráfico 13, observa-se uma distribuição amostral, onde, as barras verticais representadas pela cor azul, mostram a quantidade de amostras encontradas dentro de uma faixa específica de valores de tração. A barra mais alta, por exemplo, indica que foram encontradas 13 amostras com valores de tração entre 192 N a 194 N.

É possível notar ainda que, todas as demais barras, encontram-se dentro dos limites de especificação (linhas vermelhas), o que indica que, o processo é capaz de produzir correias com valores que atendam às tolerâncias definidas pela engenharia, justificando assim, o valor do índice  $C_p$  estar acima de 1,33.

Já a média (representada pela linha verde) está próxima ao limite superior de especificação, o que faz com que o índice do  $C_{pk}$  não seja tão elevado quanto o  $C_p$ .

Ainda assim, é considerado satisfatório, sendo passível de pequenos ajustes no processo, se necessário.

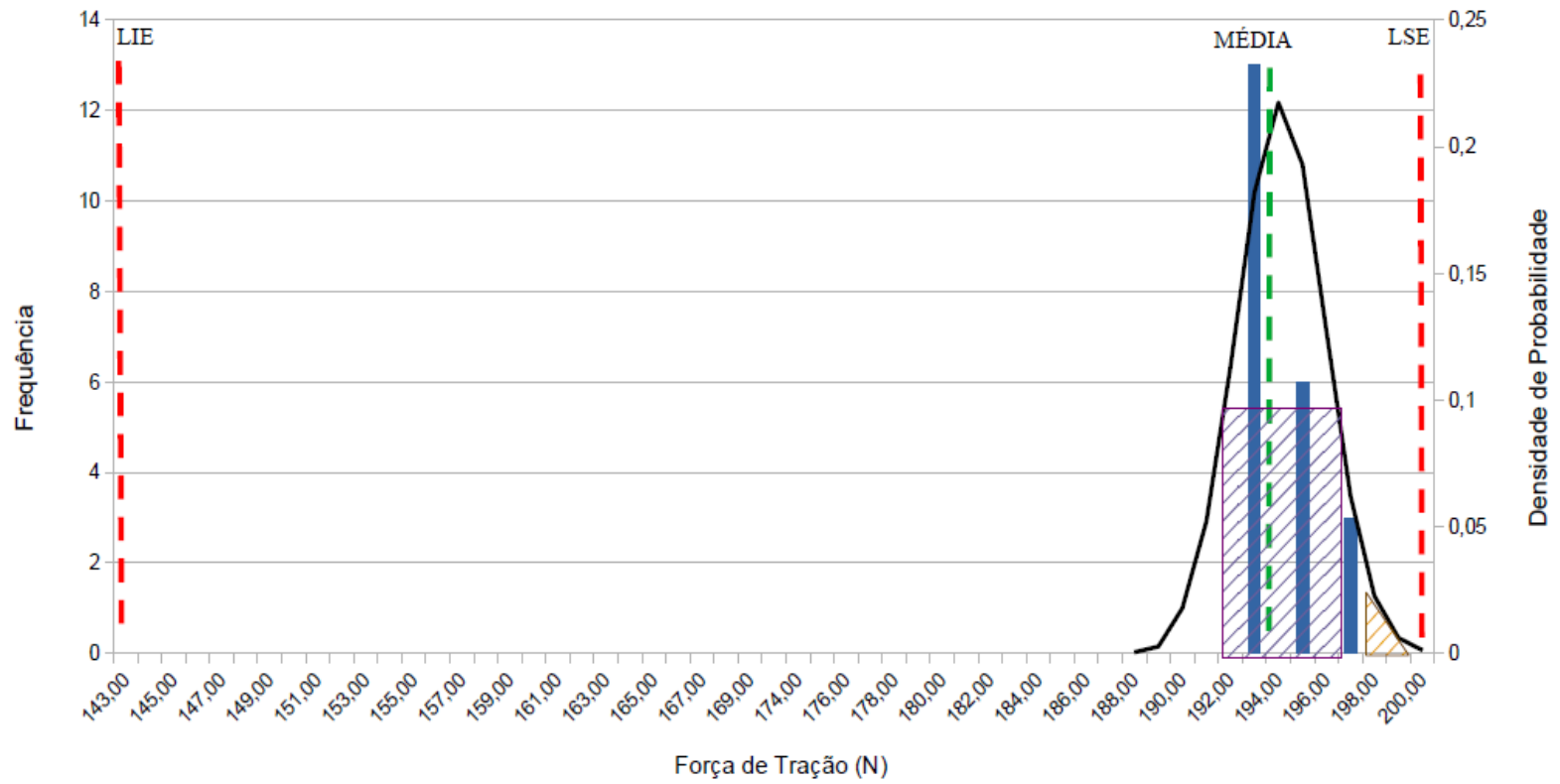
Essa análise pode ser reforçada, observando-se uma curva em formato de sino (linha preta), por meio da qual é possível, realizar uma avaliação visual da probabilidade de ocorrência de determinados eventos. Quanto maior a área sob a curva, maior é a probabilidade de ocorrência do evento e vice-versa.

