

**BRUNO GIL MINGORANCE**

**ANÁLISE DE UMA FÁBRICA DE  
EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL  
POR MEIO DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS  
DISCRETOS**

São Paulo  
2024



**BRUNO GIL MINGORANCE**

**ANÁLISE DE UMA FÁBRICA DE  
EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL  
POR MEIO DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS  
DISCRETOS**

Trabalho apresentado à Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo para ob-  
tenção do Diploma de Engenheiro de  
Produção

São Paulo  
2024





**BRUNO GIL MINGORANCE**

**ANÁLISE DE UMA FÁBRICA DE  
EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL  
POR MEIO DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS  
DISCRETOS**

Trabalho apresentado à Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo para ob-  
tenção do Diploma de Engenheiro de  
Produção

Orientador:

Prof. Dr. Dario Ikuo Miyake

São Paulo  
2024



Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

#### Catálogo-na-publicação

Mingorance, Bruno Gil

Análise de uma fábrica de equipamentos de proteção individual por meio da simulação de eventos discretos / B. G. Mingorance -- São Paulo, 2024.  
160 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Simulação 2.Manufatura 3.Mão-de-obra 4.Produção de produtos únicos  
5.Terceirização I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.

# AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que sempre me guiou e fortaleceu nos momentos mais desafiadores desta jornada, desde o início.

Agradeço aos meus pais, Marcos e Lilian, pela educação, amor incondicional e por serem os maiores exemplos de dedicação e resiliência que eu poderia ter. Obrigado por serem minha base e minha maior inspiração.

À minha família, pelo apoio constante, pelas palavras de incentivo que sempre me impulsionaram a ir além e por, desde o início, comemorarem comigo cada pequena e grande vitória ao longo dessa jornada.

A todo o corpo docente da Escola Politécnica da USP, pela excelência no ensino e pela contribuição inestimável à minha formação acadêmica e pessoal. Em especial, ao professor Dr. Dario Ikuo Miyake, meu orientador, pela sabedoria, orientação precisa e pela confiança depositada neste trabalho, lições que vão muito além do que está nos livros.

À Tecnoseg, por me proporcionar a oportunidade de aliar teoria e prática, contribuindo de forma significativa para o desenvolvimento deste projeto.

À Vitoria, minha namorada, pelo carinho, paciência e compreensão nos momentos mais difíceis. Obrigado por acreditar em mim e por estar ao meu lado em cada passo desta trajetória.

Aos meus amigos, especialmente André, Caio, Flávio, Fernando, João, Leonardo, Lucas, Matias, Roberto e Tiago, pela amizade verdadeira, pelo companheirismo em todos os momentos e por tornarem essa caminhada mais leve e especial com tantas memórias, risadas e momentos únicos.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, estiveram ao meu lado ao longo desta jornada. Cada palavra de apoio, gesto de carinho e voto de confiança foram fundamentais para que este trabalho fosse possível. Meu sincero muito obrigado a cada um de vocês.

Este é um marco importante da minha vida, e sou profundamente grato por ter tantas pessoas especiais ao meu redor.



## RESUMO

Este trabalho analisa os desafios operacionais e estratégicos enfrentados pela Tecnoseg Industrial, uma fabricante de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), por meio da aplicação da metodologia de Simulação de Eventos Discretos (SED). A Tecnoseg enfrenta limitações de crescimento, como a dependência de fornecedores terceirizados, que reduzem seu controle sobre custos, qualidade e prazos de entrega. A pesquisa emprega SED para modelar os processos produtivos e explorar diferentes cenários, como a manutenção do modelo atual de terceirização, a internalização parcial ou completa da produção. A abordagem permite identificar gargalos operacionais, avaliar o impacto da produção interna na redução de prazos e custos, e testar estratégias de produção empurrada e puxada, visando maior controle e eficiência. Os resultados demonstram como a internalização da produção pode melhorar a flexibilidade e competitividade, embora exija investimentos significativos. Além disso, o estudo destaca a relevância da análise de compromissos econômicos e operacionais para embasar decisões estratégicas no setor manufatureiro. Por fim, esta análise não apenas contribui para o avanço técnico da Tecnoseg, mas também reflete um compromisso pessoal e familiar com a revitalização e crescimento sustentável da empresa.

**Palavras-chave:** Simulação de Eventos Discretos, EPIs, manufatura, terceirização, otimização produtiva.

# ABSTRACT

This study examines the operational and strategic challenges faced by Tecnoseg Industrial, a manufacturer of Personal Protective Equipment (PPE), through the application of Discrete Event Simulation (DES) methodology. Tecnoseg, with over three decades of market presence, faces microeconomic limitations, such as dependence on outsourced suppliers, which reduces its control over costs, quality, and delivery schedules. The research employs DES to model production processes and explore different scenarios, such as maintaining the current outsourcing model, partially internalizing production, or fully bringing it in-house. This approach allows the identification of operational bottlenecks, assessment of the impact of in-house production on reducing costs and lead times, and testing of push and pull production strategies to achieve greater control and efficiency. The results demonstrate that internalizing production can enhance flexibility and competitiveness, albeit requiring significant initial investments. Moreover, the study emphasizes the importance of analyzing economic and operational compromises to support strategic decision-making in the manufacturing sector. Finally, this analysis not only contributes to the technical advancement of Tecnoseg but also reflects a personal and familial commitment to the company's revitalization and sustainable growth.

**Keywords:** Discrete Event Simulation, PPE, manufacturing, outsourcing, production optimization.

## LISTA DE FIGURAS

1	Logomarca da empresa Tecnoseg Industrial . . . . .	17
2	Missão, Visão e Valores na decoração do ambiente da área de vendas . . .	18
3	Produção anual de 2023 da Tecnoseg por família de produtos . . . . .	19
4	Margem operacional anual de 2023 da Tecnoseg por família de produtos (em milhares de reais) . . . . .	20
5	Layout do 1º piso da fábrica da Tecnoseg Industrial . . . . .	21
6	Layout do 2º piso da fábrica da Tecnoseg Industrial . . . . .	22
7	Layout do 3º piso da fábrica da Tecnoseg Industrial . . . . .	22
8	Organograma da Tecnoseg Industrial . . . . .	24
9	Evolução do mercado brasileiro de EPI . . . . .	26
10	Evolução do preço R\$ por kg do couro . . . . .	27
11	Carta de Processos Múltiplos (1/2) . . . . .	48
12	Carta de Processos Múltiplos (2/2) . . . . .	48
13	Mapa do processo de corte da luva de raspa . . . . .	49
14	Mapa do processo de costura da luva de raspa . . . . .	50
15	Mapa do processo de acabamento da luva de raspa . . . . .	50
16	Mapa do processo de corte da luva de vaqueta . . . . .	51
17	Mapa do processo de costura da luva de vaqueta . . . . .	52
18	Mapa do processo de acabamento da luva de vaqueta . . . . .	52
19	Mapa do processo de corte da luva de raspa forrada . . . . .	53
20	Mapa do processo de costura da luva de raspa forrada . . . . .	54
21	Mapa do processo de acabamento da luva de raspa forrada . . . . .	54
22	Mapa do processo de produção do avental de raspa . . . . .	55
23	Mapa do processo de produção do avental de PVC . . . . .	56



24	Mapa do processo de corte e acabamento do mangote de lona . . . . .	57
25	Mapa do processo de costura do mangote de lona . . . . .	57
26	Exemplo de geração de eventos que ocorrem com diversos recursos do sistema de produção e ordenação da sua ocorrência no tempo da simulação .	82
27	Parte do código que organiza os eventos pelo tempo de execução . . . . .	83
28	Exemplo do início da rotina de produção no dia 02/05/2023 . . . . .	84
29	Tempos de Produção, Descanso e Ociosidade do Cortador 1 simulados para o estado atual . . . . .	85
30	Tempos de Produção, Descanso e Ociosidade do Cortador 2 simulados para o estado atual . . . . .	86
31	Tempos de Produção, Descanso e Ociosidade do Costureira 1 simulados para o estado atual . . . . .	86
32	Tempos de Produção, Descanso e Ociosidade do Costureira 2 simulados para o estado atual . . . . .	87
33	Tempos de Produção, Descanso e Ociosidade do Responsável pelo Acabamento simulados para o estado atual . . . . .	88
34	Tempos de Produção, Descanso e Ociosidade do Responsável pelo Avental simulados para o estado atual . . . . .	88
35	Estoque de produto acabado de luva de raspa . . . . .	97
36	Estoque de produto acabado de luva de vaqueta . . . . .	98
37	Estoque de produto acabado de luva de raspa forrada . . . . .	99
38	Estoque de produto acabado de avental de raspa . . . . .	100
39	Estoque de produto acabado de avental de PVC . . . . .	101
40	Estoque de produto acabado de mangote de lona . . . . .	102
41	Comparação dos estoques nos modelos de produção empurrada e puxada para luva de raspa . . . . .	106
42	Comparação dos estoques nos modelos de produção empurrada e puxada para luva de vaqueta . . . . .	107

43	Comparação dos estoques nos modelos de produção empurrada e puxada para luva de raspa forrada . . . . .	108
44	Comparação dos estoques nos modelos de produção empurrada e puxada para avental de raspa . . . . .	109
45	Comparação dos estoques nos modelos de produção empurrada e puxada para avental de PVC . . . . .	110
46	Comparação dos estoques nos modelos de produção empurrada e puxada para mangote de lona . . . . .	111
47	Tempo de Produção, Descanso e realização das Atividades Secundárias do Responsável pelo Avental e Mangote para o cenário simulado . . . . .	123
48	Tempo de Produção, Descanso e realização das Atividades Secundárias da Costureira de Mangote para o cenário simulado . . . . .	123
49	Tempo de Produção, Descanso e realização das Atividades Secundárias do Cortador 1 para o cenário simulado . . . . .	124
50	Tempo de Produção, Descanso e realização das Atividades Secundárias do Cortador 2 para o cenário simulado . . . . .	125
51	Tempo de Produção, Descanso e realização das Atividades Secundárias do Costureira 1 para o cenário simulado . . . . .	125
52	Tempo de Produção, Descanso e realização das Atividades Secundárias do Costureira 2 para o cenário simulado . . . . .	126
53	Tempo de Produção, Descanso e realização das Atividades Secundárias do Responsável de Acabamento para o cenário simulado . . . . .	126
54	Estoque de produto acabado de mangote de lona com produção interna puxada . . . . .	128
55	Estoque de produto acabado de luva de raspa com modelo de produção puxado . . . . .	129
56	Estoque de produto acabado de luva de vaqueta com modelo de produção puxado . . . . .	130
57	Estoque de produto acabado de luva de raspa forrada com modelo de produção puxado . . . . .	130

58	Estoque de produto acabado de avental de raspa com modelo de produção puxado . . . . .	131
59	Estoque de produto acabado de avental de PVC com modelo de produção puxado . . . . .	132

## LISTA DE TABELAS

1	Produtos fabricados pela Tecnoseg Industrial . . . . .	19
2	Quadro dos colaboradores da Tecnoseg Industrial . . . . .	24
3	Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de luvas de raspa na área de corte (hh:mm) . . . . .	59
4	Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de luvas de raspa na área de costura (hh:mm) . . . . .	60
5	Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de luvas de raspa na área de acabamento (hh:mm) . . . . .	61
6	Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de luvas de vaqueta na área de corte (hh:mm) . . . . .	62
7	Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de luvas de vaqueta na área de costura (hh:mm) . . . . .	63
8	Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de luvas de vaqueta na área de acabamento (hh:mm) . . . . .	64
9	Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de luvas de raspa forrada na área de corte (hh:mm) . . . . .	65
10	Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de luvas de raspa forrada na área de costura (hh:mm) . . . . .	66
11	Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de luvas de raspa forrada na área de acabamento (hh:mm) . . . . .	67
12	Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de aventais de raspa (1º dia) (hh:mm) . . . . .	68
13	Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de aventais de raspa (2º dia) (hh:mm) . . . . .	69
14	Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de aventais de PVC (hh:mm) . . . . .	70
15	Lotes e <i>lead time</i> de produção de cada produto . . . . .	71

16	Programação de produção da fábrica para os meses de maio e junho 2023 .	72
17	Prazos e quantidades de produtos terceirizados entregues . . . . .	74
18	Pedidos de luvas de raspa dos clientes e entregas realizadas nos meses de maio e junho de 2023 . . . . .	75
19	Pedidos de luvas de vaqueta dos clientes e entregas realizadas nos meses de maio e junho de 2023 . . . . .	76
20	Pedidos de luvas de raspa forrada dos clientes e entregas realizadas nos meses de maio e junho de 2023 . . . . .	77
21	Pedidos de aventais de PVC dos clientes e entregas realizadas nos meses de maio e junho de 2023 . . . . .	78
22	Pedidos de aventais de raspa dos clientes e entregas realizadas nos meses de maio e junho de 2023 . . . . .	79
23	Pedidos de mangotes de lona dos clientes e entregas realizadas nos meses de maio e junho de 2023 . . . . .	80
24	Comparação entre os tempos coletados com os tempos gerados pelo modelo computacional de simulação para luva de raspa . . . . .	89
25	Comparação entre os tempos coletados com os tempos gerados pelo modelo computacional de simulação para luva de vaqueta . . . . .	90
26	Comparação entre os tempos coletados com os tempos gerados pelo modelo computacional de simulação para luva de raspa forrada . . . . .	91
27	Comparação entre os tempos coletados com os tempos gerados pelo modelo computacional de simulação para avental de raspa . . . . .	92
28	Comparação entre os tempos coletados com os tempos gerados pelo modelo computacional de simulação para avental de PVC . . . . .	92
29	Tempos estimados do processo de fabricação de 1 lote de mangote de lona na área de corte e acabamento (hh:mm) . . . . .	121
30	Tempos estimados do processo de fabricação de 1 lote de mangote de lona na área de costura (hh:mm) . . . . .	122

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>17</b>
1.1	Contextualização da empresa . . . . .	17
1.1.1	Descrição da empresa . . . . .	17
1.1.2	Produtos e margem operacional . . . . .	18
1.1.3	Layout da fábrica . . . . .	20
1.1.4	Estrutura organizacional . . . . .	23
1.2	Motivação e objetivo do trabalho . . . . .	25
1.3	Definição do problema . . . . .	25
1.3.1	Fatores macroeconômicos . . . . .	26
1.3.2	Fatores microeconômicos . . . . .	27
<b>2</b>	<b>Fundamentação teórica</b>	<b>29</b>
2.1	Metodologia de Simulação de Eventos Discretos . . . . .	29
2.1.1	Definição e objetivos da Simulação de Eventos Discretos . . . . .	29
2.1.2	Vantagens e limitações da Simulação de Eventos Discretos . . . . .	30
2.1.3	Áreas de aplicação da Simulação de Eventos Discretos . . . . .	32
2.1.4	Componentes da Simulação de Eventos Discretos . . . . .	32
2.1.5	Sistema de Simulação de Eventos Discretos . . . . .	34
2.1.6	Modelos estatísticos para simulação . . . . .	36
2.2	Metodologia de análise de decisão entre terceirização e produção interna . .	37
2.2.1	Problema de decisão “ <i>make-or-buy</i> ” . . . . .	37
2.2.2	Metodologia de Custo Total de Propriedade . . . . .	38
2.3	Produção Enxuta ( <i>Lean Manufacturing</i> ) . . . . .	41
2.3.1	Produção Empurrada vs. Produção Puxada . . . . .	42

2.3.1.1	Sistema de Reposição de Estoques ( <i>Replenishment</i> ) . . . .	43
<b>3</b>	<b>Desenvolvimento do Modelo de Simulação</b>	<b>46</b>
3.1	Modelagem inicial realizada . . . . .	46
3.1.1	Definição do problema e objetivo do modelo . . . . .	46
3.1.2	Desenvolvimento do modelo conceitual . . . . .	46
3.1.3	Coleta de dados . . . . .	58
3.1.4	Construção do modelo computacional . . . . .	80
3.1.5	Validação dos tempos de execução do modelo . . . . .	84
3.1.6	Validação das movimentações de estoque do modelo . . . . .	93
3.1.7	Análise dos resultados . . . . .	102
3.1.7.1	Nível de Ociosidade dos colaboradores . . . . .	102
3.1.7.2	Movimentações dos estoques de produtos acabados . . . .	104
3.2	Cenários de simulação . . . . .	112
<b>4</b>	<b>AVALIAÇÃO FINANCEIRA E SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS</b>	<b>113</b>
4.1	Avaliação Financeira dos cenários . . . . .	113
4.1.1	Cenário Atual . . . . .	113
4.1.2	Cenário A . . . . .	114
4.1.3	Cenário B . . . . .	117
4.1.4	Cenário C . . . . .	119
4.2	Simulação do cenário B . . . . .	119
4.2.1	Estrutura da nova linha de produção do mangote de lona . . . . .	120
4.2.2	Produção puxada e controle do estoque . . . . .	127
<b>5</b>	<b>Conclusão</b>	<b>133</b>
5.1	Resultado do trabalho . . . . .	133
5.1.1	Simulação como ferramenta de apoio à decisão . . . . .	134

5.2	Limitações do trabalho . . . . .	135
5.3	Experiência obtida com a realização do trabalho . . . . .	136
5.3.1	Impacto para a Tecnoseg . . . . .	137
<b>Referências</b>		<b>138</b>
<b>Apêndice A – Rotina de produção do dia 02/05/2023 na Tecnoseg</b>		<b>140</b>
<b>Apêndice B – Amostra do código em Python do modelo de simulação de eventos discretos da operação da Tecnoseg Industrial</b>		<b>150</b>



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização da empresa

### 1.1.1 Descrição da empresa

A Tecnoseg Industrial é uma empresa de pequeno porte, localizada em São Paulo, que atua há mais de 30 anos com a produção e revenda de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). Empresa familiar, fundada por 3 empreendedores, que foi crescendo nesse mercado ao longo dos anos e se consolidou através da fidelização de seus clientes e parceria com seus fornecedores.

Figura 1: Logomarca da empresa Tecnoseg Industrial



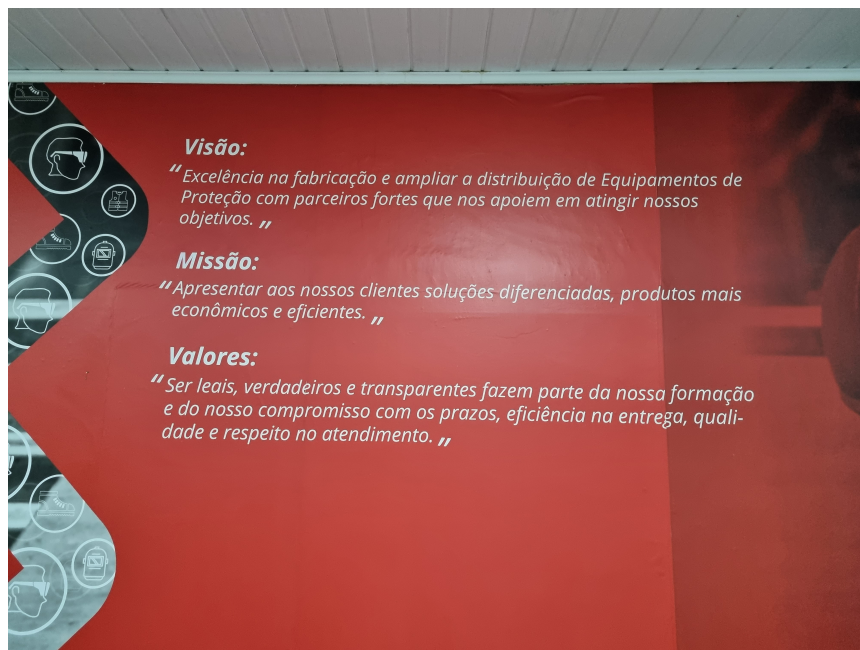
Fonte: Site Tecnoseg Industrial

Com mais de 3 décadas de experiência no mercado de EPIs, a Tecnoseg Industrial busca inovar e melhorar cada vez mais seu portfólio e atender da melhor forma seus clientes através do desenvolvimento de produtos específicos para cada necessidade proporcionando-lhes maior eficiência na produção e segurança no trabalho. Para isso, a Tecnoseg Industrial conta com profissionais qualificados e capacitados para atender um mercado cada dia mais exigente, cientes de que o bom desempenho da empresa depende da satisfação de seus clientes. Além disso, a Tecnoseg tem o seu planejamento estratégico muito bem estruturado, o qual se baseia em sua missão, sua visão e seus valores, que norteiam os objetivos a serem alcançados e agregam valor aos clientes e funcionários.

- Missão: “Apresentar aos nossos clientes soluções diferenciadas, produtos mais econômicos e eficientes.”

- Visão: *“Excelência na fabricação e ampliar a distribuição de Equipamentos de Proteção com parceiros fortes que nos apoiem em atingir nossos objetivos.”*
- Valores: *“Ser leais, verdadeiros e transparentes fazem parte de nossa formação e do nosso compromisso com os prazos, eficiência na entrega, qualidade e respeito no atendimento.”*

Figura 2: Missão, Visão e Valores na decoração do ambiente da área de vendas



Fonte: Autoria Própria

A empresa atua no mercado de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual), tanto na produção quanto na revenda de equipamentos, como luvas, aventais, mangotes, perneiras, entre outros, acompanhando demandas e inovações do setor para entregar os melhores produtos, ou seja, que assegurem a saúde e segurança de seus clientes ergonomicamente. Além disso, os desenvolvedores de normas técnicas, os laboratórios de pesquisas e o próprio governo estão mais criteriosos e cuidadosos com relação às medidas para gerenciar os riscos inerentes ao processo de transformação industrial, exigindo certificações e regulamentações específicas das empresas fabricantes.







### 1.1.2 Produtos e margem operacional

A Tecnoseg Industrial organiza seus produtos em dois portfólios principais. No primeiro estão os equipamentos fabricados pela empresa, que incluem luvas, aventais e mangotes, produzidos internamente ou por meio de terceirização. No segundo portfólio

encontram-se os equipamentos comercializados, como perneiras, botas, botinas, óculos de proteção e abafadores.

A Tabela 1 apresenta os produtos fabricados pela Tecnoseg, sejam eles produzidos internamente ou em parceria com fornecedores terceirizados.

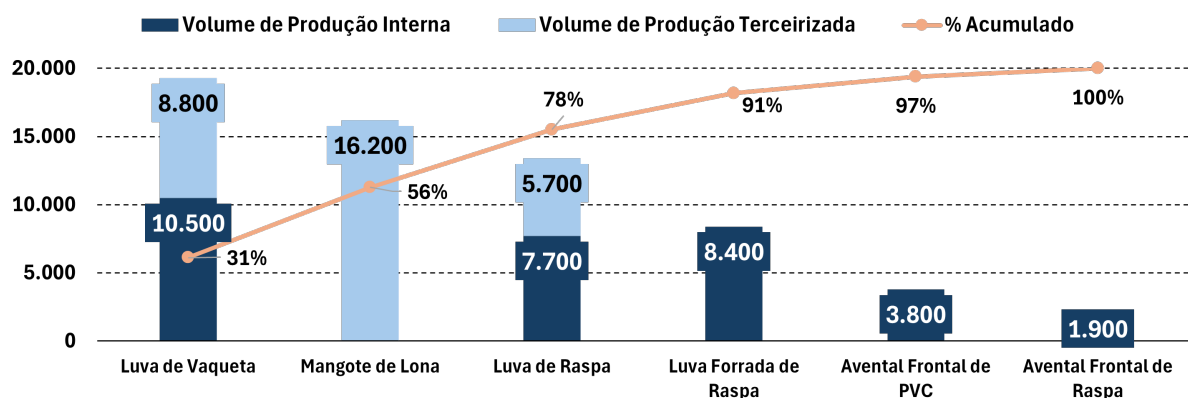
Tabela 1: Produtos fabricados pela Tecnoseg Industrial

Produtos fabricados	Imagens	Produtos fabricados	Imagens
Avental frontal de PVC		Avental frontal de raspa	
Mangote de lona		Luva de raspa	
Luva forrada de raspa		Luva de vaqueta	

Fonte: Elaborada pelo autor

A partir do levantamento realizado na Tabela 1, os equipamentos produzidos pela Tecnoseg Industrial foram ordenados pelo volume de produção anual, conforme a Figura 3 apresenta.

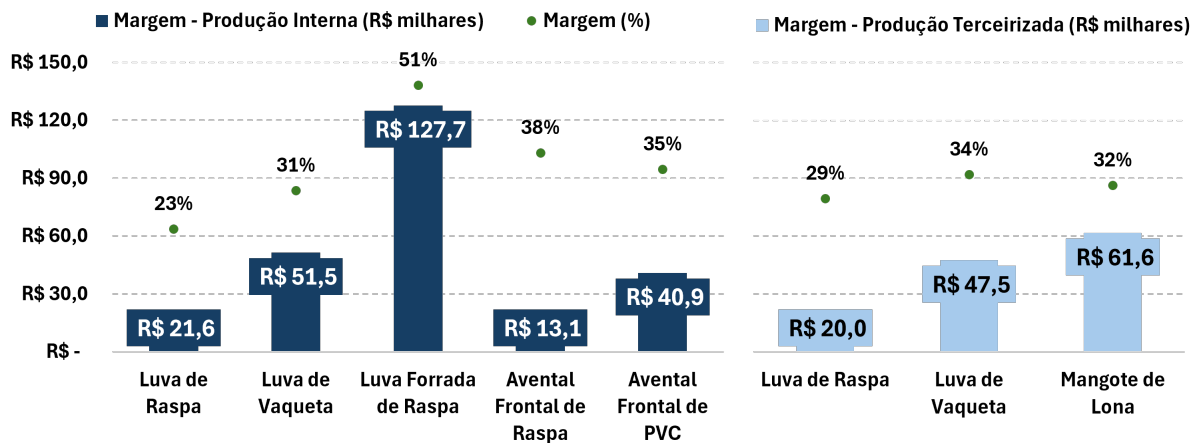
Figura 3: Produção anual de 2023 da Tecnoseg por família de produtos



Fonte: Elaborada pelo autor

Adicionalmente, foram coletados dados sobre a margem operacional anual de 2023 para cada família de produtos, distinguindo-se entre itens produzidos internamente e aqueles terceirizados. A Figura 4 apresenta essas informações, destacando os resultados financeiros em milhares de reais por família de produtos, no qual a margem operacional totalizou, no ano de 2023, R\$ 383,6 mil, com um percentual de 35,9%.

Figura 4: Margem operacional anual de 2023 da Tecnoseg por família de produtos (em milhares de reais)

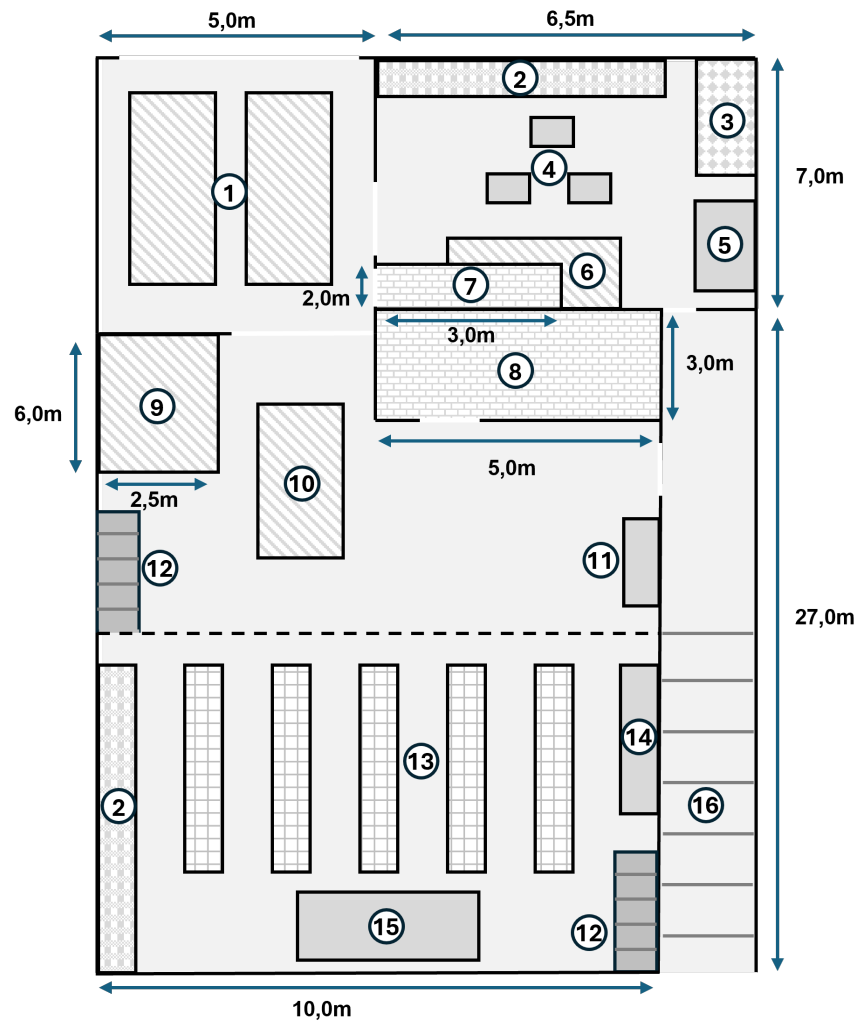


Fonte: Elaborada pelo autor

### 1.1.3 Layout da fábrica

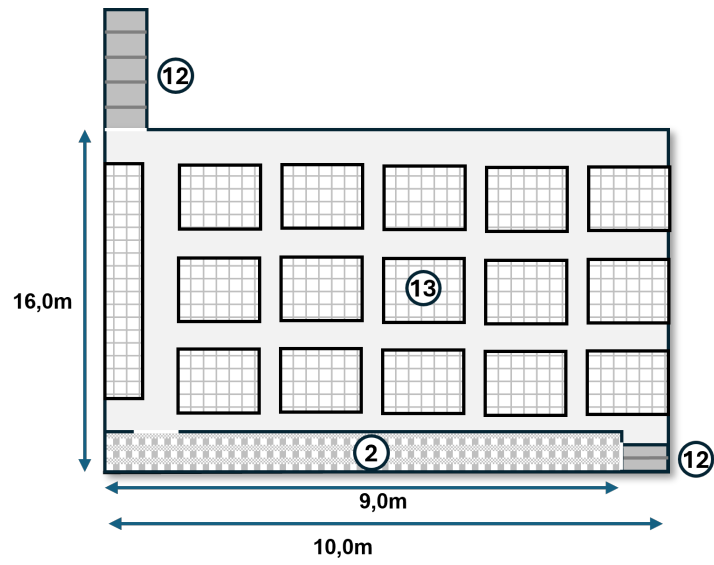
A fábrica da Tecnoseg Industrial ocupa 3 pisos, sendo o primeiro piso, representado na Figura 5, o de maior área, composto pelos ambientes de estacionamento (com duas vagas), área de carga e descarga dos produtos, departamento de logística, área de corte e o almoxarifado (com os paletes). O segundo piso, representado na Figura 6 é um espaço utilizado como almoxarifado, estoque de produtos acabados, contendo duas escadas de acesso partindo do primeiro piso. Por fim, no terceiro piso, representado na Figura 7, estão localizadas as áreas de costura e acabamento, as quais são acessadas via escada lateral partindo no primeiro piso.

Figura 5: Layout do 1º piso da fábrica da Tecnoseg Industrial



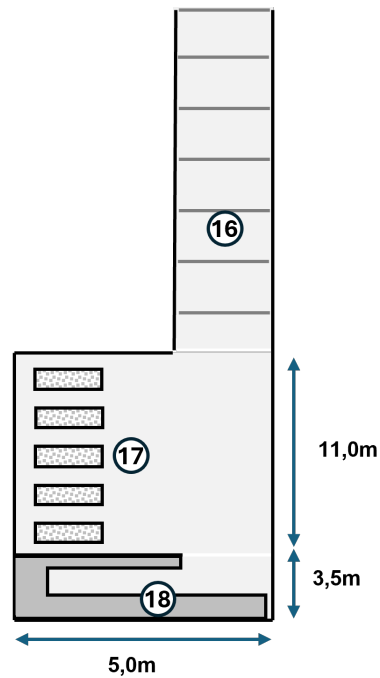
Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 6: Layout do 2º piso da fábrica da Tecnoseg Industrial



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 7: Layout do 3º piso da fábrica da Tecnoseg Industrial



Fonte: Elaborada pelo autor

Legenda referente às Figuras 5, 6 e 7:

1. 2 vagas para veículos
2. Estoque de matéria-prima
3. Prateleira com ferramentas para corte
4. 3 máquinas de corte balancim
5. Mesa para corte manual
6. Área de descarte de matérias-primas
7. Banheiros
8. Departamento de produção
9. Área de carga e descarga dos produtos
10. Vaga para carga e descarga dos veículos
11. Mesa com software de controle de estoque e pedidos
12. Escada de acesso ao 2º piso
13. Estoques de produtos acabados (paletes)
14. Mesa para separação dos itens
15. Mesa para corte e acabamento dos aventais
16. Escada de acesso ao 3º piso
17. 5 máquinas de costura
18. Mesa de acabamento e embalagem

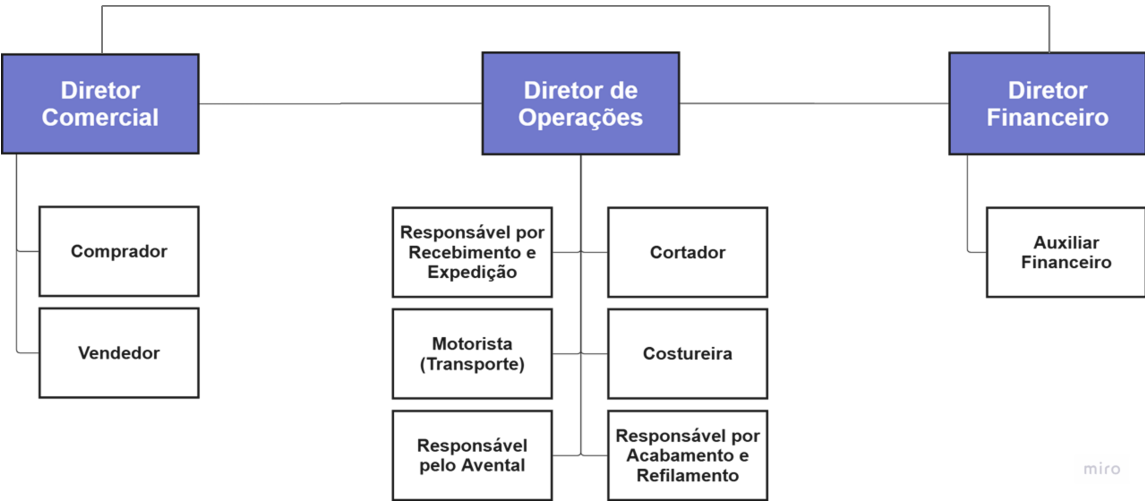
#### **1.1.4 Estrutura organizacional**

A Tecnoseg Industrial é gerida por três sócios, cada um responsável por uma das principais áreas da empresa: comercial, financeiro e operação, que engloba almoxarifado, logística e produção. Dentre os sócios, o responsável pela área comercial exerce maior influência na gestão, possuindo o maior poder de decisão dentro da organização.

A Figura 8 ilustra o organograma da empresa, destacando as conexões e os níveis de hierarquia existentes. Já a Tabela 2 apresenta o quadro de colaboradores, detalhando a

quantidade de funcionários em cada função, suas respectivas áreas de atuação e jornadas de trabalho.

Figura 8: Organograma da Tecnoseg Industrial



Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 2: Quadro dos colaboradores da Tecnoseg Industrial

Área	Função	Quantidade	Jornada de Trabalho
Comercial	Diretor Comercial	1	40 horas/semana
Comercial	Comprador	2	40 horas/semana
Comercial	Vendedor	5	40 horas/semana
Financeiro	Diretor Financeiro	1	40 horas/semana
Financeiro	Auxiliar Financeiro	1	40 horas/semana
Operações	Diretor de Operações	1	40 horas/semana
Operações	Recebimento e Expedição	2	40 horas/semana
Operações	Motorista	1	40 horas/semana
Operações	Cortador	2	40 horas/semana
Operações	Responsável pela produção de aventais e descartes de produção	1	40 horas/semana
Operações	Costureira	2	40 horas/semana
Operações	Acabamento e embalagem	1	40 horas/semana

Fonte: Elaborada pelo autor



## 1.2 Motivação e objetivo do trabalho

O presente trabalho de formatura foi motivado por um compromisso com a revitalização e crescimento da Tecnoseg Industrial, uma empresa familiar que carrega um legado de mais de três décadas no mercado de equipamentos de proteção individual (EPIs). Fundada pelo pai, tio e avô do autor deste trabalho, a Tecnoseg Industrial desempenha um papel de extrema importância na segurança e proteção de colaboradores, fornecendo ao mercado EPIs de alta qualidade que garantem a integridade física dos mesmos.

A empresa adotou, nos últimos anos, uma estratégia de crescimento por meio da produção terceirizada (ou parcialmente terceirizada), pois a diretoria enxerga essa alternativa como mais econômica, quando comparada à realização da produção totalmente interna. Entretanto, devido aos desafios econômicos e incertezas do mercado em situações como o período de pandemia, às oscilações no preço da matéria-prima couro, entre outros fatores que ocorreram ao longo dos últimos anos, a Tecnoseg esteve estagnada, sem projeções de crescimento e refém do modelo de produção terceirizada, no qual a empresa possui pouco controle sob os custos, a qualidade e os prazos de entrega dos produtos.

O trabalho desenvolvido surge como uma resposta proativa a essa situação desafiadora. Como membro da família que um dia será responsável pela condução da Tecnoseg Industrial, o autor sente-se motivado a buscar soluções que não apenas revertam o quadro atual, mas que também promovam um crescimento sustentável e robusto para a empresa. A dedicação do autor a este estudo reflete seu compromisso pessoal e profissional com a missão de assegurar que a empresa continue a desempenhar seu papel de importância no mercado de EPIs.

Este trabalho de formatura, portanto, não é apenas um estudo acadêmico, mas uma expressão de compromisso do autor com um legado familiar e que almeja garantir o crescimento e o sucesso da Tecnoseg Industrial nas próximas décadas.

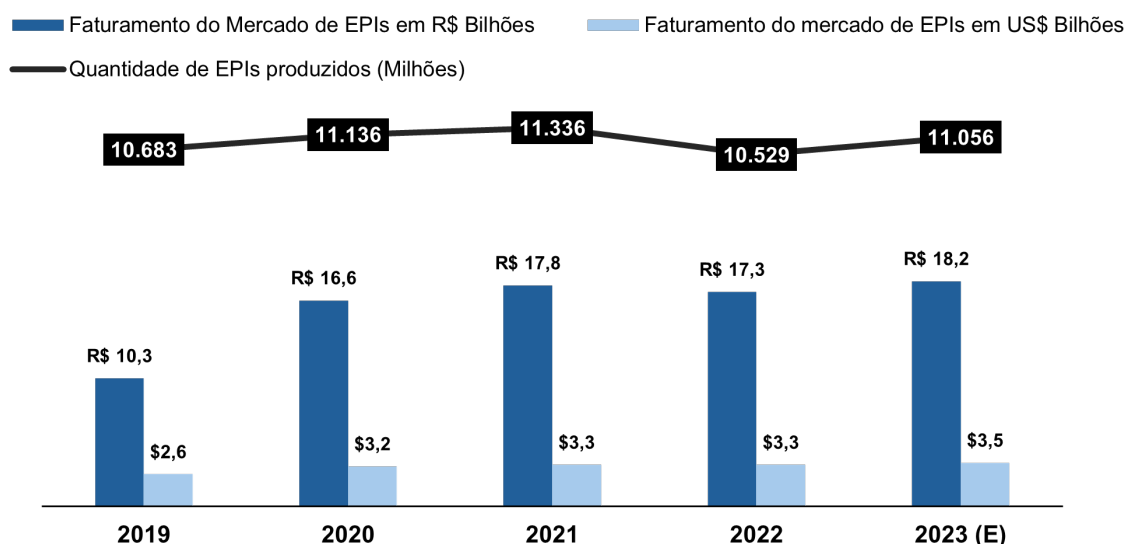
## 1.3 Definição do problema

Nos últimos cinco anos, o faturamento da Tecnoseg Industrial encontrou-se estagnado, com deterioração de sua margem de lucratividade. Diversos fatores, tanto macro quanto microeconômicos, influenciaram o resultado negativo da estratégia de crescimento da empresa.

### 1.3.1 Fatores macroeconômicos

Os resultados da Tecnoseg foram significativamente impactados por fatores macroeconômicos, especialmente durante o período da pandemia de COVID-19, quando muitas fábricas e indústrias reduziram ou pararam sua produção, levando a uma considerável diminuição no consumo de equipamentos de proteção individual. O desenvolvimento do cenário pós-pandemia não foi positivo até o momento, visto a taxa de juros elevada, as principais economias mundiais estagnadas da ótica econômica, além da conjuntura de desvalorização cambial do real, que causam um forte impacto na importação de matéria-prima. Observando especificamente o mercado de EPIs, não houve uma significativa evolução do segmento desde 2019, como mostra a Figura 9.

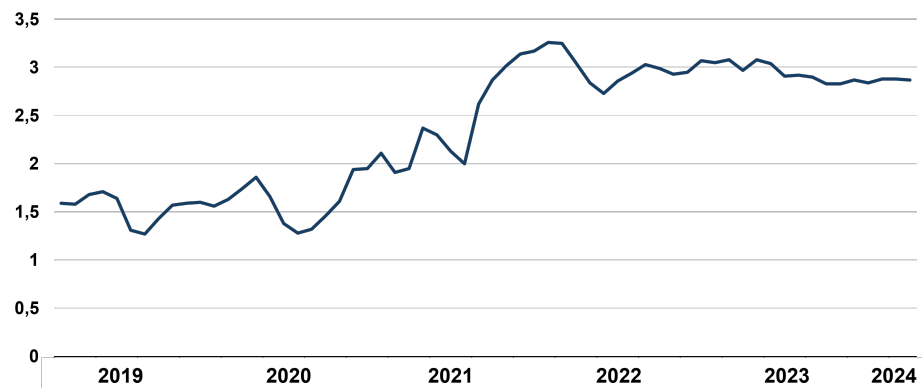
Figura 9: Evolução do mercado brasileiro de EPI



Fonte: ANIMASEG 2023

Outro fator relevante para o mercado de EPIs é a análise dos preços das matérias-primas, principalmente do couro, insumo mais relevante para produção de luvas, aventais, mangotes e perneiras. Como mencionado anteriormente, a desvalorização cambial do real enfraquece o Brasil na barganha pela comercialização das *commodities*, pressionando o aumento de preços em R\$. Assim, desde 2019, o couro, praticamente, dobrou de valor, como mostra a Figura 10, encarecendo o custo de produção dos EPIs. Importante também ressaltar a intensa competição com os produtos importados, os quais são frequentemente mais baratos e assim vem conquistando a preferência de muitos consumidores.

Figura 10: Evolução do preço R\$ por kg do couro



Fonte: Fundo Monetário Internacional 2024

### 1.3.2 Fatores microeconômicos

Além dos fatores macroeconômicos que impactaram a Tecnoseg Industrial, a empresa não investiu de forma consistente na modernização de seus processos internos nem no próprio crescimento. Há mais de 10 anos, optou pela terceirização de parte da produção, motivada pelo custo mais vantajoso na época, como uma estratégia para garantir viabilidade financeira em um contexto desafiador. No entanto, essa decisão não foi reavaliada ao longo do tempo, o que impede a empresa de analisar se a internalização da produção poderia ser uma estratégia mais favorável no cenário atual, especialmente para aumentar o faturamento, que permanece estagnado, e melhorar sua competitividade no mercado.

