

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL
Campus Ibirubá**

EDUARDO MARTINS SEIBEL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Produção enxuta: redução de desperdícios através da análise e mapeamento pelo
método de fluxo de valor em uma empresa de implementos agrícolas**

Ibirubá

2024

Eduardo Martins Seibel

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Produção enxuta: redução de desperdícios através da análise e mapeamento pelo método de fluxo de valor em uma empresa de implementos agrícolas

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Ibirubá, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Gestão e monitoramento de processos industriais

Orientador: Prof. Dr. Adão Felipe Oliveira Skonieski

Ibirubá

2024

Ficha catalográfica

Produção enxuta: redução de desperdícios através da análise e mapeamento pelo método de fluxo de valor em uma empresa de implementos agrícolas

Eduardo Martins Seibel

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Ibirubá, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Ibirubá, 16 de dezembro de 2024.

Banca Examinadora:

Prof. (orientador): Dr. Adão Felipe Oliveira Skonieski
IFRS Campus Ibirubá

Prof. Me. Émerson dos Santos Passari
IFRS Campus Ibirubá

Prof. Me. Flávio Roberto Andara
IFRS Campus Ibirubá

Dedicatória

À minha família, em especial aos meus pais, Isabel e Jair, pelo apoio incondicional durante toda a minha graduação.

AGRADECIMENTOS

Aos amigos e colegas de trabalho, que auxiliaram e estiveram ao meu lado em cada passo desta jornada e desenvolvimento deste trabalho. Aos professores, por compartilharem conhecimento e inspiração, e a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste sonho.

Epígrafe

*"Confie no processo, mantenha a fé e lembre-se:
no final, tudo se encaixa como deveria."*

Autor Desconhecido

RESUMO

O presente estudo aborda a aplicação do mapeamento de fluxo de valor (MFV) para identificar e reduzir desperdícios em uma empresa familiar do setor de implementos agrícolas, situada no Rio Grande do Sul. O foco da análise recaiu sobre o rolo com navalhas do modelo Katrina F5, um dos produtos mais representativos da empresa. Inicialmente, foram mapeados os processos produtivos nos setores de soldagem e montagem, utilizando ferramentas como a folha de estudo de processos e o diagrama de espaguete, que permitiram identificar gargalos significativos e desperdícios, como movimentações excessivas, superprodução e estoques desnecessários. As alterações propostas, incluindo a reconfiguração dos layouts de produção e a introdução de sistemas de pórtico e sugestão de implementação de cartões kanban, resultaram em melhorias significativas. No setor de solda robótica, o tempo de movimentação em duas etapas de fabricação do componente foi reduzido em 76,5%, gerando uma economia mensal de 15,25 horas, equivalente a R\$ 26.536,83 em redução de custos anualmente. No setor de montagem, a implementação de uma linha contínua reduziu o tempo de movimentação em uma das etapas do rolo em 84,1%, possibilitando um aumento de produtividade em até 8 rolos por mês e uma economia financeira anual de R\$ 12.366.

Palavras-chave: lean manufacturing, mapeamento de fluxo de valor, redução de desperdícios.

ABSTRACT

This study explores the application of value stream mapping (VSM) to identify and reduce waste in a family-owned company in the agricultural implements sector, located in Rio Grande do Sul, Brazil. The analysis focused on the Katrina F5 roller with blades, one of the company's most representative products. Initially, production processes in the welding and assembly sectors were mapped using tools such as process study sheets and spaghetti diagrams, which identified significant bottlenecks and waste, including excessive movements, overproduction, and unnecessary inventory. Proposed changes, including the reconfiguration of production layouts, the introduction of gantry systems, and the suggested implementation of kanban cards, resulted in substantial improvements. In the robotic welding sector, movement time during two stages of component manufacturing was reduced by 76.5%, saving 15.25 hours per month, equivalent to an annual cost reduction of BRL 26,536.83. In the assembly sector, the implementation of a continuous flow line reduced movement time in one roller production stage by 84.1%, increasing productivity by up to eight rollers per month and yielding an annual financial saving of BRL 12,366.

Keywords: lean manufacturing, value stream mapping, waste reduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sede Indutar TecnoMetal	16
Figura 2: Produtos Indutar	16
Figura 3: Estrutura do Sistema Toyota de Produção	19
Figura 4: Ícones do mapeamento de fluxo de valor	22
Figura 5: Mapa de fluxo de valor	22
Figura 6: A estrutura da produção	23
Figura 7: Método Kaizen	24
Figura 8: 5 S	25
Figura 9: Poka-yoke.....	27
Figura 10: Cartão Kanban	27
Figura 11: Diagrama de espaguete	35
Figura 12: Folha de estudo de processos	36
Figura 13: Rolo Katrina F5	37
Figura 14: Fluxograma de itens.....	38
Figura 15: Fluxograma do conjunto estudado.....	39
Figura 16: Roteiros de fabricação	41
Figura 17: Estrutura de processo	41
Figura 18: Estrutura de processo detalhada	42
Figura 19: Componente I1712100540	43
Figura 20: Componente I1712100326.....	43
Figura 21: Conjunto demarcado após solda e jateamento	44
Figura 22: Conjunto demarcado após pintura	44
Figura 23: Projeto de layout com SolidWorks	45
Figura 24: Estrutura de processo de acordo com metodologia de Shingo.....	49
Figura 25: Definição do caminho crítico para desenvolver o mapa de fluxo de valor. 51	
Figura 26: Mapa de fluxo de valor do estado atual	53
Figura 27: Continuação do mapa de fluxo de valor do estado atual	54
Figura 28: Folha estudo processos - solda robô	56
Figura 29: Layout anterior do setor solda robô.....	58
Figura 30: Folha de processos setor montagem	58
Figura 31: Layout anterior do setor de montagem	59
Figura 32: Mapa de fluxo de valor de sugerido do estado futuro	61

Figura 33: Continuação do mapa de fluxo de valor de sugerido do estado futuro.....	62
Figura 34: Layout sugerido para solda robô	64
Figura 35: Pórtico de movimentação.....	64
Figura 36: Carro kit solda	65
Figura 37: Layout sugerido para montagem	66
Figura 38: Embalagem montagem	66
Figura 39: Layout de montagem anterior	68
Figura 40: Novo layout implementado com linha contínua de montagem.....	68
Figura 41: Implementação da embalagem proposta.....	69
Figura 42: Implementação da embalagem proposta.....	69
Figura 43: Folha de processos novo layout.....	70
Figura 44: Layout anterior solda robô	71
Figura 45: Pórtico, com novo layout da solda robô	72
Figura 46: Novo layout solda robô.....	72
Figura 47: Folha de processos novo layout.....	73

Lista de tabelas

Tabela 1: Denominação de componentes	38
Tabela 2: Prioridade de itens.....	47
Tabela 3: <i>Takt time</i>	52
Tabela 4: Análise de estado atual/futuro.....	60
Tabela 5: Taxa hora montagem.....	71
Tabela 6: Taxa hora solda.....	74

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Justificativa.....	13
1.2 Objetivos.....	13
1.3 Objetivos específicos.....	13
2. DESCRIÇÃO DA EMPRESA.....	15
2.1 Unidade fabril	15
2.2 Produtos e processos	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1 Sistema Toyota de Produção	18
3.2 Lean manufacturing	19
3.3 Ferramentas Lean.....	21
3.3.1 Mapeamento de Fluxo de Valor.....	21
3.3.2 Estrutura de processo Shingo.....	23
3.3.3 Kaizen.....	24
3.3.4 5S.....	25
3.3.5 Just-in-time	26
3.3.6 Poka-yoke	26
3.3.7 Kanban.....	27
3.4 Conceitos de desperdício na produção	28
3.4.1 Movimentação.....	28
3.4.2 Transporte	29
3.4.3 Superprodução	29
3.4.4 Estoque	29
3.4.5 Produtos defeituosos.....	30
3.4.6 Espera	30
3.4.7 Humano	31
3.5 Formas de redução de desperdícios.....	31
3.5.1 Superprodução	31
3.5.2 Transporte	31