Observando-se a área hachurada, destacada por um triângulo (cor laranja) no Gráfico 13, nota-se visualmente que, esse triângulo ocupa uma área pequena em relação a toda a área sob a curva. Isso significa que, a probabilidade de fabricar correias com valores de tração entre 198 N e 200 N é baixa.

Portanto, o fato das amostras analisadas nesse estudo, estarem próximas ao limite superior de especificação, não significa que o processo melhorado produzirá correias acima do valor especificado, visto que, a probabilidade de isso ocorrer é pequena.

Por fim, observando-se a outra área hachurada, destacada por um retângulo (cor roxa) no Gráfico 13, verifica-se visualmente que, essa área é grande em relação à área total sob a curva. Ou seja, a probabilidade de fabricar correias com valores de tração entre 192 N e 197 N é alta.

Gráfico 13 – Distribuição amostral



Fonte: Elaboração própria.

## 6. CONCLUSÃO

A pesquisa permitiu desenvolver um modelo prático de gestão para a redução de desperdícios na produção de correias transportadoras. Através das etapas definidas e do uso de ferramentas da qualidade já consolidadas e aplicadas em cada uma dessas fases, esse modelo pode ser utilizado em outros tipos de correias transportadoras além das abordadas neste trabalho.

No Apêndice D, é apresentado um guia prático simplificado das etapas seguidas nessa pesquisa, incluindo as ferramentas da qualidade aplicadas, acompanhadas de comentários e sugestões para cada fase.

Esta pesquisa demonstrou de forma prática os resultados significativos na redução de desperdícios de materiais, na diminuição do tempo de fabricação por meio da simplificação dos processos, na automação de algumas atividades, na redução de custos e na melhoria das condições de trabalho para os colaboradores.

As melhorias implementadas nesta pesquisa, resultaram em impactos positivos no bem-estar e na segurança ocupacional dos operadores. Destaca-se, entre as intervenções, a adaptação da chanfradeira, que eliminou a necessidade dos operadores realizarem atividades diretamente no piso da fábrica.

Além disso, a introdução de um sistema pneumático para abertura e fechamento da prensa, bem como a instalação de uma mesa destinada à limpeza e pré-embalagem das correias e a disponibilização de um carrinho para transporte até a expedição, proporcionaram maior ergonomia nas atividades operacionais. Tais modificações, contribuíram para a melhoria da postura, a redução do esforço físico e a mitigação de riscos de lesões.

Em relato informal, os operadores destacaram como benefício relevante, a possibilidade de realizarem suas funções em pé, fato que tem contribuído para a diminuição das dores musculares ao final da jornada de trabalho.

Com o novo fluxo de processo redesenhado e a reorganização do layout do estoque, houve uma redução no número de etapas de fabricação e na distância para acesso aos rolos, aumentando a praticidade das operações.

O conhecimento, a experiência e a participação dos colaboradores foram fundamentais para os levantamentos e definições das ações de melhorias aprovadas e implementadas nessa pesquisa.

Através dessas participações e, posteriormente, do uso do modelo estatístico fatorial  $2^3$ , foi possível identificar processos que estavam sendo executados fora dos padrões estabelecidos, permitindo a atualização de parâmetros e documentos operacionais.

O experimento fatorial adotado neste trabalho foi adequado para avaliar a influência dos fatores de entrada – pressão, tempo e temperatura – sobre o parâmetro de tração da correia transportadora estudada.

A equação de regressão resultante determinou os valores dos parâmetros que resultariam um valor de tração desejada.

Além disso, o uso de técnicas estatísticas por meio da fórmula de regressão possibilitou a otimização do processo, reduzindo o tempo de prensagem e o consumo de energia elétrica. Isso foi possível graças à diminuição das variáveis de tempo e temperatura na prensagem das correias, mantendo-se o atendimento às especificações.