A internalização da produção apresenta o potencial de ampliar a base de clientes, aumentar a produtividade e diversificar o portfólio de produtos. No entanto, a terceirização também gera desafios, como a dependência dos prazos de entrega das empresas terceirizadas, o que coloca a Tecnoseg em uma posição vulnerável. Essa dependência pode acarretar a perda de oportunidades, principalmente em demandas que exigem entregas rápidas. Além disso, a capacidade de resposta e a flexibilidade são limitadas, enquanto a produção interna poderia proporcionar maior agilidade para atender às variações do mercado e demandas específicas dos clientes.

Apesar dessas limitações, a relação da Tecnoseg com seus fornecedores terceirizados é sólida, com poucas ocorrências de atrasos ou problemas operacionais. Esses fornecedores costumam cumprir os prazos acordados, o que reduz o impacto negativo da terceirização no dia a dia da operação. Assim, o principal critério de decisão entre manter a ter-

ceirização ou internalizar a produção está nas possibilidades existentes de aumento da produtividade e no aspecto econômico, considerando que a internalização exigiria investimentos possivelmente expressivos.

Diante desse cenário, este trabalho busca aprofundar a análise sobre os diferentes cenários de internalização da produção na Tecnoseg, avaliando seus impactos tanto nos aspectos produtivos quanto nos financeiros, para identificar as melhores estratégias de crescimento e competitividade para a empresa.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Metodologia de Simulação de Eventos Discretos

#### 2.1.1 Definição e objetivos da Simulação de Eventos Discretos

A Simulação de Eventos Discretos (SED) é uma técnica que possibilita modelar sistemas em que mudanças de estado ocorrem de maneira pontual e organizada, determinadas por eventos específicos e bem definidos. A SED considera cada transição como uma ocorrência independente e isolada, permitindo que o sistema avance de um evento ao próximo de acordo com sequência em que deve ocorrer e, dessa forma, economiza tempo computacional e recursos, garantindo um retrato real cujo comportamento pretende simular (LAW, 2015).

O método de modelagem de Simulação de Eventos Discretos é uma abordagem essencial para compreender sistemas dinâmicos e sequenciais, onde cada evento afeta diretamente o estado subsequente. Cada evento, como a chegada de uma matéria-prima à linha de produção, a conclusão de uma etapa de processamento ou a movimentação de um item no sistema, desencadeia uma série de mudanças que reconfiguram o sistema. Dessa forma, a SED não apenas gera o momento específico da ocorrência, mas também reflete a interdependência entre atividades e recursos, tornando-a especialmente útil para analisar sistemas complexos onde há interações entre múltiplas variáveis (BANKS et al., 2004). Assim, a Simulação de Eventos Discretos é amplamente aplicável em contextos onde é necessário um alto nível de detalhamento e controle sobre as variáveis, como em processos de manufatura. A complexidade das operações nesses ambientes exige um detalhamento preciso das atividades para compreender o comportamento do sistema e identificar possíveis pontos de melhoria. Além disso, permite simular cada transição de maneira isolada, avaliando o impacto de alterações e testando diferentes cenários, contribuindo para a melhoria do desempenho geral do sistema.

A Simulação de Eventos Discretos é uma ferramenta utilizada para otimizar o desem-

penho de sistemas complexos, permitindo prever o impacto de intervenções e fornecendo uma base confiável para a tomada de decisões. Por meio dessa abordagem, é possível criar um ambiente virtual para testar diferentes políticas operacionais e cenários, eliminando os custos e riscos associados a experimentações no mundo real. Essa metodologia é especialmente relevante em setores industriais, onde a implementação de mudanças geralmente envolve altos custos e possíveis interrupções operacionais. Solução econômica e prática para antecipar os efeitos de novas configurações e identificar melhorias potenciais sem comprometer a continuidade da produção (LAW, 2015).

### 2.1.2 Vantagens e limitações da Simulação de Eventos Discretos

- **Vantagens:**

A Simulação de Eventos Discretos está associada à capacidade de modelar e analisar sistemas complexos de maneira detalhada e precisa. Sendo uma das principais vantagens dessa abordagem a possibilidade de realizar análises personalizadas dos sistemas reais, permitindo que múltiplos elementos, como filas, eventos e estados, sejam representados de forma individual e combinados para retratar da maneira mais fidedigna possível a realidade (LAW, 2015).

Ademais, a SED é eficaz para identificar gargalos e ineficiências em sistemas complexos, no qual, por meio dessa técnica, é possível observar os pontos de acúmulo de entidades e os recursos que permanecem ociosos, permitindo que os gestores identifiquem os estrangulamentos que limitam a eficiência do processo. Em linhas de produção, por exemplo, a SED possibilita identificar estações com maiores tempos de espera e ajustar o sistema para equilibrar o fluxo de trabalho. Essa análise é fundamental para promover melhorias contínuas no desempenho operacional, além de otimizar a utilização dos recursos disponíveis e aumentar a capacidade produtiva do sistema como um todo (BANKS et al., 2004).

Outro benefício significativo é a capacidade de proporcionar uma experimentação segura com políticas e cenários alternativos, antes de implementar mudanças em um sistema real, testando diferentes configurações operacionais, observando os possíveis impactos e identificando a solução mais eficiente. Essa capacidade é útil em ambientes industriais, onde ajustes em layouts de produção, adição de recursos ou alteração de sequências operacionais podem ser caros e demorados. Ao simular esses cenários em um ambiente virtual, a Simulação de Eventos Discretos oferece uma base confiável para a tomada de decisões estratégicas, reduzindo os riscos e os cus-

tos associados à experimentação no ambiente real (KAMPA; GOLDA; PAPROCKA, 2017).

- **Limitações:**

A Simulação de Eventos Discretos também apresenta algumas limitações, entre elas a necessidade de dados precisos e detalhados para calibrar adequadamente o modelo de simulação. A confiabilidade e precisão dos resultados estão diretamente relacionadas à qualidade dos dados de entrada, como tempos de processamento, taxas de chegada das entidades e capacidade dos recursos. No entanto, a coleta e análise desses dados pode exigir recursos significativos e tempo demasiado. Além disso, inconsistências ou desatualizações nos dados podem comprometer a validade dos resultados, reduzindo a eficácia da simulação para a tomada de decisões (BANKS et al., 2004).

Outro desafio significativo na SED é a complexidade envolvida no desenvolvimento e validação do modelo, dado que criar um modelo de SED que reflita com precisão o sistema real exige habilidades técnicas avançadas, uma vez que é necessário estruturar as interações entre eventos, entidades e estados de forma a reproduzir o comportamento dinâmico do sistema. À medida que o número de variáveis e componentes do sistema aumenta, a modelagem torna-se mais desafiadora, e o processo de validação se torna crucial para garantir a confiabilidade dos resultados (LAW, 2015).

A SED apresenta limitações na representação de processos contínuos, pois, embora seja uma técnica eficaz para modelar sistemas baseados em eventos discretos, não é ideal para sistemas onde as mudanças ocorrem de maneira contínua, como em processos físicos ou químicos (BANKS et al., 2004).

Por fim, o custo computacional e o tempo de execução podem ser vistos como limitações em modelos de SED extremamente detalhados e com um grande número de eventos e entidades, uma vez que, apesar da SED ser eficiente para sistemas complexos, à medida que o modelo se torna mais detalhado, o tempo de processamento pode aumentar significativamente, exigindo maior capacidade computacional. Esse fator deve ser considerado em situações onde a análise precisa ser rápida, no qual o tempo de execução prolongado pode limitar a aplicabilidade da técnica em sistemas que demandam respostas ágeis.

### 2.1.3 Áreas de aplicação da Simulação de Eventos Discretos

A Simulação de Eventos Discretos possui um amplo campo de aplicabilidade e é utilizada em diversas áreas onde há necessidade de modelar sistemas complexos com interações dinâmicas. Entre as principais áreas de aplicação estão a manufatura, o qual pode ser utilizada para otimizar processos produtivos; logística e transporte, que envolve a simulação de rotas, redes de transporte e gestão de estoques; serviços de saúde, nos quais pode ser aplicada para simular o fluxo de pacientes, alocação de recursos e planejamento de capacidade hospitalar; em sistemas de telecomunicações e redes de computadores, onde pode auxiliar no planejamento de redes e na análise de tráfego para otimizar o uso de recursos; entre outros (BANKS et al., 2004).

Na manufatura, a SED desempenha um papel fundamental ao permitir que engenheiros e gestores simulem o comportamento de linhas de produção para identificar e resolver problemas que afetam a eficiência e a produtividade, como o balanceamento de linhas de produção, dessa forma, garante que todas as estações de trabalho operem de maneira sincronizada e que o fluxo de materiais seja otimizado, minimizando tempos de espera e maximizando a taxa de produção (BANKS et al., 2004).

Outra atribuição da Simulação de Eventos Discretos na manufatura é o planejamento de recursos e alocação de mão de obra. Ao simular diferentes cenários de alocação de máquinas e pessoal, a SED permite avaliar a configuração que melhor atende à demanda e que minimiza o tempo ocioso dos operadores, tornando o sistema mais eficiente. A simulação também é útil para testar políticas de manutenção preventiva e para avaliar o impacto de paradas programadas no desempenho geral da linha de produção, o que auxilia na tomada de decisões estratégicas e operacionais (LAW, 2015).

### 2.1.4 Componentes da Simulação de Eventos Discretos

Na Simulação de Eventos Discretos, existem componentes fundamentais que estruturam e orientam o funcionamento do modelo, permitindo uma representação precisa dos sistemas simulados. Esses componentes incluem entidades, eventos, estados, filas, atividades e recursos, cada um desempenhando um papel específico e interligado para replicar a dinâmica do sistema, especificados a seguir (BANKS et al., 2004):

- Entidades: As entidades representam os objetos ativos no sistema que se movem e interagem ao longo da simulação. Em um modelo de manufatura, por exemplo, as entidades podem ser as peças ou produtos que avançam pela linha de produção



e cada entidade possui atributos que definem suas características específicas, como tempo de processamento ou prioridade, o que permite a personalização e diferenciação dentro do modelo.

- **Eventos:** Os eventos são pontos de transição que desencadeiam mudanças no estado do sistema, marcando o momento exato em que ocorre uma modificação significativa. Assim, o momento em que cada evento deve ocorrer é monitorado continuamente e, ao longo da simulação, o tempo avança de um evento ao próximo, permitindo que o sistema evolua de forma discreta. Por exemplo, em uma fábrica, eventos podem incluir a chegada de uma peça em uma estação de trabalho ou a conclusão de uma etapa de processamento e estes devem ser ordenados pelo programa de simulação na sequência em que devem ocorrer.
- **Estados:** O estado define a condição atual do sistema em um momento específico e pode variar de acordo com o estado de suas entidades e recursos. Em um modelo de manufatura, o estado de uma máquina pode indicar se ela está “ocupada”, “livre” ou em “manutenção”. A identificação e o monitoramento dos estados são essenciais para avaliar o desempenho do sistema, entender a utilização de recursos e identificar possíveis gargalos.
- **Filas:** As filas representam os pontos onde as entidades aguardam para acessar um recurso ou realizar uma atividade. A existência de filas é comum em sistemas de manufatura, onde a capacidade de cada estação de trabalho é limitada e as peças aguardam em filas até que possam ser processadas. As filas podem ser organizadas de acordo com regras específicas, como ordem de chegada (FIFO - First In, First Out) ou prioridade, e seu gerenciamento é crucial para evitar acúmulos excessivos e otimizar o fluxo de trabalho.
- **Atividades:** As atividades representam as operações realizadas pelas entidades, como processos de montagem, corte, ou inspeção em uma linha de produção. Cada atividade possui uma duração específica, que pode ser fixa ou variável, dependendo das características do processo. Em um sistema de manufatura, as atividades consomem recursos e tempo, que influenciam o desempenho do sistema e o fluxo de produção.
- **Recursos:** Os recursos são elementos que limitam o progresso das atividades dentro do sistema, em uma linha de produção, os recursos podem incluir máquinas, trabalhadores e ferramentas que são necessários para a execução de atividades. A SED permite modelar a disponibilidade e a alocação desses recursos, o que é fundamental para identificar pontos de estrangulamento e otimizar a utilização dos recursos.

### 2.1.5 Sistema de Simulação de Eventos Discretos

O desenvolvimento de um Sistema de Simulação de Eventos Discretos segue uma série de passos metodológicos que visam representar com precisão o comportamento de sistemas reais, sendo o objetivo dessa abordagem fornecer um modelo virtual que permita analisar e otimizar processos antes de realizar mudanças no ambiente físico. Abaixo estão descritos os passos e métodos envolvidos na construção de uma SED (BANKS et al., 2004) (LAW, 2015):

1. **Definição do Problema e Objetivos do Modelo** O primeiro passo em uma simulação de eventos discretos é definir claramente o problema que o modelo deve resolver e os objetivos específicos da simulação, que envolve entender as questões que o modelo pretende responder, como identificar gargalos em uma linha de produção ou otimizar a alocação de recursos em um processo.
2. **Desenvolvimento do Modelo Conceitual** O modelo conceitual é uma representação abstrata do sistema real, construída com base na definição dos componentes principais (entidades, eventos, estados, filas, atividades e recursos). Esta etapa consiste em identificar e estruturar os elementos e suas interações, definindo como os eventos desencadeiam mudanças de estado e como as entidades percorrem o sistema, logo, o modelo conceitual serve como uma “planta” para o sistema de simulação e deve ser validado com especialistas para garantir que representa corretamente o sistema que está sendo modelado.
3. **Coleta de Dados** A coleta de dados é essencial para definir os parâmetros que alimentarão o modelo de simulação, como tempos de processamento, taxas de chegada de entidades, tempos de fila e capacidades dos recursos. A precisão dos dados é fundamental para que o modelo seja confiável, e esses dados devem ser analisados para determinar suas distribuições de probabilidade e variabilidade, podendo a análise estatística ajudar a identificar padrões e flutuações que refletem o comportamento real do sistema e que serão incorporados ao modelo.
4. **Construção do Modelo Computacional** Com o modelo conceitual e os dados em mãos, inicia-se a construção do modelo computacional. Este modelo é implementado em um software de simulação (como *Simpy* em *Python*, *Arena*, ou *AnyLogic*), onde os componentes e interações são codificados para reproduzir o comportamento dinâmico do sistema. Durante essa etapa, eventos, atividades e recursos são configurados para que o modelo simule o fluxo das entidades e o impacto dos eventos no

sistema. A precisão da codificação é essencial para garantir que o modelo computacional reflita o modelo conceitual.

5. **Verificação e Validação do Modelo** A verificação e validação são etapas fundamentais para assegurar que o modelo está correto e representa com precisão o sistema real, no qual a verificação envolve conferir se o modelo computacional foi implementado corretamente e se não contém erros lógicos ou de programação, enquanto a validação, por outro lado, é o processo de garantir que o modelo representa de forma adequada o sistema real. A partir dos resultados obtidos por meio da simulação é possível compará-los com dados reais do sistema ou consultando especialistas no assunto para verificar se o modelo se comporta de maneira esperada.
6. **Execução dos Cenários de Simulação** Após a validação, o modelo está pronto para ser utilizado em experimentos de simulação. Esta etapa consiste em executar diferentes cenários no modelo, alterando variáveis e parâmetros para avaliar o impacto de mudanças no sistema. Cada cenário representa uma configuração específica, permitindo testar políticas de operação, alocação de recursos e layouts alternativos, que visam atingir o objetivo inicial.
7. **Análise dos Resultados** Uma vez que os cenários foram simulados, os resultados são analisados para extrair informações sobre o desempenho do sistema, o qual envolve o cálculo de métricas como tempo de ciclo, tempo de espera e utilização de recursos. A análise estatística dos resultados permite identificar tendências e comparações entre cenários, fornecendo *insights* sobre as configurações que mais contribuem para melhorar a eficiência e eficácia do sistema.
8. **Documentação e Comunicação dos Resultados** A documentação é uma etapa crucial para garantir que o processo e os resultados da simulação sejam compreendidos e replicáveis. A documentação deve incluir o modelo conceitual, os dados utilizados, os parâmetros e as configurações dos cenários, além das conclusões da análise dos resultados. Esta etapa facilita a comunicação dos achados para as partes interessadas e permite que o modelo seja usado futuramente para novas simulações ou ajustes.
9. **Implementação das Recomendações** Finalmente, com base nos *insights* obtidos a partir da simulação, recomenda-se implementar as configurações e políticas que demonstraram melhores resultados. A SED permite que essas decisões sejam fundamentadas em dados simulados, o que reduz os riscos e aumenta a confiança na tomada de decisão. A implementação das recomendações deve ser acompanhada

por um monitoramento dos resultados no ambiente real, comparando-os com as previsões para confirmar a eficácia das mudanças propostas.

### 2.1.6 Modelos estatísticos para simulação

Na simulação de eventos discretos, modelos estatísticos são essenciais para representar a variabilidade e a incerteza de tempos e eventos, permitindo que o modelo reflita o comportamento dinâmico e aleatório do sistema real, sendo utilizados para definir distribuições de tempo e probabilidades, que são atribuídas a atividades, eventos e filas dentro do sistema. Entre os modelos estatísticos mais comuns estão a distribuição normal, exponencial, uniforme, e a distribuição triangular, cada uma com características específicas que atendem a diferentes cenários de simulação (BANKS et al., 2004):

- **Distribuição Normal:** A distribuição normal é usada quando os dados apresentam uma média e uma variabilidade simétricas, formando a clássica curva em forma de sino. Distribuição adequada para processos que apresentam variabilidade natural e simétrica em torno de uma média, como o tempo necessário para que um operador complete uma tarefa sob condições consistentes.
- **Distribuição Exponencial:** A distribuição exponencial é frequentemente usada para modelar o tempo entre eventos em processos de chegada, como a chegada de clientes em um sistema de fila. Distribuição adequada para representar processos de tempo de espera entre eventos aleatórios, especialmente quando os eventos são independentes entre si, como em uma fila de atendimento onde as chegadas são intermitentes e não há relação com as chegadas anteriores.
- **Distribuição Uniforme:** A distribuição uniforme é utilizada quando todos os valores dentro de um intervalo têm a mesma probabilidade de ocorrer, sendo útil para representar variáveis em situações de incerteza onde não há dados suficientes para definir uma distribuição mais detalhada. Na prática, a distribuição uniforme pode ser aplicada em cenários onde o comportamento de uma variável é desconhecido e todas as opções são igualmente prováveis.
- **Distribuição Triangular:** A distribuição triangular é amplamente usada na simulação quando se conhece o valor mínimo, o valor máximo e o valor mais provável de uma variável, mas não há dados suficientes para definir uma distribuição mais complexa, sendo representado por um triângulo que cobre o intervalo entre o valor mínimo e o máximo, com um pico no valor mais provável. Especialmente útil em

cenários onde os dados são limitados, mas onde é possível fazer uma estimativa razoável dos valores extremos e do valor mais frequente esperado.

## 2.2 Metodologia de análise de decisão entre terceirização e produção interna

### 2.2.1 Problema de decisão “*make-or-buy*”

A decisão entre produzir internamente (*make*) ou terceirizar (*buy*) representa uma escolha estratégica fundamental para as empresas, conhecida como *make-or-buy decision*. Essa decisão impacta diretamente a estrutura de custos, o controle operacional e a capacidade de adaptação das organizações, envolvendo a análise de múltiplos fatores econômicos e organizacionais para promover a eficiência e minimizar riscos associados às atividades produtivas (WILLIAMSON, 1997).

A decisão de manter uma atividade dentro da empresa ou terceirizá-la para fornecedores externos não é meramente uma questão de custo imediato, mas envolve considerar o nível de controle, qualidade e estabilidade operacional desejados. Terceirizar permite que a empresa concentre-se em suas competências essenciais, transferindo atividades menos estratégicas para parceiros especializados, o que pode reduzir a complexidade operacional e, potencialmente, os custos. No entanto, implica em alguns riscos, como a perda de controle sobre o processo e uma potencial dependência excessiva dos fornecedores, o que pode afetar a qualidade e a confiabilidade do fornecimento (WALKER; WEBER, 1984).

Por outro lado, internalizar funções críticas oferece maior controle sobre a qualidade, flexibilidade nos processos e domínio sobre o conhecimento técnico ou inovações estratégicas. Em setores onde a proteção de propriedade intelectual e a diferenciação são essenciais para a competitividade, a produção interna pode ser vantajosa. Contudo, essa escolha demanda investimentos consideráveis em infraestrutura e mão de obra qualificada, elevando os custos fixos e a complexidade operacional (WILLIAMSON, 1997).

Ao avaliar as alternativas de terceirização e internalização, as empresas têm como objetivo maximizar a eficiência e a lucratividade, equilibrando custo, controle e flexibilidade. Essa análise ajuda a estruturar as operações para que a empresa possa focar em suas atividades essenciais, otimizando a alocação de recursos de forma estratégica e adaptável às mudanças do mercado. Em um ambiente competitivo e dinâmico, essa capacidade de adaptação é um diferencial importante para a sobrevivência e o crescimento a longo prazo (ELLRAM; MALTZ, 1995).

Além da eficiência, outro objetivo importante é mitigar riscos associados a cada alternativa, visto que a dependência de fornecedores externos pode trazer vulnerabilidades, como instabilidade na cadeia de suprimentos e exposição a flutuações de mercado, enquanto internalizar processos robustos exige uma gestão cuidadosa de riscos financeiros e operacionais. Com uma análise criteriosa, a empresa pode adotar uma estratégia que combine eficiência com resiliência, fortalecendo sua posição frente a incertezas do ambiente de negócios (PORTER, 1998).

Por fim, a decisão estratégica de *make-or-buy* molda a posição competitiva da empresa ao alinhar suas operações com os objetivos de longo prazo e com o ambiente competitivo. Escolhas bem fundamentadas sobre o que internalizar ou terceirizar permitem que a empresa equilibre custos e controle, sustente metas de crescimento e inovação e concentre-se nas atividades que mais contribuem para o seu sucesso, delegando a especialistas operações não essenciais, tornando esse processo de análise uma ferramenta valiosa para maximizar o valor da empresa no mercado e consolidar sua visão de longo prazo (WALKER; WEBER, 1984).

### 2.2.2 Metodologia de Custo Total de Propriedade

A metodologia de Custo Total de Propriedade (CTP) é amplamente utilizada para decisões estratégicas que envolvem a escolha entre terceirizar ou internalizar atividades produtivas. Desenvolvida para fornecer uma visão abrangente dos custos associados ao ciclo de vida de um ativo, processo ou serviço, o CTP vai além das análises financeiras convencionais, que geralmente se limitam aos custos diretos. Ele inclui não apenas despesas imediatas, como mão de obra e materiais, mas também custos indiretos, menos visíveis, porém fundamentais, como manutenção de equipamentos, infraestrutura e gerenciamento de contratos, aspectos que muitas vezes passam despercebidos, mas têm impacto direto nos resultados operacionais (ELLRAM; SIFERD, 1998).

O CTP é particularmente relevante em decisões de *make-or-buy*, pois ajuda a esclarecer o custo real de manter uma operação internamente ou terceirizá-la, capturando tanto os custos imediatos quanto os de longo prazo, que podem permanecer ocultos em outras abordagens. Essa metodologia permite uma análise detalhada que inclui, além dos custos diretos, os impactos financeiros de manutenção, supervisão, transporte e riscos associados, como atrasos na cadeia de suprimentos e dependência de fornecedores. Dessa forma, o CTP oferece uma visão holística que ajuda a identificar custos invisíveis que afetam a rentabilidade e a sustentabilidade das operações (BLOCHER; JURAS; SMITH, 2022).

Ao considerar o ciclo de vida completo das operações, o CTP possibilita projeções de custos para o futuro, o que permite uma análise mais completa e evita decisões baseadas apenas em economias de curto prazo. Assim, o CTP revela possíveis despesas acumuladas que poderiam ser negligenciadas e ajuda a alinhar as escolhas operacionais com os objetivos estratégicos da empresa, promovendo decisões que sustentem a eficiência e evitem armadilhas financeiras (BLOCHER; JURAS; SMITH, 2022).

Além de proporcionar uma análise mais profunda dos custos, o CTP contribui para a criação de uma estrutura de tomada de decisão robusta, capaz de lidar com mudanças e desafios do ambiente de negócios. Ele permite uma visão mais ampla dos riscos e benefícios de cada opção de *make-or-buy*, possibilitando uma alocação de recursos mais estratégica e focada em áreas de maior valor para a empresa. Dessa forma, o CTP não é apenas uma ferramenta de análise de custos, mas também uma abordagem para fortalecer a competitividade e a resiliência organizacional, ajudando a alinhar as operações com metas de sustentabilidade e eficiência (ELLRAM; MALTZ, 1995).

Para conduzir uma análise de Custo Total de Propriedade e auxiliar a empresa a decidir entre terceirizar ou internalizar uma atividade, é importante seguir uma série de passos estruturados, os quais orienta, a identificação e quantificação dos custos envolvidos, permite uma comparação sólida das alternativas e resulta em uma decisão bem-informada. Abaixo está o método de aplicação completo de CTP, incluindo orientações sobre determinação das variáveis envolvidas:

### 1. Definir o Escopo e os Objetivos da Análise

O primeiro passo é definir claramente o escopo da análise CTP, estabelecendo quais atividades, produtos ou processos serão considerados e qual é o objetivo principal (por exemplo, decidir entre terceirizar ou manter uma função internamente). Essa definição ajuda a focar nos custos e variáveis relevantes e a coletar dados específicos para a análise.

### 2. Custos Diretos e Indiretos

Uma vez que o escopo está definido, identifique todos os custos diretos e indiretos associados a cada alternativa.

#### **Custos Diretos:**

Os custos diretos representam as despesas mais visíveis e facilmente atribuíveis à operação, sendo fundamentais para a análise inicial do CTP.

- **Mão de obra direta:** Custo da mão de obra dedicada à atividade analisada.

- **Materiais e insumos:** Custos de insumos necessários para a produção.
- **Transporte e logística:** Custo de transporte para produção interna e, no caso de terceirização, custos de entrega.

### **Custos Indiretos:**

Os custos indiretos englobam despesas de suporte e manutenção que, embora não estejam diretamente ligadas ao processo produtivo, impactam significativamente o custo total, geralmente custos contínuos e que podem aumentar com o tempo.

- **Manutenção de equipamentos e infraestrutura:** Custos com manutenção periódica e reparos.

### **3. Riscos Financeiros**

A análise do CTP se torna mais completa ao incorporar os riscos financeiros, que são potenciais variáveis de custo associadas a incertezas e eventos inesperados.

- **Falhas de Qualidade:** Custos de retrabalho, devoluções e garantias.

### **4. Custo de Capital**

O custo do capital representa o investimento inicial necessário para estabelecer ou expandir a operação interna. Isso é especialmente relevante ao considerar a internalização de atividades, pois pode demandar gastos significativos:

- **Investimento em Equipamentos:** Valor de aquisição de novas máquinas e tecnologias.

### **5. Comparar Alternativas e Tomar a Decisão**

Após calcular os custos totais de cada alternativa, incluindo todos os custos diretos, indiretos, riscos e investimentos, é possível comparar as opções de terceirização e internalização. A fórmula de CTP para cada alternativa pode ser resumida como:

$$\text{CTP} = \text{Custos Diretos} + \text{Custos Indiretos} + \text{Riscos} + \text{Custo de Capital} \quad (2.1)$$

A comparação final permite que a empresa escolha a alternativa com o menor CTP, considerando o custo total e o valor estratégico de cada opção.



Utilizando essa metodologia, a empresa obtém uma visão completa dos custos associados a cada alternativa de *make-or-buy*, facilitando uma decisão informada. Ao somar custos diretos, indiretos, riscos e investimentos, o CTP se torna uma metodologia robusta para tomar decisões estratégicas que maximizem eficiência e minimizem riscos ao longo do tempo.

## 2.3 Produção Enxuta (*Lean Manufacturing*)

A produção enxuta, ou *Lean Manufacturing*, é uma abordagem focada na eliminação de desperdícios ao longo de toda a cadeia de produção, desde o uso de materiais e tempo até a redução de atividades que não agregam valor ao produto final, filosofia de produção a qual foi popularizada pelo Sistema Toyota de Produção, que introduziu conceitos como *Just-In-Time*<sup>1</sup> e *Jidoka*<sup>2</sup>, estabelecendo as bases para um sistema de produção mais eficiente e adaptável. A produção enxuta busca entregar valor para o cliente, eliminando *muda*<sup>3</sup>, e criando um fluxo contínuo que responde diretamente à demanda real do mercado, o qual é alcançado com o alinhamento dos processos produtivos às necessidades do cliente, assim, minimiza o estoque e garante que cada etapa do processo tenha um propósito claro e bem definido (DENNIS, 2017) (WOMACK; JONES, 2003).

Implementar a produção enxuta é fundamental para empresas que desejam não apenas reduzir seus custos operacionais, mas também aumentar sua competitividade e flexibilidade. O *Lean* permite que as empresas respondam rapidamente às mudanças do mercado, ao ajustar sua produção conforme a demanda real e reduzir os custos de estoques excessivos e desperdícios. Além disso, a adoção do *Lean* promove uma cultura de melhoria contínua, na qual a equipe é incentivada a identificar e resolver problemas proativamente, contribuindo para a construção de uma empresa mais robusta e sustentável ao longo do tempo. (GEORGE et al., 2004) (OHNO, 2019).

Os benefícios ao adotar essa metodologia são a redução de tempos de ciclo, melhoria na qualidade do produto e um uso mais eficiente dos recursos, visto que o sistema busca não apenas reduzir o custo de produção, mas também melhorar a satisfação do cliente ao fornecer produtos de alta qualidade e maior valor agregado. A abordagem *Lean* estabelece um sistema de produção orientado para o cliente e sustentável a longo prazo e garante que as atividades de toda a cadeia de valor estejam sincronizadas com as necessidades e

---

<sup>1</sup>Sistema de gerenciamento no qual materiais ou produtos são produzidos ou adquiridos somente conforme a demanda.

<sup>2</sup>Termo japonês para automação com um toque humano.

<sup>3</sup>Termo japonês para atividades que não geram valor

expectativas do mercado (DENNIS, 2017).

### 2.3.1 Produção Empurrada vs. Produção Puxada

A produção empurrada é baseada em previsões de demanda, onde produtos são produzidos em antecipação ao consumo e “empurrados” para o próximo estágio do processo ou para o estoque. Esse modelo se utiliza de ferramentas como o *MRP (Material Requirements Planning)*<sup>4</sup> para planejar a produção e garantir que o estoque esteja disponível para atender à demanda futura. Em contraste, a produção puxada é orientada pela demanda real do cliente, ou seja, a produção ocorre somente quando há uma necessidade identificada, “puxando” a produção de acordo com os pedidos reais, o que resulta em um fluxo de produção mais enxuto e em menores estoques. Essa abordagem está alinhada com os princípios do Sistema Toyota de Produção, que busca eliminar desperdícios e adaptar a produção ao consumo real (BICHENO; HOLWEG, 2000) (OHNO, 2019).

A produção empurrada é sistema ideal para ambientes onde a demanda é previsível e relativamente estável. Ele permite que a empresa tenha um estoque disponível para responder rapidamente a picos de demanda sem comprometer o atendimento ao cliente. No entanto, o aumento de estoques pode representar um custo adicional e até mesmo o risco de obsolescência de produtos, especialmente em indústrias com ciclos de inovação rápidos. Esse modelo costuma ser utilizado em indústrias de consumo em massa, onde o custo de manter estoque é menor do que o custo de uma possível escassez de produtos.

Enquanto a produção puxada é mais apropriada para ambientes com variabilidade de demanda, a produção puxada ajuda a reduzir o risco de excesso de inventário, pois a produção é realizada apenas quando necessária. Esse modelo é altamente flexível e permite uma adaptação rápida às mudanças de mercado, além de reduzir significativamente os custos de armazenamento e os riscos associados a produtos obsoletos. A produção puxada também promove uma cultura de melhoria contínua, pois incentiva as equipes a estarem atentas ao consumo real e a ajustarem seus processos para atender a essa demanda específica. Esse sistema é amplamente adotado em operações enxutas e com demanda menos previsível, onde a flexibilidade e a resposta rápida ao cliente são críticas (DENNIS, 2017) (GEORGE et al., 2004).

A implementação da produção puxada pode enfrentar resistência, especialmente em organizações acostumadas a prever e acumular estoque, exigindo ajustes na cadeia de

---

<sup>4</sup>Planejamento de Recursos de Produção: software que controla as quantidades de todos os componentes necessários para fazer os produtos de uma manufatura.

suprimentos para que os fornecedores respondam rapidamente à demanda flutuante, além de investimentos em tecnologias de monitoramento de produção e demanda. Além disso, o sucesso do sistema puxado depende de um planejamento ágil e de uma gestão flexível, pois qualquer falha na comunicação ou na resposta rápida às mudanças de mercado pode comprometer o atendimento ao cliente. A abordagem puxada, apesar de desafiadora, pode transformar a competitividade da empresa, uma vez que permite alinhar a produção diretamente com as necessidades dos clientes, sendo possível gerar mais valor e menos desperdício (DENNIS, 2017) (GEORGE et al., 2004).

### 2.3.1.1 Sistema de Reposição de Estoques (*Replenishment*)

O Sistema de Reposição de Estoques (*Replenishment*) é um método de gerenciamento que visa alinhar os níveis de estoque à demanda real e garante que os produtos ou materiais estejam disponíveis no momento certo, na quantidade certa. Essa abordagem é fundamental para evitar excessos e rupturas de estoque, através da eficiência e redução de custos operacionais, amplamente utilizado em operações *Just-In-Time* e em cadeias de suprimentos modernas, no qual a precisão na reposição é essencial para o fluxo contínuo de operações (SILVER et al., 1998).

Os princípios do sistema de reposição estão enraizados em três elementos principais: estoque de segurança, ponto de pedido e tamanho do lote de reposição. O estoque de segurança atua como um amortecedor para incertezas na demanda, a depender do *lead time*<sup>5</sup> do produto. Enquanto o ponto de pedido é o gatilho que determina quando uma nova ordem de reposição deve ser emitida. O tamanho do lote de reposição é calculado para equilibrar os custos de pedido e os custos de manutenção do estoque, o que maximiza a eficiência (SILVER et al., 1998).

O funcionamento do sistema ocorre à medida que o estoque disponível diminui devido ao consumo ou vendas, o ponto de pedido indica a necessidade de reposição, acionando automaticamente uma nova ordem de produção ou compra. Essa estrutura permite que o sistema responda dinamicamente às demandas reais, alinhando-se aos princípios da produção puxada (NAHMIAS; CHENG, 2009).

O Sistema de Reposição de Estoques desempenha um papel crítico em modelos de produção enxuta, como o *Lean Manufacturing*, onde o foco está na eliminação de desperdícios e no aumento da eficiência operacional. O sistema de reposição reduz estoques desnecessários, promovendo um fluxo contínuo de materiais e melhorando a sincronização

---

<sup>5</sup>Lead time é o tempo total que um determinado produto leva para atravessar a fábrica.

entre os diferentes elos da cadeia de suprimentos. Além disso, o estoque é visto como um desperdício a ser minimizado e, em ambientes com alta incerteza, um estoque de segurança bem gerenciado pode ser indispensável para manter os níveis de serviço e evitar interrupções na produção. Assim, o Sistema de Reposição integra-se perfeitamente ao *Lean* ao alinhar os níveis de estoque à demanda real, contribuindo para operações mais ágeis e eficientes (CHRISTOPHER, 2022).

O estoque de segurança é uma reserva adicional mantida para proteger contra incertezas na demanda e no *lead time* e deve ser calculado com base na variabilidade da demanda, no tempo de reposição e no nível de serviço desejado. A Equação 2.2 exemplifica o cálculo do estoque de segurança em cenários onde há variabilidade tanto na demanda quanto no *lead time* (SILVER et al., 1998).

$$\text{Estoque de Segurança} = Z \cdot \sqrt{(\sigma_d^2 \cdot LT) + (\bar{D}^2 \cdot \sigma_{LT}^2)} \quad (2.2)$$

- $Z$ : Fator de segurança associado ao nível de serviço desejado.
- $\sigma_d$ : Desvio padrão da demanda diária.
- $\bar{D}$ : Demanda média diária.
- $LT$ : Tempo médio de reposição (*lead time*).
- $\sigma_{LT}$ : Desvio padrão do *lead time*.

Essa fórmula permite capturar a incerteza combinada da demanda e do *lead time*, ajustando o estoque de segurança para proteger contra essas variabilidades.

Enquanto o ponto de pedido, exemplificado na Equação 2.3, é o nível de estoque no qual é acionada uma nova ordem de reposição, considerando a demanda média durante o *lead time* e incluindo o estoque de segurança (NAHMIAS; CHENG, 2009).

$$\text{Ponto de Pedido} = (\bar{D} \cdot LT) + \text{Estoque de Segurança} \quad (2.3)$$

- $\bar{D}$ : Demanda média diária.
- $LT$ : Tempo médio de reposição (*lead time*).

Essas métricas são cruciais para o controle de estoques, pois permitem que as empresas gerenciem melhor os níveis de inventário e reduzam custos de manutenção sem comprometer o atendimento ao cliente. O uso adequado aumenta a eficiência operacional e melhora a capacidade de resposta da empresa às flutuações do mercado (CHRISTOPHER, 2022).

## 3 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

### 3.1 Modelagem inicial realizada

A modelagem inicial da simulação de eventos discretos da linha de produção da Tecnoseg Industrial foi desenvolvida com o objetivo de compreender em detalhe a operação atual da empresa e criar um modelo que represente com precisão suas atividades. Esse processo não apenas busca retratar fielmente a realidade, mas também permite explorar diferentes cenários, identificando oportunidades de melhoria que contribuam para o crescimento e a eficiência da companhia.

Essa abordagem permitirá uma compreensão aprofundada do fluxo de trabalho e das áreas envolvidas no processo e, para isso, foram seguidas etapas específicas:

#### 3.1.1 Definição do problema e objetivo do modelo

O projeto tem como objetivos, por meio do mapeamento das operações, identificar gargalos no processo produtivo, propor melhorias que aumentem a eficiência e a capacidade produtiva, e avaliar a viabilidade de internalizar produtos atualmente terceirizados. Além disso, busca analisar a possibilidade de implementar um modelo de produção puxada, avaliando se essa abordagem pode trazer ganhos de eficiência e contribuir para a melhoria contínua das operações da companhia.

#### 3.1.2 Desenvolvimento do modelo conceitual

- **Produção Interna:** Após a definição do problema e dos objetivos do modelo, foi realizado um mapeamento detalhado do processo produtivo da companhia, abrangendo todos os elementos envolvidos e suas interações. Essa análise contou com visitas à fábrica, onde foi possível observar diretamente a operação das linhas de produção e realizar entrevistas com os colaboradores, o que permitiu uma compre-

ensão mais aprofundada das atividades realizadas. Esse esforço proporcionou uma visão realista e precisa do fluxo de trabalho e dos desafios operacionais enfrentados pela produção.

Atualmente, a fábrica opera sob um sistema de produção empurrada, baseado no modelo *Make to Stock* (MTS)<sup>1</sup>. Nesse modelo, o diretor de produção realiza uma programação mensal com base nas expectativas de vendas. Contudo, a empresa não dispõe de um estoque de segurança definido, o que resulta em frequentes ajustes semanais na programação para atender aos pedidos e evitar rupturas de estoque. Essa limitação afeta os prazos de entrega, que podem variar em até 6 dias úteis devido ao tempo necessário para reposição de produtos e ajustes na produção. Como consequência, a empresa enfrenta dificuldades em atender pedidos com prazos menores, o que pode levar à perda de oportunidades de venda.

No processo de fabricação dos equipamentos de proteção individual, há diferenças no fluxo produtivo dependendo do tipo de produto. As luvas de raspa, vaqueta e raspa forrada seguem um processo que se inicia com a separação das matérias-primas e ferramentas necessárias para o corte. Em seguida, os produtos intermediários passam pelas etapas de costura, acabamento e embalagem, sendo armazenados no almoxarifado como produtos acabados. Já os aventais de PVC e de raspa possuem um fluxo mais direto, iniciando também com a separação de matérias-primas e ferramentas para o corte, mas, após esta etapa, seguem diretamente para o acabamento e a embalagem, culminando no armazenamento. O mangote de lona, apesar de não integrar o portfólio atual de produção interna, possui um processo similar às luvas, envolvendo corte, costura, acabamento, embalagem e armazenamento final.

- **Produção Terceirizada:** Além da produção interna, as luvas de raspa e vaqueta também são fabricadas por fornecedores terceirizados, enquanto o mangote de lona é produzido exclusivamente de forma terceirizada. Apesar disso, o processo produtivo do mangote foi mapeado detalhadamente, pois está entre os produtos avaliados para possível internalização na linha de produção da fábrica. Essa análise é essencial para entender os requisitos operacionais e os impactos da internalização no fluxo produtivo e na capacidade da empresa.

As Cartas de Processos Múltiplos apresentadas na Figura 11 e na Figura 12, ilustram a sequência das etapas do processo produtivo de cada produto:

---

<sup>1</sup>Estratégia na qual os produtos são fabricados com base em previsões de demanda e mantidos em estoque até a chegada dos pedidos.