3.5.3 Superprocessamento	32
3.5.4 Defeitos.....	32
3.5.5 Estoque	32
3.5.6 Movimentação.....	33
3.5.7 Espera	33
3.6 Arranjo físico (layout).....	33
3.7 Ferramentas de análise de processo	34
3.7.1 Diagrama de espaguete.....	34
3.7.2 Cronoanálise	35
3.7.3 Folha de processos (FEP)	36
4. METODOLOGIA.....	37
4.1 Identificação do fluxo de materiais.....	37
4.2 Criticidade de itens.....	39
4.3 Método utilizado e coleta de dados.....	40
4.4 Folha de estudo de processos.....	44
4.5 Análise de layout.....	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
5.1 Matriz de prioridade.....	46
5.2 Estrutura de processo e dados.....	48
5.3 Mapeamento do estado atual, folha de estudo de processos e análise de layout	50
5.4 Propostas de redução de desperdícios encontrados.....	59
5.5 Proposta do estado futuro, folha de estudo de processos e sugestão de layout	60
5.6 Sugestão de otimização do layout solda robô.....	63
5.7 Sugestão de otimização do layout da montagem	65
5.8 Cartão Kanban	67
5.9 Implementações de melhorias.....	67
5.9.1 Implementações no setor de montagem	67
5.9.2 Implementações no setor de solda robô.....	71
6. CONCLUSÕES.....	75
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
8. APÊNDICES	82

1. INTRODUÇÃO

O mercado está repentinamente em constante evolução. A concorrência presente entre empresas familiares, grandes nacionais e multinacionais, traz um maior número de soluções ao cliente. Junto a isso, as empresas buscam reduzir da maior forma possível seu custo relacionado à manufatura do produto para dessa forma aumentar sua lucratividade e se tornar mais competitiva no mercado atual.

Além disso, as organizações buscam elevar a qualidade de seus conjuntos, para dessa forma possuir um maior valor agregado e satisfazer da melhor forma seus clientes. A busca diária pela eliminação de desperdícios que não agregam valor ao processo produtivo de um componente ou conjunto é a principal aliada na melhoria contínua de processos dentro da engenharia de manufatura.

Do ponto de vista do setor produtivo, uma companhia pode ser considerada um grande mercado, onde cada setor possui seu cliente. O cliente do setor produtivo sempre será o próximo da linha de roteiro do item manufaturado. Dessa forma, se faz necessária a produção do componente seguindo parâmetros de projeto, para atender a produção enxuta.

O mapeamento de fluxo de valor (MFV) é uma das ferramentas utilizadas para o auxílio e suporte no desenvolvimento de atividades relacionadas a eliminação de desperdícios. A mesma busca eliminar tarefas que não agregam valor ao processo de manufatura do item, tendo por objetivo a redução do *lead time*, aumentando dessa forma a possibilidade de maior produção e consequentemente maior lucratividade dos componentes.

A ferramenta pode ser aplicada em variados setores produtivos como, corte laser, dobra, soldagem, pintura, montagem final. Todo processo produtivo é passível de realização de melhorias, com o objetivo de otimizar a produção do conjunto, consequentemente reduzir seu tempo de atravessamento dentro do complexo de produção.

A técnica de mapeamento de fluxo de valor (MFV) traz a possibilidade de verificar com maior facilidade o fluxo de valor relacionado ao processo de manufatura. Possibilita tomar decisões com base em dados, o que torna o modelo de trabalho mais racional e consequentemente realiza o procedimento de melhoria contínua, onde os processos estão diariamente desenvolvidos para serem mais eficazes.

O presente trabalho possui como base a análise do processo produtivo de um componente pertencente ao maquinário agrícola “Katrina”. O objetivo do estudo é a realização da redução do *lead time* do componente, através da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor (MFV), para a redução de desperdícios, e aumento da produtividade.

1.1 JUSTIFICATIVA

No cenário atual, a busca pela redução de custos e aumento da eficiência produtiva é essencial para a competitividade empresarial. O Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) se destaca como uma ferramenta estratégica para identificar desperdícios e otimizar processos, promovendo decisões baseadas em dados e garantindo resultados mais sustentáveis e racionais.

Embora amplamente utilizado em grandes empresas, sua aplicação em pequenas e médias organizações ainda é limitada. Este trabalho visa explorar o potencial do MFV em uma empresa familiar, demonstrando como sua implementação pode contribuir para a melhoria de processos produtivos, aumento da produtividade e redução de custos, com impactos positivos tanto no âmbito operacional quanto ambiental.

Além disso, o projeto reforça a importância de soluções práticas, como a reconfiguração de *layout* e a redução de movimentações desnecessárias, reduzindo desperdícios do processo produtivo. Essas ações refletem diretamente na satisfação do cliente interno e externo, fortalecendo a competitividade do negócio.

Por fim, o desenvolvimento do presente estudo agrega valor à formação técnica e prática do autor deste trabalho, alinhando-se aos objetivos profissionais na área de Engenharia de Processos e contribuindo para a evolução da prática de produção enxuta em empresas de diferentes portes.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho a ser desenvolvido no presente projeto, é a realização da análise de fluxo de valor de um conjunto contido no processo de fabricação de um implemento agrícola. Para desenvolvimento do trabalho, será utilizada a ferramenta de mapeamento de fluxo de valor, para análise de desperdícios, os quais não agregam valor ao produto final. Além disso, utilizar métodos que tenham como objetivo reduzir o *lead time* do conjunto montado, de modo a aumentar a produtividade.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O desenvolvimento do trabalho possui como objetivos específicos os tópicos mencionados abaixo:

- Descrição do mapa de processos produtivos, utilizando a estrutura de processos apresentada por Shingo;
- Desenvolvimento da análise do fluxo de valor de um conjunto montado, através da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor MFV;
- Desenvolvimento dos mapas de estado atual e estado futuro, identificando tempo de atravessamento do componente estudado;
- Utilização o método da produção enxuta, com o auxílio do MFV, para reduzir desperdícios no processo produtivo;
- Redução do *lead time* do conjunto montado, com o objetivo de aumentar a capacidade de produção em um mesmo período anteriormente analisado.

2. DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A INDUTAR é um empreendimento de origem familiar, situada no norte do Rio Grande do Sul, no município de Ibirubá.

A entidade iniciou suas atividades no ano de 1998, através de Airton Stadtlober e Maria Magali da Silva Stadtlober, produzindo componentes para indústrias da região, com o objetivo de atender às grandes demandas contidas na localidade. Conforme a INDUTAR (2024):

“Nossos principais clientes são a **JOHN DEERE** desde 2013 e a **AGCO** desde 2008, parceria firmada com base na qualidade e nos processos de alto padrão exigidos pelas montadoras para fabricação de peças e componentes. (INDUTAR, 2024).”

A companhia realiza produção de peças para renomadas empresas do setor agrícola, como JHON DEERE, AGCO. Possui também uma gama de produtos próprios, como carretas graneleiras, plataformas de colheita, rolo faca, niveladoras de solo.

De acordo com a INDUTAR, sua Política da Qualidade está firmada de modo:

“Firmar um compromisso com a satisfação dos clientes e demais partes interessadas, garantindo eficiência na fabricação de peças, componentes, e no desenvolvimento de produtos, atendendo os requisitos aplicáveis. Aliar tecnologia e qualidade com pessoas e processos orientados à melhoria contínua, promovendo a eficácia do sistema de gestão da qualidade.”

O parque fabril conta com máquinas de alta tecnologia para os processos de corte laser, dobra, usinagem, solda robotizada, jato, pintura pó, pintura líquida, e-coat. Os processos são controlados com excelência para garantir a qualidade do produto final e conseqüentemente a satisfação do cliente.

2.1 UNIDADE FABRIL

A unidade fabril da INDUTAR, demonstrada na figura 1, está situada às margens da RS 223, em Ibirubá. O parque fabril possui uma área de mais de 50.000m², recentemente, no ano de 2023 passou por uma ampliação para comportar de maneira mais adequada o aumento de produção. Atualmente, o quadro é de 408 colaboradores alternados em dois turnos de serviço.