Esse experimento fatorial gerou a publicação de um artigo apresentado no *V Brazilian Congress of Development*, organizado pela *Brazilian Journals Publicações de Periódicos e Editora Ltda*, conforme certificado apresentado no Anexo A.

A produtividade aumentou com a instalação do sistema CLP na prensa. Agora, o operador pode configurar a receita para a correia fabricada diretamente no painel, sem precisar monitorar os instrumentos, devido à automação da operação. Isso permite que outras correias sejam prensadas em diferentes prensas durante esse intervalo de tempo.

A pesquisa também permitiu aproximar diversas áreas envolvidas com a Alta Direção da empresa, possibilitando que as reuniões de análises críticas fossem mais produtivas e as ações tomadas mais eficazes.

Com o desenvolvimento desta pesquisa e os resultados positivos obtidos na redução de desperdícios, foi possível responder à pergunta do Diretor Industrial, que motivou o início da pesquisa. Ele havia visualizado uma caçamba cheia de materiais a serem descartados e questionou se isso era normal.

Conclui-se que as melhorias implementadas nesta pesquisa permitirão uma reflexão de conceitos e aprendizados, uma vez que, uma das grandes marcas da empresa FORBO é a sua tradição e liderança nesse ramo de atividade.

Com o crescimento das organizações e com os avanços tecnológicos atuais, é necessário que a empresa acompanhe esse desenvolvimento global para se manter competitiva no mercado, sem perder suas características e prestígios históricos.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, Daniel. **Processos de movimentação de mercadorias**. São Paulo: Blucher, 2021.
- ALVES, Osnei Francisco. **Comportamento organizacional**. 1. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2023
- BERNARDELLI, Julio Cezar. **OSM e o design organizacional**. 1. ed. São Paulo: Contentus, 2020.
- BRUNSTEIN, Israel. **Economia de empresas – Gestão econômica de negócios**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- COSTA, A. F. B.; OLIVEIRA, J. A. **Controle estatístico de qualidade: uma abordagem prática**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- COSTA NETO, Pedro Luiz de Oliveira. **Estatística**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2002.
- CUSTODIO, Marcos Franqui (org.). **Gestão da qualidade e produtividade**. São Paulo: Pearson, 2015.
- GALLEGOS, Raphael Augusto Parreiras. **Ferramentas de gestão voltadas para melhoria da qualidade nas empresas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2023.
- GROOVER, Mikell Philip. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. 3. ed. São Paulo, SP: Pearson, 2011
- HE, Li; JIANG, Peng. Manufacturing Knowledge Graph: A Connectivism to Answer Production Problems Query with Knowledge Reuse. *IEEE Access*, v. 7, p. 101231–101244, 2019.
- KOTLER, Philip; KELLER, Kevin Lane. **Administração de marketing**. 14. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.
- LIRA, Valdemir Martins. **Princípios dos processos de fabricação utilizando metais e polímeros**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2017.
- LOBO, Renato Nogueirol. **Gestão da Qualidade**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2019.
- MARCHIORI, Marlene. **Liderança e comunicação interna**. 1. ed. São Caetano do Sul: Difusão, 2014.
- NETO, Bruno Barros; SCARMINIO, Ivo; BRUNS; Rogério Eugênio . **Como fazer experimentos: Aplicações na ciência e na indústria**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- PACANA, André; SIWIEC, Dariusz. **Materials Universal Model to Support the Quality Improvement of Industrial Products**. 2021.
- QUINSLER, Aline Purcote. **Probabilidade e estatística**. 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2022.
- REIS, Dálcio Roberto dos. **A criatividade nas organizações**. 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2021.
- RAMOS, Alberto Wunderler. **CEP para processos contínuos e em bateladas**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2000.

**APÊNDICE A – AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA ACADÊMICO-CIENTÍFICA****AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA ACADÊMICO-CIENTÍFICA****FORBO SIEGLING DO BRASIL LTDA.**

Autorização para realização de uma pesquisa integrante do Trabalho de Mestrado Acadêmico em Processos Tecnológicos e Ambientais pela Universidade de Sorocaba, orientado pelo Professor Doutor Norberto Aranha e pela coordenadora orientadora Professora Doutora Valquíria Miwa Hanai Yoshida, tendo como título preliminar de pesquisa "Estudo para redução de desperdício na produção de correias transportadoras".