Figura 11: Carta de Processos Múltiplos (1/2)

Processos	Luva de Raspa	Luva de Vaqueta	Luva forrada de Raspa
Separação da matéria-prima	1	1	1
Separação dos materiais para o corte	2	2	2
Corte balancim	3	3	3
Corte manual (1 unidade por vez)			
Corte manual (mais de 1 unidade por vez)			
Corte do forro no balancim			4
Separação do kit (pós corte)	4	4	5
Costura simples e etiquetagem	5	5	
Costura com forro e etiquetagem			6
Acabamento e embalagem	6	6	7
Armazenamento no almoxarifado	7	7	8

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 12: Carta de Processos Múltiplos (2/2)

Processos	Mangote de Lona	Avental frontal de PVC	Avental frontal de Raspa
Separação da matéria-prima	1	1	1
Separação dos materiais para o corte	2	2	2
Corte balancim			
Corte manual (1 unidade por vez)			3
Corte manual (mais de 1 unidade por vez)	3	3	
Corte do forro no balancim			
Separação do kit (pós corte)	4	4	4
Costura simples e etiquetagem	5		
Costura com forro e etiquetagem			
Acabamento e embalagem	6	5	5
Armazenamento no almoxarifado	7	6	6

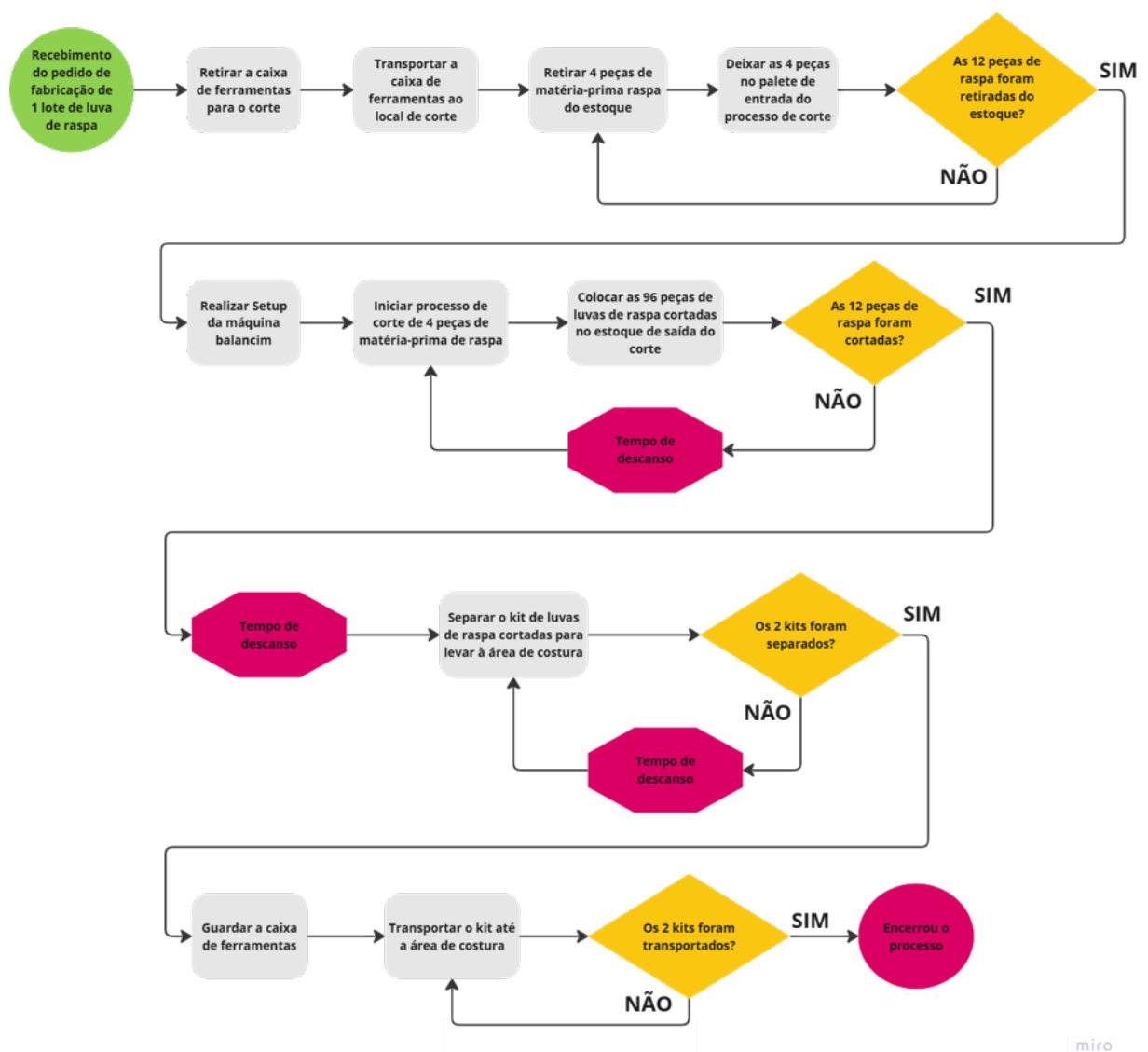
Fonte: Elaborada pelo autor



Após o mapeamento inicial, foi realizado um aprofundamento em cada linha de produção para cada produto, com o objetivo de elaborar um fluxograma detalhado das atividades. Esse detalhamento foi essencial para orientar a coleta de dados e medir os tempos de execução de cada etapa do processo, garantindo maior precisão na análise das operações.

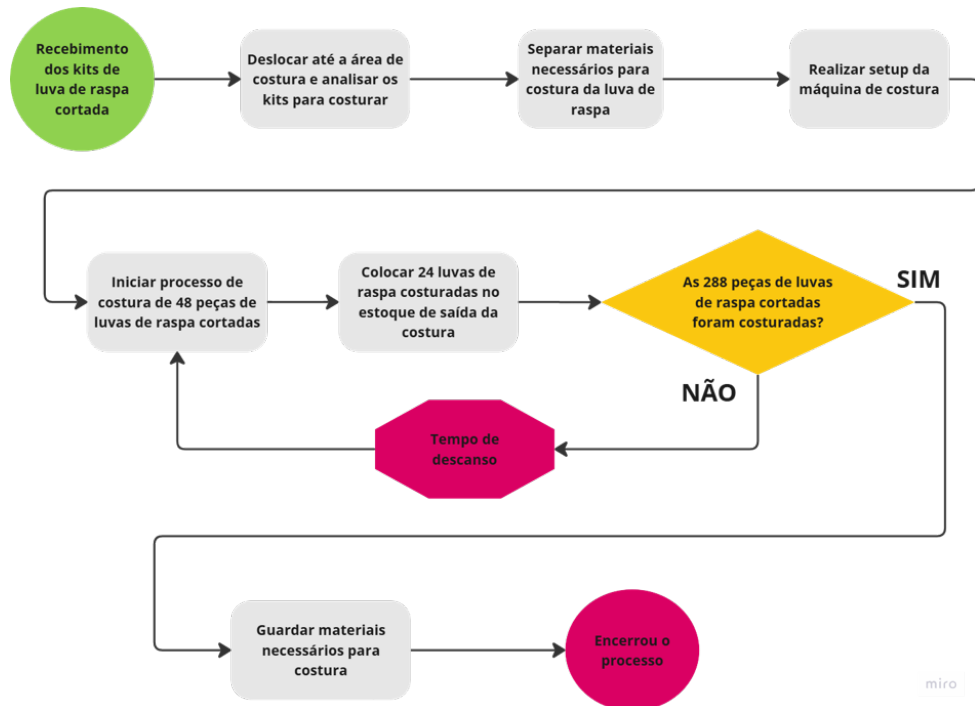
A Figura 13, a Figura 14 e a Figura 15 exibem o mapa do processo de produção de 1 lote da luva de raspa nas áreas de corte, costura e acabamento.

Figura 13: Mapa do processo de corte da luva de raspa



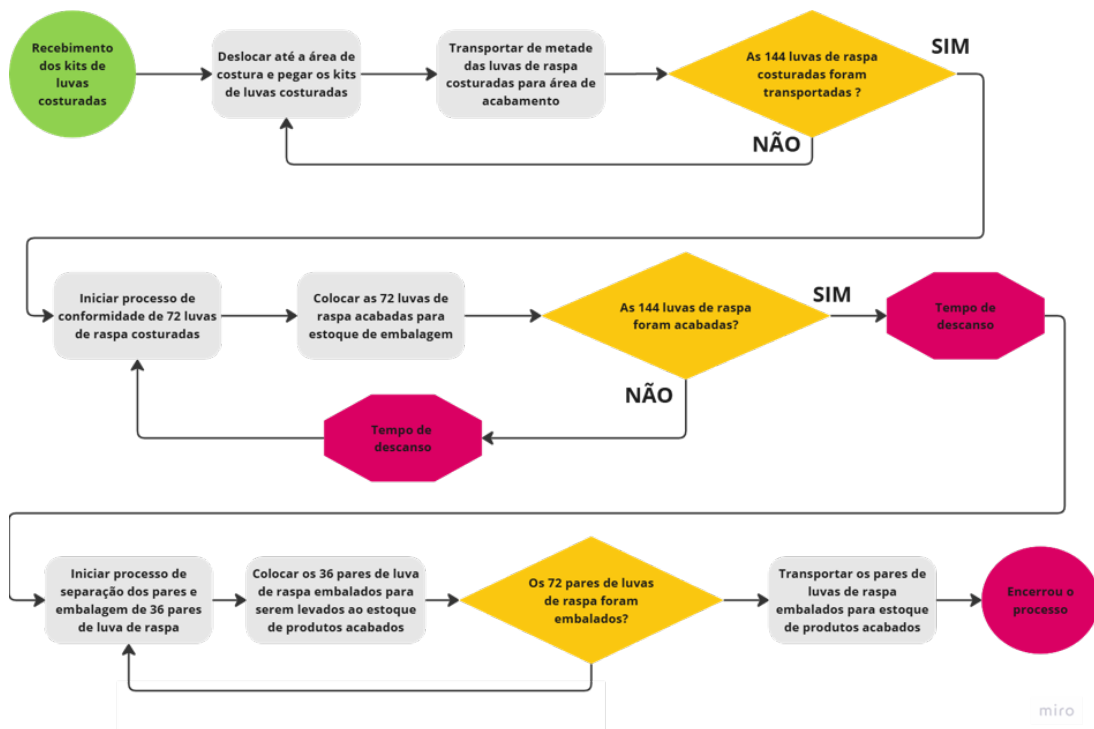
Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 14: Mapa do processo de costura da luva de raspa



Fonte: Elaborada pelo autor

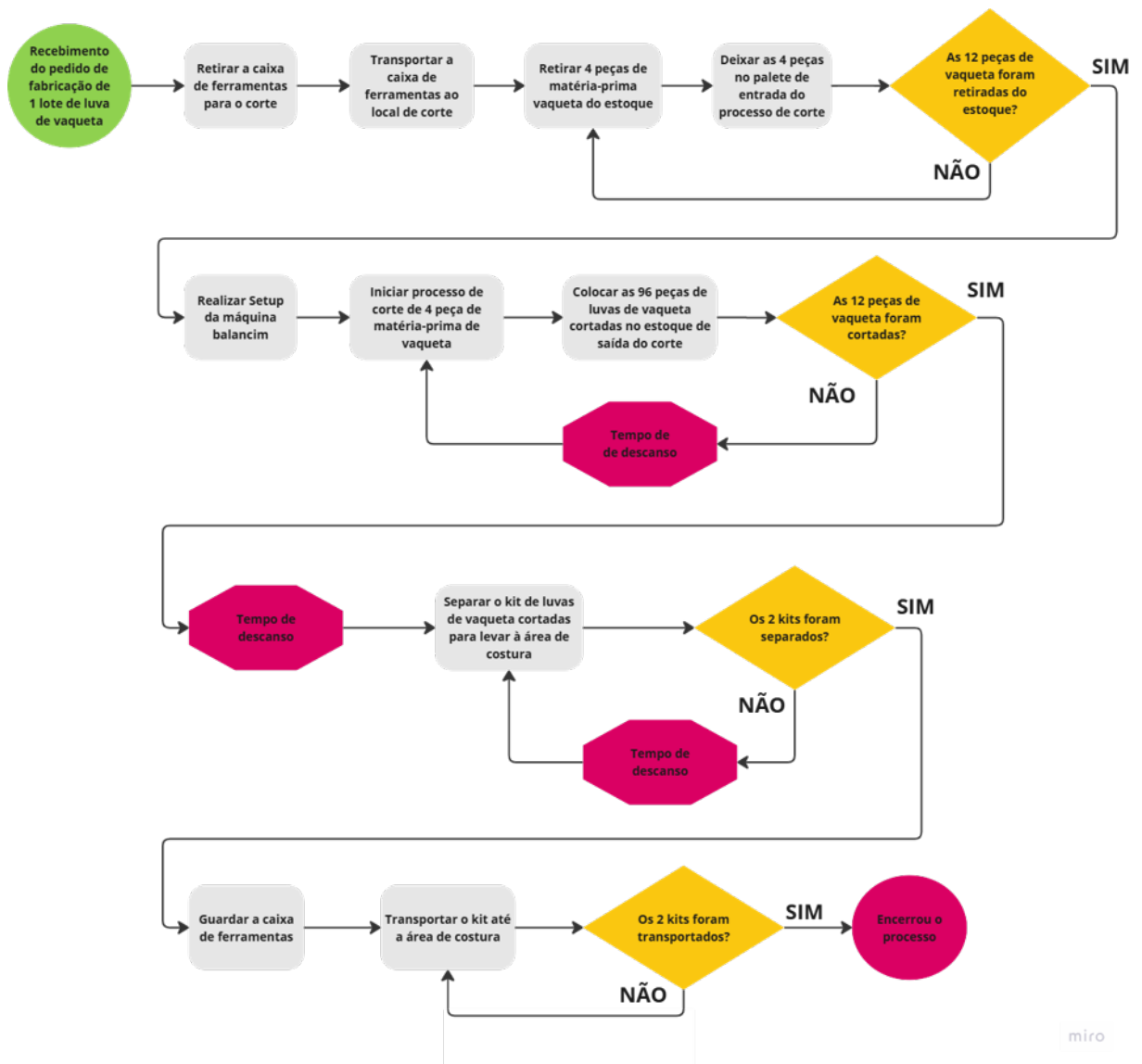
Figura 15: Mapa do processo de acabamento da luva de raspa



Fonte: Elaborada pelo autor

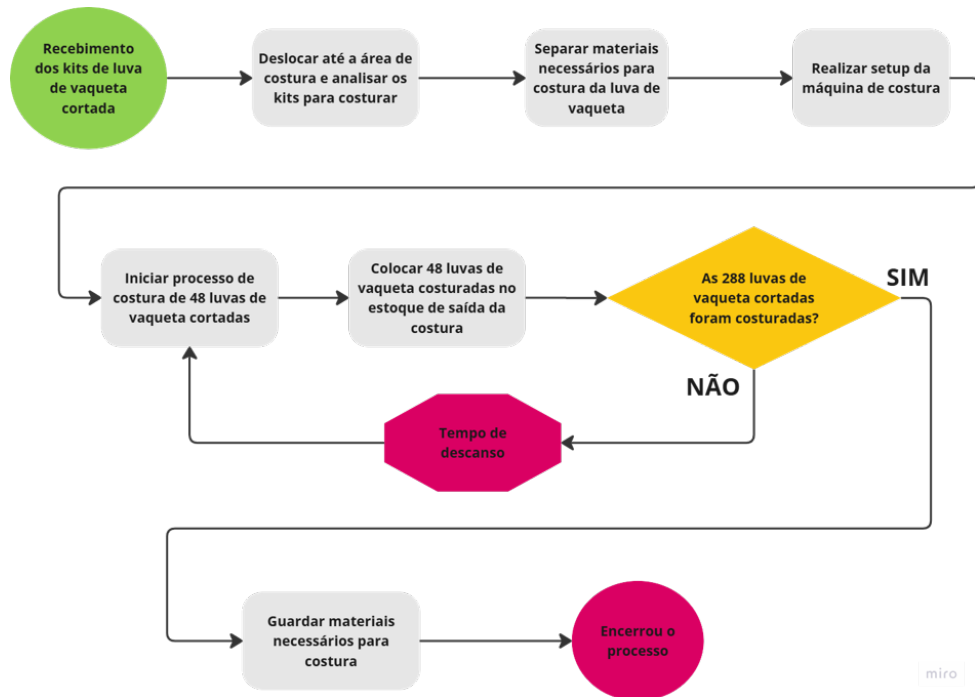
A Figura 16, a Figura 17 e a Figura 18 exibem o mapa do processo de produção de 1 lote da luva de vaqueta nas áreas de corte, costura e acabamento.

Figura 16: Mapa do processo de corte da luva de vaqueta



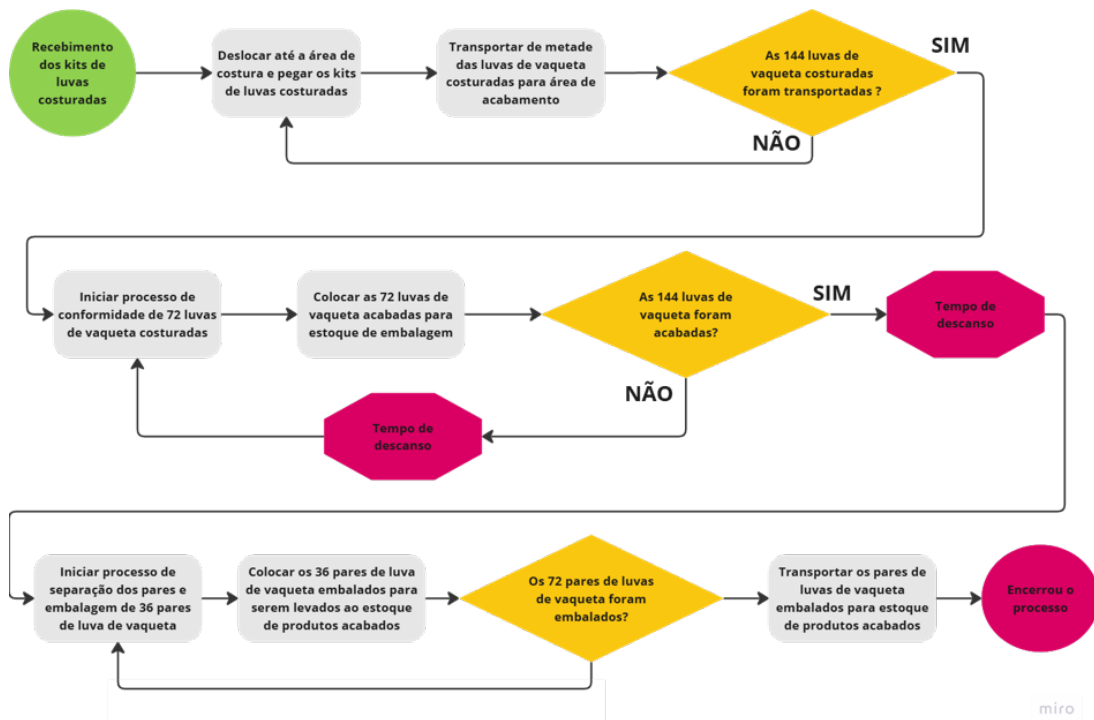
Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 17: Mapa do processo de costura da luva de vaqueta



Fonte: Elaborada pelo autor

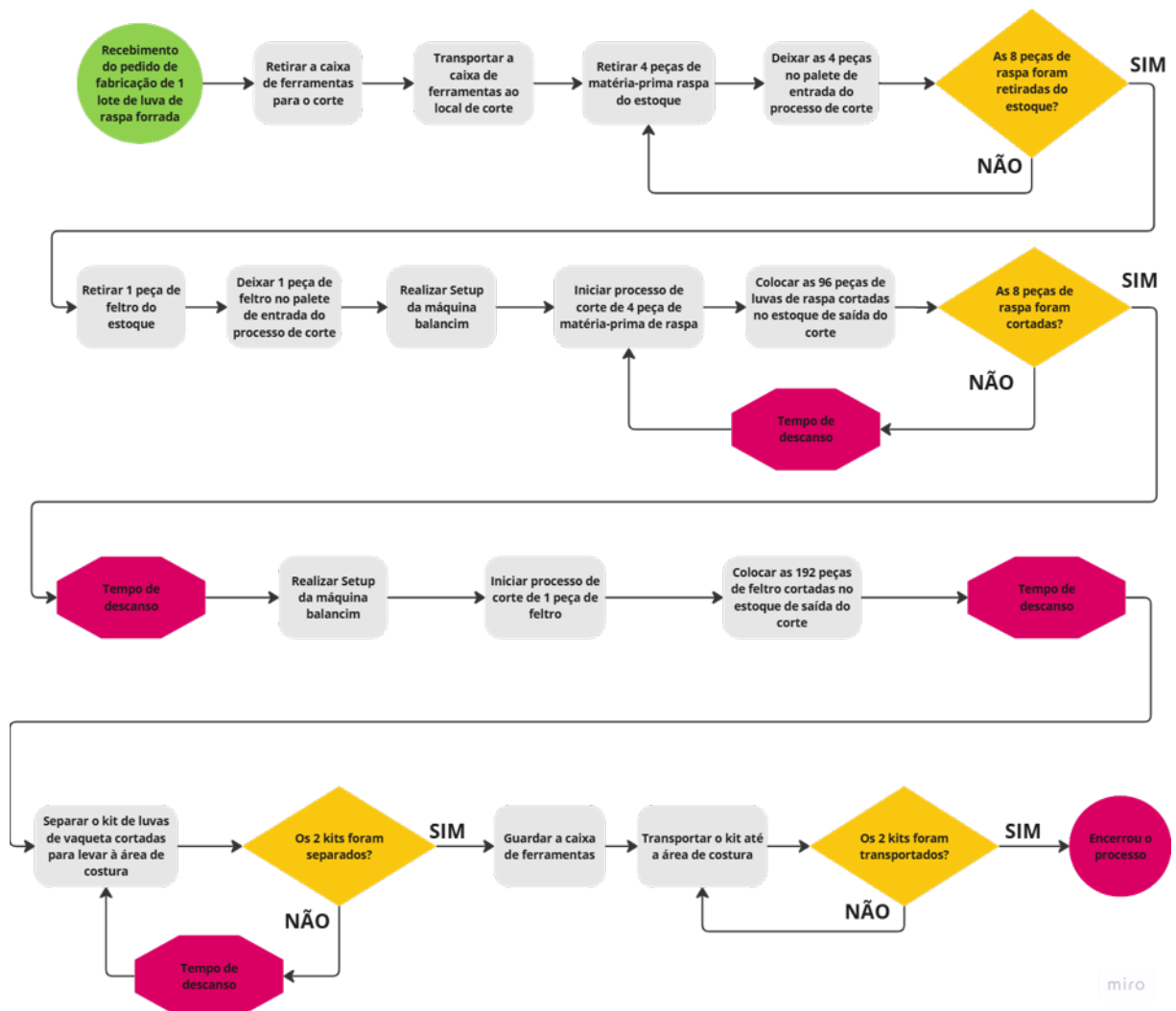
Figura 18: Mapa do processo de acabamento da luva de vaqueta



Fonte: Elaborada pelo autor

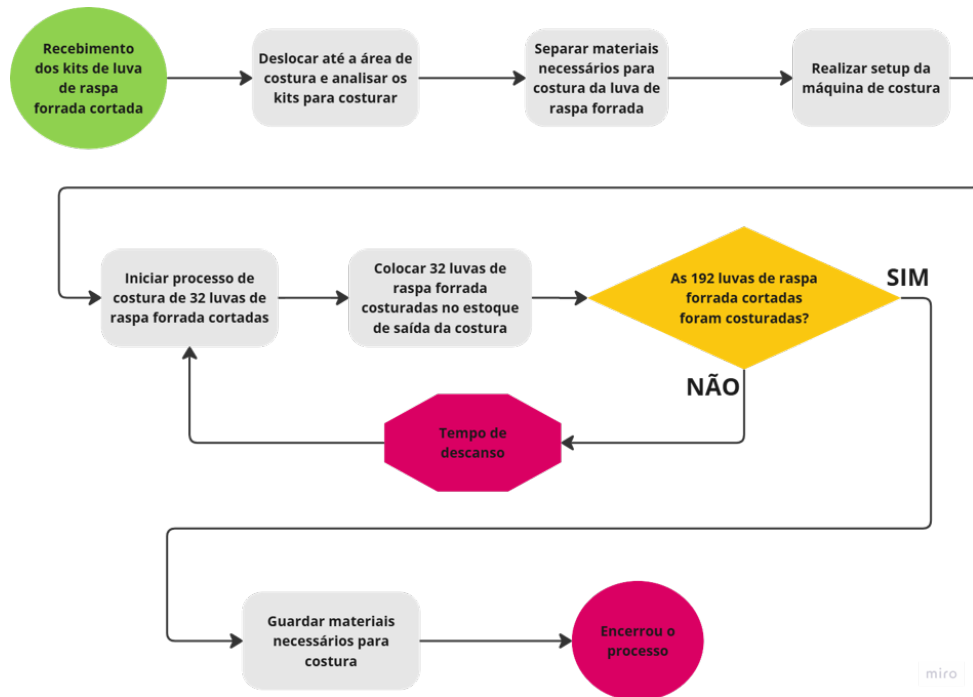
A Figura 19, a Figura 20 e a Figura 21 exibem o mapa do processo de produção de 1 lote da luva de raspa nas áreas de corte, costura e acabamento.

Figura 19: Mapa do processo de corte da luva de raspa forrada



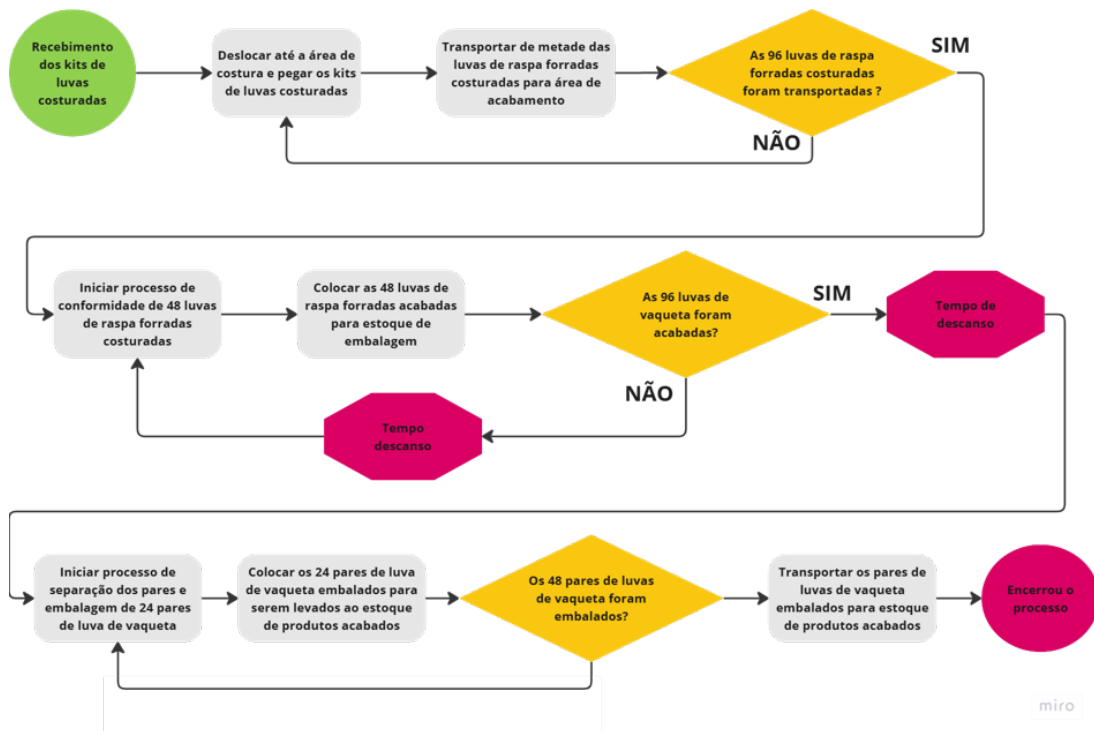
Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 20: Mapa do processo de costura da luva de raspa forrada



Fonte: Elaborada pelo autor

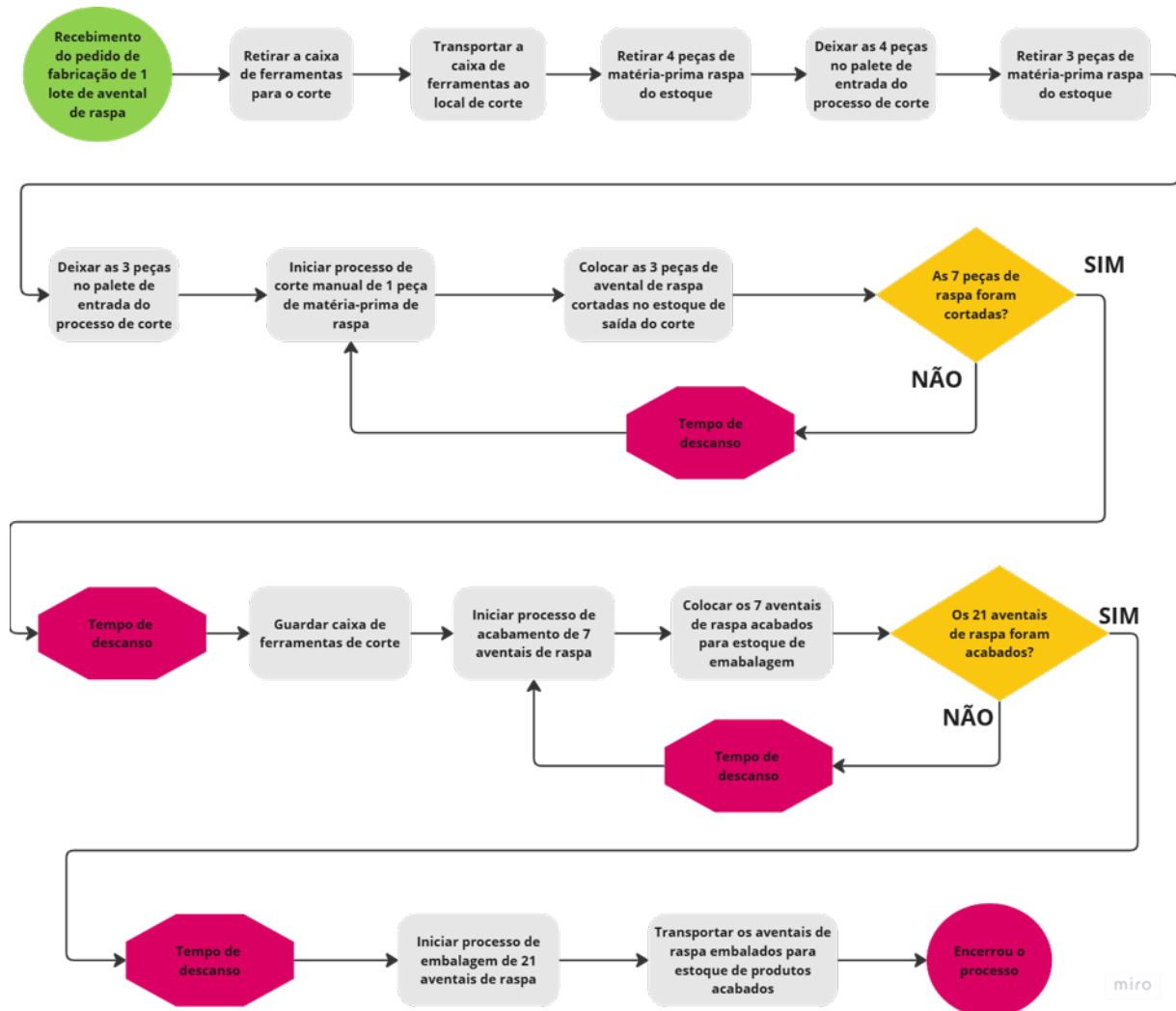
Figura 21: Mapa do processo de acabamento da luva de raspa forrada



Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 22 exibe o mapa do processo de produção de 1 lote do avental de raspa.

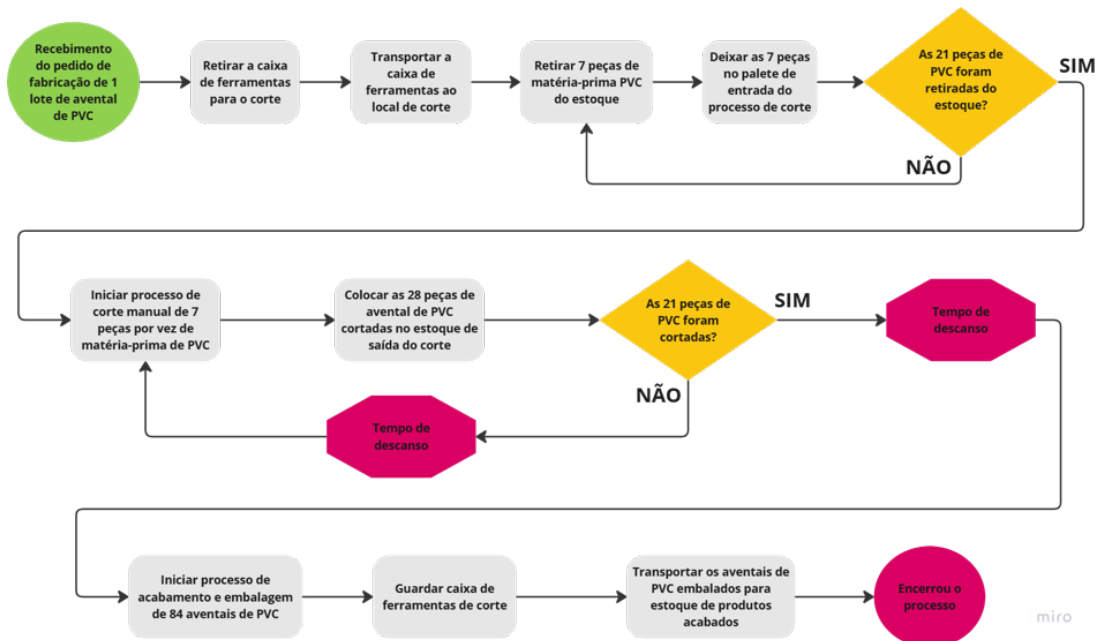
Figura 22: Mapa do processo de produção do avental de raspa



Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 23 exibe o mapa do processo de produção de 1 lote do avental de PVC.

Figura 23: Mapa do processo de produção do avental de PVC

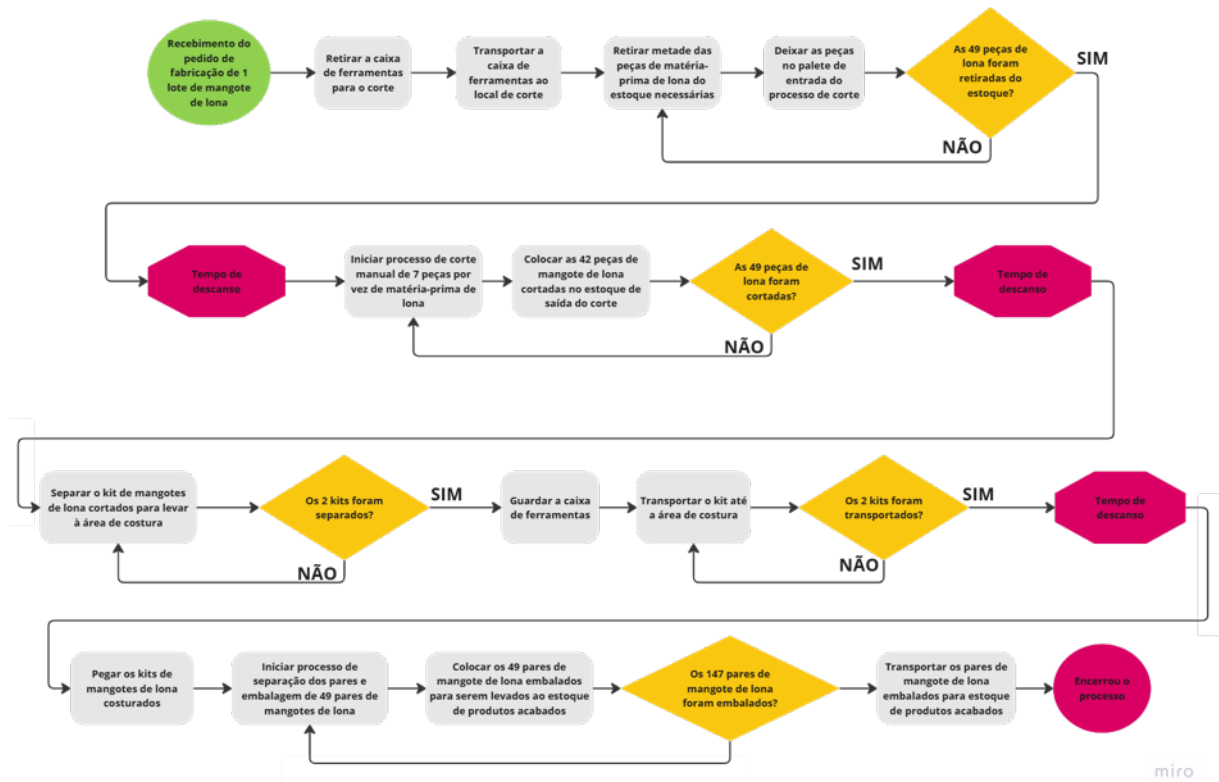


Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 24 e a Figura 25 exibem o mapa do processo de produção de 1 lote do avental de PVC, nas áreas de corte e acabamento e costura.

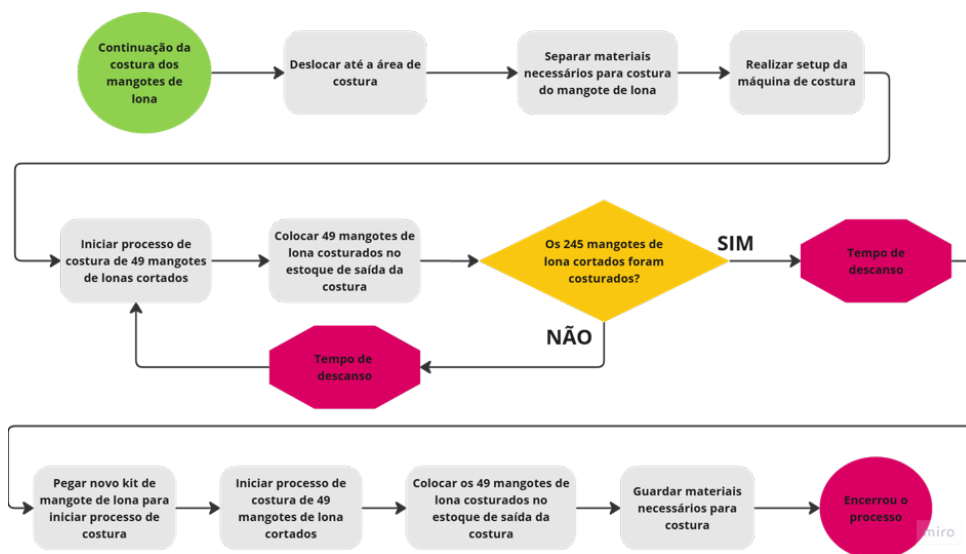


Figura 24: Mapa do processo de corte e acabamento do mangote de lona



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 25: Mapa do processo de costura do mangote de lona



Fonte: Elaborada pelo autor

### 3.1.3 Coleta de dados

- **Produção Interna:** Após mapear detalhadamente a operação de cada linha de produção, foram coletados dados de tempo para cada atividade do processo, por meio de observação direta e cronometragem, método utilizado para atividades repetitivas e processos padronizados. A coleta abrangeu três semanas em cada linha de produção, permitindo avaliar variações e identificar possíveis variações no processo.

Os tempos obtidos do processo de fabricação da luva de raspa, durante as 3 semanas analisando cada colaborador, estão apresentados na Tabela 3 (tempo da área de corte), na Tabela 4 (tempo da área de costura) e Tabela 5 (tempo da área de acabamento).

Tabela 3: Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de luvas de raspa na área de corte (hh:mm)

Atividade	Cortador 1 (semana 1)	Cortador 1 (semana 3)	Cortador 2 (semana 2)	Cortador 2 (semana 3)
Deslocamento da área do pedido à área de ferramentas de corte	01:30	01:18	01:03	1:14
Retirada da caixa de ferramentas de corte	03:37	04:32	04:20	04:13
Transporte da caixa de ferramentas para local do corte	00:52	00:58	01:04	00:55
Deslocamento até estoque de matéria-prima de raspa	01:03	00:57	00:55	00:55
Retirada da matéria-prima raspa para realização do corte	07:48	08:34	08:49	08:30
Transporte da matéria-prima raspa até o estoque intermediário de entrada para o corte	00:58	00:50	01:05	00:50
Deslocamento até estoque de matéria-prima de raspa	00:59	00:52	01:07	00:51
Retirada da matéria-prima raspa para realização do corte	08:21	07:44	07:32	07:58
Transporte da matéria-prima raspa até o estoque intermediário de entrada para o corte	01:04	01:01	00:57	01:11
Deslocamento até estoque de matéria-prima de raspa	00:53	01:09	01:04	01:10
Retirada da matéria-prima raspa para realização do corte	07:21	07:58	08:32	07:49
Transporte da matéria-prima raspa até o estoque intermediário de entrada para o corte	01:04	01:01	00:57	01:07
Descanso do colaborador antes do início do corte	09:55	10:33	10:47	10:19
Setup da máquina Balancim	05:30	04:43	04:57	05:00
Corte de 4 peças de matéria-prima raspa	01:24:00	01:28:00	01:23:00	01:25:00
Descanso entre os processos de corte	19:30	20:43	21:05	20:26
Corte de 4 peças de matéria-prima raspa	01:28:00	01:23:00	01:26:00	01:23:00
Pausa para o almoço	01:08:00	01:02:00	01:14:00	01:08:00
Corte de 4 peças de matéria-prima raspa	01:30:00	01:27:00	01:18:00	01:25:00
Descanso antes de iniciar o processo de separação dos kits	20:33	20:18	19:56	20:16
Processo de separação do kit	30:46	37:25	35:04	34:58
Descanso entre os processos de separação do kit	18:45	19:04	20:51	19:19
Processo de separação do kit	38:08	32:24	30:14	34:26

Atividade	Cortador 1 (semana 1)	Cortador 1 (semana 3)	Cortador 2 (semana 2)	Cortador 2 (semana 3)
Guardar caixa de ferramentas de corte no estoque	03:53	04:12	04:01	04:02
Transporte do kit para área de costura	05:55	06:20	06:42	06:19
Voltar para área de corte	05:49	04:17	04:04	04:43
Transporte do kit para área de costura	06:02	05:20	06:36	05:59
<b>Tempo Total (processo de corte)</b>	<b>07:42:16</b>	<b>07:40:13</b>	<b>07:28:42</b>	<b>07:34:16</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 4: Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de luvas de raspa na área de costura (hh:mm)

Atividade	Costureira 1 (semana 2)	Costureira 1 (semana 3)	Costureira 1 (semana 1)	Costureira 2 (semana 2)
Deslocamento até área de costura	03:29	03:03	03:22	03:00
Análise dos kits a serem costurados	02:30	02:05	02:53	02:07
Separação dos materiais de costura	05:48	06:12	06:32	06:18
Setup da máquina de costura	06:02	05:12	06:48	06:21
Costura de 48 peças de luvas intermediárias	01:00:28	01:05:32	59:30	01:08:02
Descanso entre costura	14:30	15:12	15:24	16:00
Costura de 48 peças de luvas intermediárias	01:01:30	01:04:48	58:30	01:01:33
Descanso entre costura	15:54	14:18	15:21	14:59
Costura de 48 peças de luvas intermediárias	01:03:54	01:02:24	55:18	01:09:24
Pausa para almoço	01:08:32	01:09:24	01:03:54	01:07:43
Costura de 48 peças de luvas intermediárias	01:03:30	59:30	01:07:42	01:05:10
Descanso entre costura	14:24	15:24	15:48	15:35
Costura de 48 peças de luvas intermediárias	53:12	01:05:30	01:02:06	58:56
Descanso entre costura	14:30	15:34	14:24	14:01
Costura de 48 peças de luvas intermediárias	57:54	59:40	56:24	01:03:34
Guardar materiais de costura	03:30	04:12	03:54	03:22
<b>Tempo Total (processo de costura)</b>	<b>07:21:05</b>	<b>07:38:26</b>	<b>07:23:56</b>	<b>07:48:22</b>

Tabela 5: Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de luvas de raspa na área de acabamento (hh:mm)

Atividade	Acabamento (semana 1)	Acabamento (semana 2)	Acabamento (semana 2)	Acabamento (semana 3)
Deslocamento até área de costura	03:23	03:30	02:54	02:45
Transporte das luvas costuradas para área de acabamento	01:39	01:05	01:53	01:37
Deslocamento até área de costura	01:48	01:12	01:32	01:48
Transporte das luvas de costura para área de acabamento	01:02	01:12	01:38	01:21
Processo de conformidade de metade das luvas	53:48	49:32	52:20	41:02
Descanso entre as conformidades	14:35	16:00	15:44	14:50
Processo de conformidade de metade das luvas	51:30	48:48	44:30	52:33
Descanso antes de iniciar o processo de embalagem	14:54	15:18	15:21	14:59
Processo de separação dos pares e embalagem de metade do lote	34:54	38:24	39:18	33:24
Descanso entre os processos de embalagem	14:32	15:12	15:54	14:43
Processo de separação dos pares e embalagem de metade do lote	35:20	31:38	39:42	35:53
Transporte das luvas de raspa embaladas para estoque de produtos acabados	11:24	12:19	13:50	13:25
<b>Tempo Total (processo de acabamento)</b>	<b>03:58:49</b>	<b>03:54:10</b>	<b>04:04:36</b>	<b>03:48:20</b>

Os tempos obtidos do processo de fabricação da luva de vaqueta, durante as 3 semanas analisando cada colaborador, estão apresentados na Tabela 6 (tempo da área de corte), na Tabela 7 (tempo da área de costura) e Tabela 8 (tempo da área de acabamento).