Figura 1: Sede Indutar TecnoMetal



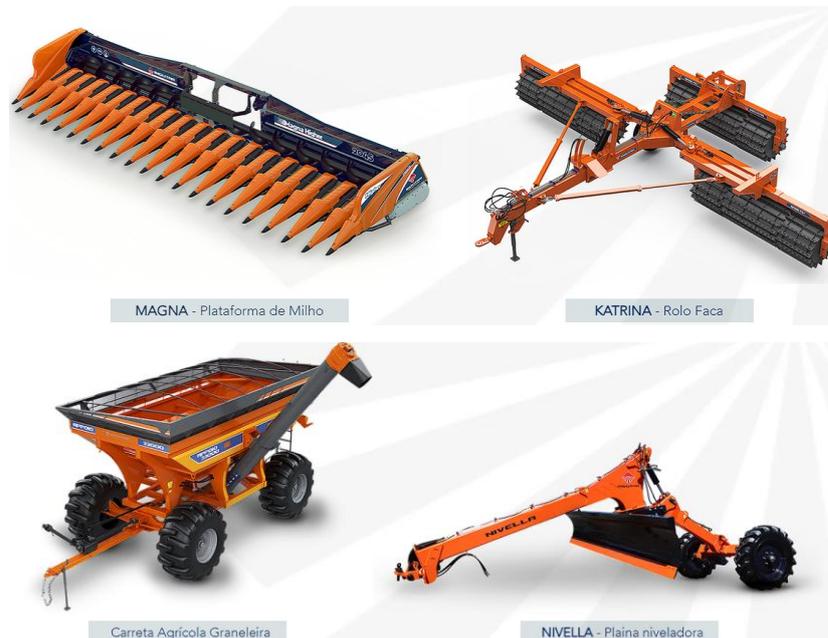
Fonte: INDUTAR (2024)

2.2 PRODUTOS E PROCESSOS

Atualmente, a indústria possui a fabricação de implementos agrícolas já consolidados no mercado nacional, como a Plataforma de milho Magna Higher, Rolo Faca Katrina para preparo de solos, Carreta graneleira Apoio, Plaina Niveladora de solos, Destroyer para soqueira do algodão e RRP para reparo de rastros de pivô, os quais estão demonstrados na figura 2.

A instituição conta com três linhas de montagem no momento. Na linha 1 é realizada a montagem das plataformas de milho, linha 2 possui a montagem de rolo faca, Nivella e RRP. Por fim, na linha 3, são montadas as carretas graneleiras e ICP.

Figura 2: Produtos Indutar





DESTROYER

RRP 2000 - Reparador de Rastro de Pivô

Fonte: INDUTAR (2024)

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

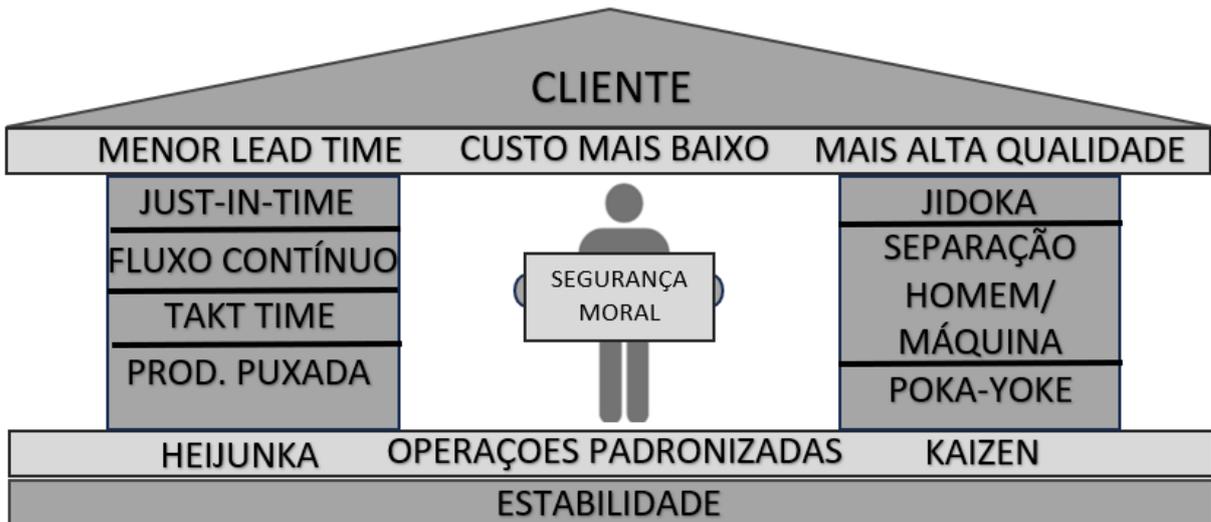
De acordo com Shingo (1996), o Sistema Toyota de Produção (STP) foi desenvolvido no Japão com o objetivo de capacitar empresas a reagirem de forma mais rápida às mudanças do mercado global. Essa abordagem foi um avanço considerável para a manufatura ao priorizar a produção eficiente, alinhando flexibilidade, qualidade e redução de custos.

Conforme Monden (2015), a eliminação de desperdícios presentes no processo produtivo dentro da organização é o principal propósito desse sistema, por meio de atividades de melhoria contínua. Dessa maneira, o sistema pode auxiliar as empresas a otimizarem a eficiência de suas operações, através de redução de custos, diminuindo tempos e eliminando gargalos no processo produtivo.

O Sistema Toyota de Produção é 80% eliminação das perdas, 15% um sistema de produção e apenas 5% *kanban*. Para Taiichi Ohno, *kanban* é um dos meios de atingir o *just-in-time* (produzir apenas o que é necessário, na quantidade necessária e no momento exato em que é requisitado). Um dos princípios básicos para o Sistema Toyota de Produção, os produtos que não estiverem produzidos de acordo com especificações de projeto, não devem passar para processos posteriores de fabricação. (Shingo, 1996),

Segundo Ohno (1997), os meios de sustentação para o Sistema Toyota de Produção são o Just-in-time e a autonomia (*jidoka*), apresentados na figura 3. Por Ohno (1997), no sistema Just-in-time, os componentes necessários para a linha de montagem de um conjunto, devem chegar ao local no tempo exato da realização de montagem, assim como na quantidade correta, com o objetivo de chegar ao estoque zero.

Figura 3: Estrutura do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Adaptado de Ghinato (2000)

Ohno (1997), considera que a automação pode eliminar a superprodução, o que é um dos grandes problemas presentes na manufatura. Deve-se atender aos trabalhos padronizados, produzindo o produto de acordo com o processo estabelecido, de modo que colaboradores distintos possam produzir no mesmo *takt time*.

Para Shingo (1996), grande parte das manufaturas, desenvolvem o preço de seu produto final através da fórmula abaixo:

$$\text{Custo} + \text{Lucro} = \text{Preço de Venda}$$

Porém, se por ventura o custo relacionado ao processo necessário para produzir o componente sofrer uma crescente, impactará diretamente no seu preço de venda. Na manufatura da Toyota, o sistema utilizado de análise difere do anterior.

O preço de um produto é determinado pelo consumidor, dessa forma, a Toyota utiliza o princípio do não-custo Shingo (1996). Desse modo, a única maneira onde é possível favorecer maior lucro, é através de uma redução no custo de fabricação.

$$\text{Lucro} = \text{Preço de Venda} - \text{Custo}$$

3.2 LEAN MANUFACTURING

O método *Lean manufacturing* (abordagem sistemática para a produção que busca eliminar desperdícios em todas as etapas do processo produtivo), foi originado após a Segunda Guerra Mundial, no Japão, na década de 60, onde o país necessitava um meio de reestruturar-se de maneira ágil. Seu desenvolvimento foi realizado por Taiichi Ohno. (OHNO, 1997)

De acordo com Filho et al. (2021), o princípio do *lean manufacturing* é focado na gestão voltada para melhorar os resultados da produção, utilizando menores recursos. Essa abordagem permite a redução do tempo de processos, além de viabilizar uma produção mais ampla e organizada, adequada às especificidades de cada operação, sem gerar desperdícios de custos.

Para Ghraithan et al. (2023) os princípios do *Lean* almejam a excelência operacional ajustando pessoas, equipamentos e métodos. Segundo Rotondaro (2011) a ferramenta *Lean* é uma das quais possuem maior abrangência no momento da utilização. Variados modelos de ferramentas de melhoria contínua são aplicados em setores de manufatura, porém a ferramenta *Lean* mantém-se como uma das que apresentam melhores articulações.