O objetivo geral desta pesquisa é minimizar o desperdício de material na produção de correia para transporte.

O objetivo específico é fazer um levantamento dos possíveis fatores que contribuem para o desperdício de material na produção de correias transportadoras, especificamente do produto 900025 – E 8/2 U0/V5 VERDE – Z 80°/70 mm.

Avaliar qual a influência dos fatores selecionados no desperdício de material na produção de correias transportadoras, especificamente do produto 900025 – E 8/2 U0/V5 VERDE – Z 80°/70 mm, por meio de ferramentas de qualidade e estudos estatísticos.

A coleta de dados será feita por meio de: entrevistas, amostragens, observações e consulta de documentos necessários para o desenvolvimento da pesquisa.

Saliento que todos os dados e informações necessárias para a pesquisa serão previamente submetidos à aprovação do responsável pela empresa concedente.

A presente atividade é requisito para a conclusão do Curso de **Mestrado em Processos Tecnológicos e Ambientais** – Universidade de Sorocaba.

Agradeço a atenção e me coloco ao inteiro dispor para melhores esclarecimentos.

Itapevi, 01 de FEVEREIRO de 2023.



Davi Ricardo Martins Pires  
Mestrando



Alejandro Levin  
Gerente Industrial

## APÊNDICE B – RELATÓRIO DE ENSAIO DE TRAÇÃO


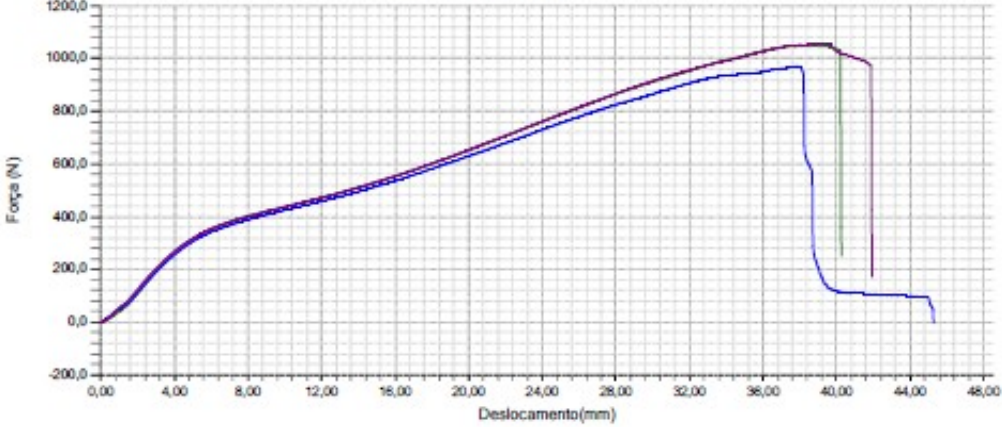
		<b>Teste de Tração e Alongamento</b> IT 041					
Laudo	1176	Temperatura	23°C				
Material	FÓRMULA DE REGRESSÃO	Umidade	60%				
Código Material		Lote					
Data do Teste	28/08/2024	Horário do Teste	14:35:57				
Observações: FÓRMULA DE REGRESSÃO. Pressão = 1 bar Tempo = 5 minuto Temperatura = 186 graus							
Parecer Técnico: <b>Sem Avaliação</b>							
<b>Tabela de Resultados do Ensaio</b>							
Nome do CP	Força @0,5% Alongamento (N)	Força @1% Alongamento (N)	Força @1,5% Alongamento (N)	Força @2% Alongamento (N)	F Mx/Larg (N/mm)	Along [%] @Máx.Força	Força Mx (N)
AMOSTRA 1	69,0	194,0	292,0	354,0	42,0	12,89	1050,0
AMOSTRA 2	74,0	193,0	285,0	343,0	38,8	12,62	971,0
AMOSTRA 3	85,0	203,0	295,0	353,0	42,2	13,02	1055,0

Gráfico de Força x Deslocamento



— AMOSTRA 1    — AMOSTRA 2    — AMOSTRA 3


**Forbo**  
 Responsável Técnico  
 Laboratório de Controle de Qualidade

Relatório emitido quarta-feira, 28 de agosto de 2024, às 15:16:56, por: Forbo.