Tabela 6: Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de luvas de vaqueta na área de corte (hh:mm)

Atividade	Cortador 1 (semana 1)	Cortador 1 (semana 2)	Cortador 2 (semana 2)	Cortador 2 (semana 3)
Deslocamento da área do pedido à área de ferramentas de corte	01:38	01:05	01:45	1:19
Retirada da caixa de ferramentas de corte	04:22	04:02	04:40	04:55
Transporte da caixa de ferramentas para local do corte	00:58	00:54	01:03	00:57
Deslocamento até estoque de matéria-prima de vaqueta	01:06	00:52	00:59	00:57
Retirada da matéria-prima vaqueta para realização do corte	07:35	08:48	08:24	08:55
Transporte da matéria-prima vaqueta até o estoque intermediário de entrada para o corte	00:56	00:58	01:02	00:59
Deslocamento até estoque de matéria-prima de vaqueta	00:56	00:59	01:05	00:56
Retirada da matéria-prima vaqueta para realização do corte	07:21	08:44	08:32	06:58
Transporte da matéria-prima vaqueta até o estoque intermediário de entrada para o corte	01:05	01:08	00:53	01:03
Deslocamento até estoque de matéria-prima de vaqueta	00:59	01:03	01:01	01:08
Retirada da matéria-prima vaqueta para realização do corte	07:01	07:56	08:11	07:52
Transporte da matéria-prima vaqueta até o estoque intermediário de entrada para o corte	01:02	01:04	00:55	01:09
Descanso do colaborador antes do início do corte	09:50	10:32	10:57	10:24
Setup da máquina Balancim	05:21	04:33	04:17	04:50
Corte de 4 peças de matéria-prima vaqueta	01:17:00	01:20:00	01:28:00	01:23:00
Descanso entre os processos de corte	19:55	21:43	20:05	20:56
Corte de 4 peças de matéria-prima vaqueta	01:22:00	01:29:00	01:20:00	01:19:00
Pausa para o almoço	01:08:00	01:01:00	01:09:00	01:00:00
Corte de 4 peças de matéria-prima vaqueta	01:26:00	01:22:00	01:27:00	01:28:00
Descanso antes de iniciar o processo de separação dos kits	21:33	19:18	20:56	21:16
Processo de separação do kit	35:46	33:25	37:04	32:58
Descanso entre os processos de separação do kit	19:45	20:04	21:51	20:19
Processo de separação do kit	33:08	39:24	34:14	38:26

Atividade	Cortador 1 (semana 1)	Cortador 1 (semana 3)	Cortador 2 (semana 2)	Cortador 2 (semana 3)
Guardar caixa de ferramentas de corte no estoque	04:53	05:00	04:31	04:08
Transporte do kit para área de costura	06:55	05:24	05:32	06:43
Voltar para área de corte	04:46	04:12	04:53	04:12
Transporte do kit para área de costura	06:34	05:48	06:41	05:11
<b>Tempo Total (processo de corte)</b>	<b>07:28:25</b>	<b>07:34:41</b>	<b>07:43:28</b>	<b>07:34:20</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 7: Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de luvas de vaqueta na área de costura (hh:mm)

Atividade	Costureira 1 (semana 1)	Costureira 1 (semana 2)	Costureira 1 (semana 1)	Costureira 2 (semana 3)
Deslocamento até área de costura	03:45	03:23	03:56	03:23
Análise dos kits a serem costurados	02:35	02:12	02:47	02:17
Separação dos materiais de costura	05:32	06:20	06:49	06:02
Setup da máquina de costura	05:52	06:49	06:20	06:02
Costura de 48 peças de luvas intermediárias	01:04:28	01:01:32	01:08:30	01:02:02
Descanso entre costura	15:20	14:45	15:18	15:40
Costura de 48 peças de luvas intermediárias	57:20	01:02:19	59:10	01:05:23
Descanso entre costura	16:00	15:12	14:21	15:29
Costura de 48 peças de luvas intermediárias	01:07:54	01:00:24	59:18	01:06:24
Pausa para almoço	55:52	52:24	01:05:50	01:04:13
Costura de 48 peças de luvas intermediárias	01:09:30	56:30	01:02:42	01:06:10
Descanso entre costura	15:24	14:24	15:50	15:15
Costura de 48 peças de luvas intermediárias	59:12	01:06:30	58:16	01:02:46
Descanso entre costura	15:30	15:03	14:04	14:09
Costura de 48 peças de luvas intermediárias	01:01:54	54:40	59:30	01:04:32
Guardar materiais de costura	04:31	05:00	03:51	04:37
<b>Tempo Total (processo de costura)</b>	<b>07:44:47</b>	<b>07:25:03</b>	<b>07:30:42</b>	<b>07:50:11</b>

Tabela 8: Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de luvas de vaqueta na área de acabamento (hh:mm)

Atividade	Acabamento (semana 1)	Acabamento (semana 2)	Acabamento (semana 3)	Acabamento (semana 3)
Deslocamento até área de costura	02:33	03:45	02:49	03:08
Transporte das luvas costuradas para área de acabamento	01:09	01:30	01:49	01:24
Deslocamento até área de costura	01:58	01:19	01:11	01:55
Transporte das luvas de costura para área de acabamento	01:13	01:53	01:49	01:32
Processo de conformidade de metade das luvas	50:41	42:31	51:24	48:04
Descanso entre as conformidades	14:55	15:30	15:24	14:32
Processo de conformidade de metade das luvas	54:20	43:51	48:34	52:54
Descanso antes de iniciar o processo de embalagem	14:14	15:48	14:36	14:29
Processo de separação dos pares e embalagem de metade do lote	33:28	39:16	35:18	38:44
Descanso entre os processos de embalagem	14:32	15:12	15:54	14:43
Processo de separação dos pares e embalagem de metade do lote	35:41	32:18	32:29	37:38
Transporte das luvas de vaqueta embaladas para estoque de produtos acabados	12:21	13:26	13:54	13:02
<b>Tempo Total (processo de acabamento)</b>	<b>03:57:05</b>	<b>03:46:19</b>	<b>03:55:11</b>	<b>04:02:05</b>

Os tempos obtidos do processo de fabricação da luva de raspa forrada, durante as 3 semanas analisando cada colaborador, estão apresentados na Tabela 9 (tempo da área de corte), na Tabela 10 (tempo da área de costura) e Tabela 11 (tempo da área de acabamento).



Tabela 9: Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de luvas de raspa forrada na área de corte (hh:mm)

Atividade	Cortador 1 (semana 1)	Cortador 1 (semana 3)	Cortador 2 (semana 1)	Cortador 2 (semana 2)
Deslocamento da área do pedido à área de ferramentas de corte	01:24	01:49	01:21	1:39
Retirada da caixa de ferramentas de corte	05:15	04:42	05:27	04:21
Transporte da caixa de ferramentas para local do corte	00:53	01:02	01:09	00:51
Deslocamento até estoque de matéria-prima de raspa	01:01	01:03	00:55	00:50
Retirada da matéria-prima raspa para realização do corte	08:37	08:13	07:54	08:21
Transporte da matéria-prima raspa até o estoque intermediário de entrada para o corte	00:58	01:03	01:09	00:52
Deslocamento até estoque de matéria-prima de raspa	01:04	00:56	01:01	00:52
Retirada da matéria-prima raspa para realização do corte	08:21	08:27	07:52	07:22
Transporte da matéria-prima raspa até o estoque intermediário de entrada para o corte	01:08	00:55	00:59	01:01
Deslocamento até estoque de matéria-prima de feltro	01:02	01:07	00:58	01:00
Retirada da matéria-prima feltro para realização do corte	08:02	07:23	07:43	08:37
Transporte da matéria-prima feltro até o estoque intermediário de entrada para o corte	01:05	01:01	00:59	00:53
Descanso do colaborador antes do início do corte	10:50	09:43	10:32	10:11
Setup da máquina Balancim	04:31	05:33	05:17	04:58
Corte de 4 peças de matéria-prima raspa	01:11:00	01:20:00	01:29:00	01:20:00
Descanso entre os processos de corte	20:55	21:30	20:18	19:46
Corte de 4 peças de matéria-prima raspa	01:14:00	01:18:00	01:12:00	01:20:00
Pausa para o almoço	01:00:00	01:09:00	01:10:00	01:03:00
Setup da máquina Balancim	05:18	05:32	05:46	04:48
Corte de 1 peça de matéria-prima feltro	01:17:00	01:23:00	01:10:00	01:19:00
Descanso antes de iniciar o processo de separação dos kits	20:28	19:49	20:37	21:42
Processo de separação do kit	44:41	41:28	38:19	35:30

Atividade	Cortador 1 (semana 1)	Cortador 1 (semana 3)	Cortador 2 (semana 2)	Cortador 2 (semana 3)
Descanso entre os processos de separação do kit	20:45	19:44	20:57	21:09
Processo de separação do kit	36:28	40:24	42:44	43:09
Guardar caixa de ferramentas de corte no estoque	05:34	04:25	04:54	05:34
Transporte do kit para área de costura	05:55	06:47	05:49	06:20
Voltar para área de corte	04:11	04:54	05:30	05:02
Transporte do kit para área de costura	06:55	06:02	05:31	05:52
<b>Tempo Total (processo de corte)</b>	<b>07:27:21</b>	<b>07:44:32</b>	<b>07:34:41</b>	<b>07:39:40</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 10: Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de luvas de raspa forrada na área de costura (hh:mm)

Atividade	Costureira 1 (semana 1)	Costureira 1 (semana 3)	Costureira 1 (semana 2)	Costureira 2 (semana 3)
Deslocamento até área de costura	04:25	04:51	03:42	03:56
Análise dos kits a serem costurados	03:02	02:42	03:31	02:51
Separação dos materiais de costura	06:27	07:00	05:58	06:42
Setup da máquina de costura	06:24	05:47	05:57	06:32
Costura de 32 peças de luvas intermediárias	01:00:32	01:07:12	58:48	01:04:12
Descanso entre costura	16:00	14:28	15:31	14:49
Costura de 32 peças de luvas intermediárias	01:05:27	54:29	01:07:23	01:02:34
Descanso entre costura	15:20	15:54	14:41	15:09
Costura de 32 peças de luvas intermediárias	01:08:21	01:05:44	59:10	57:12
Pausa para almoço	01:00:00	01:02:00	01:05:00	01:04:00
Costura de 32 peças de luvas intermediárias	01:01:20	52:08	01:00:31	56:50
Descanso entre costura	14:32	14:48	15:12	15:43
Costura de 32 peças de luvas intermediárias	01:01:55	54:33	58:41	01:03:25
Descanso entre costura	15:10	15:57	14:00	14:55
Costura de 32 peças de luvas intermediárias	57:29	01:09:10	57:31	55:41
Guardar materiais de costura	03:31	04:02	04:51	03:49
<b>Tempo Total (processo de costura)</b>	<b>07:39:55</b>	<b>07:28:45</b>	<b>07:25:27</b>	<b>07:24:20</b>

Tabela 11: Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de luvas de raspa forrada na área de acabamento (hh:mm)

Atividade	Acabamento (semana 1)	Acabamento (semana 1)	Acabamento (semana 2)	Acabamento (semana 3)
Deslocamento até área de costura	03:24	03:12	03:27	03:48
Transporte das luvas costuradas para área de acabamento	01:47	01:54	01:19	01:02
Deslocamento até área de costura	01:09	01:39	01:46	01:25
Transporte das luvas de costura para área de acabamento	01:41	01:32	01:13	01:59
Processo de conformidade de metade das luvas	53:12	49:11	43:29	44:09
Descanso entre as conformidades	15:53	14:31	14:54	15:12
Processo de conformidade de metade das luvas	52:26	55:00	49:32	46:31
Descanso antes de iniciar o processo de embalagem	15:18	14:38	15:43	14:21
Processo de separação dos pares e embalagem de metade do lote	31:24	36:19	32:48	39:04
Descanso entre os processos de embalagem	14:32	14:32	15:19	15:03
Processo de separação dos pares e embalagem de metade do lote	37:01	35:51	39:49	32:26
Transporte das luvas de raspa forrada embaladas para estoque de produtos acabados	13:29	13:55	13:04	13:37
<b>Tempo Total (produção de acabamento)</b>	<b>04:01:16</b>	<b>04:02:14</b>	<b>03:52:23</b>	<b>03:48:37</b>

Os tempos obtidos do processo de fabricação do avental de raspa, durante as 3 semanas, estão apresentados na Tabela 12 (referente ao 1º dia de produção do lote) e na Tabela 13 (referente ao 2º dia de produção do lote).

Tabela 12: Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de aventais de raspa  
(1º dia) (hh:mm)

Atividade	Semana 1	Semana 2	Semana 2	Semana 3
Deslocamento da área do pedido à área de ferramentas de corte	01:09	01:24	01:38	1:22
Retirada da caixa de ferramentas de corte	05:46	04:20	05:19	04:54
Transporte da caixa de ferramentas para local do corte	00:53	01:05	01:02	00:58
Deslocamento até estoque de matéria-prima de raspa	01:06	01:01	00:52	00:56
Retirada da matéria-prima raspa para realização do corte	07:17	07:53	08:15	07:41
Transporte da matéria-prima raspa até o estoque intermediário de entrada para o corte	01:04	00:53	00:55	01:03
Deslocamento até estoque de matéria-prima de raspa	01:00	00:59	01:07	01:03
Retirada da matéria-prima raspa para realização do corte	08:53	08:05	07:32	07:48
Transporte da matéria-prima raspa até o estoque intermediário de entrada para o corte	01:09	00:50	00:56	01:10
Corte manual de 1 peça de matéria-prima raspa	23:40	20:25	22:39	22:08
Descanso entre os processos de corte	09:52	10:36	10:18	09:56
Corte manual de 1 peça de matéria-prima raspa	21:27	22:31	21:09	20:57
Descanso entre os processos de corte	10:32	09:13	09:48	10:13
Corte manual de 1 peça de matéria-prima raspa	21:09	20:14	21:39	22:50
Descanso entre os processos de corte	09:22	10:46	09:31	09:26
Corte manual de 1 peça de matéria-prima raspa	22:57	22:39	24:26	21:31
Descanso entre os processos de corte	11:00	10:04	09:58	09:13
Corte manual de 1 peça de matéria-prima raspa	23:12	21:17	23:54	21:27
Descanso entre os processos de corte	09:08	10:51	10:12	09:38
Corte manual de 1 peça de matéria-prima raspa	21:06	22:51	21:33	23:30
Descanso entre os processos de corte	09:50	09:15	10:31	10:49
Corte manual de 1 peça de matéria-prima raspa	22:15	21:16	22:10	23:47
Guardar caixa de ferramentas de corte no estoque	04:19	04:37	04:20	04:12
<b>Tempo Total (produção de avental raspa (1º dia))</b>	<b>04:08:06</b>	<b>04:03:05</b>	<b>04:09:44</b>	<b>04:06:32</b>

Tabela 13: Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de aventais de raspa (2º dia) (hh:mm)

Atividade	Semana 1	Semana 2	Semana 2	Semana 3
Deslocamento até a área de corte e acabamento dos aventais	03:21	04:11	03:45	04:25
Processo de acabamento das 7 peças de avental de raspa	34:29	39:11	36:56	38:25
Descanso entre os processos de acabamento	09:35	10:18	10:33	09:03
Processo de acabamento das 7 peças de avental de raspa	39:14	37:40	37:25	36:49
Descanso entre os processos de acabamento	10:58	10:02	09:55	09:33
Processo de acabamento das 7 peças de avental de raspa	37:09	36:58	38:29	37:53
Descanso antes de embalagem	10:56	10:38	09:25	09:23
Processo de embalagem de 21 peças de avental de raspa	54:08	58:26	56:29	54:21
Transporte dos aventais de raspa embalados para estoque de produtos acabados	12:25	13:56	13:44	12:59
<b>Tempo Total (processo de avental raspa (2º dia))</b>	<b>03:32:15</b>	<b>03:41:20</b>	<b>03:36:41</b>	<b>03:32:51</b>

Os tempos obtidos do processo de fabricação do avental de PVC, durante as 3 semanas, estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14: Tempos coletados do processo de fabricação de 1 lote de aventais de PVC  
(hh:mm)

Atividade	Semana 1	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Deslocamento da área do pedido à área de ferramentas de corte	01:25	01:14	01:12	1:02
Retirada da caixa de ferramentas de corte	04:29	03:58	04:58	04:05
Transporte da caixa de ferramentas para local do corte	00:57	01:09	01:06	00:51
Deslocamento até estoque de matéria-prima de PVC	01:06	00:54	01:02	00:58
Retirada da matéria-prima PVC para realização do corte	07:25	08:38	08:56	07:40
Transporte da matéria-prima PVC até o estoque intermediário de entrada para o corte	00:59	01:03	01:05	00:57
Deslocamento até estoque de matéria-prima de PVC	01:04	00:52	01:03	01:01
Retirada da matéria-prima PVC para realização do corte	08:49	07:39	08:50	07:27
Transporte da matéria-prima PVC até o estoque intermediário de entrada para o corte	01:05	01:08	00:50	00:59
Corte manual de 7 peças de matéria-prima PVC	42:59	44:25	48:32	43:47
Descanso entre os processos de corte	13:49	14:09	14:42	13:38
Corte manual de 7 peças de matéria-prima PVC	47:26	43:29	40:53	47:28
Descanso antes de iniciar acabamento de embalagem	14:31	14:29	14:51	13:13
Acabamento e embalagem dos aventais de PVC	01:08:49	01:13:37	01:09:42	01:15:25
Guardar caixa de ferramentas de corte no estoque	03:48	03:59	04:23	04:30
Transporte dos aventais de PVC embalados para estoque de produtos acabados	11:49	12:46	13:28	11:19
<b>Tempo Total (produção de avental PVC)</b>	<b>03:50:30</b>	<b>03:53:29</b>	<b>03:55:33</b>	<b>03:54:20</b>

Além dos dados de tempo das atividades do processo produtivo, também foram levantadas as programações de produção do período de abril até junho de 2023, a fim de compreender como foi planejada a produção para esse período. Na Tabela 16 são apresentados os dados de ordem de produção, que foram elaborados e enviados pelo

controle da produção e executados no período em questão. Importante explicitar que essa ordem de produção é enviada para a área de corte, logo o produto terá o início de sua produção naquela data e dependerá do *lead time* do processo para saber a data que o produto acabado irá para o estoque. Além disso, assim como já mencionado, todas ordens enviadas referem-se a fabricação de 1 lote do produto, com o *lead time* e a quantidade em cada lote de produção de cada produto definidos na Tabela 15.

Tabela 15: Lotes e *lead time* de produção de cada produto

Produto	Lote	Quantidade	<i>Lead time</i> de produção
Luva de Raspa	1 lote	72 pares	3 dias úteis
Luva de Vaqueta	1 lote	72 pares	3 dias úteis
Luva de Raspa Forrada	1 lote	48 pares	3 dias úteis
Avental de Raspa	1 lote	21 pares	2 dias úteis
Avental de PVC	1 lote	84 pares	1 dia útil

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 16: Programação de produção da fábrica para os meses de maio e junho 2023

<b>Data</b>	<b>Linha de produção 1</b>	<b>Linha de produção 2</b>	<b>Linha de produção avental</b>
26/04/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Vaqueta	Avental de PVC
27/04/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Vaqueta	Avental de Raspa
28/04/2023	Luva de Raspa	Luva de Raspa Forrada	-
02/05/2023	Luva de Raspa	Luva de Vaqueta	Avental de Raspa
03/05/2023	Luva de Raspa	Luva de Vaqueta	-
04/05/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Vaqueta	Avental de PVC
05/05/2023	Luva de Vaqueta	Luva de Raspa Forrada	Avental de Raspa
08/05/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Raspa Forrada	-
09/05/2023	Luva de Raspa	Luva de Vaqueta	Avental de PVC
10/05/2023	Luva de Raspa	Luva de Vaqueta	Avental de Raspa
11/05/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Raspa Forrada	-
12/05/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Raspa Forrada	Avental de Raspa
15/05/2023	Luva de Raspa	Luva de Vaqueta	-
16/05/2023	Luva de Raspa	Luva de Vaqueta	Avental de PVC
17/05/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Vaqueta	Avental de Raspa
18/05/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Raspa Forrada	-
19/05/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Raspa	Avental de Raspa



<b>Data</b>	<b>Linha de produção 1</b>	<b>Linha de produção 2</b>	<b>Linha de produção avental</b>
22/05/2023	Luva de Raspa	Luva de Vaqueta	-
23/05/2023	Luva de Raspa	Luva de Vaqueta	Avental de PVC
24/05/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Vaqueta	Avental de Raspa
25/05/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Vaqueta	-
26/05/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Vaqueta	Avental de Raspa
29/05/2023	Luva de Raspa	Luva de Raspa Forrada	-
30/05/2023	Luva de Vaqueta	Luva de Raspa Forrada	Avental de PVC
31/05/2023	Luva de Vaqueta	Luva de Raspa	Avental de Raspa
01/06/2023	Luva de Vaqueta	Luva de Raspa	-
02/06/2023	Luva de Raspa	Luva de Raspa Forrada	Avental de Raspa
05/06/2023	Luva de Vaqueta	Luva de Raspa	-
05/06/2023	Luva de Vaqueta	Luva de Raspa	-
06/06/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Vaqueta	Avental de PVC
07/06/2023	Luva de Raspa	Luva de Raspa	Avental de Raspa
09/06/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Vaqueta	-
12/06/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Raspa	Avental de Raspa
13/06/2023	Luva de Raspa	Luva de Raspa Forrada	-
14/06/2023	Luva de Vaqueta	Luva de Vaqueta	Avental de PVC
15/06/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Raspa Forrada	Avental de Raspa
16/06/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Raspa	-
19/06/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Raspa Forrada	Avental de Raspa
20/06/2023	Luva de Raspa	Luva de Vaqueta	-
21/06/2023	Luva de Vaqueta	Luva de Vaqueta	Avental de PVC
22/06/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Vaqueta	Avental de Raspa
23/06/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Raspa Forrada	-
26/06/2023	Luva de Raspa	Luva de Raspa Forrada	Avental de Raspa
27/06/2023	Luva de Vaqueta	Luva de Vaqueta	-
28/06/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Vaqueta	Avental de PVC
29/06/2023	Luva de Raspa Forrada	Luva de Vaqueta	Avental de Raspa
30/06/2023	Luva de Raspa	Luva de Raspa Forrada	-

Fonte: Elaborada pelo autor

### • Produção Terceirizada:

Atualmente, a Tecnoseg conta com dois fornecedores para a produção terceirizada de seus produtos. Um fornecedor é responsável pela fabricação das luvas, tanto de

raspa quanto de vaqueta, enquanto o outro se encarrega da produção dos mangotes de lona. Ambos os fornecedores operam com contratos que estabelecem entregas fixas e recorrentes, definidas tanto em termos de prazos quanto de lotes, conforme detalhado na Tabela 17.

Esses contratos possuem vigência de seis meses e só podem ser renegociados ao final desse período, caso haja interesse de alguma das partes. Os pagamentos aos fornecedores são realizados quinzenalmente, com base na quantidade de produtos efetivamente entregues à Tecnoseg durante o período. O modelo atual garante previsibilidade nas entregas e pagamentos, mas também limita a flexibilidade da empresa em ajustar pedidos em caso de variação na demanda ou mudanças nas condições do mercado.

Tabela 17: Prazos e quantidades de produtos terceirizados entregues

Produto	Lote	Quantidade	Entregas a cada
Luva de Raspa	1 lote	130 pares	5 dias úteis
Luva de Vaqueta	1 lote	160 pares	4 dias úteis
Mangote de Lona	1 lote	295 pares	4 dias úteis

Fonte: Elaborada pelo autor

Segundo a empresa, a acuracidade do prazo de entrega e a qualidade dos produtos de ambos fornecedores são elevadas, dado que em 2023 não houveram impactos associados às vendas de produtos da Tecnoseg causados pelos fornecedores.

Outros dados coletados foram os pedidos dos clientes e as datas de entregas realizadas ao longo dos meses de abril, maio e junho de 2023, com os prazos de entrega de cada pedido, apresentados na Tabela 18 (luva de raspa), na Tabela 19 (luva de vaqueta), na Tabela 20 (luva de raspa forrada), na Tabela 21 (avental de PVC), na Tabela 22 (avental de raspa) e na Tabela 23 (mangote de lona).

Tabela 18: Pedidos de luvas de raspa dos clientes e entregas realizadas nos meses de maio e junho de 2023

Quantidade (em pares)	Data do Pedido	Data da Entrega	Prazo de Entrega
100	26/04/2023	02/05/2023	3 dias úteis
130	03/05/2023	08/05/2023	3 dias úteis
200	04/05/2023	08/05/2023	2 dias úteis
150	10/05/2023	16/05/2023	4 dias úteis
140	11/05/2023	16/05/2023	3 dias úteis
215	16/05/2023	22/05/2023	4 dias úteis
175	19/05/2023	29/05/2023	6 dias úteis
225	24/05/2023	30/05/2023	4 dias úteis
240	30/05/2023	06/06/2023	5 dias úteis
50	31/05/2023	06/06/2023	4 dias úteis
100	05/06/2023	12/06/2023	4 dias úteis
180	07/06/2023	14/06/2023	4 dias úteis
135	12/06/2023	14/06/2023	2 dias úteis
150	14/06/2023	19/06/2023	3 dias úteis
220	19/06/2023	23/06/2023	4 dias úteis
150	23/06/2023	29/06/2023	4 dias úteis
205	26/06/2023	29/06/2023	3 dias úteis
125	28/06/2023	05/07/2023	4 dias úteis
90	29/06/2023	05/07/2023	5 dias úteis
<b>Prazo Médio</b>			<b>3,74 dias úteis</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 19: Pedidos de luvas de vaqueta dos clientes e entregas realizadas nos meses de maio e junho de 2023

Quantidade (em pares)	Data do Pedido	Data da Entrega	Prazo de Entrega
50	26/04/2023	02/05/2023	3 dias úteis
100	27/04/2023	02/05/2023	2 dias úteis
160	28/04/2023	03/05/2023	2 dias úteis
300	03/05/2023	08/05/2023	3 dias úteis
240	08/05/2023	12/05/2023	4 dias úteis
180	10/05/2023	16/05/2023	5 dias úteis
230	11/05/2023	16/05/2023	4 dias úteis
105	16/05/2023	23/05/2023	5 dias úteis
200	17/05/2023	23/05/2023	4 dias úteis
140	18/05/2023	25/05/2023	5 dias úteis
180	19/05/2023	25/05/2023	4 dias úteis
405	25/05/2023	01/06/2023	5 dias úteis
140	30/05/2023	01/06/2023	2 dias úteis
190	07/06/2023	14/06/2023	3 dias úteis
100	09/06/2023	19/06/2023	6 dias úteis
145	12/06/2023	19/06/2023	5 dias úteis
285	15/06/2023	21/06/2023	4 dias úteis
300	20/06/2023	27/06/2023	6 dias úteis
160	21/06/2023	27/06/2023	5 dias úteis
200	22/06/2023	29/06/2023	5 dias úteis
175	27/06/2023	04/07/2023	5 dias úteis
250	30/06/2023	05/07/2023	3 dias úteis
<b>Prazo Médio</b>			<b>4,09 dias úteis</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 20: Pedidos de luvas de raspa forrada dos clientes e entregas realizadas nos meses de maio e junho de 2023

Quantidade (em pares)	Data do Pedido	Data da Entrega	Prazo de Entrega
80	27/04/2023	04/05/2023	4 dias úteis
100	28/04/2023	04/05/2023	3 dias úteis
60	03/05/2023	09/05/2023	4 dias úteis
50	04/05/2023	09/05/2023	3 dias úteis
120	09/05/2023	12/05/2023	3 dias úteis
100	12/05/2023	19/05/2023	5 dias úteis
40	15/05/2023	19/05/2023	4 dias úteis
130	17/05/2023	25/05/2023	6 dias úteis
60	22/05/2023	29/05/2023	5 dias úteis
60	26/05/2023	02/06/2023	5 dias úteis
50	30/05/2023	02/06/2023	3 dias úteis
90	01/06/2023	06/06/2023	3 dias úteis
120	06/06/2023	12/06/2023	3 dias úteis
70	13/06/2023	16/06/2023	3 dias úteis
40	14/06/2023	19/06/2023	5 dias úteis
50	15/06/2023	21/06/2023	4 dias úteis
90	20/06/2023	26/06/2023	4 dias úteis
120	21/06/2023	26/06/2023	3 dias úteis
140	26/06/2023	30/06/2023	4 dias úteis
100	28/06/2023	04/07/2023	4 dias úteis
80	29/06/2023	04/07/2023	3 dias úteis
<b>Prazo Médio</b>			<b>3,86 dias úteis</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 21: Pedidos de aventais de PVC dos clientes e entregas realizadas nos meses de maio e junho de 2023

Quantidade (unidades)	Data do Pedido	Data da Entrega	Prazo de Entrega
40	27/04/2023	03/05/2023	3 dias úteis
70	04/05/2023	10/05/2023	4 dias úteis
50	05/05/2023	10/05/2023	3 dias úteis
70	11/05/2023	16/05/2023	3 dias úteis
80	16/05/2023	23/05/2023	5 dias úteis
30	17/05/2023	23/05/2023	4 dias úteis
40	24/05/2023	29/05/2023	3 dias úteis
50	01/06/2023	09/06/2023	5 dias úteis
80	02/06/2023	09/06/2023	4 dias úteis
70	09/06/2023	15/06/2023	4 dias úteis
50	15/06/2023	20/06/2023	3 dias úteis
40	16/06/2023	20/06/2023	2 dias úteis
30	21/06/2023	28/06/2023	5 dias úteis
70	22/06/2023	28/06/2023	4 dias úteis
50	27/06/2023	03/07/2023	4 dias úteis
30	28/06/2023	03/07/2023	3 dias úteis
<b>Prazo Médio</b>			<b>3,69 dias úteis</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 22: Pedidos de aventais de raspa dos clientes e entregas realizadas nos meses de maio e junho de 2023

Quantidade (unidades)	Data do Pedido	Data da Entrega	Prazo de Entrega
20	26/04/2023	02/05/2023	3 dias úteis
30	04/05/2023	09/05/2023	3 dias úteis
20	09/05/2023	12/05/2023	3 dias úteis
50	15/05/2023	18/05/2023	3 dias úteis
60	24/05/2023	01/06/2023	5 dias úteis
20	25/05/2023	01/06/2023	4 dias úteis
30	01/06/2023	07/06/2023	4 dias úteis
40	13/06/2023	16/06/2023	3 dias úteis
30	14/06/2023	16/06/2023	2 dias úteis
30	21/06/2023	28/06/2023	5 dias úteis
40	29/06/2023	05/07/2023	4 dias úteis
<b>Prazo Médio</b>			<b>3,55 dias úteis</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 23: Pedidos de mangotes de lona dos clientes e entregas realizadas nos meses de maio e junho de 2023

Quantidade (unidades)	Data do Pedido	Data da Entrega	Prazo de Entrega
120	27/04/2023	03/05/2023	3 dias úteis
100	28/04/2023	03/05/2023	2 dias úteis
240	04/05/2023	09/05/2023	3 dias úteis
130	05/05/2023	09/05/2023	3 dias úteis
70	10/05/2023	16/05/2023	4 dias úteis
110	11/05/2023	16/05/2023	3 dias úteis
300	16/05/2023	19/05/2023	2 dias úteis
250	19/05/2023	29/05/2023	5 dias úteis
80	23/06/2023	29/05/2023	4 dias úteis
140	25/05/2023	02/06/2023	6 dias úteis
75	26/05/2023	02/06/2023	5 dias úteis
190	30/05/2023	07/06/2023	6 dias úteis
175	05/06/2023	13/06/2023	5 dias úteis
200	09/06/2023	16/06/2023	5 dias úteis
155	12/06/2023	16/06/2023	4 dias úteis
265	15/06/2023	22/06/2023	5 dias úteis
220	16/06/2023	22/06/2023	4 dias úteis
280	21/06/2023	28/06/2023	5 dias úteis
60	22/06/2023	28/06/2023	4 dias úteis
100	27/06/2023	05/07/2023	6 dias úteis
140	28/06/2023	05/07/2023	5 dias úteis
175	29/06/2023	05/07/2023	4 dias úteis
<b>Prazo Médio</b>			<b>4,23 dias úteis</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

### 3.1.4 Construção do modelo computacional

O código desenvolvido teve como objetivo modelar a dinâmica de produção da Tecno-seg, assegurando que todas as atividades fossem realizadas dentro dos intervalos de tempo estabelecidos e em conformidade com as restrições do processo produtivo.

Cada colaborador tem responsabilidades específicas que seguem uma sequência lógica



baseada na ordem de produção. O cortador, por exemplo, executa as atividades do dia conforme a programação de produção recebida. A costureira trabalha com os kits transportados para a área de costura no dia anterior, enquanto o responsável pelo acabamento finaliza as luvas costuradas no dia anterior pela costureira.

A implementação do código organizou as atividades de forma cronológica, respeitando suas durações variáveis e a sequência dos processos produtivos. Os tempos de duração de cada atividade foram definidos com base na observação e medição do sistema de produção real. devido à limitação da amostra de dados de tempos que podem ser coletada, foi adotada a distribuição triangular para modelar os tempos máximo, mínimo e mais provável de execução. Apesar desta simplificação, esta abordagem permitiu construir um modelo de simulação capaz de representar fielmente a dinâmica do sistema de produção real.

A função de densidade de probabilidade para a distribuição triangular é definida conforme a Equação 3.1.

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} & \text{para } a \leq x < c \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)} & \text{para } c \leq x \leq b \end{cases} \quad (3.1)$$

onde:

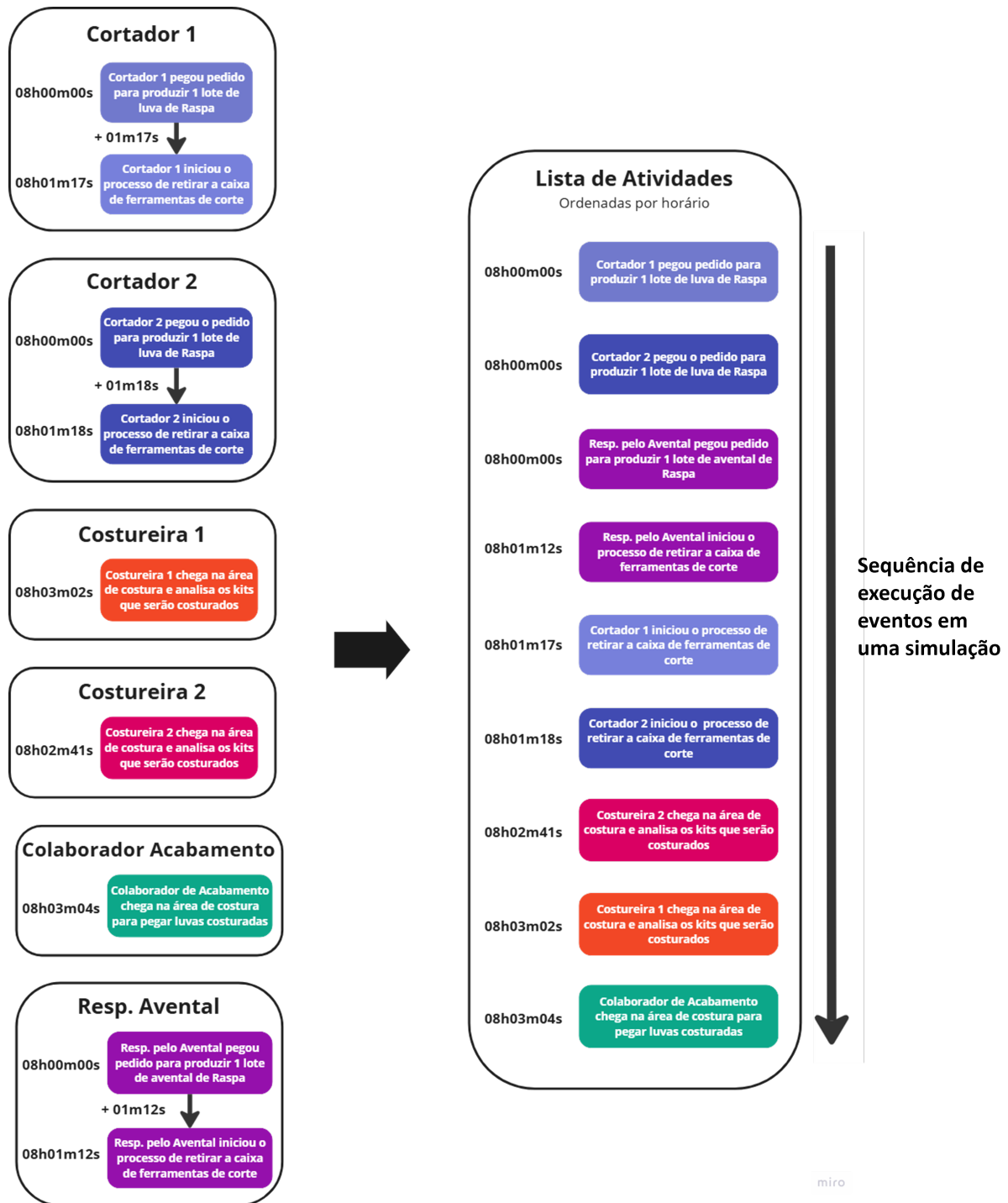
- $a$  é o valor mínimo;
- $b$  é o valor máximo;
- $c$  é o valor mais provável (ou moda);
- $x$  é o valor da variável aleatória.

O modelo de simulação construído encadeia os eventos a serem simulados por meio de uma lógica de controle de tempo incremental, considerando que cada tarefa possui uma duração específica. Ela gera o horário de início de uma atividade somente após a ocorrência de um evento precedente. Assim, na simulação, o relógio avança progressivamente obtendo-se o horário de término de uma atividade pela adição de sua duração ao horário de término da atividade precedente. Dessa forma, garante-se que o avanço do tempo em uma simulação reflita de forma fiel a sequência como os eventos ocorreriam fisicamente no sistema de produção real.

Na Figura 26, é apresentada a lógica geral de geração e ordenação de eventos que ocorrem com diversos recursos no sistema de produção. A Figura 27 reproduz como essa

lógica é implementada no código de programação para simular os eventos da fábrica e a figura 28 apresenta uma amostra da rotina gerada por meio do código computacional criado.

Figura 26: Exemplo de geração de eventos que ocorrem com diversos recursos do sistema de produção e ordenação da sua ocorrência no tempo da simulação



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 27: Parte do código que organiza os eventos pelo tempo de execução

```
# Função para registrar o estado do estoque a cada mudança
def registrar_mudanca_estoque(historico_estoques, estoques, horario, dia):
    # Combinar a data e a hora para registrar corretamente o momento do evento
    data_horario_completo = pd.Timestamp.combine(dia, horario.time())
    estado_atual_estoque = capturar_estoque(estoque)
    estado_atual_estoque['horario'] = data_horario_completo # Adicionar o horário completo ao estado do estoque
    historico_estoques.append(estado_atual_estoque) # Armazenar o estado atual no histórico

# Função para rodar as atividades de cada dia e atualizar o estoque
def rodar_atividades_por_dia(todas_atividades_por_dia, estoques):
    resultado_final = []
    historico_estoques = [] # Para armazenar o histórico de estoques

    # Iterar sobre os dias
    for dia, atividades_dia in todas_atividades_por_dia:
        resultado_final.append(f"Dia {dia.strftime('%Y-%m-%d')}: \n")
        ultimo_horario = None

        # Iterar sobre as atividades de cada dia
        for i, (horario, atividade) in enumerate(atividades_dia):

            registrar_mudanca_estoque(historico_estoques, estoques, horario, dia)
            # Atualizar o estoque baseado na atividade *antes de imprimir o estado atualizado*
            if "finaliza o processo de retirar 1 caixa de ferramentas" in atividade:
                estoques['caixas_em_uso'] += 1
                estoques['caixas_disponiveis'] -= 1
            registrar_mudanca_estoque(historico_estoques, estoques, horario, dia)
```

- 
- (demais movimentações de estoque)
- 

```
# Registrar a atividade
resultado_final.append(f"{horario.strftime('%H:%M:%S')}: {atividade}")

# Se o próximo horário for diferente ou se estamos na última atividade, imprimir o estoque
if i + 1 == len(atividades_dia) or atividades_dia[i + 1][0] != horario:
    #resultado_final.append(print_estoque(estoque)) # Mostrar o estado do estoque após as atividades
    resultado_final.append("-----") # Linha divisória quando o horário mudar

ultimo_horario = horario # Atualizar o último horário

# Mostrar o estoque final do dia
resultado_final.append("\n") # Separador entre dias

return resultado_final, historico_estoques
```

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 28: Exemplo do início da rotina de produção no dia 02/05/2023

Dia 2023-05-02:

```
08:00:00: Cortador 1 pegou pedido para produzir 1 lote de luva de Raspa
08:00:00: Cortador 2 pegou pedido para produzir 1 lote de luva de Vaqueta
08:00:00: Responsável pelo Avental pegou pedido para produzir 1 lote de avental de Raspa
-----
08:01:12: Responsável pelo Avental inicia o processo de retirar 1 caixa de ferramentas de corte
-----
08:01:17: Cortador 1 inicia o processo de retirar 1 caixa de ferramentas de corte
-----
08:01:18: Cortador 2 inicia o processo de retirar 1 caixa de ferramentas de corte
-----
08:02:41: Costureira 2 chega na área de costura e analisa os kits que serão costurados
-----
08:03:02: Costureira 1 chega na área de costura e analisa os kits que serão costurados
-----
08:03:04: Colaborador de acabamento chega na área de costura para pegar metade das luvas de Raspa Forrada costuradas
-----
```

Fonte: Elaborada pelo autor

### 3.1.5 Validação dos tempos de execução do modelo

A validação do modelo computacional foi realizada por meio da análise das rotinas dos colaboradores e da classificação das tarefas executadas ao longo do dia em três categorias: produção, descanso e ociosidade, garantindo que o modelo representasse de forma precisa a dinâmica operacional da fábrica. Dados históricos referentes ao período de final de abril até o início de julho de 2023 foram utilizados para avaliar o comportamento do modelo e as variáveis influenciadas pelo mesmo.

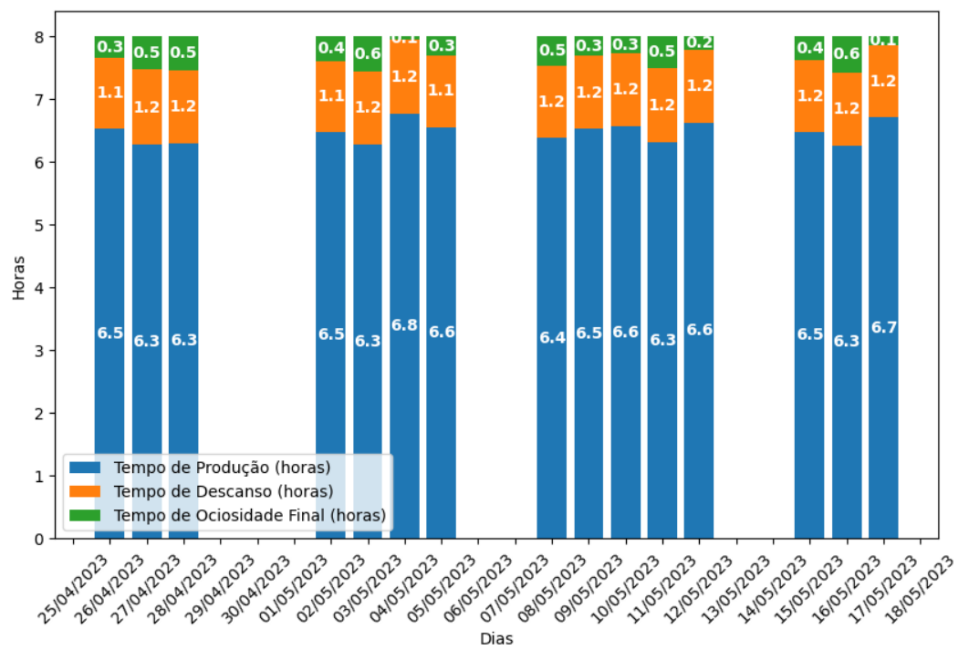
No Apêndice A encontra-se a rotina detalhada de um dia específico da fábrica, ocorrido em 02/05/2023, no qual as linhas de produção foram configuradas da seguinte maneira: a linha de luvas 1 processou uma ordem de produção de luvas de raspa, a linha de luvas 2 processou uma ordem de produção de luvas de vaqueta e a linha de avental processou uma ordem de produção de aventais de raspa. A rotina apresenta todas as atividades executadas pelos colaboradores, incluindo os tempos de execução, e demonstra que o modelo reproduziu todas as atividades mapeadas dentro dos intervalos de tempo definidos e respeitando os prazos estabelecidos.