Neste modelo de sistema, a transformação do modelo atual para o modelo futuro é realizada com o auxílio de princípios estabelecidos de modo a alterar o processo de fabricação tornando-o mais enxuto. (ROTONDARO, 2011)

Guarilha et al. (2023) apontam que o *lean* se baseia em cinco princípios fundamentais: mapeamento do fluxo de valor, identificação das atividades que genuinamente geram valor para o cliente, implementação de fluxos contínuos, utilização de sistemas puxados e a busca permanente pela melhoria contínua.

Womack e Jones (1992) apresentam definições para os princípios, os quais são:

- Especificar valores: compreender e observar processos que agregam valor ao cliente. De acordo com gerenciamento *Lean*, uma das etapas iniciais é a identificação do problema ao qual o cliente necessita solucionar e, posteriormente realizar a solução para o mesmo;
- Identificação de fluxo de valor: após a definição de especificação de valores, parte-se a identificação, onde permite analisar as etapas e ações que transformam o produto através de processos. Permite identificar processos que agregam ou não valor, eliminando dessa forma desperdícios;
- Fluxo: Estabelecer o fluxo novo, com a remoção dos desperdícios, analisando etapas posteriores para validar o processo após a remoção dos desperdícios. A divisão de trabalho em etapas menores permite uma melhor maneira de visualizar o fluxo de trabalho;
- Sistema puxado: A implementação de um sistema puxado permite a redução de maneira significativa na etapa de desperdícios, uma vez que o setor só irá produzir quando houver demanda, sendo possível estabelecer um fluxo contínuo de trabalho;

- Perfeição: o *Lean* é um sistema de melhoria contínua, logo, necessita de constante atenção e esforço de para que o método não se torne estático na indústria.

3.3 FERRAMENTAS LEAN

3.3.1 Mapeamento de Fluxo de Valor

De acordo com Wendt, C., & Baú, B. G. (2023) O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta de gestão que utiliza informações quantitativas e visuais para estudar os processos atuais e planejar suas melhorias futuras. O mapa do estado atual destaca as atividades que agregam ou não valor, enquanto o mapa do estado futuro permite observar possíveis ganhos com futuras melhorias implementadas. Essa metodologia facilita a análise do fluxo de materiais e informações.

Segundo Rother e Shook (2012), quatro etapas compõem o método de mapeamento de fluxo de valor, inicia-se pela seleção de uma família de produtos e posteriormente é apresentado o estado atual com dados obtidos em acompanhamentos. Em seguida, é realizada a análise de dados obtidos e definido o estado futuro buscado. Por fim, realizadas as implementações sugeridas na etapa anterior.

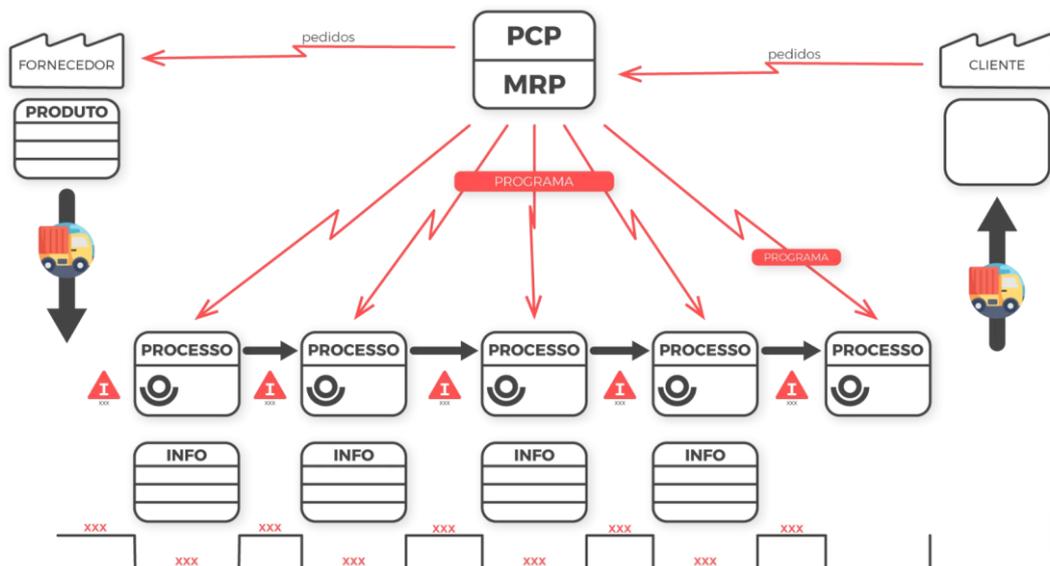
O mapa de fluxo de valor, apresenta elementos distintos, demonstrados na figura 4, os quais demonstram fluxo de materiais e fluxo de informações, conforme figura 5. (ROTHER E SHOOK, 2012)

Figura 4: Ícones do mapeamento de fluxo de valor

ÍCONES DO MFV	LEGENDA	ÍCONES DO MFV	LEGENDA
	Retirada		Fluxo de informação manual
	Kanban de produção		Fluxo de informação eletrônico
	Kanban chegando em lotes		Operador
	Supermercados		Processo
	Kanban de retirada		Fluxo: Primeiro a entrar, primeiro a sair
	Posto Kanban		Entrega via caminhão
	Kanban de sinalização		Estoque
	Caixa de dados		Fornecedor ou distribuidor
	Seta empurrada		Produtos acabados para os clientes

Fonte: Bianco et al. (2019)

Figura 5: Mapa de fluxo de valor

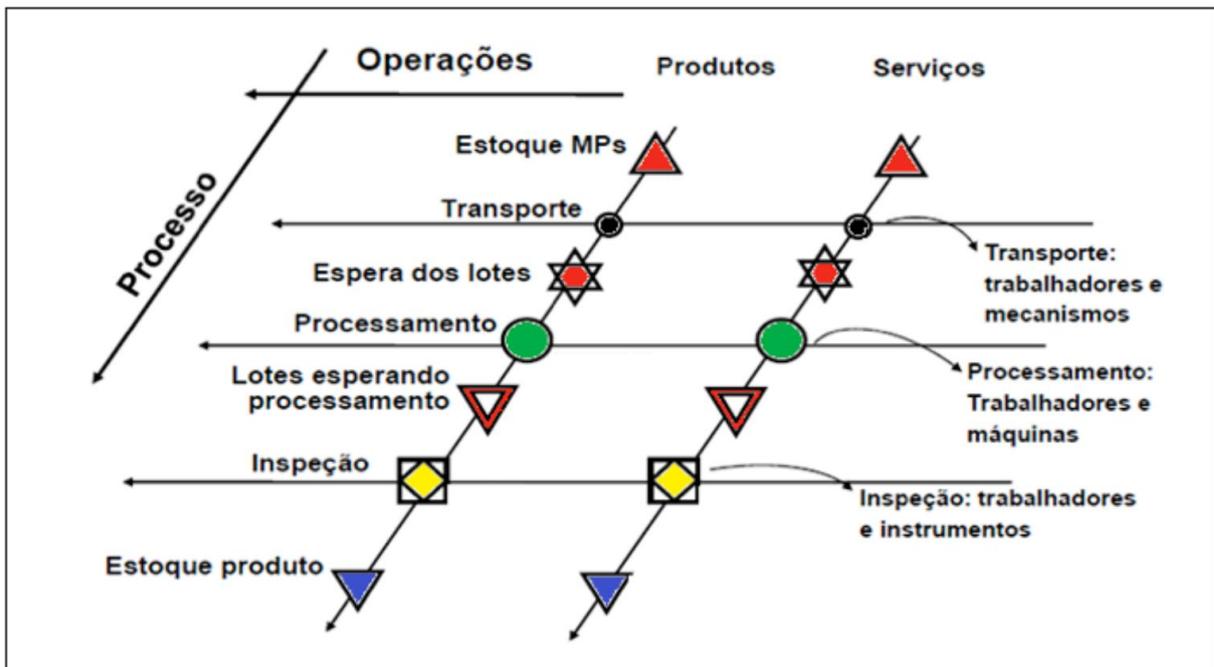


Fonte: Nortegubisian (2018)

3.3.2 Estrutura de processo Shingo

Shingo (1996) caracteriza Produção como uma rede de processos e operações. Processos podem ser identificados como a transformação de matéria prima em produto final acabado, e operações são as etapas necessárias para realizar a transformação da matéria prima no produto acabado. O fluxo de transformação de matérias-primas em produto pode ser identificado através de cinco elementos destacados na imagem abaixo:

Figura 6: A estrutura da produção



Fonte: Gallas e Nunes (2016)

- Processamento: onde ocorre uma transformação de maneira física no material;
- Inspeção: realização da análise de determinado produto tendo como base um padrão previamente estabelecido;
- Transporte: alteração de localização na qual material está situado;
- Espera de processo: o período de espera é um período no qual não ocorre nenhum dos processos destacados anteriormente. Na espera de processo, um determinado lote aguarda lote a sua frente ser processado;
- Espera do lote: em um lote de peças, após a primeira ser fabricada, a mesma irá aguardar o processamento da última peça para ocorrer liberação do lote.