## APÊNDICE C – CAPA DO RELATÓRIO TÉCNICO

 MOVIMENT SYSTEMS Sistema de Gestão da Qualidade	Tipo de Documento: <b>Relatório Técnico</b>	Código: RT 00	Revisão: 00	Data: 14/08/22
	Título do Documento: <b>Estudo para Redução de Desperdícios na Produção de Correias Transportadoras 900025</b>			Página: 1 de 4

FORBO SIEGLING BRASIL

### ESTUDO PARA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIO NA PRODUÇÃO DE CORREIAS TRANSPORTADORAS

Davi Ricardo Martins Pires  
Gestão da Qualidade

Alejandro Levin  
Gerência Industrial

Itapevi/SP  
2024

## APÊNDICE D – GUIA RÁPIDO: OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO PRODUTIVO

Etapa	Ferramenta	Descrição	Sugestões
Definição do produto	<i>Brainstorm</i>	Realizar reunião.	Considerar a complexidade do produto, volume de vendas e convocar áreas envolvidas.
Mapeamento do processo atual	Fluxograma	Descrever a sequência das atividades atuais.	Utilizar o programa <i>FlowChart</i> ou algo equivalente.
Perdas atuais	Tabela	Registrar as perdas antes das melhorias.	Acompanhar 30 ordens de trabalho e utilizar fórmulas para cálculo de áreas.
	Gráfico de Linhas	Apresentar total de perdas por ordem de trabalho em % e em metros quadrados.	Destacar no gráfico o maior e o menor ponto.
Perdas por etapas	Gráfico de Pareto	Apresentar as médias das porcentagens de perdas por etapa.	Priorizar as perdas da esquerda para a direita no gráfico
Questionário	5W 2H	Realizar uma entrevista no próprio local de trabalho com os operadores. Ter autorização da empresa.	Fazer com que os colaboradores participem de forma espontânea. A princípio registrar todas ideias. Pode existir falta de conscientização.
Análise crítica	Fotos / Vídeos	Evidenciar os apontamentos realizados na entrevista, focando os detalhes.	Observar perdas com, deslocamentos, materiais e etapas desnecessárias.
Levantamento das causas	Gráfico de Causa e Efeito	Distribuir as causas potenciais entre as categorias: Máquina, Mão-de-Obra, Matéria-Prima, Meio-Ambiente, Método e Medição.	Utilizar um quadro e caneta. Participação dos operadores. Agrupar as causas semelhantes. Eliminar as causas pouco prováveis.
Otimização de prensagem	Experimento Estatístico Fatorial	Na prensagem, calcular o experimento fatorial. Utilizar a fórmula de regressão para otimização.	Verificar as condições e configuração da prensa, da calibração dos instrumentos de medição e da existência de instruções de trabalho apropriadas.
	Gráfico de Dispersão Gráfico de Linhas Histograma	Validar o modelo estatístico através dos resíduos e valores ajustados, frequência dos resíduos e Probabilidade normal dos resíduos	Realizar ensaios de força de tração para validar a fórmula de regressão
Ações de melhorias	Tabela	Levantar dados das propostas de melhorias.	Analisar as informações sugeridas pelos envolvidos no questionário aplicado.
Implementação das melhorias	Cronograma	Definir o que ser feito, onde, quem, quando.	Utilizar o gráfico de <i>Gantt</i> ou algo equivalente.
	Fotos / Vídeos	Mostrar com detalhes as melhorias implementadas.	Cp/Cpk > 1,33 = Ideal Cp/Cpk entre 1,00 e 1,33 – Aceitável condicional
Capacidade do processo	Cálculo Cp e Cpk	Realizar ensaios da força de tração. Gerar o gráfico da distribuição amostral.	Ideal 20 amostras no mínimo.
Perdas após melhorias	Tabela	Levantar dados das perdas após melhorias. Comparar os custos das perdas antes e depois das melhorias.	Acompanhar 30 ordens de trabalho e utilizar fórmulas para cálculo de áreas.
	Gráfico de Linhas	Apresentar o total de perdas por ordem De trabalho em % e em metros quadrados.	Destacar no gráfico o maior e o menor ponto.
Investimento estimado aplicado	Gráfico de Pizza	Apresentar a distribuição entre economia gerada e investimento. Calcular o Retorno sobre os Investimentos – ROI.	Economia gerada deve ser maior que os investimentos
Padronização do novo processo	Fluxograma	Descrever a nova sequência das atividades.	Treinar os colaboradores e atualizar documentações.

**ANEXO A – CERTIFICADO – OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO PRODUTIVO NA INDÚSTRIA DE CORREIAS  
TRANSPORTADORAS VIA PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL**