Além da validação das rotinas, foi realizada a análise da divisão das atividades dos colaboradores em três categorias principais, onde no grupo produção foram incluídas as atividades diretamente relacionadas ao processo produtivo, como corte, costura e acabamento. No grupo descanso foram considerados os períodos de pausa dos colaboradores, essenciais para evitar fadiga e problemas crônicos, como lesões por esforço repetitivo,

considerando que as atividades realizadas são repetitivas e exigem esforço e precisão. No grupo ociosidade foram somados os períodos em que o colaborador estava disponível para produzir, mas sem nenhuma tarefa atribuída, representando uma oportunidade para aumentar a eficiência produtiva.

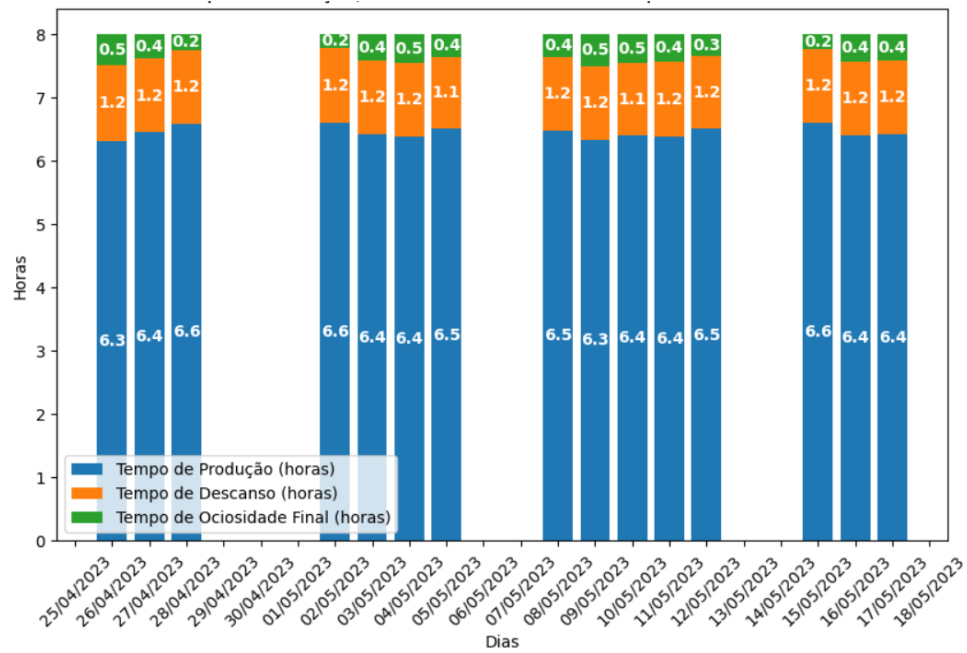
Os tempos de execução para cada categoria foram calculados com base em um período de 15 dias, abrangendo o final de abril e metade de maio de 2023, intervalo suficiente para capturar as variações existentes no fluxo produtivo. Os resultados detalhados estão apresentados nas figuras associadas a cada colaborador: Figura 29 referente ao Cortador 1, Figura 30 referente ao Cortador 2, Figura 31 referente à Costureira 1, Figura 32 referente à Costureira 2, Figura 33 referente ao Responsável pelo Acabamento e Figura 34 referente ao Responsável pelo Avental. As análises realizadas forneceram uma visão detalhada sobre a distribuição de tempo entre as categorias de atividade e demonstraram que o modelo está alinhado com a realidade operacional da fábrica, além de possibilitar a identificação de oportunidades de melhorias na gestão do tempo e no aumento da eficiência produtiva.

Figura 29: Tempos de Produção, Descanso e Ociosidade do Cortador 1 simulados para o estado atual



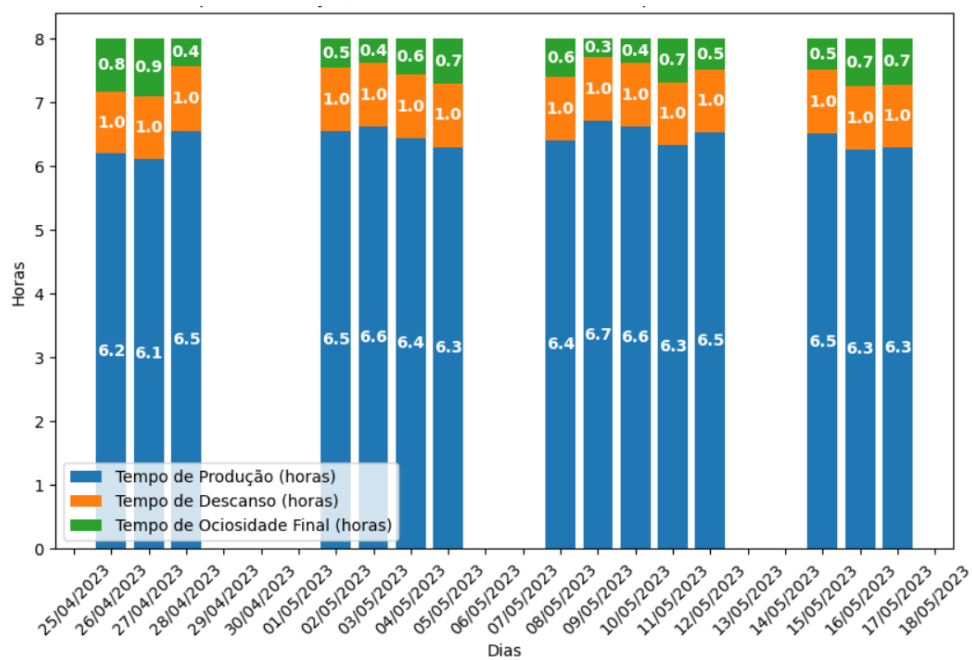
Fonte: Autoria própria

Figura 30: Tempos de Produção, Descanso e Ociosidade do Cortador 2 simulados para o estado atual



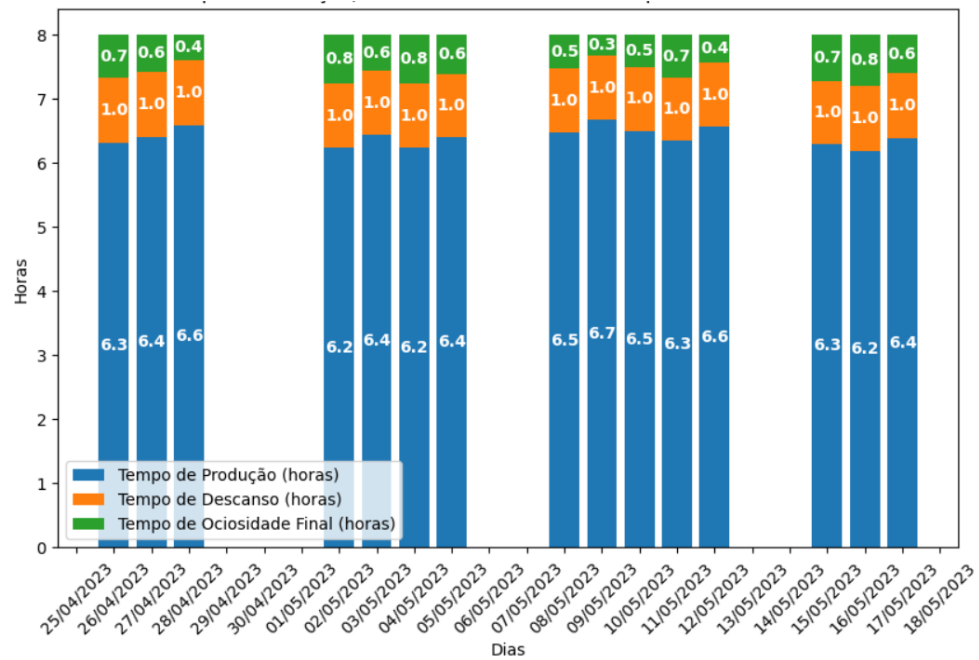
Fonte: Autoria própria

Figura 31: Tempos de Produção, Descanso e Ociosidade do Costureira 1 simulados para o estado atual



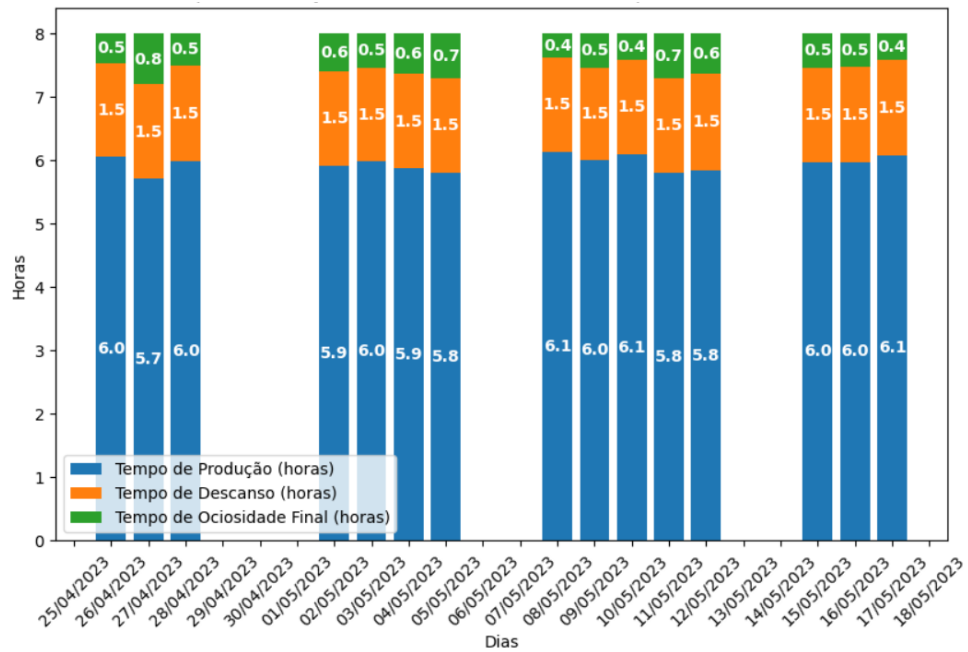
Fonte: Autoria própria

Figura 32: Tempos de Produção, Descanso e Ociosidade do Costureira 2 simulados para o estado atual



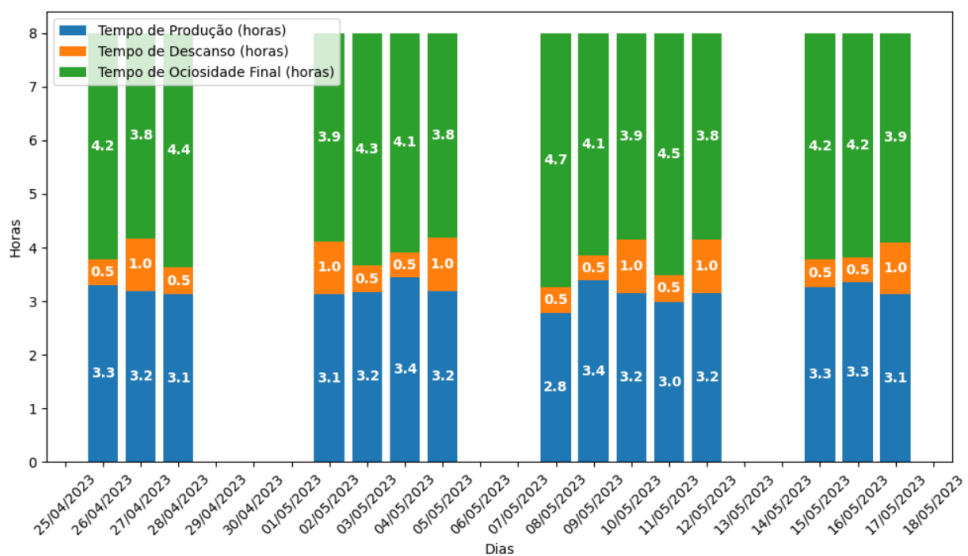
Fonte: Autoria própria

Figura 33: Tempos de Produção, Descanso e Ociosidade do Responsável pelo Acabamento simulados para o estado atual



Fonte: Autoria própria

Figura 34: Tempos de Produção, Descanso e Ociosidade do Responsável pelo Avental simulados para o estado atual



Fonte: Autoria própria



A Tabela 24 apresenta uma análise comparativa entre a média dos tempos registrados no mapeamento da produção de luvas de raspa e os tempos gerados pela simulação computacional. Essa comparação foi realizada com o objetivo de avaliar o grau de aderência do modelo computacional à realidade operacional da fábrica, verificando a proximidade entre os dados simulados e os observados.

Tabela 24: Comparação entre os tempos coletados com os tempos gerados pelo modelo computacional de simulação para luva de raspa

Colaborador	Classificação	Tempo médio coletado	Tempo médio do modelo	Diferença absoluta (horas)	Diferença percentual (%)
Cortador 1	Produção	6,53 horas	6,38 horas	0,15	1,9%
Cortador 1	Descanso	1,16 horas	1,21 horas	0,05	0,6%
Cortador 1	Ociosidade	0,31 horas	0,41 horas	0,10	1,3%
Cortador 2	Produção	6,33 horas	6,50 horas	0,17	2,1%
Cortador 2	Descanso	1,19 horas	1,15 horas	0,04	0,5%
Cortador 2	Ociosidade	0,48 horas	0,35 horas	0,13	1,6%
Costureira 1	Produção	6,50 horas	6,63 horas	0,13	1,6%
Costureira 1	Descanso	1,00 horas	0,94 horas	0,06	0,8%
Costureira 1	Ociosidade	0,50 horas	0,43 horas	0,07	0,9%
Costureira 2	Produção	6,59 horas	6,65 horas	0,06	0,8%
Costureira 2	Descanso	1,01 horas	0,93 horas	0,08	1,0%
Costureira 2	Ociosidade	0,40 horas	0,42 horas	0,02	0,3%
Responsável pelo Acabamento	Produção	3,11 horas	3,28 horas	0,17	2,1%
Responsável pelo Acabamento	Descanso	0,76 horas	0,84 horas	0,08	1,0%
Responsável pelo Acabamento	Ociosidade	4,13 horas	3,88 horas	0,25	3,1%

Fonte: Elaborada pelo autor

Os resultados obtidos com a simulação do modelo de produção de luvas de raspa indicam uma elevada precisão do modelo, evidenciada pelas diferenças percentuais inferiores a 5% entre os valores médios observados e os simulados. Esse nível de precisão é considerado aceitável para modelos de simulação de processos de produção.

De forma semelhante, na Tabela 25, é apresentada uma análise comparativa entre a média dos tempos registrados no mapeamento da produção de luvas de vaqueta e os tempos gerados pela simulação computacional, com o objetivo de avaliar a proximidade

entre os resultados do modelo e a realidade operacional.

Tabela 25: Comparação entre os tempos coletados com os tempos gerados pelo modelo computacional de simulação para luva de vaqueta

Colaborador	Classificação	Tempo médio coletado	Tempo médio do modelo	Diferença absoluta (horas)	Diferença percentual (%)
Cortador 1	Produção	6,34 horas	6,48 horas	0,14	1,8%
Cortador 1	Descanso	1,19 horas	1,24 horas	0,05	0,6%
Cortador 1	Ociosidade	0,47 horas	0,28 horas	0,19	2,4%
Cortador 2	Produção	6,43 horas	6,54 horas	0,11	1,4%
Cortador 2	Descanso	1,22 horas	1,19 horas	0,03	0,4%
Cortador 2	Ociosidade	0,35 horas	0,27 horas	0,08	1,0%
Costureira 1	Produção	6,57 horas	6,48 horas	0,09	1,1%
Costureira 1	Descanso	1,01 horas	1,06 horas	0,05	0,7%
Costureira 1	Ociosidade	0,42 horas	0,46 horas	0,04	0,5%
Costureira 2	Produção	6,67 horas	6,51 horas	0,16	2,0%
Costureira 2	Descanso	1,00 horas	1,04 horas	0,04	0,5%
Costureira 2	Ociosidade	0,33 horas	0,45 horas	0,12	1,5%
Responsável pelo Acabamento	Produção	3,19 horas	3,32 horas	0,13	1,6%
Responsável pelo Acabamento	Descanso	0,75 horas	0,71 horas	0,04	0,5%
Responsável pelo Acabamento	Ociosidade	4,06 horas	3,97 horas	0,09	1,1%

Fonte: Elaborada pelo autor

A partir dos resultados obtidos com a simulação do modelo de produção da luva de vaqueta, pode-se considerar que o modelo apresenta uma elevada precisão, principalmente pelo fato das diferenças percentuais dos valores médios serem inferiores a 5%, nível aceitável de precisão para modelo de simulação de processos de produção.

Na Tabela 26, é apresentada uma análise comparativa entre a média dos tempos registrados no mapeamento da produção de luvas de raspa forrada e os tempos gerados pela simulação computacional, com o objetivo de avaliar a proximidade entre os resultados do modelo e a realidade operacional.

Tabela 26: Comparação entre os tempos coletados com os tempos gerados pelo modelo computacional de simulação para luva de raspa forrada

Colaborador	Classificação	Tempo médio coletado	Tempo médio do modelo	Diferença absoluta (horas)	Diferença percentual (%)
Cortador 1	Produção	6,40 horas	6,52 horas	0,12	1,5%
Cortador 1	Descanso	1,20 horas	1,13 horas	0,07	0,9%
Cortador 1	Ociosidade	0,40 horas	0,35 horas	0,05	0,6%
Cortador 2	Produção	6,32 horas	6,50 horas	0,18	2,3%
Cortador 2	Descanso	1,30 horas	1,19 horas	0,11	1,4%
Cortador 2	Ociosidade	0,38 horas	0,31 horas	0,07	0,9%
Costureira 1	Produção	6,55 horas	6,42 horas	0,13	1,6%
Costureira 1	Descanso	1,02 horas	1,06 horas	0,04	0,5%
Costureira 1	Ociosidade	0,43 horas	0,52 horas	0,09	1,1%
Costureira 2	Produção	6,42 horas	6,50 horas	0,08	1,0%
Costureira 2	Descanso	1,00 horas	1,04 horas	0,04	0,5%
Costureira 2	Ociosidade	0,58 horas	0,46 horas	0,12	1,5%
Responsável pelo Acabamento	Produção	3,19 horas	3,40 horas	0,21	2,6%
Responsável pelo Acabamento	Descanso	0,75 horas	0,67 horas	0,08	1,0%
Responsável pelo Acabamento	Ociosidade	4,06 horas	3,93 horas	0,13	1,6%

Fonte: Elaborada pelo autor

A partir dos resultados obtidos com a simulação do modelo de produção da luva de raspa forrada, pode-se considerar que o modelo apresenta uma elevada precisão, principalmente pelo fato das diferenças percentuais dos valores médios serem inferiores a 5%, nível aceitável de precisão para modelo de simulação de processos de produção.

Na Tabela 27, é apresentada uma análise comparativa entre a média dos tempos registrados no mapeamento da produção de avental de raspa e os tempos gerados pela simulação computacional, com o objetivo de avaliar a proximidade entre os resultados do modelo e a realidade operacional.

Tabela 27: Comparação entre os tempos coletados com os tempos gerados pelo modelo computacional de simulação para avental de raspa

Colaborador	Classificação	Tempo médio coletado	Tempo médio do modelo	Diferença absoluta (horas)	Diferença percentual (%)
Responsável Avental (1º dia)	Produção	3,11 horas	2,99 horas	0,12	1,5%
Responsável Avental (1º dia)	Descanso	1,01 horas	1,05 horas	0,04	0,5%
Responsável Avental (1º dia)	Ociosidade	3,89 horas	3,97 horas	0,08	1,0%
Responsável Avental (2º dia)	Produção	3,10 horas	3,30 horas	0,20	2,5%
Responsável Avental (2º dia)	Descanso	0,50 horas	0,54 horas	0,04	0,5%
Responsável Avental (2º dia)	Ociosidade	4,40 horas	4,16 horas	0,24	3,0%

Fonte: Elaborada pelo autor

A partir dos resultados obtidos com a simulação do modelo de produção de avental de raspa, pode-se considerar que o modelo apresenta uma elevada precisão, principalmente pelo fato das diferenças percentuais dos valores médios serem inferiores a 5%, nível aceitável de precisão para modelo de simulação de processos de produção.

Na Tabela 28, é apresentada uma análise comparativa entre a média dos tempos registrados no mapeamento da produção de avental de PVC e os tempos gerados pela simulação computacional, com o objetivo de avaliar a proximidade entre os resultados do modelo e a realidade operacional.

Tabela 28: Comparação entre os tempos coletados com os tempos gerados pelo modelo computacional de simulação para avental de PVC

Colaborador	Classificação	Tempo médio coletado	Tempo médio do modelo	Diferença absoluta (horas)	Diferença percentual (%)
Responsável Avental	Produção	3,42 horas	3,60 horas	0,18	2,3%
Responsável Avental	Descanso	0,47 horas	0,41 horas	0,06	0,8%
Responsável Avental	Ociosidade	4,11 horas	3,99 horas	0,12	1,5%

Fonte: Elaborada pelo autor

A partir dos resultados obtidos com a simulação do modelo de produção de avental de PVC, pode-se considerar que o modelo apresenta uma elevada precisão, principalmente pelo fato das diferenças percentuais dos valores médios serem inferiores a 5%, nível aceitável de precisão para modelo de simulação de processos de produção.

### 3.1.6 Validação das movimentações de estoque do modelo

A validação do modelo também incluiu a análise das movimentações dos estoques de produtos acabados durante o período determinado, abrangendo as entregas e produções realizadas entre o final de abril e o início de julho de 2023. Essa análise foi realizada utilizando os dados reais de entregas e as ordens de produção estabelecidas pela programação de produção, garantindo que os resultados simulados refletissem com precisão o que ocorreu na prática nesse mesmo período. Além de validar o modelo, essa análise possibilitou a compreensão das variações nos estoques e a identificação de oportunidades para redução dos prazos de entrega e nivelamento da produção.

Embora a empresa não utilize indicadores como o estoque de segurança e o ponto de pedido para o gerenciamento de seus produtos, esses valores foram calculados com base nos dados disponíveis para facilitar a análise das oscilações de estoque e os riscos associados à ausência de um controle mais detalhado. Para o cálculo do estoque de segurança, foram considerados dados como a demanda média diária, o desvio padrão da demanda diária, o tempo de reposição dos produtos, a variabilidade do tempo de reposição e o nível de serviço desejado. O nível de serviço adotado foi de 95%, em conformidade com a expectativa de atendimento estabelecida pela empresa, permitindo uma análise mais robusta do comportamento dos estoques e das possíveis melhorias no processo de gestão.

- **Luva de Raspa:**

- Demanda média diária: 66 pares
- Desvio padrão da demanda diária: 174 pares
- Tempo de reposição: 3 dias
- Variabilidade do tempo de reposição: 1 dia

Logo, utilizando a Equação 2.2, o valor do estoque de segurança para luva de raspa é 131 pares.

- **Luva de Vaqueta:**

- Demanda média diária: 94 pares
- Desvio padrão da demanda diária: 310 pares
- Tempo de reposição: 3 dias
- Variabilidade do tempo de reposição: 1 dia

Logo, utilizando a Equação 2.2, o valor do estoque de segurança para luva de vaqueta é 232 pares.

• **Luva de Raspa Forrada:**

- Demanda média diária: 39 pares
- Desvio padrão da demanda diária: 101 pares
- Tempo de reposição: 3 dias
- Variabilidade do tempo de reposição: 1 dia

Logo, utilizando a Equação 2.2, o valor do estoque de segurança para luva de raspa forrada é 76 pares.

• **Avental de Raspa:**

- Demanda média diária: 8 unidades
- Desvio padrão da demanda diária: 52 unidades
- Tempo de reposição: 2 dias
- Variabilidade do tempo de reposição: 1 dia

Logo, utilizando a Equação 2.2, o valor do estoque de segurança para avental de raspa é 31 unidades.

• **Avental de PVC:**

- Demanda média diária: 19 unidades
- Desvio padrão da demanda diária: 61 unidades
- Tempo de reposição: 1 dia
- Variabilidade do tempo de reposição: 1 dia

Logo, utilizando a Equação 2.2, o valor do estoque de segurança para avental de PVC é 27 unidades.

• **Mangote de Lona:**

- Demanda média diária: 79 pares
- Desvio padrão da demanda diária: 221 pares
- Tempo de reposição: 4 dias
- Variabilidade do tempo de reposição: 0 dia

Logo, utilizando a Equação 2.2, o valor do estoque de segurança para mangote de lona é 188 pares.

Além do cálculo do estoque de segurança, também foi determinado o valor do ponto de pedido para cada produto, com o objetivo de identificar o momento ideal para emitir as ordens de produção e definir a quais produtos essas ordens deveriam estar relacionadas, considerando os níveis de estoque existentes. Essa análise busca otimizar o gerenciamento dos estoques, garantindo que as reposições sejam realizadas de forma eficiente e atendam às demandas de produção sem gerar excessos ou rupturas.

• **Luva de Raspa:**

- Demanda média diária: 66 pares
- Tempo de reposição: 3 dias
- Estoque de segurança: 131 pares

Logo, utilizando a Equação 2.3, o ponto de pedido para luva de raspa é 329 pares.

• **Luva de Vaqueta:**

- Demanda média diária: 94 pares
- Tempo de reposição: 3 dias
- Estoque de segurança: 232 pares

Logo, utilizando a Equação 2.3, o ponto de pedido para luva de vaqueta é 514 pares.

• **Luva de Raspa Forrada:**

- Demanda média diária: 39 pares
- Tempo de reposição: 3 dias
- Estoque de segurança: 76

Logo, utilizando a Equação 2.3, o ponto de pedido para luva de raspa forrada é 193 pares.

- **Avental de Raspa:**

- Demanda média diária: 8 unidades
- Tempo de reposição: 2 dias
- Estoque de segurança: 31 unidades

Logo, utilizando a Equação 2.3, o ponto de pedido para avental de raspa é 47 unidades.

- **Avental de PVC:**

- Demanda média diária: 19 unidades
- Tempo de reposição: 1 dia
- Estoque de segurança: 27 unidades

Logo, utilizando a Equação 2.3, o ponto de pedido para avental de PVC é 46 unidades.

- **Mangote de Lona:**

- Demanda média diária: 79 pares
- Desvio padrão da demanda diária: 221 pares
- Estoque de segurança: 188 pares

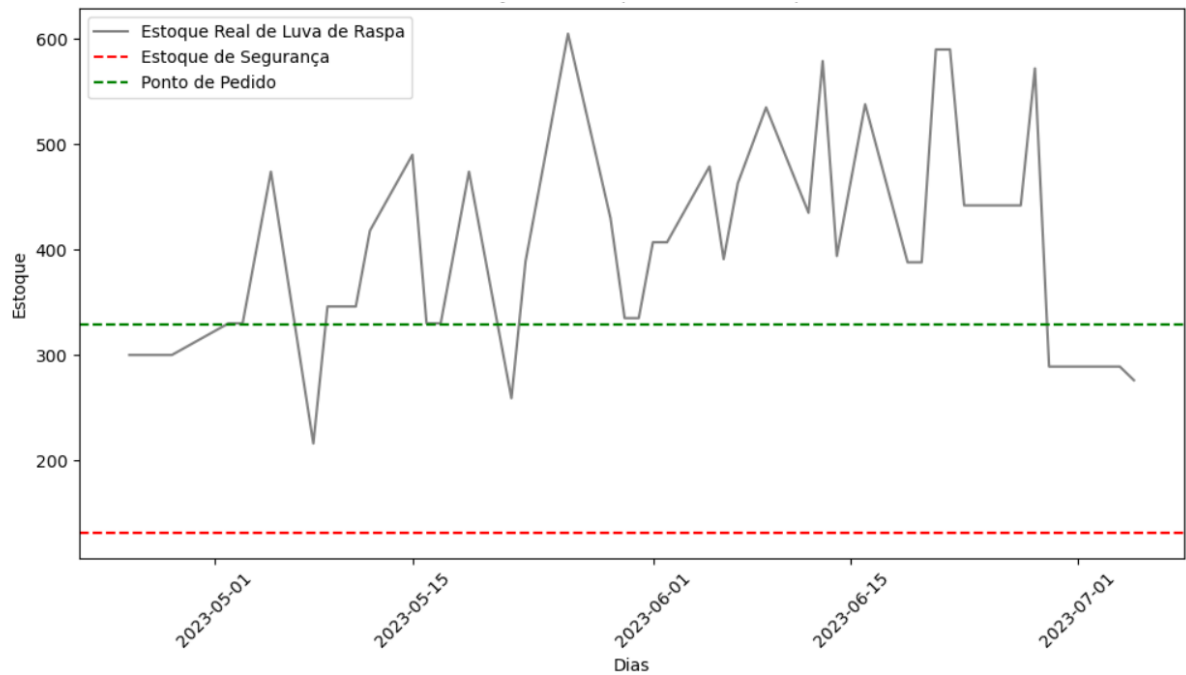
Logo, utilizando a Equação 2.3, o ponto de pedido para mangote de lona é 504 pares.

Visto que a Tecnoseg não utiliza das métricas estoque de segurança e ponto de pedido, os valores desses dois indicadores presentes nas Figuras 35, 36, 37, 38, 39 e 40 foram obtidos a partir dos cálculos previamente realizados neste trabalho.

A Figura 35 apresenta a simulação da variação do estoque de luvas de raspa durante o período analisado, considerando os dados reais da programação de produção, os recebimentos de produtos terceirizados e as entregas realizadas aos clientes. Essa representação permite avaliar o comportamento do estoque ao longo do tempo, destacando os momentos de reposição e consumo, além de possíveis tendências de variação.



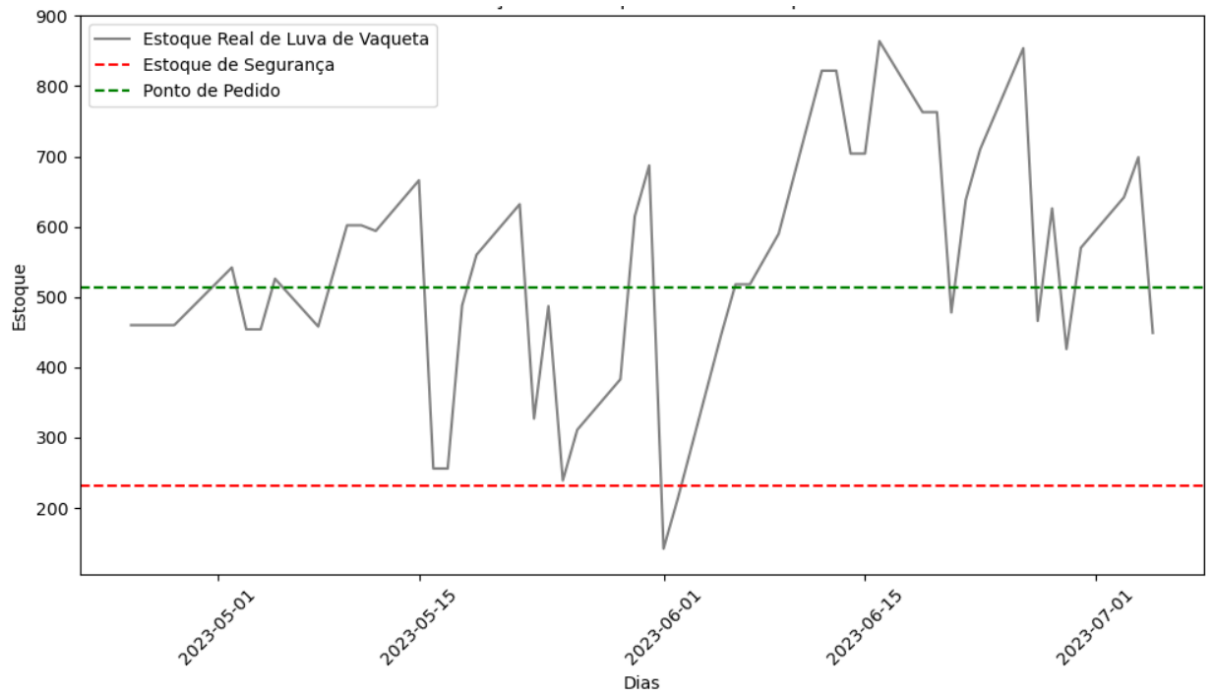
Figura 35: Estoque de produto acabado de luva de raspa



Fonte: Autoria própria

A Figura 36 apresenta a simulação da variação do estoque de luva de vaqueta no período analisado, utilizando os dados reais de programação de produção, recebimentos dos produtos terceirizados e entregas para os clientes.

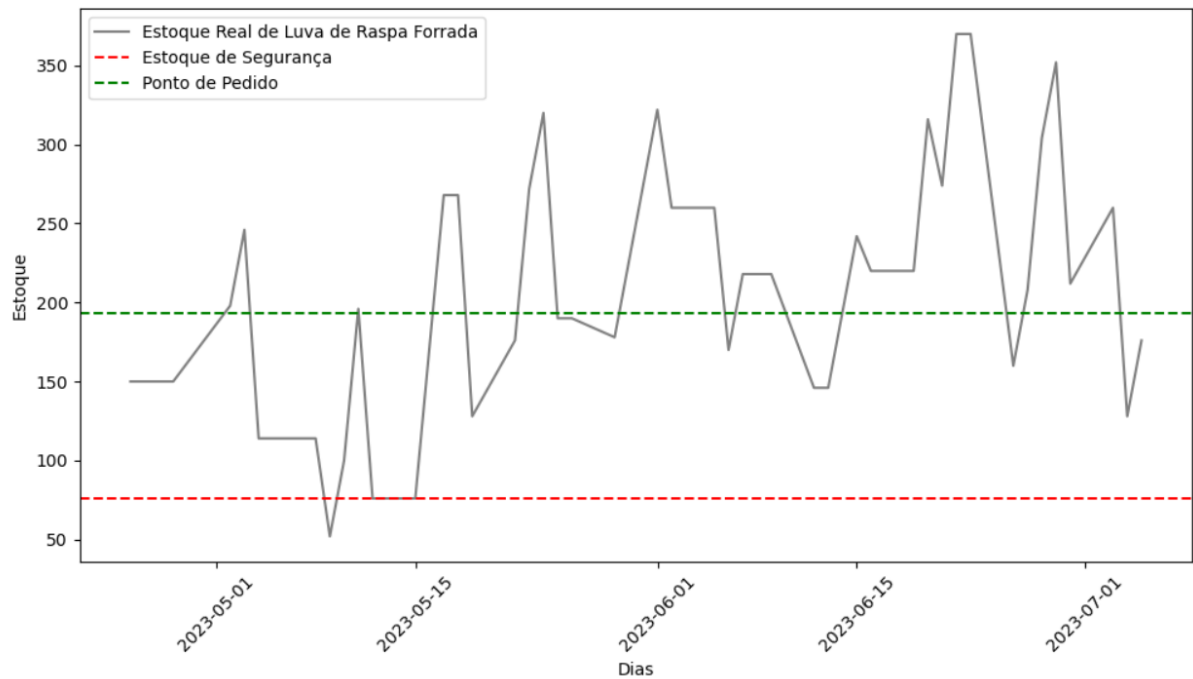
Figura 36: Estoque de produto acabado de luva de vaqueta



Fonte: Autoria própria

A Figura 37 apresenta a simulação da variação do estoque de luva de raspa forrada no período analisado, utilizando os dados reais de programação de produção e entregas para os clientes.

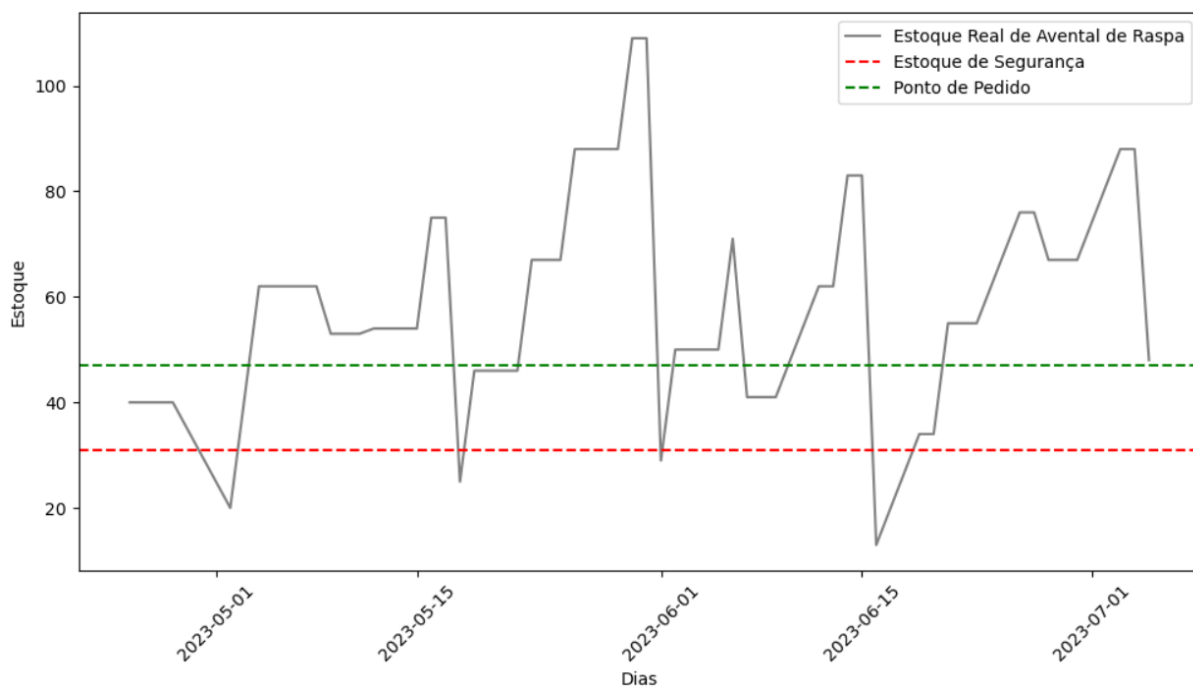
Figura 37: Estoque de produto acabado de luva de raspa forrada



Fonte: Autoria própria

A Figura 38 apresenta a simulação da variação do estoque de avental de raspa no período analisado, utilizando os dados reais de programação de produção e entregas para os clientes.

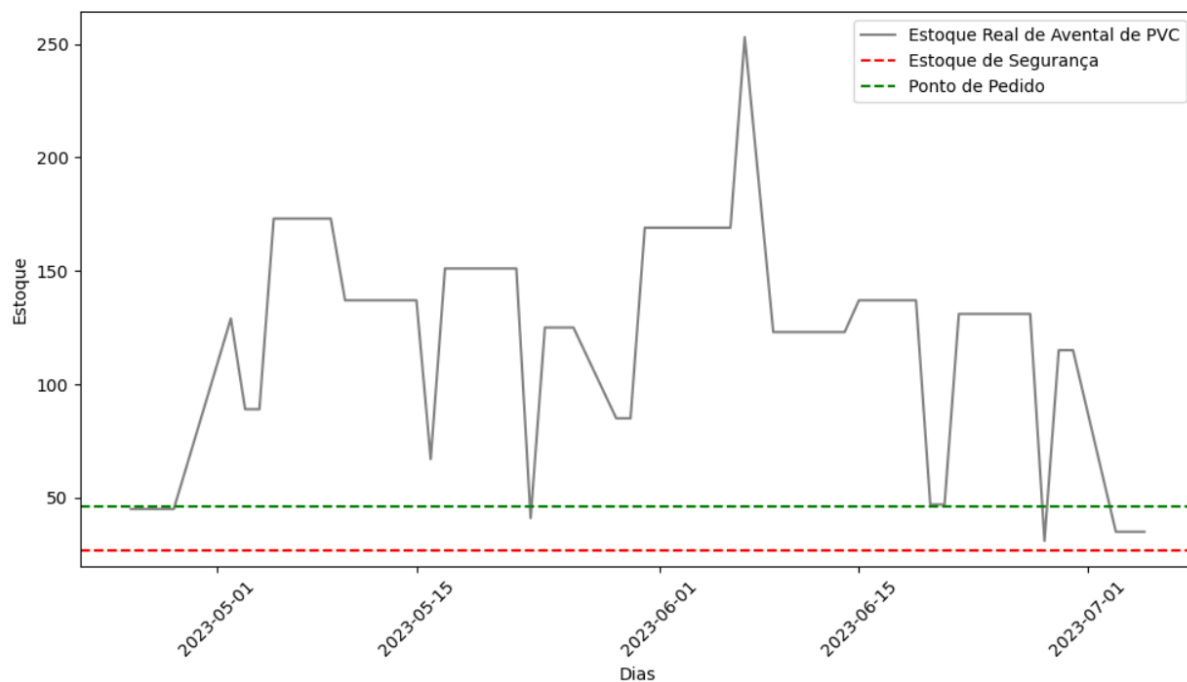
Figura 38: Estoque de produto acabado de avental de raspa



Fonte: Autoria própria

A Figura 39 apresenta a simulação da variação do estoque de avental de PVC no período analisado, utilizando os dados reais de programação de produção e entregas para os clientes.