3.3.3 Kaizen

Segundo Molinero (2022) “melhoria contínua” é o significado da palavra *kaizen*. Para Leal et al. (2019), a metodologia *kaizen* possui como propósito minimizar desperdícios presentes no processo produtivo através de soluções de menor custo, com o auxílio de times interdisciplinares.

De acordo com Shook e Marchwinski (2003) o *gemba kaizen* é um processo de melhoria contínua, onde o mesmo possui como objetivo principal resolver um problema, através de soluções propostas por um grupo de pessoas, ou então reestruturar um processo já estabelecido de maneira a reduzir desperdícios mapeados anteriormente. O processo de duração estabelecida é de cinco dias.

Conforme Imai (1991) em um primeiro momento, são apresentados as ferramentas e conceitos do Sistema Toyota de Produção ao grupo de pessoas envolvidas. Após, são direcionados ao *gemba*, com o objetivo de mapear e avaliar o estado atual da produção, identificando desperdícios. Posteriormente, são realizadas sugestões para modelo futuro de atuação do processo. É realizada realocação de todos equipamentos, seguindo sugestões anteriores, verifica-se a eficiência da alteração, caso houver resultados quantitativos considerados satisfatórios, a alteração é padronizada. Na figura 7, é apresentado exemplo referente a aplicação do método *Kaizen*, conforme Kimia (2021), onde são realizadas atividades durante o período de cinco dias.

Figura 7: Método Kaizen

	SEGUNDA	TERÇA	QUARTA	QUINTA	SEXTA
MANHÃ	Abertura do projeto	Acompanha- mento de setup #01	Acompanha- mento de setup #02	Acompanha- mento de setup #03	Finalização das atividades e ações
	Treinamento – Técnicas de Setup				
TARDE	Observação primeiro setup	Análise e soluções	Análise e soluções	Análise e soluções	Preparação da apresentação
	Oportunidades iniciais				Apresentação PRÉVIA para Direção

Treinamento
 Atividade prática
 Apresentação para liderança

3.3.4 5S

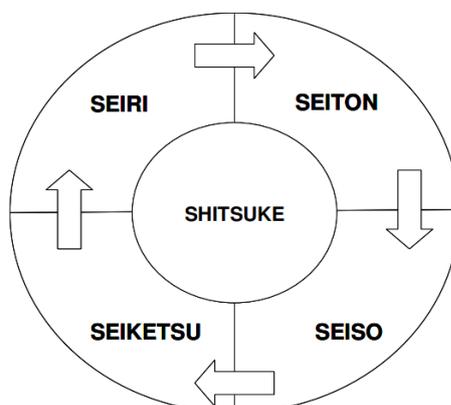
Conforme Pinto (2019), o propósito dessa metodologia é estimular os trabalhadores de uma organização a assumirem o compromisso de manter bons hábitos de trabalho. Os 5s representam ferramentas que estimulam o envolvimento das pessoas no ambiente de trabalho, promovendo uma maior interação e proporcionando melhorias significativas na produtividade e visando melhorias no ambiente fabril.

Segundo Peterson e Smith (1998) o programa 5S propõe melhorias nas etapas produtivas através de métodos de organização, limpeza, higiene, disciplina, utilização de alocação correta de materiais em *layout* pré-estabelecido.

Este programa, apresenta cinco termos iniciados em S, os quais designaram o nome de 5S. O programa de melhoria contínua busca reduzir desperdícios no local de trabalho, através da análise visual. Os cinco sentidos são destacados abaixo (SHOOK E MARCHWINSKI, 2003):

- Seiri: senso de utilização. Refere-se a classificar todos os itens, entender sua necessidade e descartar os inúteis;
- Seiton: senso de organização. Todos os itens considerados necessários devem ter seu lugar demarcado, eliminando movimentos desnecessários;
- Seiso: senso de limpeza. Inspeção que auxilia de maneira visual a evitar problemas futuros por falta de limpeza em máquinas, por exemplo.
- Seiketsu: senso de padronização. Implementação de padrões que podem ser monitorados e auditados de forma a manter o bom funcionamento do programa;
- Shitsuke: senso de autodisciplina. Manter a autodisciplina, de forma a prover a melhoria contínua dos quatro primeiros sentidos.

Figura 8: 5 S



Fonte: SHOOK E MARCHWINSKI (2003)

3.3.5 Just-in-time

Segundo Machado (2020), o desenvolvimento do *Just-in-time* pela Toyota Motor Company no Japão, surgiu com a finalidade de eliminar desperdícios relacionados a estoques de materiais, necessidade esta surgida no pós-guerra, onde não haviam locais disponíveis para armazenar os grandes estoques.

De acordo com Shingo (1996), o *just-in-time*, busca trazer o conceito de produzir o necessário apenas no tempo que este será demandado, reduzindo desta maneira desperdícios significativos de superprodução e estoque.

Para Ohno (1997), componentes necessários para a montagem, devem chegar em sua linha de montagem apenas no determinado momento em que a mesma será utilizada para agregar valor, transformando o produto. Desta maneira, é possível reduzir o desperdício de estoque, possivelmente zerando-o.

O estado ideal é o estoque zero. Porém, quando existem conjuntos montados com um grande número de componentes, este estado possui uma maior dificuldade de aplicação. Problemas em etapas iniciais do processo de fabricação, possivelmente irão resultar em defeitos nas etapas finais de montagem do conjunto. (OHNO, 1997)

Desse modo, conforme retratado por Ohno (1997) métodos de gestão convencionais não apresentam boa funcionalidade no desenvolvimento de um sistema Just-in-time.

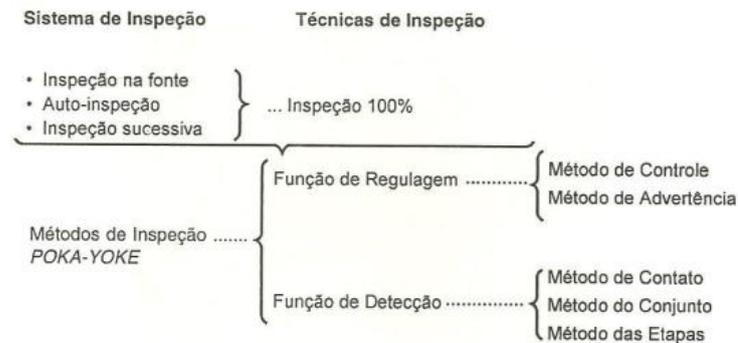
3.3.6 Poka-yoke

De acordo com Thareja (2016) o sistema de *Poka-yoke* pode ser desenvolvido utilizando como base a função de prevenção ou também na detecção de possíveis não conformidades do processo produtivo. Segundo Shingo (1996), o sistema de *Poka-yoke* (sistema projetado para prevenir erros no processo produtivo), na primeira, de controle é o dispositivo que possui maior eficácia para prevenção de erros pelo fato de não permitir que o processo seja realizado da maneira correta estipulada anteriormente. Já o *Poka-yoke* de advertência ou detecção, é realizado sinalização por meio de sinais sonoros ou luminosos, com o objetivo de alertar o operador sobre o possível erro.