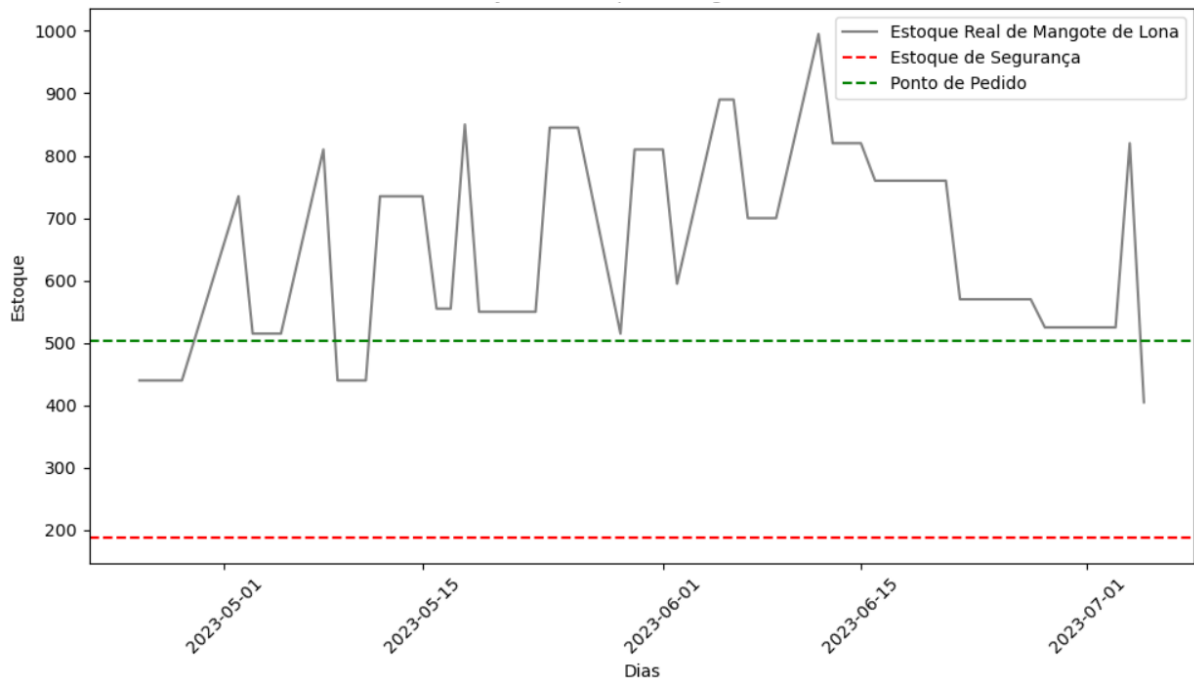
Figura 39: Estoque de produto acabado de avental de PVC



Fonte: Autoria própria

A Figura 40 apresenta a simulação da variação do estoque de mangote de lona no período analisado, utilizando os dados reais de recebimentos dos produtos terceirizados e entregas para os clientes.

Figura 40: Estoque de produto acabado de mangote de lona



Fonte: Autoria própria

### 3.1.7 Análise dos resultados

Após a validação do modelo computacional, foram realizadas análises detalhadas sobre os resultados gerados, com foco no nível de ociosidade dos colaboradores e nas oscilações dos estoques de produtos acabados. Esses fatores apresentam oportunidades significativas para melhorar a eficiência e a capacidade produtiva da companhia, que é o principal objetivo desta simulação.

#### 3.1.7.1 Nível de Ociosidade dos colaboradores

O principal objetivo do modelo é identificar formas de aumentar a capacidade produtiva da fábrica, possibilitando a internalização de produtos atualmente terceirizados ou a inclusão de novos itens na linha de produção. Para isso, a análise inicial concentrou-se na ociosidade dos colaboradores, avaliando sua produtividade e o potencial de otimização das atividades.

Os dados revelam que o Cortador 1, responsável pela produção de luvas, apresentou uma ociosidade média de 20,8 minutos por dia durante o período analisado, como mostra

a Figura (29), enquanto o Cortador 2, também dedicado à produção de luvas, teve uma ociosidade média de 19,2 minutos por dia, como mostra a (30). Esses tempos ociosos representam menos de 4,5% da carga total de trabalho diário. Esses índices indicam que os cortadores já operam próximos de seus limites produtivos, com pouca margem para ganhos significativos de produtividade.

Entre as costureiras, a Costureira 1, que também trabalha na produção de luvas, apresentou uma ociosidade média de 28,8 minutos por dia, como mostra a Figura (31), enquanto a Costureira 2 registrou 37,4 minutos de ociosidade diária, como mostra a Figura (32). Embora os índices de ociosidade das costureiras sejam superiores aos dos cortadores, o tempo ocioso ainda representa menos de 8% da carga total de trabalho, pouca margem para ganhos significativos de produtividade também.

O Responsável pelo Acabamento, que atua nas etapas finais da produção e na embalagem das luvas, teve uma ociosidade média de 29,6 minutos por dia, como mostra a Figura (33), o que equivale a 6,2% da carga total de trabalho diário. Assim como no caso dos cortadores e costureiras, esse índice não apresenta um potencial significativo para aumento da produtividade, especialmente considerando as possíveis oscilações no tempo de execução das atividades.

Através da análise das linhas de produção das luvas, foi identificado que os gargalos para o aumento da capacidade produtiva desses produtos estão nas áreas de corte e costura, que atualmente limitam a expansão da produção. Apesar de o setor de acabamento também operar próximo ao seu limite produtivo, esta área conta com apenas um operador, enquanto os setores de corte e costura possuem dois operadores cada. Ou seja, para aumentar a produção, os limitadores seriam as áreas de corte e costura, mesmo que fosse adicionado um colaborador a cada uma dessas áreas com o objetivo de expandir a capacidade produtiva, pois, dessa forma, o novo colaborador de acabamento ficaria ocioso em parte de sua rotina, com o aumento de uma única linha de produção.

O maior índice de ociosidade foi observado no Responsável pelo Avental, que realiza todas as etapas de produção de aventais. Durante o período analisado, esse colaborador apresentou uma ociosidade média de 3 horas e 56 minutos por dia, como mostra a Figura (34), representando 49,2% da carga total de trabalho diário. Pela manhã, o colaborador dedica-se exclusivamente à produção de aventais, enquanto no período da tarde realiza atividades secundárias, como organização de retalhos na área de corte. Essas atividades, embora relevantes, poderiam ser redistribuídas entre outros colaboradores nos seus períodos de ociosidade, liberando o Responsável pelo Avental para assumir tarefas mais

produtivas.

No cenário atual da companhia, há um desbalanceamento significativo de cargas de trabalho, ou seja, não há um equilíbrio na distribuição das atividades entre os colaboradores, com alguns apresentando pouca carga de trabalho e outros operando próximos de seus limites produtivos. Logo, essa ociosidade elevada evidencia um potencial significativo para redirecionar esse colaborador para atividades que contribuam diretamente para o aumento da capacidade produtiva da fábrica.

Embora a maior parte dos colaboradores apresente baixos índices de ociosidade, o Responsável pelo Avental representa uma oportunidade significativa para melhorias operacionais. A redistribuição de atividades secundárias e o aproveitamento mais eficiente do tempo desse colaborador podem ser estratégias eficazes para aumentar a produtividade sem a necessidade de contratações adicionais ou grandes investimentos.

### **3.1.7.2 Movimentações dos estoques de produtos acabados**

A análise das linhas de produção revelou que a empresa enfrenta grandes oscilações nos estoques de produtos acabados, principalmente devido à ausência de um controle estruturado baseado em estoques de segurança. Essa deficiência expõe a operação a riscos frequentes de ruptura de estoque, levando, em alguns momentos, os níveis de determinados produtos a quase zerarem. Essa situação se agrava quando associada ao prazo médio de entrega dos produtos, evidenciando oportunidades claras de melhoria por meio da adoção de estratégias de movimentação mais eficientes, como um modelo de produção puxada aliado ao estabelecimento de estoques de segurança.

No caso específico da luva de vaqueta, com um *lead time* de produção de 3 dias, a análise do período simulado revelou um prazo médio de entrega de 4,09 dias (19), valor significativamente superior ao *lead time*. Além disso, o estoque desse produto apresentou variações abruptas ao longo do período analisado, como mostrado na Figura 36, dificultando o controle operacional e a programação da produção. Essa instabilidade no estoque pode comprometer o atendimento aos clientes e aumentar a vulnerabilidade da operação.

O avental de raspa também apresentou oscilações acentuadas no estoque, conforme ilustrado na Figura 38. Em 16/06/2023, por exemplo, o estoque chegou a menos de 15 unidades, demonstrando um risco real de não atender a novos pedidos, o que compromete a confiabilidade da empresa e pode resultar na perda de vendas. Esses problemas evidenciam a necessidade urgente de aprimorar o controle de estoque para minimizar rupturas e melhorar a previsibilidade operacional.



Para mitigar esses desafios, foi simulado um cenário alternativo com a implementação de um modelo de produção puxada, fundamentado em sistemas de reposição de estoque. Esse modelo adota cálculos precisos de pontos de pedido e estoques de segurança, baseados em dados históricos de demanda e nos *lead time* de cada produto. No novo cenário, as movimentações de entrada e saída do estoque, como as emissões de ordens de produção e entregas aos clientes, foram planejadas para alinhar a reposição à demanda real, reduzindo prazos de entrega e estabilizando os níveis de estoque.

Na simulação, foi definido um prazo padrão de entrega de 2 dias para todos os produtos, com o objetivo de tornar o prazo de entrega um diferencial de ganho dos pedidos de clientes e mitigar os riscos de ruptura, o que representa uma redução de mais de 40% com relação ao prazo médio de entrega atual da companhia. A emissão de ordens de produção foi configurada para as três linhas produtivas (duas de luvas e uma de aventais), seguindo as seguintes premissas:

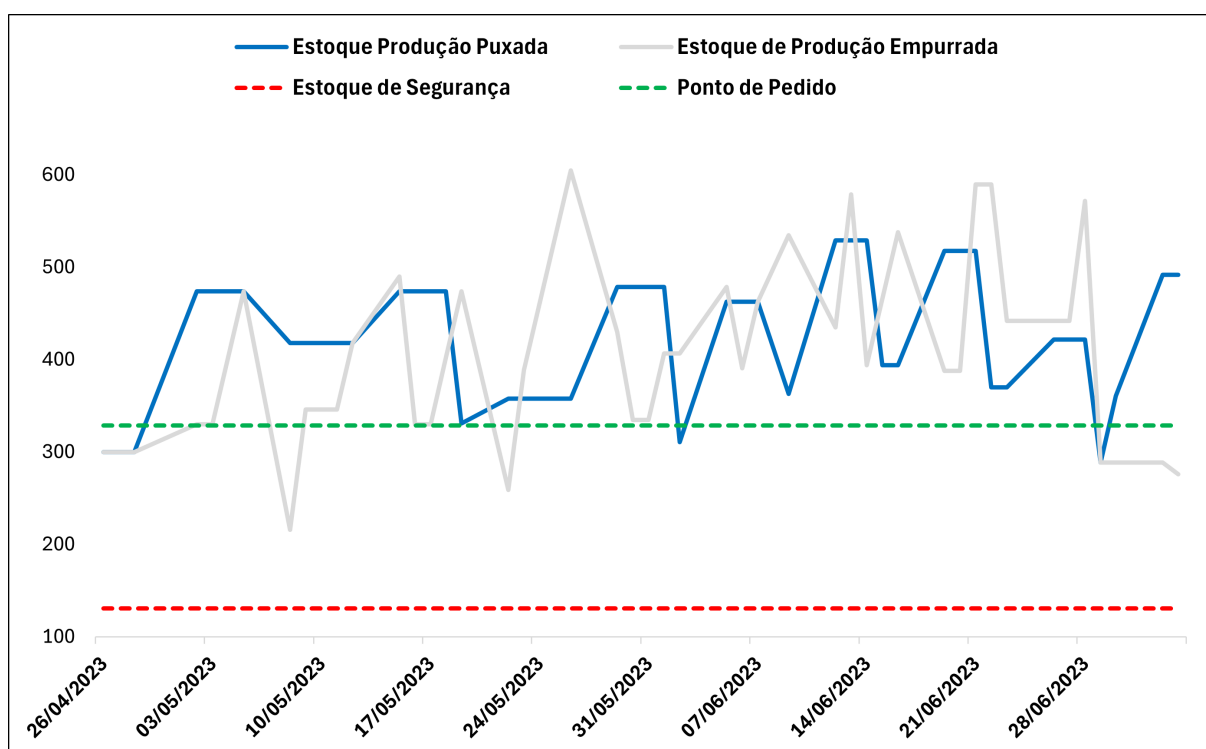
- Tamanhos dos lotes: mantiveram-se os tamanhos atuais, devido à simplicidade da operação e à baixa quantidade de *SKUs*<sup>2</sup>.
- Limitações operacionais: respeitaram-se os tempos de produção e a capacidade instalada de cada linha produtiva.

O comportamento do estoque de luvas de raspa, simulado com o modelo de produção puxada, está representado na Figura 41, permitindo uma comparação direta com os resultados obtidos pela produção empurrada utilizada atualmente. A análise demonstra como a adoção de estratégias baseadas em produção puxada pode reduzir oscilações nos estoques, melhorar os prazos de entrega e aumentar a eficiência geral do sistema produtivo.

---

<sup>2</sup>*Stock Keeping Unit* (Unidade de Manutenção de Estoque), identificador único para itens distintos em estoque.

Figura 41: Comparação dos estoques nos modelos de produção empurrada e puxada para luva de raspa

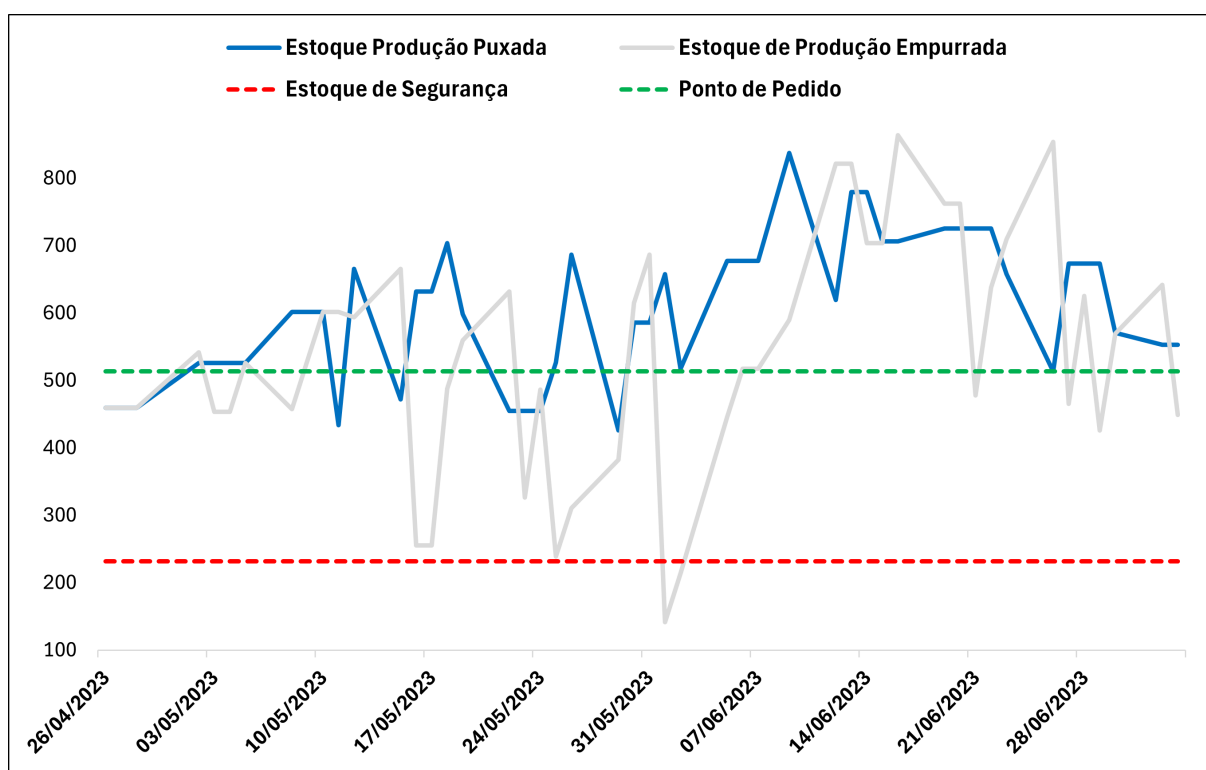


Fonte: Autoria própria

A Figura 41 evidencia que, com a simulação do modelo de produção puxada utilizando o sistema de reposição de estoque, foi possível reduzir o prazo de entrega das luvas de raspa para 2 dias. Além disso, o modelo trouxe maior estabilidade aos níveis de estoque, evitando picos superiores a 600 pares de luvas. Essa abordagem também permite trabalhar com estoques menores, já que a produção puxada proporciona uma maior consistência e alinhamento entre a reposição de estoques e a demanda real, reduzindo excessos e otimizando os recursos disponíveis.

O estoque de produto acabado de luva de vaqueta simulado por meio do modelo de produção puxada está exemplificado na Figura 42, comparado ao estoque simulado por meio da produção empurrada real.

Figura 42: Comparação dos estoques nos modelos de produção empurrada e puxada para luva de vaqueta

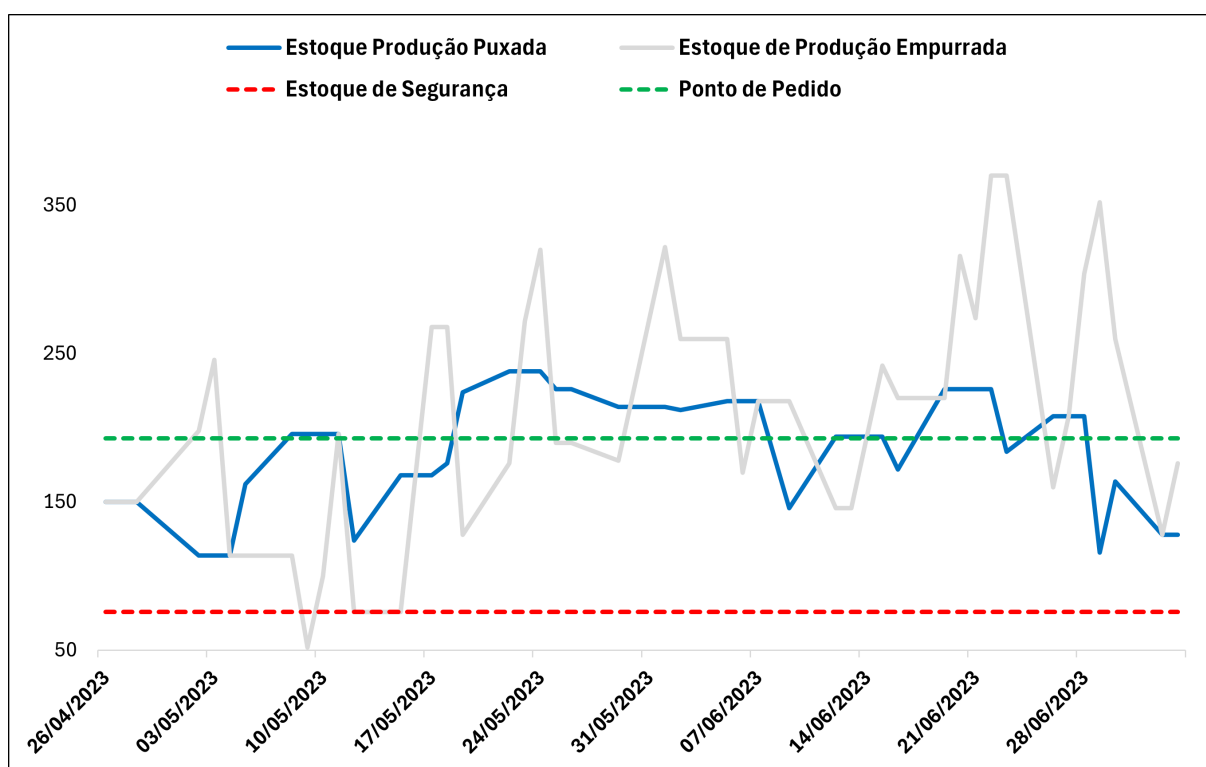


Fonte: Autoria própria

Analisando o comportamento do estoque de luvas de vaqueta, representado na Figura 42, é possível concluir que, com a simulação do modelo de produção puxada por meio do sistema de reposição de estoque, seria possível reduzir o prazo de entrega de luva de vaqueta para 2 dias. Além de trazer maior estabilidade ao estoque e evitar que o estoque apresentasse perdas significativas e ultrapassasse o estoque de segurança estabelecido, possibilitando trabalhar com estoques menores.

O estoque de produto acabado de luvas de raspa forrada simulado por meio do modelo de produção puxada está exemplificado na Figura 43, comparado ao estoque simulado por meio da produção empurrada real.

Figura 43: Comparação dos estoques nos modelos de produção empurrada e puxada para luva de raspa forrada

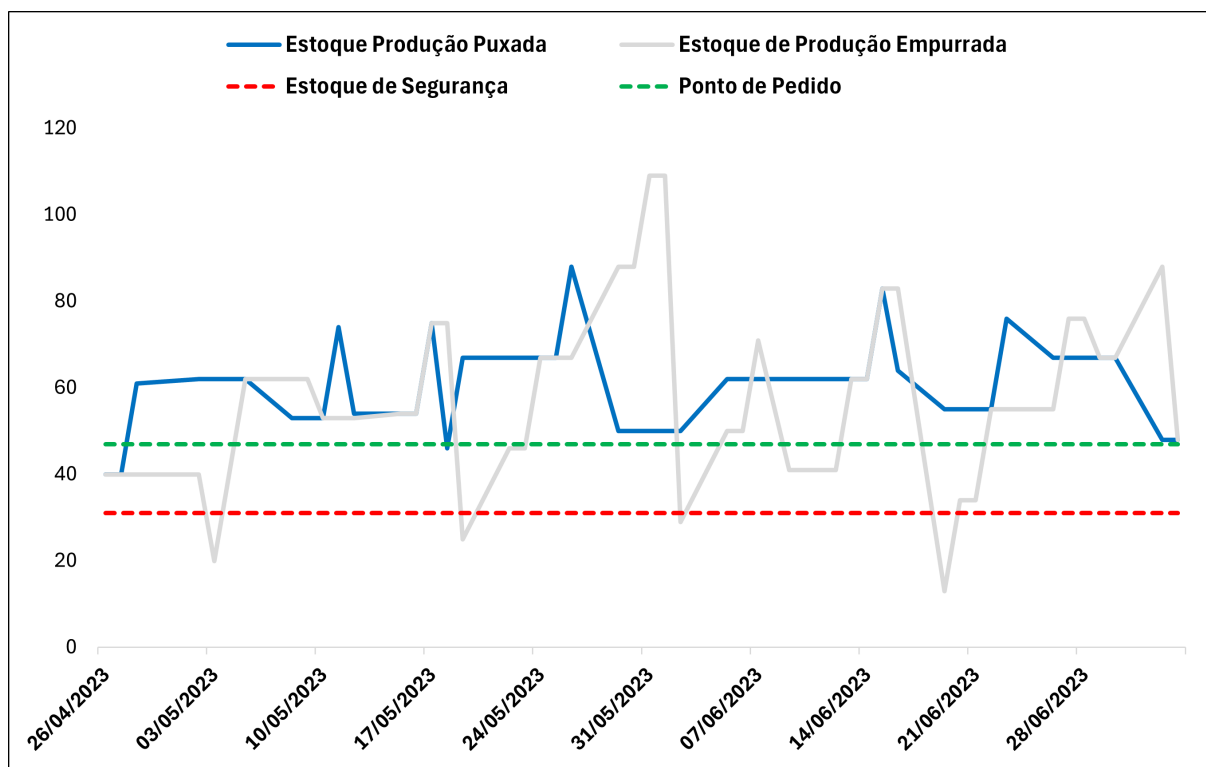


Fonte: Autoria própria

Analisando o comportamento do estoque de luva de raspa forrada, representado na Figura 43, é possível concluir que, com a simulação do modelo de produção puxada por meio do sistema de reposição de estoque, foi possível reduzir o prazo de entrega de luva de raspa forrada para 2 dias, além de trazer maior estabilidade ao estoque. Essa estabilidade evitou grandes oscilações, tanto em aumentos excessivos de estoque, atingindo mais de 350 pares, quanto em quedas que ultrapassassem o estoque de segurança.

O estoque de produto acabado de avental de raspa simulado por meio do modelo de produção puxada está exemplificado na Figura 44, comparado ao estoque simulado por meio da produção empurrada real.

Figura 44: Comparação dos estoques nos modelos de produção empurrada e puxada para avental de raspa

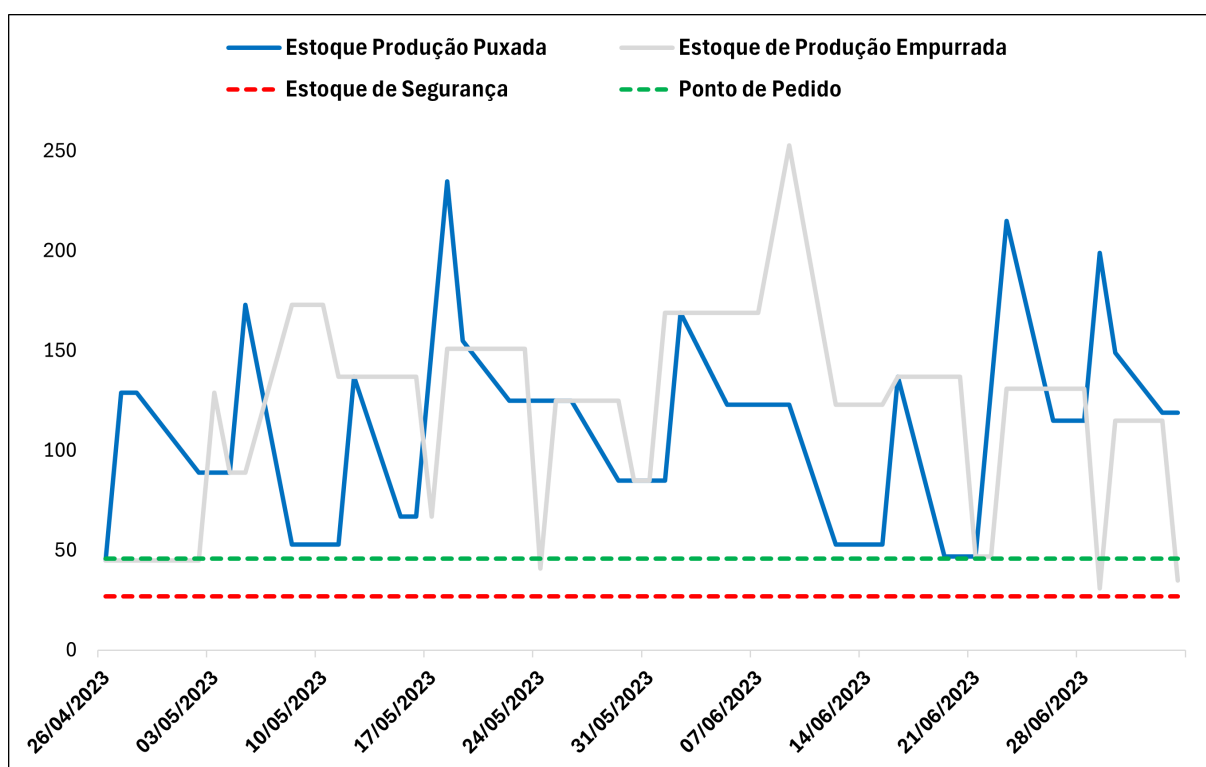


Fonte: Autoria própria

Analisando o comportamento do estoque de avental de raspa, representado na Figura 44, é possível concluir que, com a simulação do modelo de produção puxada por meio do sistema de reposição de estoque, foi possível reduzir o prazo de entrega de avental de raspa para 2 dias, além de trazer maior estabilidade ao estoque. Essa abordagem evitou oscilações significativas, como aumentos acima de 100 pares e quedas que ultrapassassem o estoque de segurança, como observado no dia 19/06/2023, quando o estoque atingiu apenas 13 pares.

O estoque de produto acabado de avental de PVC simulado por meio do modelo de produção puxada está exemplificado na Figura 45, comparado ao estoque simulado por meio da produção empurrada real.

Figura 45: Comparação dos estoques nos modelos de produção empurrada e puxada para avental de PVC

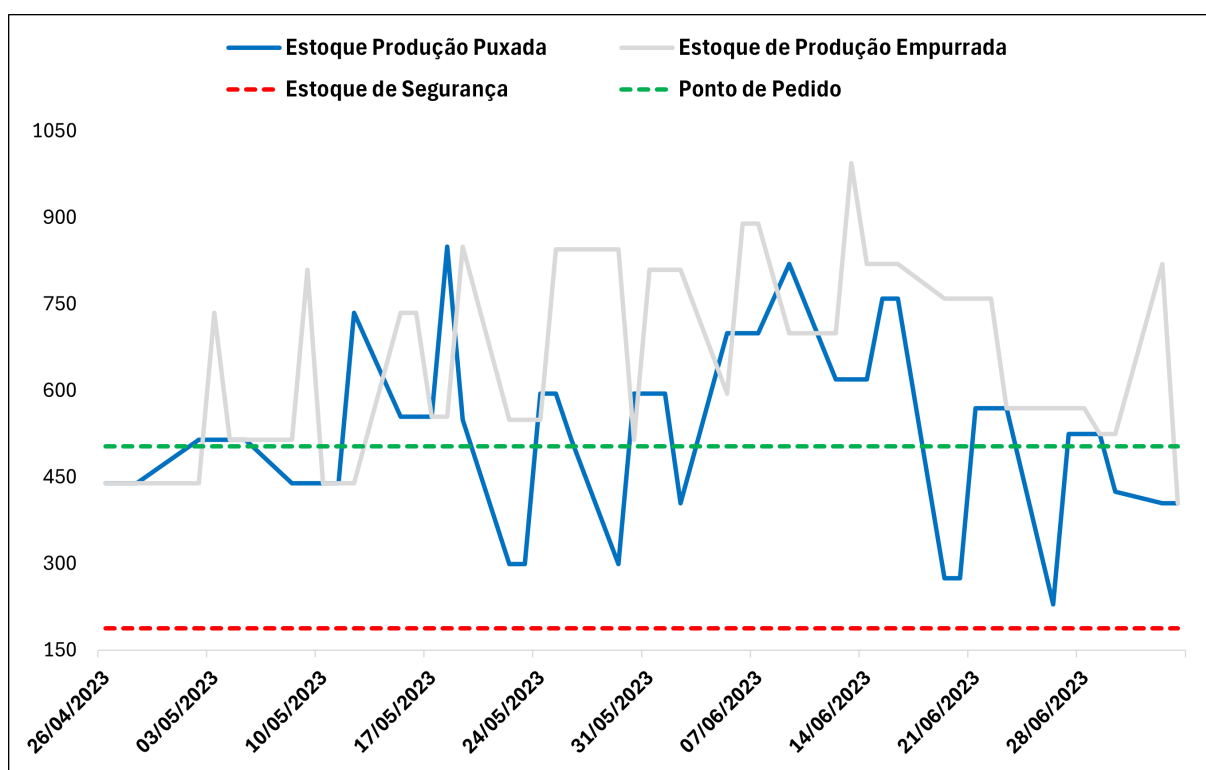


Fonte: Autoria própria

Analisando o comportamento do estoque de avental de PVC, representado na Figura 45, é possível concluir que com a simulação do modelo de produção puxada por meio do sistema de reposição de estoque, foi possível reduzir o prazo de entrega de avental de PVC para 2 dias, e, mesmo que não tenham obtida uma diferença tão relevante nas oscilações, comparado ao modelo de produção empurrado, manteve-se um equilíbrio do estoque, sem atingir o estoque de segurança.

O estoque de produto acabado de mangote de lona simulado por meio do modelo de produção puxada está exemplificado na Figura 46, comparado ao estoque simulado por meio da produção empurrada real.

Figura 46: Comparação dos estoques nos modelos de produção empurrada e puxada para mangote de lona



Fonte: Autoria própria

No caso do mangote de lona, como não há produção interna, a comparação entre os modelos de produção não se aplica. Contudo, ao alterar o prazo de entrega para 2 dias, o estoque de mangote de lona foi capaz de suportar os pedidos realizados sem zerar o estoque ou atingir o estoque de segurança, além de reduzir o tamanho dos estoques desse item na Tecnoseg.

Logo, com a utilização do sistema de produção puxada, foi possível observar uma redução nas oscilações dos estoques, maior estabilidade sem riscos de ruptura e a redução do prazo de entrega para 2 dias, além da possibilidade de trabalhar com estoques menores. Isso proporciona à companhia uma rotação de estoques mais alinhada com as demandas dos clientes, tornando esse modelo um diferencial competitivo no mercado.

## 3.2 Cenários de simulação

Após a validação do modelo considerando o cenário atual e a análise dos resultados operacionais comparando o modelo de produção vigente com o modelo de simulação de produção puxada, foram identificadas oportunidades significativas de aumento da capacidade produtiva. O próximo passo consiste em desenvolver diferentes cenários para compreender as possibilidades de ampliação da produção e determinar as necessidades de investimento em cada caso.

Atualmente, a Tecnoseg tem a possibilidade de internalizar a produção de dois produtos que já fazem parte de sua linha, mas que são parcialmente terceirizados: luvas de raspa (5.700 pares) e luvas de vaqueta (8.800 pares). Além disso, há a oportunidade de incluir na linha de produção um novo item, o mangote de lona (16.200 unidades), que atualmente é totalmente terceirizado. Um ponto importante a ser destacado é que esses produtos já possuem uma demanda consolidada, pois são vendidos pela empresa, embora não sejam fabricados internamente.

Para avaliar as diferentes possibilidades, serão estudados três cenários principais:

- A) Internalização da produção dos produtos já existentes na linha da empresa (luvas de raspa e luvas de vaqueta).
- B) Implementação de uma nova linha de produção para o mangote de lona.
- C) Combinação dos dois cenários anteriores, com a internalização tanto dos produtos já presentes quanto do novo item.

Conforme analisado anteriormente, o modelo de produção puxada apresentou ganhos significativos de eficiência para a companhia, como a redução do prazo de entrega, a mitigação do risco de ruptura de estoque, maior capacidade de resposta às demandas dos clientes e a possibilidade de trabalhar com estoques menores e mais controlados.

Portanto, o cenário que for financeiramente viável será implementado no modelo de produção puxada, já que esse modelo demonstrou ser o mais eficiente em termos de organização das linhas produtivas, segurança no gerenciamento de estoques e redução do prazo de entrega, contribuindo diretamente para a melhoria operacional e competitiva da Tecnoseg.



## 4 AVALIAÇÃO FINANCEIRA E SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS

### 4.1 Avaliação Financeira dos cenários

Nesta seção, serão analisadas todas as possibilidades de cenários apresentados anteriormente (Cenários A, B e C) para avaliar financeiramente a viabilidade de sua implementação. Considerando que a questão financeira é o principal critério da companhia para a tomada de decisão, a análise buscará identificar se os investimentos necessários para cada cenário são justificáveis em termos de redução de custos, aumento de produtividade e retorno potencial. Dessa forma, será possível orientar a empresa na escolha do caminho mais adequado para melhorar sua competitividade e eficiência operacional.

#### 4.1.1 Cenário Atual

O cenário atual reflete o estado operacional da fábrica, cujos resultados foram analisados no capítulo anterior. Para identificar os produtos que poderiam ser internalizados, foram levantados os custos atuais pagos aos fornecedores para a produção de luvas de raspa, luvas de vaqueta e mangotes de lona. Esses custos já incluem todos os itens necessários para a fabricação dos produtos, como matéria-prima, salários dos colaboradores, transporte (incluindo frete) e outros custos associados.

Os custos desses produtos dos respectivos fornecedores atualmente são:

- Luva de raspa tem um custo de R\$ 8,50 por par, totalizando um custo anual de **R\$ 48.450,00**, considerando a compra de 5.700 pares.
- Luva de vaqueta tem um custo de R\$ 10,60 por par, totalizando um custo anual de **R\$ 93.280,00**, considerando a compra de 8.800 pares.
- Mangote de lona tem um custo de R\$ 8,20 por par, totalizando um custo anual de **R\$ 132.840,00**, considerando a compra de 16.200 pares.

Esses valores servem como base para avaliar financeiramente os cenários de internalização, permitindo uma comparação direta entre os custos atuais e os potenciais custos de produção interna.

#### 4.1.2 Cenário A

No cenário A, seria realizada a internalização de 5.700 pares de luvas de raspa e 8.800 pares de luvas de vaqueta. Considerando que os colaboradores das linhas de produção atuais de luvas, cortadores, costureiras e o responsável pelo acabamento, já operam próximos de sua capacidade máxima de produtividade, não seria possível absorver esse novo volume de produção sem alterações estruturais. Assim, seria necessário criar uma nova linha de produção dedicada a esses produtos.

Para viabilizar essa nova linha, seria necessário contratar um cortador e uma costureira, enquanto a etapa de acabamento e embalagem poderia ser assumida pelo responsável pelo avental, considerando a análise feita anteriormente, onde foi identificado seu alto nível de ociosidade. Esse colaborador atualmente divide sua jornada entre a produção de aventais na parte da manhã e a realização de atividades secundárias, como o descarte de matérias-primas e retalhos pós-corte, no período da tarde. Essas atividades secundárias poderiam ser redistribuídas entre outros colaboradores durante seus períodos de ociosidade, liberando o responsável pelo avental para atuar no acabamento e embalagem de luvas durante meio período.

Com essa configuração, seria possível operar uma linha adicional de produção de luvas, seguindo os mesmos processos e operações das linhas já existentes. A principal diferença seria que o responsável pelo avental passaria a desempenhar a função de acabamento e embalagem de luvas em apenas uma linha, dedicando-se a essa atividade durante metade de sua jornada de trabalho.

É importante destacar que nenhuma linha de produção seria especializada em um único produto, pois as demandas variam entre os diferentes tipos de luvas. Essa flexibilidade produtiva das linhas permite maior equilíbrio no controle dos estoques e facilita o fracionamento da produção, considerando que o portfólio conta com poucos *SKUs*. Além disso, em situações de ausência de colaboradores ou paralisação de uma das linhas, as demais poderiam redistribuir a produção para garantir o atendimento às demandas.

Os custos e investimentos necessários para a estruturação desse cenário incluem:

##### 1. Custos Diretos:

- **Mão de obra direta:** contratação de 1 cortador e 1 costureira (ambos sob regime CLT):

Despesa anual com a contratação do Cortador:

- Salário base anual: R\$ 24.000,00
- Encargos trabalhistas: R\$ 8.592,00
- Benefícios anuais: R\$ 7.920,00
- Provisões anuais: R\$ 5.040,00

Totalizando um valor de **R\$ 45.552,00**.

Despesa anual com a contratação da Costureira:

- Salário base anual: R\$ 26.400,00
- Encargos trabalhistas: R\$ 9.187,20
- Benefícios anuais: R\$ 7.920,00
- Provisões anuais: R\$ 5.544,00

Totalizando um valor de **R\$ 49.051,20**.

- **Materiais e insumos:** dado que tanto para a raspa quanto para vaqueta para produção de 1 lote (72 pares de luvas) são necessários 12 peças; seria necessário a compra de mais, aproximadamente, 950 peças de raspa e 1.470 peças de vaqueta a mais por ano para produção dessa nova quantidade de pares de luvas de raspa e vaqueta.

Despesa com a compra de 950 peças de raspa:

- Cada peça possui um custo por  $m^2$  de R\$ 40,00, com frete de entrega incluso, logo, 950 peças de raspa custariam **R\$ 38.000,00**

Despesa com a compra de 950 peças de vaqueta:

- Cada peça possui um custo por  $m^2$  de R\$ 60,00, com frete de entrega incluso, logo, 1.470 peças de raspa custariam **R\$ 88.200,00**

- **Equipamentos:** a companhia possui, atualmente 3 balancins e 4 máquinas de costura. Logo, não necessitaria realizar a compra de novos equipamentos.

## 2. Custos Indiretos:

- **Manutenção de equipamentos e infraestrutura:** seria necessário realizar a manutenção e serviços técnicos de mais 2 equipamentos nesse cenário, o balancim e a máquina de costura que passarão a ser utilizados pelos novos colaboradores.

Despesa com a manutenção do balancim:

- Manutenção preventiva: limpeza, lubrificação e ajustes periódicos, custo de R\$ 1.200,00 no ano
- Peças de reposição: componentes como agulhas, correias, bobinas, e outras peças de desgaste, custo de R\$ 1.500,00 no ano
- Serviços Técnicos: Eventuais chamados de técnicos para resolver problemas ou falhas inesperadas, custo estimado em R\$ 1.800,00 no ano

Totalizando um valor de **R\$ 4.500,00**.

Despesa com a manutenção da máquina de costura:

- Manutenção preventiva: limpeza, lubrificação e ajustes periódicos, custo de R\$ 700,00 no ano
- Peças de reposição: componentes como agulhas, correias, bobinas, e outras peças de desgaste, custo de R\$ 500,00 no ano
- Serviços Técnicos: Eventuais chamados de técnicos para resolver problemas ou falhas inesperadas, custo estimado em R\$ 400,00 no ano

Totalizando um valor de **R\$ 1.600,00**.

### 3. Riscos Financeiros:

- **Falhas na Qualidade:** esse custo está embutido, pois a empresa realiza a produção de um lote maior que o necessário, considerando possíveis falhas ou perdas de produto ao longo do processo produtivo. A empresa trabalha com uma margem de 2,86% de falha, produzindo 2 pares a mais por lote de luva de raspa e vaqueta, precavendo-se de possíveis perdas ao longo do processo.

Logo, o valor do CTP para internalização dessa linha de produção seria de **R\$ 226.903,20** por ano.

Dado que, atualmente, o custo que a companhia tem com a produção terceirizada desses produtos é de **R\$ 141.730,00** por ano, é inviável, financeiramente, a internalização desses produtos na produção da companhia, considerando uma diferença de **R\$ 85.173,20** favorável à terceirização.

Embora a internalização da produção atualmente terceirizada não seja financeiramente viável no momento, é importante ressaltar que a companhia destacou a relevância de manter a produção interna existente de luvas de raspa e vaqueta na Tecnoseg. Essa estratégia é fundamental para garantir maior agilidade na resposta às demandas do mercado e reduzir a dependência dos fornecedores terceirizados, considerando que esses produtos

são os carros-chefes da empresa e possuem um papel estratégico em sua operação e competitividade.

### 4.1.3 Cenário B

No cenário B, seria realizada a internalização de 16.200 pares de mangotes de lona. Como este é um novo produto a ser introduzido na linha de produção da fábrica e a capacidade atual não comporta atender a essa demanda, seria necessário criar uma nova linha de produção dedicada à fabricação desse item.

Para estruturar essa nova linha, seria necessário contratar uma costureira responsável pela costura diária do lote de mangotes de lona. As atividades de corte e acabamento do mangote, que demandam apenas metade da jornada de trabalho, seriam assumidas pelo colaborador atualmente responsável pelos aventais. Esse colaborador continuaria dedicado à produção de aventais durante metade do dia e, na outra metade, realizaria o corte e o acabamento dos mangotes de lona.

Vale destacar que, conforme citado no cenário A, as atividades secundárias anteriormente realizadas pelo responsável pelos aventais, como descarte de retalhos e organização de materiais, poderiam ser redistribuídas entre outros colaboradores da empresa. Essas tarefas não possuem alto nível de demanda e só eram realizadas por ele devido à ociosidade identificada em sua rotina.

Com essa configuração, a nova linha de produção de mangotes de lona seria capaz de operar diariamente, fabricando um lote a cada 2 dias, uma redução de mais de 40% no prazo médio de entrega o qual a companhia trabalha atualmente.

Os custos e investimentos necessários para a estruturação desse cenário incluem:

#### 1. Custos Diretos:

- **Mão de obra direta:** contratação de 1 costureira (sob regime CLT):

Despesa anual com a contratação da Costureira:

- Salário base anual: R\$ 26.400,00
- Encargos trabalhistas: R\$ 9.187,20
- Benefícios anuais: R\$ 7.920,00
- Provisões anuais: R\$ 5.544,00

Totalizando um valor de **R\$ 49.051,20**.

- **Materiais e insumos:** dado que para a produção de de 1 lote (147 pares de mangote de lona) são necessários 49 peças do lona; seria necessário a compra de 5.400 peças de lona por ano para produção dessa quantidade de pares de mangote de lona. O preço do  $m^2$  da lona é de R\$ 8,10.

Despesa com a compra de 5.400 peças de lona:

- Cada peça possui um custo por metro quadrado de R\$ 8,10, com frete de entrega incluso, logo, 5.400 peças de lona custariam **R\$ 43.740,00**

- **Equipamentos:** a companhia possui, atualmente, 4 máquinas de costura. Logo, não necessitaria realizar a compra de novos equipamentos.

## 2. Custos Indiretos:

- **Manutenção de equipamentos e infraestrutura:** seria necessário realizar a manutenção e serviços técnicos de 1 máquina de costura para esse cenário.

Despesa com a manutenção da máquina de costura:

- Manutenção preventiva: limpeza, lubrificação e ajustes periódicos, custo de R\$ 700,00 no ano
- Peças de reposição: componentes como agulhas, correias, bobinas, e outras peças de desgaste, custo de R\$ 500,00 no ano
- Serviços Técnicos: Eventuais chamados de técnicos para resolver problemas ou falhas inesperadas, custo estimado em R\$ 400,00 no ano

Totalizando um valor de **R\$ 1.600,00**.

## 3. Riscos Financeiros:

- **Falhas na Qualidade:** esse custo está embutido, pois a empresa realiza a produção de um lote maior que o necessário, considerando possíveis falhas ou perdas de produto ao longo do processo produtivo. A empresa trabalharia com uma margem de, aproximadamente, 5,0% de falha, a princípio, produzindo 7 pares a mais por lote de mangote e se precavendo de possíveis perdas ao longo do processo. A margem estabelecida foi maior que a das luvas pelo fato de ser um produto novo na produção e possuir mais risco de adaptação do processo.

Logo, o valor do CTP para internalização desse novo produto seria de **R\$ 94.391,20**.

Dado que, atualmente, o custo que a companhia tem com a produção terceirizada desses produtos é de **R\$ 132.840,00** por ano, seria extremamente viável, na questão

financeira, realizar a produção internamente, dado que a companhia economizaria **R\$ 38.448,80**. A margem operacional do mangote de lona, que antes era de R\$ 61,6 mil (32%), passaria a ser de R\$ 100,0 mil, com percentual de 51%.

#### **4.1.4 Cenário C**

A análise dos cenários anteriores evidenciou que o Cenário A não apresenta viabilidade financeira, o que torna o Cenário C, que propõe a internalização completa da produção de luvas de vaqueta e de raspa, igualmente inviável. No Cenário C, a internalização acarretaria perdas financeiras significativas, resultando em redução de margem de lucro. Além disso, não existem justificativas operacionais ou estratégicas que possam compensar esse impacto negativo. Atualmente, a empresa já produz internamente parte dessas luvas, o que é suficiente para garantir a agilidade necessária na resposta ao mercado e mitigar os riscos associados à dependência de fornecedores.

Adicionalmente, a internalização simultânea dos três produtos (luvas de raspa, luvas de vaqueta e mangotes de lona) exigiria a contratação de um colaborador adicional, além dos já previstos individualmente em cada cenário. Isso ocorre porque o colaborador atualmente responsável pelos aventais, mesmo com a realocação de sua ociosidade, só poderia assumir uma das funções planejadas: ou o acabamento e embalagem da nova linha de luvas ou o corte e acabamento dos mangotes de lona.

Assim, seria indispensável a contratação de outro colaborador para executar a atividade restante, o que aumentaria significativamente os custos fixos, incluindo salários, encargos trabalhistas, benefícios e outras despesas associadas à contratação. Esse acréscimo de custo tornaria o projeto de internalizar os três produtos ainda menos atrativo financeiramente, reforçando a inviabilidade de sua implementação e destacando a necessidade de reavaliar a estratégia de produção da empresa.

## **4.2 Simulação do cenário B**

Com base nas análises econômicas realizadas, o Cenário B foi identificado como o único viável financeiramente e capaz de trazer ganhos significativos para a Tecnoseg, economia estimada de R\$ 38.448,80. Esse cenário, que prevê a internalização da produção de 16.200 mangotes de lona, oferece oportunidades importantes para a companhia, tanto do ponto de vista operacional quanto estratégico.

Além disso, a implementação do Cenário B será acompanhada pela adoção de um

modelo de produção puxada, cuja eficácia foi comprovada no capítulo anterior. Esse modelo permitirá reduzir o prazo de entrega para 2 dias, tornando a empresa mais ágil e competitiva, além de possibilitar uma redução significativa no estoque médio de produtos acabados. Essa abordagem é mais alinhada às necessidades de gestão da companhia, garantindo maior controle e estabilidade nos estoques e permitindo uma resposta mais eficiente às demandas do mercado.

A internalização da produção do mangote de lona proporcionará ainda um melhor balanceamento da carga de trabalho entre os operadores. Com a internalização da nova linha de produção, nenhum colaborador permanecerá com um nível elevado de ociosidade, promovendo uma utilização mais eficiente dos recursos humanos. Isso não apenas melhora o fluxo operacional, mas também contribui para a eficiência geral da produção.

Assim, a execução do Cenário B, aliada ao modelo de produção puxada, representa uma solução integrada que equilibra ganhos financeiros, operacionais e estratégicos, trazendo benefícios como antecipação no prazo de entrega, estabilidade no gerenciamento de estoques e otimização da força de trabalho. Esses fatores reforçam a viabilidade e a relevância dessa estratégia para o futuro da companhia.

#### **4.2.1 Estrutura da nova linha de produção do mangote de lona**

Assim como apresentado na Figura 24 e na Figura 25, o mangote de lona tem o início do seu processo com o corte da matéria-prima, após o corte indo para costura e por fim sendo embalado e armazenado no estoque de produtos acabado, com dois colaboradores participando dessa nova linha de produção do mangote de lona, uma nova costureira e o responsável pela linha de produção dos aventais.

O *lead time* dessa linha de produção será de 2 dias, sendo que todo dia a costureira estará realizando o corte de 1 lote de mangotes de lona, equivalente a 147 pares. Enquanto o responsável pelo avental, realizará o corte e o processo de embalagem dos mangotes de lona em metade de seu expediente.

Como não há dados sobre o processo de produção do mangote de lona, foi estimado o tempo para cada etapa do processo de produção de 1 lote do produto, alinhado junto ao diretor de operação, conforme apresentado na Tabela 29 e na Tabela 30.



Tabela 29: Tempos estimados do processo de fabricação de 1 lote de mangote de lona na área de corte e acabamento (hh:mm)

Atividade	Tempo mínimo	Tempo máximo	Tempo Médio
Deslocamento da área do pedido à área de ferramentas de corte	01:00	01:30	02:00
Retirada da caixa de ferramentas de corte	03:00	04:00	05:00
Transporte da caixa de ferramentas para local do corte	00:45	01:00	01:15
Deslocamento até estoque de matéria-prima de lona	00:45	01:00	01:15
Retirada de metade das peças matéria-prima lona para corte	04:00	05:00	06:00
Transporte da matéria-prima lona até o local de corte	00:45	01:00	01:15
Deslocamento até estoque de matéria-prima de lona	00:45	01:00	01:15
Retirada de metade das peças matéria-prima lona para corte	04:00	05:00	06:00
Transporte da matéria-prima lona até o local de corte	00:45	01:00	01:15
Descanso antes de iniciar os processos de corte	08:00	09:00	10:00
Corte de 7 peças de matéria-prima lona	8:00	09:00	10:00
Corte de 7 peças de matéria-prima lona	8:00	09:00	10:00
Corte de 7 peças de matéria-prima lona	8:00	09:00	10:00
Corte de 7 peças de matéria-prima lona	8:00	09:00	10:00
Corte de 7 peças de matéria-prima lona	8:00	09:00	10:00
Corte de 7 peças de matéria-prima lona	8:00	09:00	10:00
Corte de 7 peças de matéria-prima lona	8:00	09:00	10:00
Descanso antes de iniciar o processo de separação dos kits	05:00	06:00	07:00
Processo de separação do kit	10:00	12:30	15:00
Processo de separação do kit	10:00	12:30	15:00
Guardar caixa de ferramentas de corte no estoque	03:00	04:00	05:00
Transporte do kit para área de costura	05:00	06:00	07:00
Voltar para área de corte	04:00	05:00	06:00
Transporte do kit para área de costura	05:00	06:00	07:00
Descanso antes de iniciar os processos de separação e embalagem	08:00	09:00	10:00
Processo de separação e embalagem dos pares de mangote de lona	10:00	12:30	15:00
Processo de separação e embalagem dos pares de mangote de lona	10:00	12:30	15:00
Processo de separação e embalagem dos pares de mangote de lona	10:00	12:30	15:00
Transporte dos pares de mangote de lona embalados para área de produtos acabados	08:00	09:00	10:00
<b>Tempo Total (processo de corte e acabamento)</b>	<b>02:47:45</b>	<b>03:20:00</b>	<b>03:52:15</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

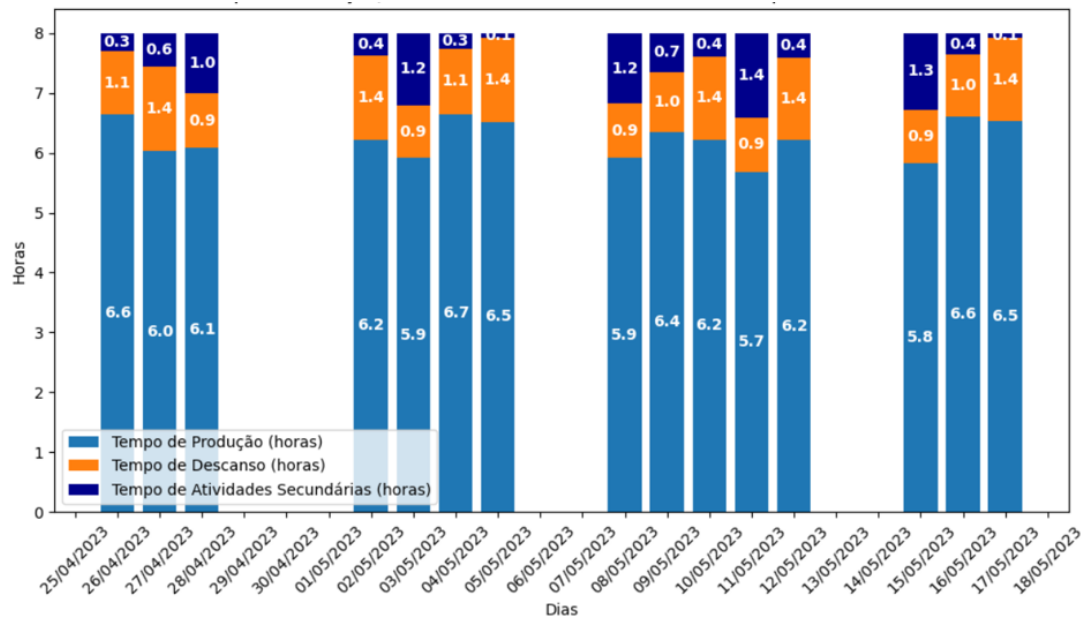
Tabela 30: Tempos estimados do processo de fabricação de 1 lote de mangote de lona na área de costura (hh:mm)

Atividade	Tempo mínimo	Tempo máximo	Tempo Médio
Deslocamento até área de costura	03:00	04:00	05:00
Separação dos materiais de costura	05:00	06:00	07:00
Setup da máquina de costura	05:00	06:00	07:00
Costura de 49 peças de mangote de lona	45:00	50:00	55:00
Descanso entre costura	08:00	10:00	12:00
Costura de 49 peças de mangote de lona	45:00	50:00	55:00
Descanso entre costura	08:00	10:00	12:00
Costura de 49 peças de mangote de lona	45:00	50:00	55:00
Pausa para almoço	01:00:00	01:05:00	01:10:00
Costura de 49 peças de mangote de lona	45:00	50:00	55:00
Descanso entre costura	08:00	10:00	12:00
Costura de 49 peças de mangote de lona	45:00	50:00	55:00
Descanso entre costura	08:00	10:00	12:00
Costura de 49 peças de mangote de lona	45:00	50:00	55:00
Descanso entre costura	08:00	10:00	12:00
Costura de 49 peças de mangote de lona do novo kit	45:00	50:00	55:00
Guardar materiais de costura	03:00	04:00	05:00
<b>Tempo Total (processo de costura)</b>	<b>06:11:00</b>	<b>07:00:00</b>	<b>07:49:00</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

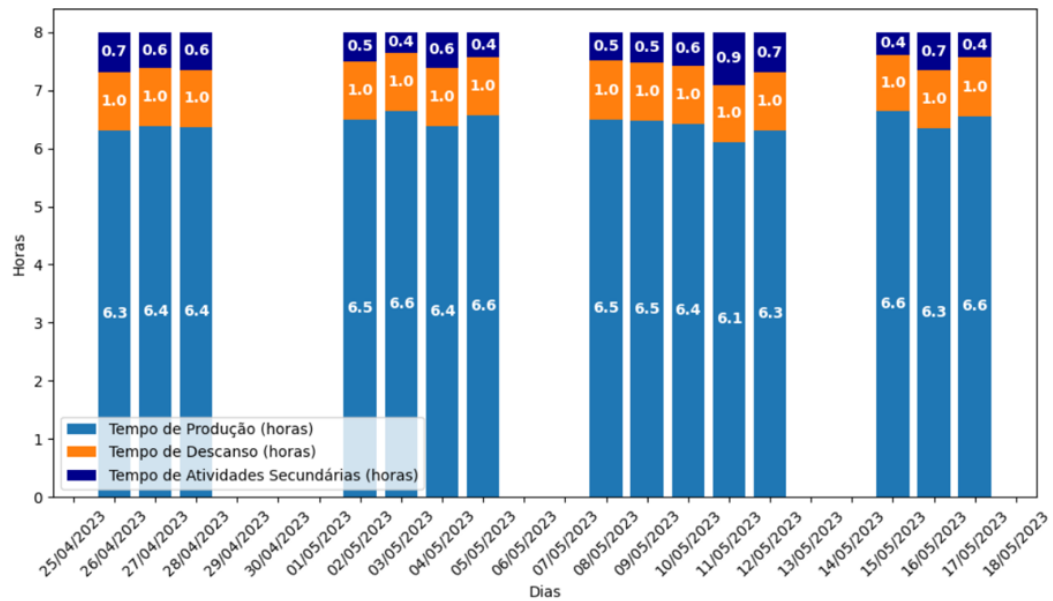
Com essa nova linha de produção operando, os tempos de produção, descanso e realização das atividades secundárias, a qual ocuparia o espaço de ociosidade anterior, esperados para esses 2 colaboradores, dado a estimativa de tempo para realização das atividades, estariam definidos conforme apresenta a Figura 47 e a Figura 48.

Figura 47: Tempo de Produção, Descanso e realização das Atividades Secundárias do Responsável pelo Avental e Mangote para o cenário simulado



Fonte: Autoria própria

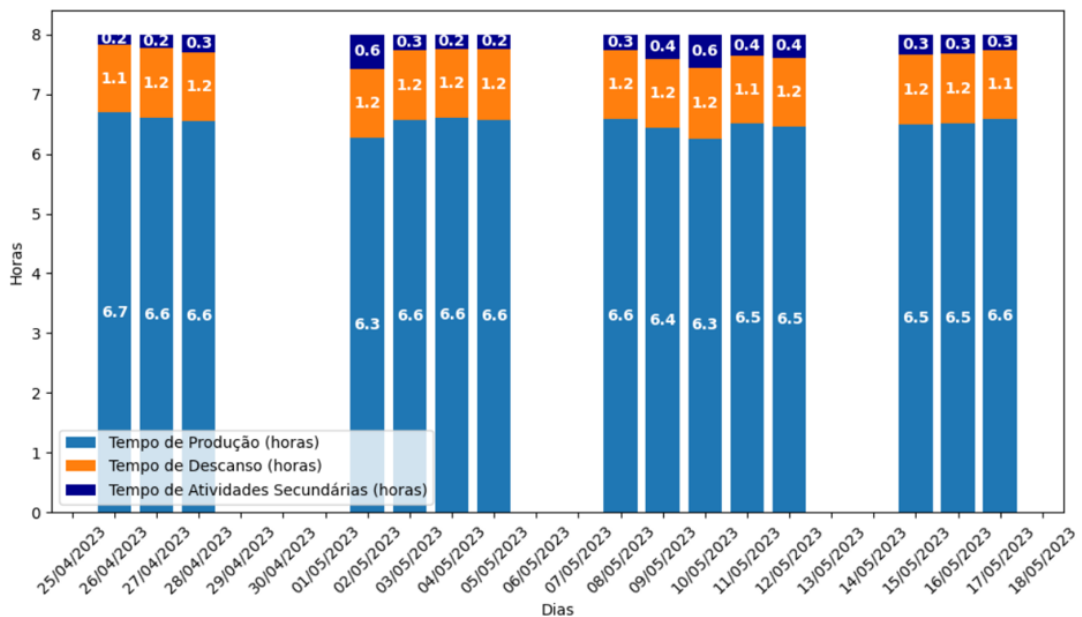
Figura 48: Tempo de Produção, Descanso e realização das Atividades Secundárias da Costureira de Mangote para o cenário simulado



Fonte: Autoria própria

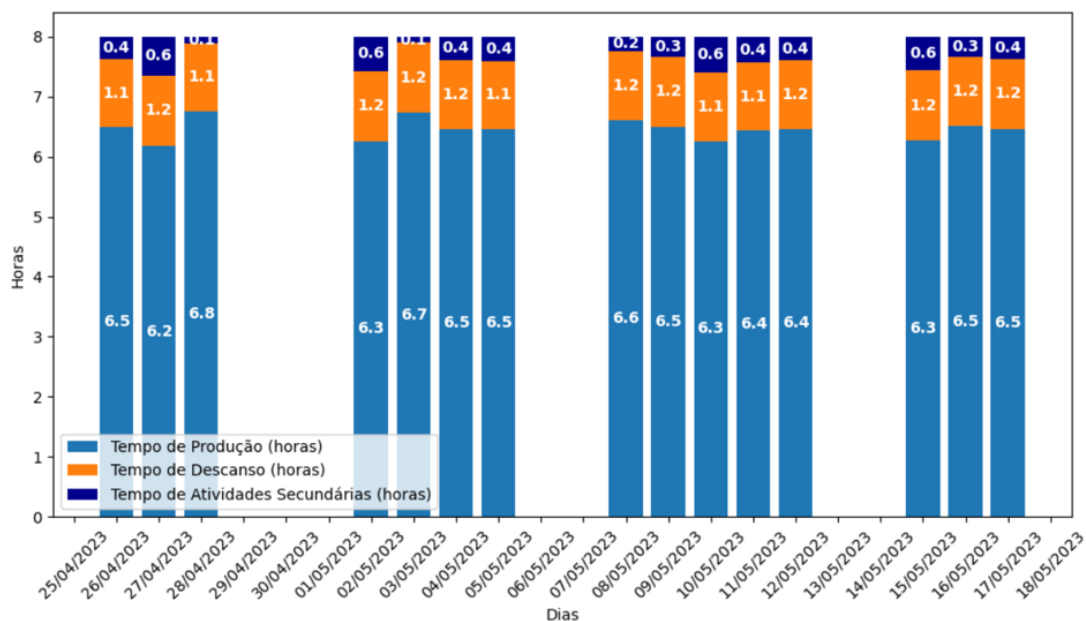
Assim, as atividades secundárias, como organização, descarte de retalhos, entre outras, passam a ser distribuídas entre todos os colaboradores, eliminando o desbalanceamento na carga de trabalho. Dessa forma, nenhum colaborador apresenta tempos excessivos de ociosidade, e todos contribuem para a realização dessas atividades. As novas divisões de tempo para cada colaborador, considerando o novo modelo de produção, estão representadas na Figura 49, na Figura 50, na Figura 51, na Figura 52 e na Figura 53.

Figura 49: Tempo de Produção, Descanso e realização das Atividades Secundárias do Cortador 1 para o cenário simulado



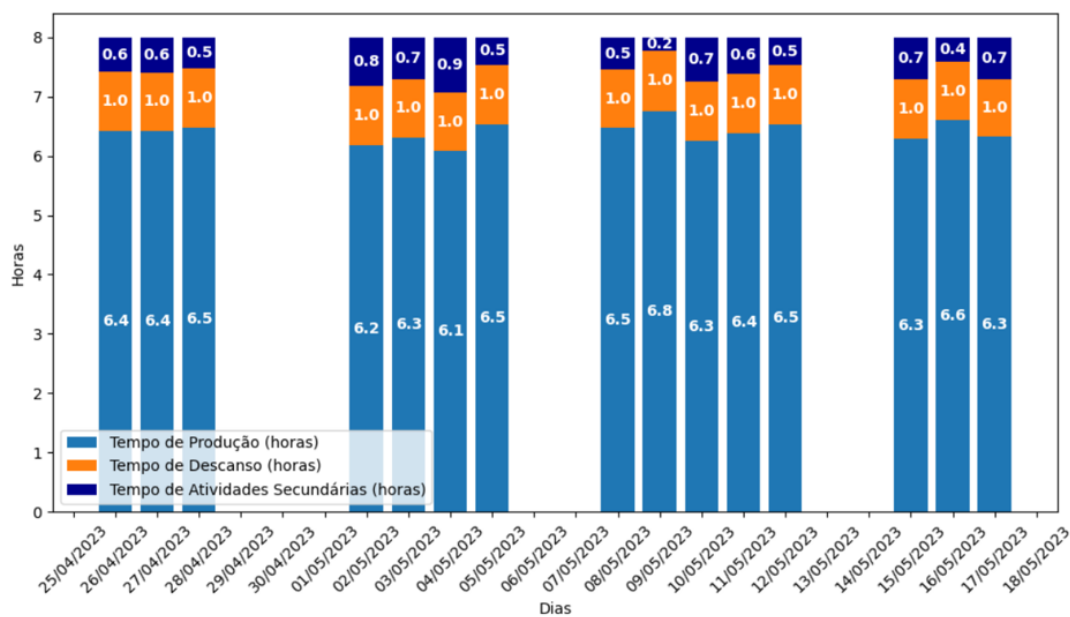
Fonte: Autoria própria

Figura 50: Tempo de Produção, Descanso e realização das Atividades Secundárias do Cortador 2 para o cenário simulado



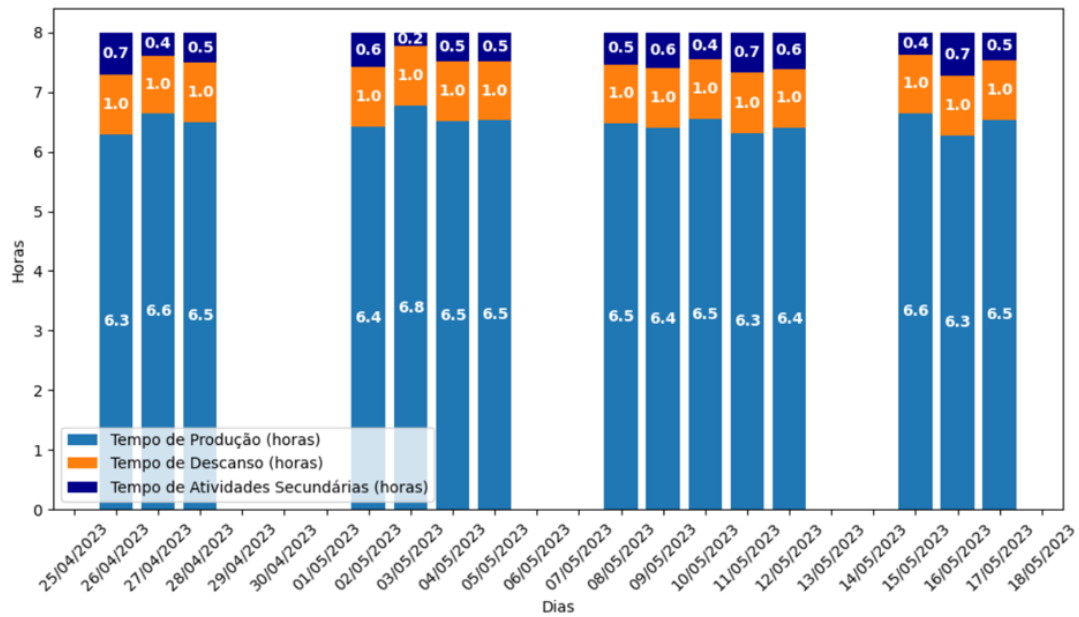
Fonte: Autoria própria

Figura 51: Tempo de Produção, Descanso e realização das Atividades Secundárias do Costureira 1 para o cenário simulado



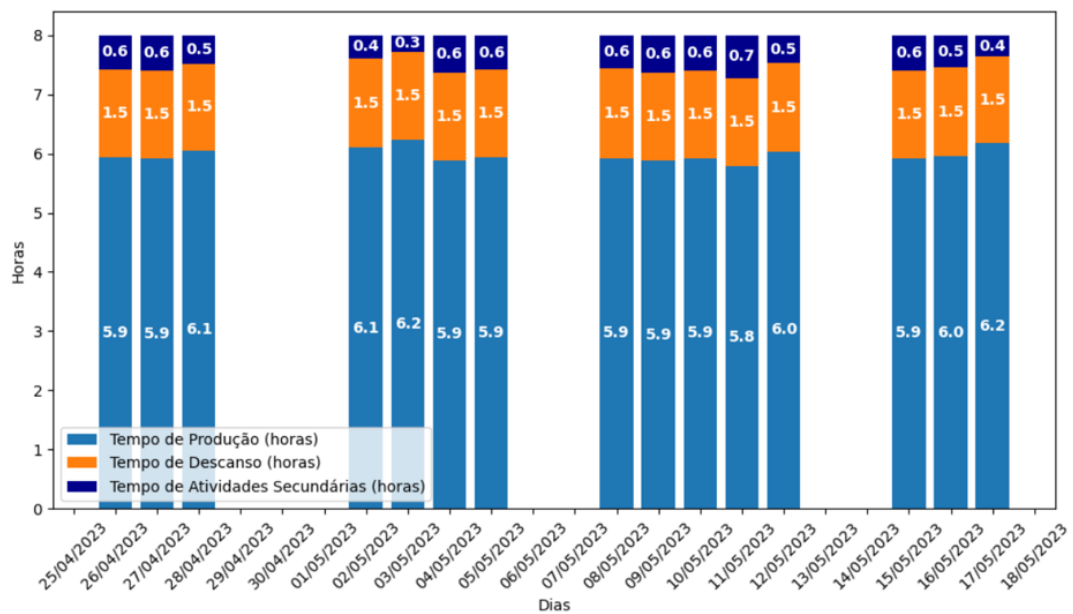
Fonte: Autoria própria

Figura 52: Tempo de Produção, Descanso e realização das Atividades Secundárias do Costureira 2 para o cenário simulado



Fonte: Autoria própria

Figura 53: Tempo de Produção, Descanso e realização das Atividades Secundárias do Responsável de Acabamento para o cenário simulado



Fonte: Autoria própria

## 4.2.2 Produção puxada e controle do estoque

Com a implementação da nova linha de produção, serão fabricados 147 pares de mangotes de lona a cada 2 dias, que serão adicionados ao estoque de produtos acabados nessa frequência. Dessa forma, o comportamento do estoque de mangotes de lona será como apresentado na Figura 54, que considera a simulação de pedidos realizada entre o final de abril e o início de julho de 2023, permitindo analisar como a produção interna reagiria às demandas do mercado.

Além disso, o estoque de segurança e o ponto de pedido para o mangote de lona foram recalculados, considerando as mudanças na dinâmica de entrada no estoque de produtos acabados proporcionadas pela produção interna.

- **Estoque de segurança:**

- Demanda média diária: 79 pares
- Desvio padrão da demanda diária: 221 pares
- Tempo de reposição: 2 dias
- Variabilidade do tempo de reposição: 1 dia

Logo, utilizando a Equação 2.2, o valor do estoque de segurança para mangote de lona é 137 pares.

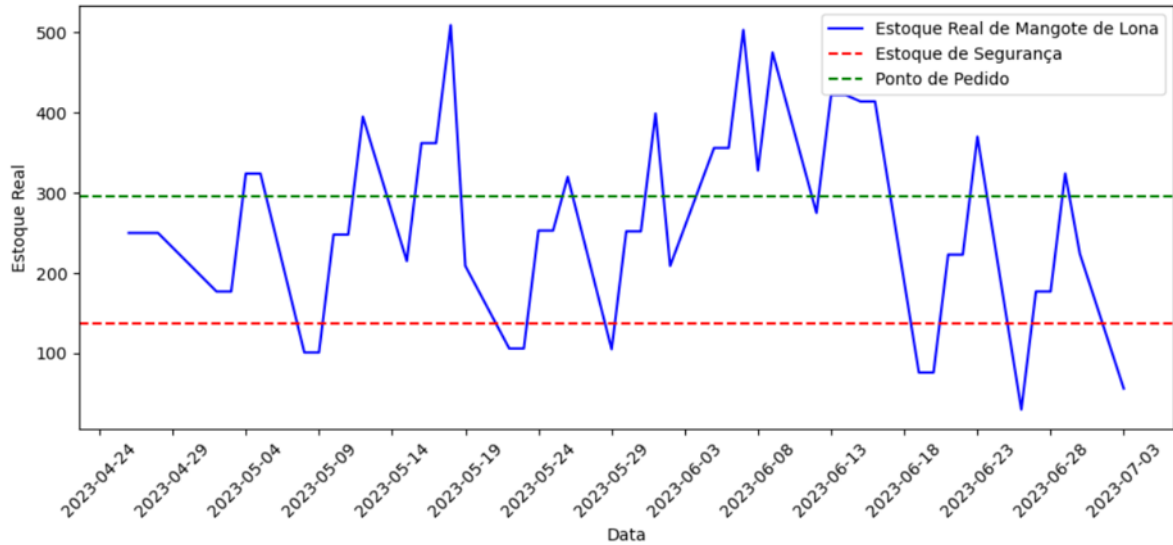
- **Ponto de pedido:**

- Demanda média diária: 79 pares
- Desvio padrão da demanda diária: 221 pares
- Estoque de segurança: 137 pares

Logo, utilizando a Equação 2.3, o ponto de pedido para mangote de lona é 295 pares.

Esses valores evidenciam que, ao internalizar a produção, o estoque de segurança e o ponto de pedido do mangote de lona se tornam menores, devido ao tempo de resposta mais rápido da produção interna, visto que os mangotes passam a ser adicionados ao estoque de produtos acabados com maior frequência, a cada 2 dias. Essa maior regularidade nas reposições do estoque não apenas reduz os níveis necessários de segurança, como também melhora a capacidade de atender às demandas de forma mais eficiente, promovendo maior estabilidade no gerenciamento de estoque.

Figura 54: Estoque de produto acabado de mangote de lona com produção interna puxada



Fonte: Autoria própria

A simulação apresentada na Figura 54 foi elaborada considerando a implementação do modelo de produção puxada, a internalização da produção de mangotes de lona na Tecnoseg, a adoção de um prazo de entrega de 2 dias e a redução do estoque médio diário de 652 produtos acabados, cenário atual, para 264, com as novas configurações de estoque de segurança e ponto de pedido.

A redução de 388 produtos acabados no estoque médio de mangote de lona resulta em um ganho indireto financeiro significativo para a companhia, o qual pode ser calculado utilizando a Equação 4.1, considerando uma taxa de custo de manutenção anual de 10% (custo de capital da companhia com base em sua estrutura financeira) e um custo de produção de R\$ 5,83 por mangote de lona. Dessa forma, a economia anual alcançada é de **R\$ 82.564,46** com a redução de estoque do mangote de lona.

$$\begin{aligned} \text{Economia Anual} = & \text{Redução Diária do Estoque Médio} \times \text{Custo de Produção por Unidade} \\ & \times \text{Custo de Capital Anual} \times 356 \text{ dias} \end{aligned} \quad (4.1)$$

Embora o estoque tenha ficado, em alguns momentos, abaixo do estoque de segurança, a redução do estoque médio e a nova estrutura de produção interna proporcionam maior

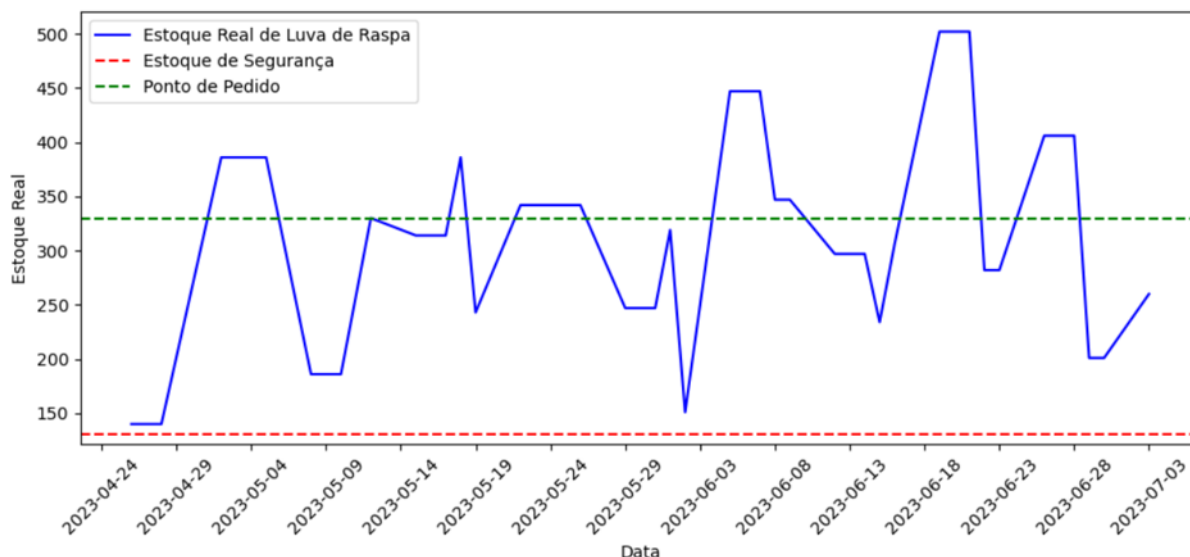


capacidade de resposta às demandas dos clientes, garantindo a segurança necessária para a operação. Esse equilíbrio entre redução de custos e maior eficiência operacional representa um benefício estratégico importante para a Tecnoseg, reforçando sua competitividade e sustentabilidade financeira.

Dado que a redução do estoque médio do mangote de lona resultou em ganhos financeiros para a companhia, foi realizada a simulação dos estoques dos demais produtos com a redução de seus respectivos estoques médios. Essa estratégia, tanto do ponto de vista operacional quanto financeiro, é mais eficiente e vantajosa para a empresa, permitindo a otimização dos recursos e maior controle sobre os estoques.

A simulação do estoque de luva de raspa com redução do estoque médio em 90 produtos, reduzindo de 403 para 313, representada na Figura 55, promove um ganho financeiro para companhia estimado de **R\$ 32.193,00**, visto que o custo unitário de produção da luva de raspa é de R\$ 9,80.

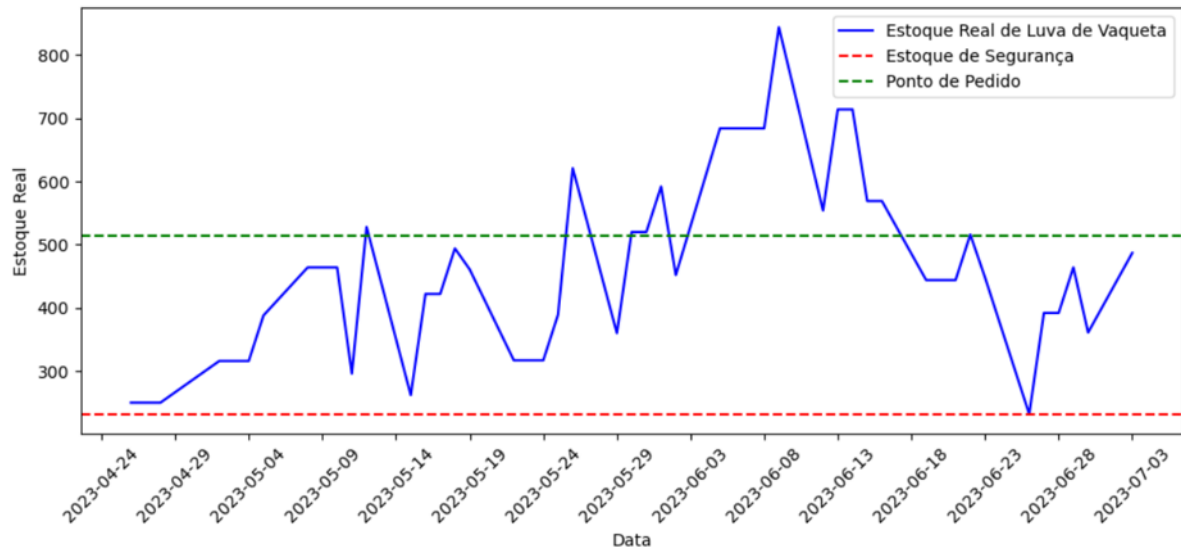
Figura 55: Estoque de produto acabado de luva de raspa com modelo de produção puxado



Fonte: Autoria própria

A simulação do estoque de luva de vaqueta com redução do estoque médio em 79 produtos, reduzindo de 539 para 460, representada na Figura 56, promove um ganho financeiro para companhia estimado de **R\$ 34.025,30**, visto que o custo unitário de produção da luva de vaqueta é de R\$ 11,80.

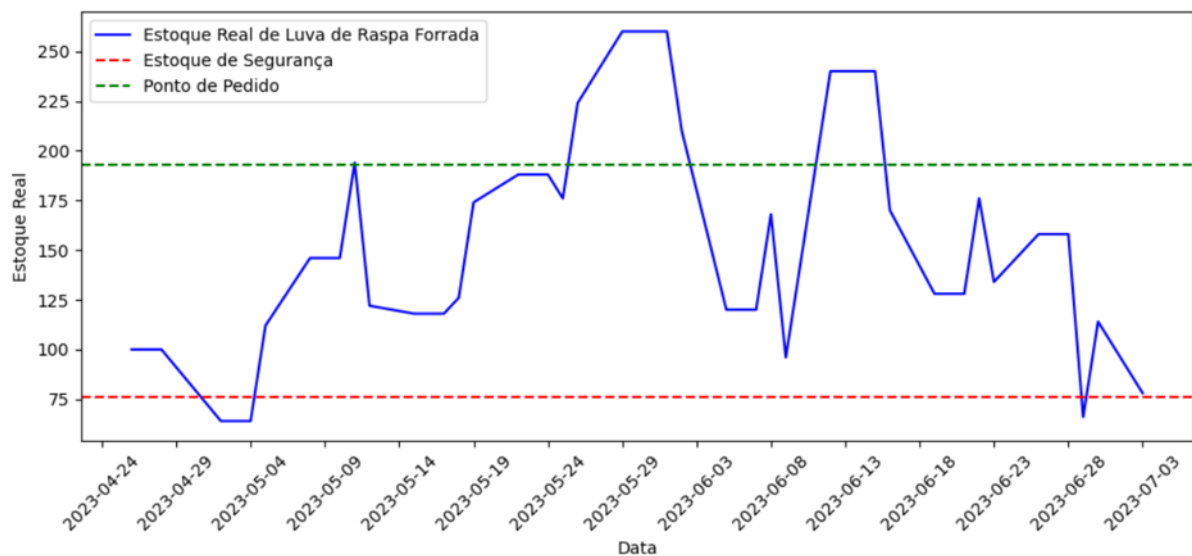
Figura 56: Estoque de produto acabado de luva de vaqueta com modelo de produção puxado



Fonte: Autoria própria

A simulação do estoque de luva de raspa forrada com redução do estoque médio em 52 produtos, reduzindo de 206 para 154, representada na Figura 57, promove um ganho financeiro para companhia estimado de **R\$ 28.090,40**, visto que o custo unitário de produção da luva de raspa forrada é de R\$ 14,80.

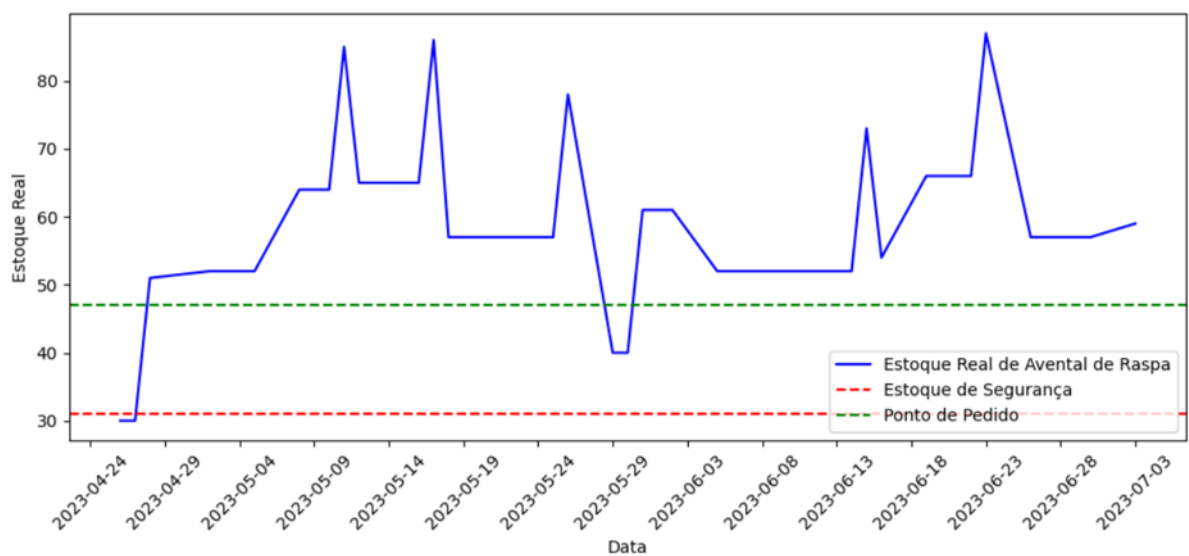
Figura 57: Estoque de produto acabado de luva de raspa forrada com modelo de produção puxado



Fonte: Autoria própria

A simulação do estoque de avental de raspa com redução do estoque médio em 1 produto, reduzindo de 59 para 58, representada na Figura 58, promove um ganho financeiro para companhia estimado de **R\$ 1.478,25**, visto que o custo unitário de produção da avental de raspa é de R\$ 40,50.

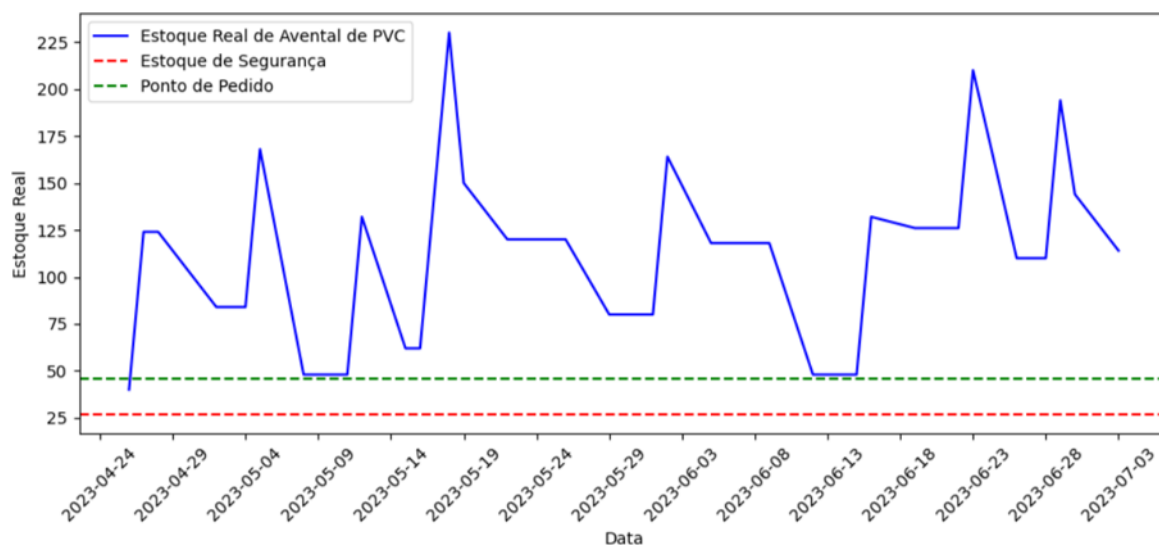
Figura 58: Estoque de produto acabado de avental de raspa com modelo de produção puxado



Fonte: Autoria própria

A simulação do estoque de avental de PVC com redução do estoque médio em 9 produtos, reduzindo de 116 para 107, representada na Figura 59, promove um ganho financeiro para companhia estimado de **R\$ 1.839,60**, visto que o custo unitário de produção da avental de PVC é de R\$ 5,60.