O método do *poka-yoke* de controle é o que apresenta maior eficiência durante a aplicabilidade. Conforme Shingo (1996), existem três tipos de *Poka-yoke* de controle, o método de contato, onde é necessário o contato entre componentes, o que em caso de inexistência identifica a falha; método de conjunto que possui por função a determinação da contagem do

número de atividades realizadas; método das etapas, o qual possui por objetivo determinar se o padrão estabelecido previamente está sendo seguido.

Figura 9: Poka-yoke



Fonte: Shingo (1996)

3.3.7 Kanban

Moraes (2021) explica que o *Kanban* teve sua origem na década de 70, controlando tarefas e fluxos de trabalho, com objetivo de autorizar a produção ou transporte dos itens dentro das etapas fabris.

O método de controle de estoque *Kanban* é a ferramenta utilizada no Sistema Toyota de Produção, que possui como função o controle de estoque e auxílio no *just-in-time*. Esta ferramenta se trata de um pedaço de papel que contém informações que ditam o processo do componente. (OHNO, 1997)

De acordo com Ohno (1997), a informação apresentada no papel pode ser distinguida em três modelos: 1 – informação de coleta, 2 – informação de transferência, 3 – informação de produção. Abaixo, apresenta-se exemplo de cartão *kanban*, utilizado pela Toyota, onde no mesmo apresenta-se informações da manufatura Toyota e também empresa parceira.

Figura 10: Cartão Kanban

Hora da Entrega 10:30	Área de Estocagem A 1 - 1		Fábrica Central da Toyota Motors
	Número do Item 53018-60011	Identificação	Montagem nº 2
Fundação Ohashi	Nome do Item Linha de pressão do radiador	Usado em FJ Carro tipo (I)	
Prateleira nº 1 - Embaixo	21	Tipo de caixa Especial	50
	Kanban de pedido de peças	Capacidade da caixa 30	

Fonte: Ohno (1997)

Ohno (1997), retrata que a superprodução pode ser extinguida com o auxílio do sistema *Kanban*, uma vez que esta ferramenta remove a necessidade de estoques e depósitos.

Dentre as funções do *kanban*, Ohno (1997) apresenta-as como fornecer informações a respeito do transporte e produção; não permitir superprodução e excesso de transporte; auxiliar a identificar o tempo de início de produção de um item, auxiliando a ordens de fabricação; não permitir produtos com defeitos permitindo identificar o processo que o produziu; identificar a existência de problemas e controlar estoques.

Seis regras devem ser controladas durante implementação do sistema, pois estabelecem funcionamento adequado do *kanban*, são elas: não deslocar produtos com defeitos para processos posteriores; utilizar apenas quantidade necessária de componentes; realizar a produção apenas da quantidade necessária demonstrada nos cartões *kanban*; equilibrar processo produtivo, nivelando a produção; utilizar *kanban* para tornar a produção de maneira mais enxuta; estabilizar o processo de fabricação. (OHNO, 1997)

3.4 CONCEITOS DE DESPERDÍCIO NA PRODUÇÃO

Para Ghinato (1996), perdas e desperdícios possuem conceitos distintos. Perdas são utilizações não eficazes de determinados recursos que ocorrem durante etapas de produção de determinados componentes em seu ambiente de produção. Por outro lado, desperdícios são atividades de negligência de maneira não intencional.

3.4.1 Movimentação

Segundo Lacerda e Fortes (2021) movimentos considerados redundantes são etapas que não agregam valor ao produto, caracterizando-se como desperdícios no processo produtivo.

De acordo com Ghinato (1996), é possível otimizar o tempo de operações em até 20% através da realização de estudos de tempos, movimentos e adequações de *layout*, analisando também possibilidades de alterações de trabalhos manualmente desenvolvidos para meios automatizados.

3.4.2 Transporte

De acordo com Geromel et al. (2023) disposições inadequadas de *layout* de linhas de produção, podem gerar maiores movimentações de materiais, gerando desperdícios e processos sem valor agregado.

Perdas por transporte são caracterizadas por movimentações de componentes, peças dentro do ambiente produtivo. Alterações de *layout* possibilitam reduções em perdas representadas por transporte, uma vez que é possível aproximar pontos de transporte de materiais. Perdas por transporte podem apresentar reduções de até 45% no tempo total de produção de um componente. (GHINATO, 1996)

3.4.3 Superprodução

Conforme descrito por Ghinato (1996), este desperdício por superprodução pode ser um dos mais difíceis a serem eliminados, pois pode de modo geral ocultar as perdas distintas ocorridas por outros fatores. A superprodução pode ser dividida em dois distintos modos: o primeiro é a superprodução por quantidade, produzindo componentes a mais do que o necessário, com o objetivo da prevenção de possíveis produtos defeituosos.

O segundo, considera a perda por produzir antecipadamente, onde a produção é realizada antes de haver a necessidade do componente pelo setor seguinte, fazendo dessa forma com que o componente fique em estoque.

Para Tomioka et al. (2020) este desperdício pode favorecer o desenvolvimento de custos com transporte, maior mão de obra e estoque.

3.4.4 Estoque

Picchi (2017) retrata que o excesso de estoques ocorre quando a produção supera a demanda do cliente final ou do próximo nível na cadeia produtiva. Estoques elevados representam ineficiências no sistema e resultam em custos financeiros, já que o capital fica retido e não gera retorno.

Uma das consequências da superprodução é a ocorrência de estoques, uma vez que produtos são produzidos nem a necessidade de utilização pelo setor seguinte, elevando o *Lead Time* de produção de um componente. O aumento do *Lead Time* apresenta consequências

negativas ao processo produtivo, uma vez que um elevado tempo está diretamente relacionado a maior quantidade de dinheiro “parado” (LAMBERT, 1998).

Shingo (1996), ordena os estoques em três modelos distintos: estoque ocorrido por não haver sincronismo entre etapas de produção, onde tempos de processos não estão equilibrados; estoque por problemas como defeitos em máquinas, alterações de prioridades de produção, setup com tempos elevados, produtos com defeitos; estoque de segurança;

3.4.5 Produtos defeituosos

Lima et al. (2023) discorre que o descarte ou retrabalho de itens com defeitos podem ser provenientes de problemas de processo, matéria prima, ou operação, impactando em custos não previstos dentro do processo produtivo.

Uma das consequências das perdas por produtos defeituosos é a produção de produtos de maneira a não atender especificações de projeto. Uma das perdas que possuem maior facilidade de identificação, uma vez que o produto defeituoso será retrabalhado no setor produtivo (SHINGO, 1996).

3.4.6 Espera

A existência de um ritmo de produção maior do que o planejamento definido, pode ser o resultado de um desperdício por espera, onde a produção em excesso gera períodos de espera entre os processos produtivos. (IKARI ET AL., 2020)

Shingo (1996) e Ohno (1997) discutem que processos produtivos não balanceados podem gerar perdas no sistema enxuto, sendo o tempo de espera entre etapas um dos principais problemas.

Shingo (1996) apresenta o tempo de espera ser dividido em dois tipos: perda por espera no lote, perda por espera no processo e perda por espera do operador. A perda por espera no lote é onde as peças que estão sendo fabricadas de um determinado lote, aguardam o fim do lote para serem deslocadas ao processo posterior. Perda por espera no processo: existe espera do lote futuro a ser fabricado, enquanto o lote atual é finalizado.

3.4.7 Humano

Segundo Sharma et al. (2023) quando não há valorização das competências dos colaboradores de uma organização, o desperdício humano pode estar presente, onde utiliza-se de forma insuficiente as habilidades presentes no colaborador.

De acordo com Liker (2004), o oitavo desperdício é considerado o da criatividade dos funcionários. Ele defende que, ao deixar de envolver ou considerar os colaboradores e suas habilidades, as empresas desperdiçam tempo, ideias, competências e oportunidades para promover melhorias e aprendizado.

O sistema *Lean Manufacturing*, apresenta sete desperdícios, os quais foram mencionados acima. Porém, além destes, o desperdício humano deve ser considerado. Tendo em vista o aumento de capacitação de colaboradores, a gestão necessita analisar profissionalmente o potencial e conhecimento técnico de cada colaborador, alocando o mesmo em um ambiente em que possui maiores habilidade, otimizando desta forma a produção de determinado setor.