Figura 59: Estoque de produto acabado de avental de PVC com modelo de produção puxado



Fonte: Autoria própria

A redução do estoque médio de todos os produtos proporcionaria à Tecnoseg um ganho indireto anual total de **R\$ 180.191,01**. Esse resultado representa um impacto financeiro significativo para a companhia, contribuindo diretamente para a melhoria de seu capital. Com uma estrutura de custos mais enxuta, a empresa teria maior flexibilidade para negociar condições comerciais mais atrativas com os clientes, aumentando sua competitividade no mercado. Além disso, essa redução no estoque médio reflete uma gestão mais eficiente dos recursos, permitindo a liberação de capital que pode ser reinvestido em outras áreas estratégicas da operação, fortalecendo ainda mais a sustentabilidade financeira e operacional da Tecnoseg.

## 5 CONCLUSÃO

### 5.1 Resultado do trabalho

O presente trabalho utilizou-se da simulação de eventos discretos para identificar oportunidades de melhoria na operação da Tecnoseg, com foco no aumento da produtividade, na eficiência operacional e no crescimento sustentável da empresa. A análise partiu de uma avaliação detalhada da situação atual, identificando gargalos operacionais e estratégicos, como o desbalanceamento da carga de trabalho entre colaboradores, o modelo de produção empurrado e a dependência de terceirização em alguns produtos. Além disso, foi apontada a ausência de prazos de entrega definidos prejudicava o posicionamento da empresa no mercado.

Com base nos dados gerados pelo modelo de simulação, foram elaboradas análises e cenários para otimizar as operações. Entre as propostas, destacam-se a internalização de parte da produção, a transição para um modelo de produção puxado, a implementação de controles de estoque, como pontos de pedido e estoques de segurança, e o nivelamento da carga de trabalho entre os colaboradores. Esses ajustes visaram reduzir a ociosidade, aumentar a previsibilidade e melhorar o desempenho operacional e financeiro da empresa.

O cenário ideal identificado foi o Cenário B, que traz as seguintes mudanças e benefícios:

1. Internalização de produtos terceirizados: A produção de 16.200 pares de mangotes de lona, anteriormente terceirizada, seria internalizada, gerando uma economia anual estimada em R\$ 38.448,80.
2. Mudança no modelo de produção: A adoção de um modelo puxado e o uso de métricas de controle, como estoque de segurança e ponto de pedido, reduziram o estoque médio, proporcionando um ganho indireto anual estimado em R\$ 180.191,01.
3. Estabelecimento de prazos de entrega claros: Com a implementação do novo modelo,

a empresa poderia garantir um prazo fixo de entrega de 2 dias úteis, uma redução de mais de 40% em relação à média atual.

4. Balanceamento da linha de produção: Foi realizado um nivelamento das cargas de trabalho entre os colaboradores, reduzindo a ociosidade e aumentando a eficiência operacional em toda a linha de produção, em especial do colaborador responsável pela produção de aventais.

Com essas mudanças, a Tecnoseg alcançaria um ganho anual total estimado em **R\$ 218.639,81**, além de uma operação mais eficiente, com menor ociosidade dos colaboradores e melhor balanceamento das atividades. Essa transformação operacional também posicionaria a empresa de forma mais competitiva no mercado, com prazos de entrega reduzidos e maior controle sobre sua produção.

### 5.1.1 Simulação como ferramenta de apoio à decisão

No contexto do trabalho realizado, a simulação desempenhou um papel fundamental ao possibilitar a análise de múltiplas variáveis e interdependências presentes no sistema produtivo. Através da simulação se identificou, por exemplo, o desbalanceamento da carga de trabalho entre os colaboradores, a influência do modelo de produção empurrado sobre o estoque médio e a eficiência operacional, além de evidenciar o impacto financeiro da terceirização de produtos. Esses *insights* foram cruciais para compreender os pontos de pressão na operação e propor soluções que se alinham com a estratégia da Tecnoseg.

Outro ponto relevante é que a simulação não apenas diagnosticou problemas, mas também ajudou a testar e validar diferentes cenários de melhoria antes de sua implementação. Essa capacidade de experimentação virtual permitiu que decisões fossem tomadas com maior segurança e embasamento, minimizando riscos e maximizando a eficiência das ações propostas. Por exemplo, ao internalizar a produção de mangotes de lona, foi possível verificar antecipadamente o impacto dessa decisão tanto na economia anual quanto na capacidade operacional. Da mesma forma, a transição para um modelo de produção puxado foi avaliada quanto ao seu efeito nos estoques e na redução de prazos de entrega.

O modelo de simulação de eventos discretos forneceu uma visão sistêmica da operação, permitindo que gestores e colaboradores entendessem de forma visual e objetiva como as mudanças impactariam o fluxo de trabalho e os resultados financeiros, facilitando a comunicação interna e o alinhamento de todos os níveis da organização em torno das ações

propostas.

Por fim, a simulação de eventos discretos demonstrou ser um instrumento de transformação estratégica ao fornecer dados confiáveis e *insights* valiosos, permitindo à Tecno-seg sair de uma postura reativa para uma abordagem proativa na gestão de sua operação. Assim, a simulação não apenas apoiou as decisões tomadas, mas também impulsionou uma mudança cultural na forma como a empresa analisa e enfrenta seus desafios operacionais, consolidando-se como uma aliada indispensável na busca por eficiência, crescimento e competitividade no mercado.

## 5.2 Limitações do trabalho

O trabalho apresenta algumas limitações que devem ser consideradas ao interpretar os resultados. Primeiramente, o modelo desenvolvido não incorpora possíveis interrupções na linha de produção, como dias de pausa devido à ausência de colaboradores, quebras de máquinas ou problemas de manutenção não programados. Esses fatores podem impactar diretamente a capacidade produtiva e a confiabilidade do sistema, mas foram desconsiderados no escopo deste estudo.

Além disso, a simulação utilizou a distribuição triangular para o cálculo da duração das atividades, dado o volume limitado de dados coletados. Embora essa abordagem seja válida em situações com poucas informações, um maior período de estudo poderia permitir a coleta de uma quantidade mais substancial de dados, possibilitando o uso de uma distribuição normal, que proporcionaria maior precisão e robustez ao modelo.

Na análise financeira, é importante destacar que podem ocorrer flutuações de mercado, como variações no preço de matérias-primas, reajustes salariais e mudanças nas taxas de juros, que não foram consideradas a longo prazo neste trabalho.

Adicionalmente, embora o modelo de simulação tenha sido desenvolvido com base em observações realizadas em maio e junho de 2024, as simulações de estoque, demanda de produtos e ordens de produção foram baseadas em dados históricos referentes ao período de final de abril a início de junho de 2023, utilizando-os como base para análise.

Apesar dessas limitações, os resultados fornecem uma base sólida para a análise e tomada de decisões estratégicas e nortear os próximos passos da companhia.

### 5.3 Experiência obtida com a realização do trabalho

A experiência adquirida ao longo deste trabalho foi enriquecedora e positiva, principalmente devido à relação de proximidade do autor com a companhia analisada. Essa conexão permitiu uma compreensão profunda e prática dos desafios e oportunidades enfrentados pela empresa, além de possibilitar um aprendizado significativo, tanto no âmbito técnico quanto no estratégico.

A realização deste estudo proporcionou a oportunidade de aplicar na prática os conhecimentos adquiridos ao longo da graduação, integrando conceitos teóricos e ferramentas analíticas a um contexto real de tomada de decisão empresarial. Por meio da análise operacional e estratégica, foi possível compreender de forma detalhada como a dinâmica interna de uma organização impacta diretamente na viabilidade de projetos de expansão, além de explorar soluções para melhorar a eficiência e a competitividade da empresa. Essa prática evidenciou a importância de uma abordagem fundamentada e baseada em dados para a formulação de estratégias que possam influenciar positivamente os resultados e o direcionamento do negócio.

Outro aspecto marcante foi a oportunidade de entender de perto os processos operacionais da companhia, o que destacou a relevância de uma análise integrada e detalhada para a tomada de decisão. A capacidade de identificar pontos de melhoria, avaliar cenários alternativos e propor soluções viáveis através da simulação de eventos discretos reforça o impacto que uma análise bem estruturada pode ter sobre o futuro de uma empresa. Este trabalho demonstrou, na prática, como o papel de um engenheiro vai muito além do âmbito técnico, abrangendo uma visão sistêmica e estratégica essencial para apoiar decisões cruciais em uma organização.

Além disso, o estudo reafirmou a importância de uma análise acurada na viabilidade de projetos de expansão. A necessidade de equilibrar aspectos financeiros, operacionais e estratégicos destacou a relevância de uma abordagem multidisciplinar no processo decisório, mostrando como o conhecimento adquirido durante a formação pode ser um diferencial para o sucesso da companhia. Essa perspectiva prática evidencia o quanto o trabalho desenvolvido vai além de um exercício acadêmico, podendo gerar impactos reais e positivos no rumo da empresa.



### 5.3.1 Impacto para a Tecnoseg

O impacto deste trabalho para a Tecnoseg é extremamente relevante, especialmente por se tratar de uma empresa familiar de menor porte, a qual enfrenta desafios diários que limitam o tempo e os recursos disponíveis para realizar análises estratégicas mais profundas. Por essa razão, decisões importantes muitas vezes acabam sendo tomadas com base em fundamentos superficiais, o que pode comprometer a eficiência e o crescimento da empresa no longo prazo.

Este trabalho preenche essa lacuna ao proporcionar uma análise estratégica detalhada, que oferece à companhia uma visão clara e fundamentada sobre seus processos operacionais, custos e oportunidades de expansão. Através dos *insights* gerados, a Tecnoseg agora possui ferramentas concretas para avaliar a viabilidade de projetos importantes, como a internalização da produção de mangotes de lona, e para otimizar sua gestão de estoques e processos produtivos.

Além dos benefícios imediatos, como a redução de custos operacionais e a possibilidade de melhorar a margem de lucro, o trabalho também contribui para o fortalecimento da capacidade da empresa em responder às demandas do mercado de forma ágil e eficiente. A implementação do modelo de produção puxada, por exemplo, é uma solução que não apenas melhora o fluxo de trabalho, mas também alinha os processos internos com as expectativas dos clientes, aumentando a competitividade da Tecnoseg.

A longo prazo, essa análise estratégica abrirá caminho para novas oportunidades de crescimento, ao permitir que a companhia tome decisões mais fundamentadas e estruturadas. Isso reduz os riscos associados a investimentos futuros e posiciona a Tecnoseg em uma trajetória mais sólida e sustentável.

## REFERÊNCIAS

- ANIMASEG. *Indicadores do Mercado Brasileiro de EPIs – 2023*. 2023.
- BANKS, J. et al. *Discrete-event system simulation*. [S.l.]: Pearson, 2004.
- BICHENO, J.; HOLWEG, M. *The lean toolbox*. [S.l.]: PICSIE books Buckingham, 2000. v. 4.
- BLOCHER, E. J.; JURAS, P. E.; SMITH, S. D. *Cost Management: a strategic emphasis*. [S.l.]: McGraw Hill LLC, 2022.
- CHRISTOPHER, M. *Logistics and supply chain management*. [S.l.]: Pearson Uk, 2022.
- DENNIS, P. *Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system*. [S.l.]: Crc press, 2017.
- ELLRAM, L. M.; MALTZ, A. B. The use of total cost of ownership concepts to model the outsourcing decision. *The International Journal of Logistics Management*, MCB UP Ltd, v. 6, n. 2, p. 55–66, 1995.
- ELLRAM, L. M.; SIFERD, S. Total cost of ownership: a key concept in strategic cost management decisions. *Materials Engineering*, v. 19, n. 1, p. 55–84, 1998.
- Fundo Monetário Internacional. *Commodity Prices - Research and Data*. 2024.
- GEORGE, M. L. et al. *Lean six sigma pocket toolbox*. [S.l.]: McGraw-Hill Professional Publishing New York, NY, USA, 2004.
- KAMPA, A.; GOŁDA, G.; PAPROCKA, I. Discrete event simulation method as a tool for improvement of manufacturing systems. *Computers*, MDPI, v. 6, n. 1, p. 10, 2017.
- LAW, A. M. *Simulation modeling and analysis*. [S.l.]: Mcgraw-hill New York, 2015.
- NAHMIAS, S.; CHENG, Y. *Production and operations analysis*. [S.l.]: McGraw-hill New York, 2009. v. 6.
- OHNO, T. *Toyota production system: beyond large-scale production*. [S.l.]: Productivity press, 2019.
- PORTER, M. E. *A transaction cost approach to make-or-buy decisions*. [S.l.]: The Free Press, 1998.
- SILVER, E. A. et al. *Inventory management and production planning and scheduling*. [S.l.]: Wiley New York, 1998. v. 3.
- WALKER, G.; WEBER, D. A transaction cost approach to make-or-buy decisions. *Administrative science quarterly*, JSTOR, p. 373–391, 1984.

WILLIAMSON, O. E. Hierarchies, markets and power in the economy: an economic perspective. In: *Transaction cost economics*. [S.l.]: Edward Elgar Publishing, 1997. p. 1–29.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and Updated*. [S.l.]: The Free Press, 2003.

# APÊNDICE A – ROTINA DE PRODUÇÃO DO DIA 02/05/2023 NA TECNOSEG

## **Dia 2023-05-02:**

08:00:00: Cortador 1 pegou pedido para produzir 1 lote de luva de Raspa

08:00:00: Cortador 2 pegou pedido para produzir 1 lote de luva de Vaqueta

08:00:00: Responsável pelo Avental pegou pedido para produzir 1 lote de avental de Raspa

08:01:06: Cortador 2 inicia o processo de retirar 1 caixa de ferramentas de corte

08:01:14: Cortador 1 inicia o processo de retirar 1 caixa de ferramentas de corte

08:01:15: Responsável pelo Avental inicia o processo de retirar 1 caixa de ferramentas de corte

08:02:55: Costureira 2 chega na area de costura e analisa os kits que serão costurados

08:03:05: Costureira 1 chega na area de costura e analisa os kits que serão costurados

08:03:07: Colaborador de acabamento chega na area de costura para pegar metade das luvas de Raspa Forrada costuradas

08:04:36: Colaborador de acabamento transporta metade das luvas de Raspa Forrada costuradas

08:04:48: Cortador 2 finaliza o processo de retirar 1 caixa de ferramentas de corte

08:05:02: Cortador 1 finaliza o processo de retirar 1 caixa de ferramentas de corte

08:05:24: Responsável pelo Avental finaliza o processo de retirar 1 caixa de ferramentas de corte

08:05:24: Costureira 2 inicia o processo de separar os materiais para costura

08:05:30: Costureira 1 inicia o processo de separar os materiais para costura

08:05:48: Cortador 2 transporta caixa de ferramentas para o local de corte

08:06:06: Cortador 1 transporta caixa de ferramentas para o local de corte

08:06:11: Colaborador de acabamento chega na area de costura para pegar metade das luvas de Raspa Forrada costuradas

08:06:16: Responsável pelo Avental transporta caixa de ferramentas para o local de corte

08:06:40: Cortador 2 inicia o processo de pegar 4 pecas de Vaqueta no estoque

08:07:07: Cortador 1 inicia o processo de pegar 4 pecas de Raspa no estoque

08:07:09: Responsável pelo Avental inicia o processo de pegar 4 pecas de Raspa no estoque

08:07:35: Colaborador de acabamento transporta metade das luvas de Raspa Forrada costuradas

08:07:41: Colaborador de acabamento inicia o processo de conformidade de metade das luvas de Raspa Forrada do acabamento

08:11:23: Costureira 2 finaliza o processo de separar os materiais para costura

08:11:44: Costureira 1 finaliza o processo de separar os materiais para costura

08:11:53: Costureira 2 inicia setup da maquina de costura

08:12:14: Costureira 1 inicia setup da maquina de costura

08:14:58: Cortador 2 finaliza o processo de pegar 4 pecas de Vaqueta no estoque

08:15:02: Cortador 1 finaliza o processo de pegar 4 pecas de Raspa no estoque

08:15:15: Responsável pelo Avental finaliza o processo de pegar 4 pecas de Raspa no estoque

08:16:02: Cortador 2 finaliza o transporte das 4 pecas de Vaqueta para estoque intermediario de entrada de Vaqueta para o corte

08:16:06: Cortador 1 finaliza o transporte das 4 pecas de Raspa para estoque intermediario de entrada de Raspa para o corte

08:16:12: Responsável pelo Avental finaliza o processo de transporte das 4 pecas de Raspa para o estoque intermediario de corte

08:16:58: Cortador 2 inicia o processo de pegar 4 pecas de Vaqueta no estoque

08:16:58: Costureira 1 finaliza setup da maquina de costura

08:17:04: Costureira 1 inicia processo de costurar 48 pecas de luvas de Raspa intermediarias do kit

08:17:10: Cortador 1 inicia o processo de pegar 4 pecas de Raspa no estoque

08:17:16: Responsável pelo Avental inicia o processo de pegar 3 pecas de Raspa no estoque

08:17:16: Costureira 2 finaliza setup da maquina de costura

08:17:22: Costureira 2 inicia processo de costurar 32 pecas de luvas de Raspa Forrada intermediarias do kit

08:24:23: Cortador 1 finaliza o processo de pegar 4 pecas de Raspa no estoque

08:25:19: Cortador 2 finaliza o processo de pegar 4 pecas de Vaqueta no estoque

08:25:21: Responsável pelo Avental finaliza o processo de pegar 3 pecas de Raspa no estoque

08:25:26: Cortador 1 finaliza o transporte das 4 pecas de Raspa para estoque intermediario de entrada de Raspa para o corte

08:26:18: Cortador 2 finaliza o transporte das 4 pecas de Vaqueta para estoque intermediario de entrada de Vaqueta para o corte

08:26:20: Responsável pelo Avental finaliza o processo de transporte das 3 pecas de Raspa para o estoque intermediario de corte

08:26:24: Cortador 1 inicia o processo de pegar 4 pecas de Raspa no estoque

08:26:26: Responsável pelo Avental inicia o corte manual de 1 peca de Raspa do estoque intermediario de corte

08:27:23: Cortador 2 inicia o processo de pegar 4 pecas de Vaqueta no estoque

08:34:43: Cortador 1 finaliza o processo de pegar 4 pecas de Raspa no estoque

08:35:28: Cortador 2 finaliza o processo de pegar 4 pecas de Vaqueta no estoque

08:35:35: Cortador 1 finaliza o transporte das 4 pecas de Raspa para estoque intermediario de entrada de Raspa para o corte

08:35:41: Cortador 1 descansa antes de iniciar os processos de corte

08:36:31: Cortador 2 finaliza o transporte das 4 pecas de Vaqueta para estoque intermediario de entrada de Vaqueta para o corte

08:36:37: Cortador 2 descansa antes de iniciar os processos de corte

08:45:49: Cortador 2 inicia setup da maquina balancim

08:46:02: Cortador 1 inicia setup da maquina balancim

08:50:24: Colaborador de acabamento finaliza o processo de conformidade de metade das luvas de Raspa Forrada do acabamento

08:50:30: Colaborador de acabamento descansa entre os processos de conformidade

08:50:52: Cortador 2 finaliza setup da maquina balancim

08:50:55: Cortador 1 finaliza setup da maquina balancim

08:51:22: Cortador 2 inicia o processo de corte de 4 pecas de Vaqueta do estoque intermediario de entrada

08:51:25: Cortador 1 inicia o processo de corte de 4 pecas de Raspa do estoque intermediario de entrada

08:53:26: Responsável pelo Avental finaliza o corte manual de 1 peca de Raspa do estoque intermediario de corte

08:53:32: Responsável pelo Avental descansa entre as atividades de corte

09:03:30: Responsável pelo Avental inicia o corte manual de 1 peca de Raspa do estoque intermediario de corte

09:05:50: Colaborador de acabamento inicia o processo de conformidade de metade das luvas de Raspa Forrada do acabamento

09:14:04: Costureira 1 finaliza processo de costurar 48 pecas de luvas de Raspa intermediarias do kit

09:14:10: Costureira 1 descansa entre as costuras

09:21:02: Costureira 2 finaliza processo de costurar 32 pecas de luvas de Raspa Forrada intermediarias do kit

09:21:08: Costureira 2 descansa entre as costuras

09:25:00: Responsável pelo Avental finaliza o corte manual de 1 peca de Raspa do estoque intermediario de corte

09:25:06: Responsável pelo Avental descansa entre as atividades de corte

09:29:18: Costureira 1 inicia processo de costurar 48 pecas de luvas de Raspa intermediarias do kit

09:35:07: Responsável pelo Avental inicia o corte manual de 1 peca de Raspa do estoque intermediario de corte

09:36:18: Costureira 2 inicia processo de costurar 32 pecas de luvas de Raspa Forrada intermediarias do kit

09:51:07: Colaborador de acabamento finaliza o processo de conformidade de metade das luvas de Raspa Forrada do acabamento

09:51:13: Colaborador de acabamento descansa antes de iniciar o processo de separacao dos pares e embalagem

- 09:58:35: Responsável pelo Avental finaliza o corte manual de 1 peça de Raspa do estoque intermediário de corte
- 09:58:41: Responsável pelo Avental descansa entre as atividades de corte
- 10:04:30: Cortador 1 finaliza o processo de corte de 4 peças de Raspa gerando 96 peças de luvas de Raspa intermediárias
- 10:04:36: Cortador 1 descansa antes de iniciar os processos de corte
- 10:05:47: Colaborador de acabamento inicia o processo de separação dos pares e embalagem de metade do lote de luvas de Raspa Forrada do acabamento
- 10:08:32: Responsável pelo Avental inicia o corte manual de 1 peça de Raspa do estoque intermediário de corte
- 10:09:49: Cortador 2 finaliza o processo de corte de 4 peças de Vaqueta gerando 96 peças de luvas de Vaqueta intermediárias
- 10:09:55: Cortador 2 descansa antes de iniciar os processos de corte
- 10:23:42: Cortador 1 inicia o processo de corte de 4 peças de Raspa do estoque intermediário de entrada
- 10:30:15: Cortador 2 inicia o processo de corte de 4 peças de Vaqueta do estoque intermediário de entrada
- 10:31:42: Responsável pelo Avental finaliza o corte manual de 1 peça de Raspa do estoque intermediário de corte
- 10:31:48: Responsável pelo Avental descansa entre as atividades de corte
- 10:32:33: Costureira 1 finaliza processo de costurar 48 peças de luvas de Raspa intermediárias do kit
- 10:32:39: Costureira 1 descansa entre as costuras
- 10:37:09: Costureira 2 finaliza processo de costurar 32 peças de luvas de Raspa Forrada intermediárias do kit
- 10:37:15: Costureira 2 descansa entre as costuras
- 10:41:32: Responsável pelo Avental inicia o corte manual de 1 peça de Raspa do estoque intermediário de corte
- 10:41:36: Colaborador de acabamento finaliza o processo de separação dos pares e embalagem de metade do lote de luvas de Raspa Forrada do acabamento
- 10:41:42: Colaborador de acabamento descansa entre os processos de separação dos pares e



embalagem

10:47:19: Costureira 1 inicia processo de costurar 48 pecas de luvas de Raspa intermediarias do kit

10:52:00: Costureira 2 inicia processo de costurar 32 pecas de luvas de Raspa Forrada intermediarias do kit

10:56:19: Colaborador de acabamento inicia o processo de separacao dos pares e embalagem de metade do lote de luvas de Raspa Forrada do acabamento

11:06:25: Responsável pelo Avental finaliza o corte manual de 1 peca de Raspa do estoque intermediario de corte

11:06:31: Responsável pelo Avental descansa entre as atividades de corte

11:16:53: Responsável pelo Avental inicia o corte manual de 1 peca de Raspa do estoque intermediario de corte

11:32:04: Colaborador de acabamento finaliza o processo de separacao dos pares e embalagem de metade do lote de luvas de Raspa Forrada do acabamento

11:42:41: Colaborador de acabamento realiza o transporte das embalagens de luvas de Raspa Forrada para estoque de produtos acabados 11:42:41: Colaborador de acabamento finaliza o processo de acabamento para a linha de luvas de Raspa Forrada

11:42:47: Colaborador de acabamento realiza pausa para o almoco

11:42:49: Costureira 1 finaliza processo de costurar 48 pecas de luvas de Raspa intermediarias do 1º kit

11:42:55: Costureira 1 realiza pausa para o almoco

11:43:13: Responsável pelo Avental finaliza o corte manual de 1 peca de Raspa do estoque intermediario de corte

11:43:19: Responsável pelo Avental descansa entre as atividades de corte

11:46:24: Cortador 1 finaliza o processo de corte de 4 pecas de Raspa gerando 96 pecas de luvas de Raspa intermediarias

11:46:30: Cortador 1 realiza pausa para o almoco

11:47:21: Cortador 2 finaliza o processo de corte de 4 pecas de Vaqueta gerando 96 pecas de luvas de Vaqueta intermediarias

11:47:27: Cortador 2 realiza pausa para o almoco

11:50:47: Costureira 2 finaliza processo de costurar 32 pecas de luvas de Raspa Forrada inter-

mediarias do 1º kit

11:50:53: Costureira 2 realiza pausa para o almoco

11:52:53: Responsável pelo Avental inicia o corte manual de 1 peça de Raspa do estoque intermediario de corte

12:17:14: Responsável pelo Avental finaliza o corte manual de 1 peça de Raspa do estoque intermediario de corte

12:20:18: Responsável pelo Avental guarda caixa de ferramentas de corte no estoque

12:20:24: Responsável pelo Avental realiza pausa para o almoco

12:47:11: Colaborador de acabamento volta do almoco

12:49:19: Costureira 1 inicia processo de costurar 48 peças de luvas de Raspa intermediarias do kit

12:49:41: Cortador 2 inicia o processo de corte de 4 peças de Vaqueta do estoque intermediario de entrada

12:49:43: Cortador 1 inicia o processo de corte de 4 peças de Raspa do estoque intermediario de entrada

12:49:53: Colaborador de acabamento chega na area de costura para pegar metade das luvas de Vaqueta costuradas

12:51:13: Colaborador de acabamento transporta metade das luvas de Vaqueta costuradas

12:52:52: Colaborador de acabamento chega na area de costura para pegar metade das luvas de Vaqueta costuradas

12:54:25: Colaborador de acabamento transporta metade das luvas de Vaqueta costuradas

12:54:31: Colaborador de acabamento inicia o processo de conformidade de metade das luvas de Vaqueta do acabamento

12:56:09: Costureira 2 inicia processo de costurar 32 peças de luvas de Raspa Forrada intermediarias do kit

13:24:23: Responsável pelo avental realiza atividades secundárias de auxílio as demais areas e organização dos retalhos da area de corte

13:32:59: Colaborador de acabamento finaliza o processo de conformidade de metade das luvas de Vaqueta do acabamento

13:33:05: Colaborador de acabamento descansa entre os processos de conformidade

13:48:27: Colaborador de acabamento inicia o processo de conformidade de metade das luvas de

Vaqueta do acabamento

13:49:44: Costureira 1 finaliza processo de costurar 48 pecas de luvas de Raspa intermediarias do kit

13:49:50: Costureira 1 descansa entre as costuras

13:51:26: Costureira 2 finaliza processo de costurar 32 pecas de luvas de Raspa Forrada intermediarias do kit

13:51:32: Costureira 2 descansa entre as costuras

14:05:07: Costureira 1 inicia processo de costurar 48 pecas de luvas de Raspa intermediarias do kit

14:05:53: Cortador 2 finaliza o processo de corte de 4 pecas de Vaqueta gerando 96 pecas de luvas de Vaqueta intermediarias

14:05:59: Cortador 2 descansa pos finalizacao do processo de corte

14:06:13: Costureira 2 inicia processo de costurar 32 pecas de luvas de Raspa Forrada intermediarias do kit

14:06:57: Cortador 1 finaliza o processo de corte de 4 pecas de Raspa gerando 96 pecas de luvas de Raspa intermediarias

14:07:03: Cortador 1 descansa pos finalizacao do processo de corte

14:25:33: Cortador 2 inicia a separacao de 144 pecas de luvas de Vaqueta intermediarias em 1 kit para costura

14:26:33: Colaborador de acabamento finaliza o processo de conformidade de metade das luvas de Vaqueta do acabamento

14:26:39: Colaborador de acabamento descansa antes de iniciar o processo de separacao dos pares e embalagem

14:26:55: Cortador 1 inicia a separacao de 144 pecas de luvas de Raspa intermediarias em 1 kit para costura

14:41:59: Colaborador de acabamento inicia o processo de separacao dos pares e embalagem de metade do lote de luvas de Vaqueta do acabamento

15:02:41: Cortador 2 finaliza a separacao de 144 pecas de luvas de Vaqueta intermediarias em 1 kit para costura

15:02:47: Cortador 2 descansa pos finalizacao do processo de separacao

15:03:34: Cortador 1 finaliza a separacao de 144 pecas de luvas de Raspa intermediarias em 1

kit para costura

15:03:40: Cortador 1 descansa pos finalizacao do processo de separacao

15:06:45: Costureira 1 finaliza processo de costurar 48 pecas de luvas de Raspa intermediarias do kit

15:06:51: Costureira 1 descansa entre as costuras

15:08:43: Costureira 2 finaliza processo de costurar 32 pecas de luvas de Raspa Forrada intermediarias do kit

15:08:49: Costureira 2 descansa entre as costuras

15:17:57: Colaborador de acabamento finaliza o processo de separacao dos pares e embalagem de metade do lote de luvas de Vaqueta do acabamento

15:18:03: Colaborador de acabamento descansa entre os processos de separacao dos pares e embalagem

15:22:08: Cortador 2 inicia a separacao de 144 pecas de luvas de Vaqueta intermediarias em 1 kit para area de costura

15:22:13: Costureira 1 inicia processo de costurar 48 pecas de luvas de Raspa intermediarias do kit

15:22:38: Cortador 1 inicia a separacao de 144 pecas de luvas de Raspa intermediarias em 1 kit para area de costura

15:24:00: Costureira 2 inicia processo de costurar 32 pecas de luvas de Raspa Forrada intermediarias do kit

15:32:54: Colaborador de acabamento inicia o processo de separacao dos pares e embalagem de metade do lote de luvas de Vaqueta do acabamento

15:56:12: Cortador 2 finaliza a separacao de 144 pecas de luvas de Vaqueta intermediarias em 1 kit para area de costura

15:59:29: Cortador 2 guarda caixa de ferramentas de corte no estoque

16:01:52: Cortador 1 finaliza a separacao de 144 pecas de luvas de Raspa intermediarias em 1 kit para area de costura

16:05:24: Cortador 1 guarda caixa de ferramentas de corte no estoque

16:05:28: Cortador 2 transporta kit de pecas de luvas de Vaqueta intermediarias para area de costura

16:07:05: Colaborador de acabamento finaliza o processo de separacao dos pares e embalagem

de metade do lote de luvas de Vaqueta do acabamento

16:10:48: Cortador 1 transporta kit de pecas de luvas de Raspa intermediarias para area de costura

16:10:50: Cortador 2 volta para area de corte para transportar o kit 2

16:14:55: Costureira 1 finaliza processo de costurar 48 pecas de luvas de Raspa intermediarias do 2º kit

16:15:49: Cortador 1 volta para area de corte para transportar o kit 2

16:16:41: Cortador 2 transporta kit de pecas de luvas de Vaqueta intermediarias para area de costura

16:18:20: Colaborador de acabamento realiza o transporte das embalagens de luvas de Vaqueta para estoque de produtos acabados

16:18:20: Colaborador de acabamento finaliza o processo de acabamento para a linha de luvas de Vaqueta

16:19:03: Costureira 1 guarda os materiais necessários para costura

16:19:41: Cortador 2 finaliza suas atividades do dia

16:22:03: Costureira 1 finaliza suas atividades do dia

16:22:04: Cortador 1 transporta kit de pecas de luvas de Raspa intermediarias para area de costura

16:25:04: Cortador 1 finaliza suas atividades do dia

16:25:13: Responsável pelo avental finaliza suas atividades do dia

16:25:57: Costureira 2 finaliza processo de costurar 32 pecas de luvas de Raspa Forrada intermediarias do 2º kit

16:29:08: Costureira 2 guarda os materiais necessários para costura

16:32:08: Costureira 2 finaliza suas atividades do dia

# APÊNDICE B – AMOSTRA DO CÓDIGO EM PYTHON DO MODELO DE SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS DA OPERAÇÃO DA TECNOSEG INDUSTRIAL

```

import pandas as pd
from datetime import datetime, timedelta
import random
from datetime import timedelta, datetime, time
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.dates as mdates
df = pd.read_excel(Forecast 2 meses (maio.junho).xlsx)
#Funcao gerar atividades
def gerar_horario(inicio, minutos_adicionais):
    return inicio + timedelta(minutes=minutos_adicionais)
def gerar_atividades_completas(cortador, atividade, horario_inicio):
    atividades = []
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} pegou pedido para produzir 1
        lote de luva de {atividade}"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(1, 1.25, 1.5))
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia o processo de retirar 1
        caixa de ferramentas de corte"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(3, 4, 5))
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza o processo de retirar
        1 caixa de ferramentas de corte"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(0.8, 1, 1.2))
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} transporta caixa de ferramentas
        para o local de corte"))
    if atividade == "Raspa":
        for _ in range(3):
            horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(0.8, 1, 1.2))

```

```

atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia o processo de
    pegar 4 pecas de {atividade} no estoque"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(7, 8, 9))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza o processo de
    pegar 4 pecas de {atividade} no estoque"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(0.8, 1, 1.2))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza o transporte
    das 4 pecas de {atividade} para estoque intermediario de entrada de
    {atividade} para o corte"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 0.1)
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} descansa antes de iniciar
    os processos de corte"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(9, 10, 11))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia setup da maquina
    balancim"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(4.5, 5, 5.5))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza setup da maquina
    balancim"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 0.5)
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia o processo de corte
    de 4 pecas de {atividade} do estoque intermediario de entrada"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(70, 80, 90))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza o processo de
    corte de 4 pecas de {atividade} gerando 96 pecas de luvas de {atividade}
    intermediarias"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 0.1)
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} descansa antes de iniciar
    os processos de corte"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(18, 20, 22))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia o processo de corte
    de 4 pecas de {atividade} do estoque intermediario de entrada"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(70, 80, 90))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza o processo de
    corte de 4 pecas de {atividade} gerando 96 pecas de luvas de {atividade}
    intermediarias"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 0.1)
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} realiza pausa para o
    almoco"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(60, 65, 70))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia o processo de corte
    de 4 pecas de {atividade} do estoque intermediario de entrada"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(70, 80, 90))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza o processo de
    corte de 4 pecas de {atividade} gerando 96 pecas de luvas de {atividade}
    intermediarias"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 0.1)
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} descansa pos finalizacao do
    processo de corte"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(18, 20, 22))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia a separacao de 144
    pecas de luvas de {atividade} intermediarias em 1 kit para costura"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(30, 40, 50))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza a separacao de 144
    pecas de luvas de {atividade} intermediarias em 1 kit para costura"))

```

```

horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 0.1)
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} descansa pos finalizacao do
    processo de separacao"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(18, 20, 22))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia a separacao de 144
    pecas de luvas de {atividade} intermediarias em 1 kit para area de costura"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(30, 40, 50))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza a separacao de 144
    pecas de luvas de {atividade} intermediarias em 1 kit para area de costura"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(3,3.5,4))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} guarda caixa de ferramentas
    de corte no estoque"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(5, 6, 7))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} transporta kit de pecas de
    luvas de {atividade} intermediarias para area de costura"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(4, 5, 6))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} volta para area de corte
    para transportar o kit 2"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(5, 6, 7))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} transporta kit de pecas de
    luvas de {atividade} intermediarias para area de costura"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 3)
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza suas atividades do
    dia"))
if atividade == "Vaqueta":
    for _ in range(3):
        horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(0.8, 1, 1.2))
        atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia o processo de
            pegar 4 pecas de {atividade} no estoque"))
        horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(7, 8, 9))
        atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza o processo de
            pegar 4 pecas de {atividade} no estoque"))
        horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(0.8, 1, 1.2))
        atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza o transporte
            das 4 pecas de {atividade} para estoque intermediario de entrada de
            {atividade} para o corte"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 0.1)
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} descansa antes de iniciar
        os processos de corte"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(9, 10, 11))
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia setup da maquina
        balancim"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(4.5, 5, 5.5))
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza setup da maquina
        balancim"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 0.5)
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia o processo de corte
        de 4 pecas de {atividade} do estoque intermediario de entrada"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(70, 80, 90))
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza o processo de
        corte de 4 pecas de {atividade} gerando 96 pecas de luvas de {atividade}
        intermediarias"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 0.1)
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} descansa antes de iniciar

```



```

        os processos de corte"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(18, 20, 22))
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia o processo de corte
        de 4 pecas de {atividade} do estoque intermediario de entrada"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(70, 80, 90))
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza o processo de
        corte de 4 pecas de {atividade} gerando 96 pecas de luvas de {atividade}
        intermediarias"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 0.1)
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} realiza pausa para o
        almoco"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(60, 65, 70))
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia o processo de corte
        de 4 pecas de {atividade} do estoque intermediario de entrada"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(70, 80, 90))
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza o processo de
        corte de 4 pecas de {atividade} gerando 96 pecas de luvas de {atividade}
        intermediarias"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 0.1)
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} descansa pos finalizacao do
        processo de corte"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(18, 20, 22))
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia a separacao de 144
        pecas de luvas de {atividade} intermediarias em 1 kit para costura"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(30, 40, 50))
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza a separacao de 144
        pecas de luvas de {atividade} intermediarias em 1 kit para costura"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 0.1)
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} descansa pos finalizacao do
        processo de separacao"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(18, 20, 22))
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia a separacao de 144
        pecas de luvas de {atividade} intermediarias em 1 kit para area de costura"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(30, 40, 50))
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza a separacao de 144
        pecas de luvas de {atividade} intermediarias em 1 kit para area de costura"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(3,3.5,4))
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} guarda caixa de ferramentas
        de corte no estoque"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(5, 6, 7))
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} transporta kit de pecas de
        luvas de {atividade} intermediarias para area de costura"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(4, 5, 6))
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} volta para area de corte
        para transportar o kit 2"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(5, 6, 7))
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} transporta kit de pecas de
        luvas de {atividade} intermediarias para area de costura"))
    horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 3)
    atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza suas atividades do
        dia"))
if atividade == "Raspa Forrada":
    for _ in range(2):
        horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(0.8, 1, 1.2))

```

```

atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia o processo de
    pegar 4 pecas de Raspa no estoque"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(7, 8, 9))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza o processo de
    pegar 4 pecas de Raspa no estoque"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(0.8, 1, 1.2))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza o transporte
    das 4 pecas de Raspa para estoque intermediario de entrada de Raspa para o
    corte"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(0.8, 1, 1.2))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia o processo de pegar
    1 peca de Feltro no estoque"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(7, 8, 9))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza o processo de
    pegar 1 peca de Feltro no estoque"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(0.8, 1, 1.2))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza o transporte de 1
    peca de Feltro para estoque intermediario de entrada de Feltro para o corte"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 0.1)
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} descansa antes de iniciar
    os processos de corte"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(9, 10, 11))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia setup da maquina
    balancim"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(4.5, 5, 5.5))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza setup da maquina
    balancim"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 0.5)
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia o processo de corte
    de 4 pecas de Raspa do estoque intermediario de entrada"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(70, 80, 90))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza o processo de
    corte de 4 pecas de Raspa gerando 96 pecas de luvas de Raspa intermediarias"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 0.1)
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} descansa antes de iniciar
    os processos de corte"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(18, 20, 22))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia o processo de corte
    de 4 pecas de Raspa do estoque intermediario de entrada"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(70, 80, 90))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza o processo de
    corte de 4 pecas de Raspa gerando 96 pecas de luvas de Raspa intermediarias"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 0.1)
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} realiza pausa para o
    almoco"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(60, 65, 70))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia setup da maquina
    balancim"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(4.5, 5, 5.5))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza setup da maquina
    balancim"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 0.5)
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia o processo de corte
    de 1 peca de Feltro do estoque intermediario de entrada"))

```

```

horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(70, 80, 90))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza o processo de
    corte de 1 peca de Feltro gerando 192 pecas de Feltro intermediarias"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 0.1)
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} descansa pos finalizacao do
    processo de corte"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(18, 20, 22))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia a separacao de 96
    pecas de luvas de Raspa e 96 pecas de Feltro intermediarias em 1 kit para
    costura"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(30, 40, 50))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza a separacao de 96
    pecas de luvas de Raspa e 96 pecas de Feltro intermediarias em 1 kit para
    costura"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 0.1)
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} descansa pos finalizacao do
    processo de separacao"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(18, 20, 22))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} inicia a separacao de 96
    pecas de luvas de Raspa e 96 pecas de Feltro intermediarias em 1 kit para
    costura"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(30, 40, 50))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza a separacao de 96
    pecas de luvas de Raspa e 96 pecas de Feltro intermediarias em 1 kit para
    costura"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(3, 3.5, 4))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} guarda caixa de ferramentas
    de corte no estoque"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(5, 6, 7))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} transporta kit de pecas de
    luvas de {atividade} intermediarias para area de costura"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(4, 5, 6))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} volta para area de corte
    para transportar o kit 2"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, random.triangular(5, 6, 7))
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} transporta kit de pecas de
    luvas de {atividade} intermediarias para area de costura"))
horario_inicio = gerar_horario(horario_inicio, 3)
atividades.append((horario_inicio, f"Cortador {cortador} finaliza suas atividades do
    dia"))
return atividades

# Funcao para registrar o estado do estoque a cada mudanca
def registrar_mudanca_estoque(historico_estoques, estoques, horario, dia):
# Combinar a data e a hora para registrar corretamente o momento do evento
data_horario_completo = pd.Timestamp.combine(dia, horario.time())
estado_atual_estoque = capturar_estoque(estoques)
estado_atual_estoque['horario'] = data_horario_completo
historico_estoques.append(estado_atual_estoque)
def rodar_atividades_por_dia(todas_atividades_por_dia, estoques):
    resultado_final = []
    historico_estoques = []
    for dia, atividades_dia in todas_atividades_por_dia:
        resultado_final.append(f"Dia {dia.strftime('%Y-%m-%d')}: \n")

```

```

ultimo_horario = None
# Iterar sobre as atividades de cada dia
for i, (horario, atividade) in enumerate(atividades_dia):
    registrar_mudanca_estoque(historico_estoques, estoques, horario, dia)
    resultado_final.append(f"{horario.strftime('%H:%M:%S')}: {atividade}")
    if i + 1 == len(atividades_dia) or atividades_dia[i + 1][0] != horario:
        resultado_final.append(print_estoque(estoque))
        resultado_final.append("-----")
    ultimo_horario = horario
    resultado_final.append("\n") # Separador entre dias
return resultado_final, historico_estoques
todas_atividades_por_dia_com_costureiras_avelal =
    processar_planhilha_e_gerar_atividades_com_costureiras_e_avelal(df)

```