3.5 FORMAS DE REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS

Conforme existem materiais e métodos específicos que podem ser utilizados para a redução de desperdícios dentro de um processo produtivo, algumas maneiras serão descritas abaixo:

3.5.1 Superprodução

De acordo com Antunes (2008), equilibrar tempos de processos, para que os mesmos se tornem equivalentes e possibilitar a produção sem estoques dentre processos; reduzir tempos de setup de máquinas, de modo a possibilitar produção de lotes em menor escala, reduzindo dessa forma estoque parado.

3.5.2 Transporte

Para Antunes (2008), maneiras de reduzir o desperdício por transporte podem estar diretamente relacionadas a alterações de *layout*; otimizar métodos de transporte e analisar possíveis melhorias quanto a rotas utilizadas na fábrica;

3.5.3 Superprocessamento

Para Guinato (1996), os desperdícios relacionados ao superprocessamento podem ser reduzidos pelo motivo de que estas tarefas não impactam nas funções básicas do componente ou tarefa a ser desempenhada. Antunes (2008) sugere algumas maneiras de reduzir este tipo de desperdício, como melhorias em áreas tecnológicas de produto, processo, máquinas e matéria prima;

3.5.4 Defeitos

De acordo com Shingo (1996), os desperdícios relacionados a defeitos de componentes podem ser tratados por meio de inspeção, onde existem duas maneiras, inspeção para prevenção de defeitos, onde são verificados os problemas do processo produtivo e então realizada ação para evitar que o erro tome maiores proporções. E inspeção de localização com o objetivo de visualizar produtos não conformes após o roteiro de produção.

Para Costa Junior (2007), dispositivos que possuem a função de auxiliar na prevenção de falhas durante o processo produtivo, podem ser denominados *Poka-yoke*. O sistema permite prevenir possíveis falhas no desenvolver do processo produtivo, uma vez que o dispositivo não permite a montagem do conjunto de maneira distinta a presente em projeto;

3.5.5 Estoque

Shingo (1996), ordena os estoques em três modelos distintos: estoque ocorrido por não haver sincronismo entre etapas de produção, onde tempos de processos não estão equilibrados; estoque por problemas como defeitos em máquinas, alterações de prioridades de produção, setup com tempos elevados, produtos com defeitos; estoque de segurança;

Para Ohno (1997), o sistema *kanban* permite um maior controle do fluxo de materiais durante o processo produtivo de um conjunto. A ferramenta permite reduzir o estoque, uma vez que os componentes só serão puxados no momento em que houver necessidade, a qual é identificada através da utilização dos cartões *Kanban*.

3.5.6 Movimentação

Para Shingo (1996), desperdícios por movimentação possuem maior dificuldade de visualização por não haver padrão estabelecido, onde, a implementação do padrão auxilia a constância do padrão.

Antunes (2008), considera que a criação de padrões operacionais pode tornar a operação mais eficiente, reduzindo a movimentação realizada pelos colaboradores em uma manufatura.

Shingo (1996), apresenta o método que depois da eliminação de desperdícios relacionados a movimentação e alinhamento de itens, se faz possível a utilização da mecanização de processos com o objetivo de elevar a eficiência do mesmo.

3.5.7 Espera

De acordo com Antunes (2008), existem formas de reduzir o desperdício por espera, como por exemplo por meio de sistemas de troca rápida de ferramentas, manutenção produtiva total, de maneira que o sistema apresente menos manutenções, maneiras de sincronizar a produção como por exemplo cartões *kanban*, que sinalizam a necessidade de reposição de componentes.

O sistema de Troca Rápida de Ferramentas, possibilita um menor tempo de setup/preparação de máquinas durante o período de início de lote, reduzindo desta maneira o tempo ocioso da máquina, aumentando assim a capacidade produtiva. Segundo Shingo (1996), esta ferramenta permite um aumento nas taxas de utilização, uma vez que a máquina estará disponível mais tempo.

3.6 Arranjo físico (*layout*)

O arranjo físico, *layout*, diz respeito a todo processo de organização de máquinas, dispositivos e objetos necessários para determinada ação, dentro de um espaço delimitado. No projeto de *layout*, são observados fluxos de materiais, com o objetivo de reduzir movimentação otimizando desta maneira o processo de fabricação. (SILVA E RENTES, 2012)

Para Francis e White (1974) dialogam que alguns dos principais objetivos para otimização de *layout* em uma indústria são redução do tempo de produção total; otimização de espaço físico e do processo de manufatura; aumento de segurança e ergonomia para colaboradores;

Segundo Tompkins (2003), existem dois meios para desenvolvimento de *layouts*: construção de novos modelos, onde é realizado o estudo e desenvolvimento completo de um *layout* de fabricação ou ou melhorias de modelos já implementados, onde a partir de estudo do fluxo atual, sugere-se melhorias para redução de movimentação e transporte com o objetivo de otimização do processo produtivo.

Para Moreira (2000), existem três modelos de arranjos físicos, os quais podem ser: de arranjo físico de posição, onde não existe movimentação do produto entre as máquinas produtoras, arranjo por processo, onde etapas de fabricação e máquinas que possuem mesma função ficam próximas umas das outras e arranjo físico por produto, onde cada setor da empresa possui como função desenvolver uma parte do produto, objetivando desta maneira um fluxo contínuo.

3.7 FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE PROCESSO

3.7.1 Diagrama de espaguete

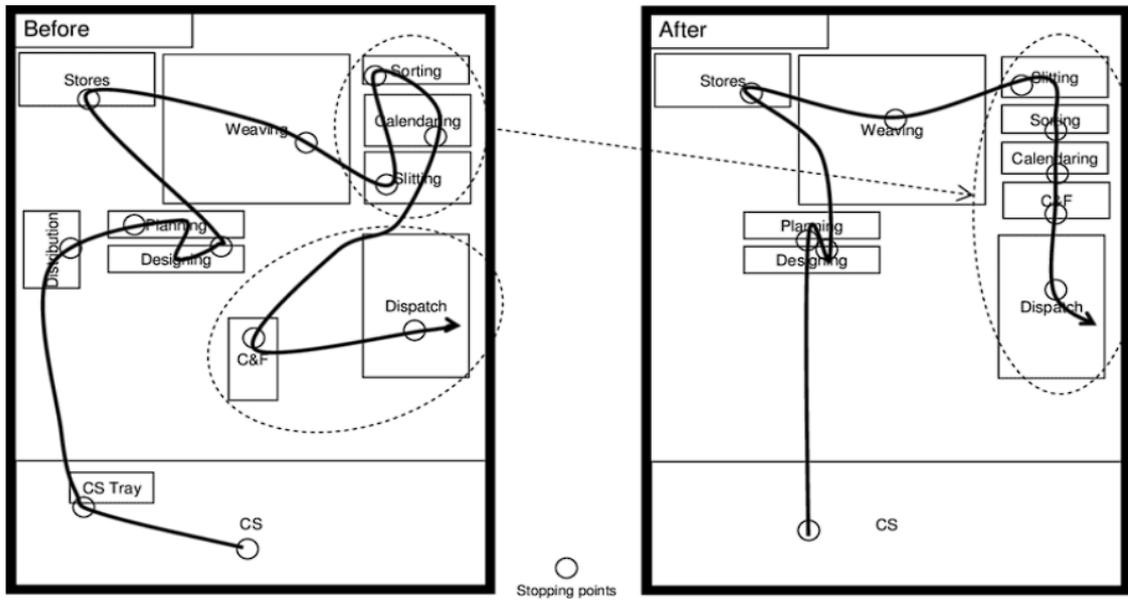
O diagrama de espaguete, auxilia no projeto de *layout* ideal para necessidade do setor. Através do mesmo, é possível observar o caminho percorrido por um determinado material ou pessoa durante seu processo de fabricação. Através deste, é possível visualizar de maneira mais clara oportunidades de melhoria.

A circulação desnecessária aumenta as perdas por movimentação em um processo produtivo, sendo um dos principais motivos o alocamento inadequado de componentes no espaço físico de *layout* fabril. (LIKER; HILL, 2004).

Além disso, o mapa físico e com caminho traçado real permite observar tempos utilizados em movimentação excessiva, avaliando processos que agregam ou não, valor ou produto uma vez.

Através da imagem demonstrada em seguida, é possível observar o diagrama de espaguete, onde na primeira imagem visualiza-se o *layout* primário, com maior movimentação de fluxo. Na imagem ao lado direito, visualiza-se o modelo posterior, onde é possível observar-se a otimização da disposição dos setores, reduzindo desta maneira a movimentação dentro do setor.

Figura 11: Diagrama de espaguete



Fonte: Voitto (2024)

Segundo Deguirmendjian (2016), algumas etapas podem ser seguidas para a otimização de *layout's* de produção: identificar *layout* do setor que será otimizado • realizar o esboço do modelo atual do *layout* • coletar dados de movimentação dentro deste espaço • analisar dados, identificando movimentações excessivas ou não necessárias; sugerir novo *layout* de posicionamento, aproximando etapas, reduzindo deslocamentos desnecessários, otimizando desta maneira ciclo produtivo.

3.7.2 Cronoanálise

Etapas de cronoanálise são desenvolvidas para realização da mensuração real do processo de produção de um determinado componente. São considerados todos os processos desenvolvidos pelo operador, processos que agregam e não agregam valor ao produto, assim como movimentação.

O estudo de tempos a partir da cronoanálise é uma maneira de medir e controlar e demonstrar estatisticamente a tarefa a ser realizada, calculando o tempo. Esses tempos são estudados e cronometrados a fim de eliminar ociosidades, racionalizando ainda fadigas dos operadores, pois suprindo essas falhas a produção será otimizada. (PEINADO e GRAEML, 2007).

De acordo com Slack (2009), o estudo de tempos é uma técnica de medida do trabalho que visa registrar os tempos e o ritmo da atividade exercida para os elementos de uma tarefa

especializada, na qual é realizada sob condições especificadas, e para análise dos dados de forma a estimar o tempo necessário para realização do trabalho com um nível definido de desempenho.

3.7.3 Folha de processos (FEP)

Segundo Bonesi-de-Luca et al. (2024) o desenvolvimento de folha de processos e trabalhos padronizados auxilia para que os desenvolvimentos das etapas de fabricação de um determinado componente sejam constantes.

Para Almeida (2009), a folha de estudo de processos, figura 12, possui o objetivo de otimizar o registro de dados obtidos durante etapas de fabricação, apresentando os mesmos de maneira que sua interpretação possa ser facilitada. Auxilia também no estudo, análise crítica e visibilidade da possibilidade de melhorias e padronização de atividades desenvolvidas em um processo fabril.

Conforme Almeida (2009), a padronização dos processos é um dos benefícios que podem ser resultantes da utilização da folha de processos. Entregando, desta maneira produtos sempre com o mesmo padrão de qualidade. Oliveira e Figueiredo (2018) descrevem que com a possibilidade de reduzir possíveis variações de processo através da padronização, é possível manter maior qualidade de produção.

Figura 12: Folha de estudo de processos

Folha de Processo					Célula:	Cartuchos 03
Produto: Cartucho Present MC 5x5x3					Revisão:	0
Tempo Padrão: 181,63 seg			Meta de produção/Hora: 75		Data:	2/6/2008
Posto	Atividades	Tempo Padrão	Componente	Equipamento	Ferramenta/ Dispositivo	Controle de Qualidade
1	Posicionar papel na mesa para aplicar cola no tampo	3,80	Forração tampo			
	Aplicar cola no papel de forração do tampo	5,25		Pistola de cola		Aplicar cola de forma uniforme e cobrir os cantos
	Posicionar cartucho sobre revestimento do tampo	6,44	Cartucho			Esquadrejamento do fundo no revestimento
	Colocar na esteira	1,98				
	Posicionar papel na mesa para aplicar cola no fundo	3,80	Forração fundo			
	Aplicar cola no papel de forração do fundo	5,25		Pistola de cola		Aplicar cola de forma uniforme e cobrir os cantos
	Posicionar cartucho sobre revestimento do fundo	6,44	Cartucho			Esquadrejamento do fundo no revestimento
	Colocar na esteira	1,98				
		34,94				
2	Dobrar laterais do papel montando o tampo	41,29			Osso	Imperfeições no revestimento e rebarbas
		41,29				
3	Dobrar laterais do papel montando o fundo	41,29			Osso	Imperfeições no revestimento e rebarbas
		41,29				
4	Posicionar fundinho do tampo na mesa para aplicar cola	2,08	Forro interno tampo			
	Aplicar cola no fundinho do tampo	3,27	Forro interno tampo	Pistola de cola		Aplicar cola de forma uniforme e cobrir os cantos
	Colar forro interno no tampo	9,97			Osso	
	Posicionar fundinho do fundo na mesa para aplicar cola	2,08	Forro interno fundo			
	Aplicar cola no fundinho do fundo	3,27	Forro interno fundo	Pistola de cola		Aplicar cola de forma uniforme e cobrir os cantos
	Colar forro interno no fundo	9,97			Osso	
		30,64				
5	Revisão interna e externa tampo, retirada de poeira e colocar na caixa	16,73			Pincel	Excesso ou falta de cola e imperfeições na forração
	Revisão interna e externa fundo, retirada de poeira e colocar na caixa	16,73			Pincel	Excesso ou falta de cola e imperfeições na forração
		33,46				

Fonte: Almeida (2009)

4. METODOLOGIA

4.1 IDENTIFICAÇÃO DO FLUXO DE MATERIAIS

Inicialmente, definiu-se o componente a ser analisado no estudo. O item selecionado foi o conjunto rolo com navalhas do produto Katrina F5, demonstrado na figura 13, máquina fabricada pela Indutar Tecno Metal. A escolha desse componente se justifica pelo fato do produto Rolo Faca Katrina ser atualmente o produto mais vendido da empresa, além de sua configuração, que inclui a disposição do conjunto rolo em três pontos distintos no chassi.

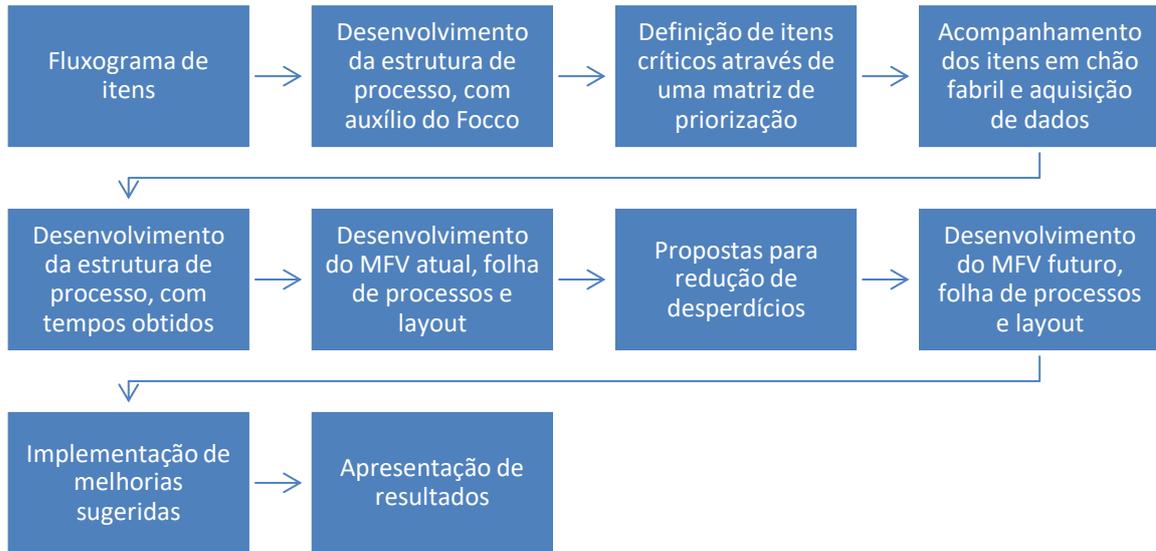
Figura 13: Rolo Katrina F5



Fonte: Indutar (2024)

O desenvolvimento do trabalho baseou-se nas etapas de atividades descritas no fluxograma demonstrado na figura 14.

Figura 14: Fluxograma de itens



Fonte: Autor (2024)

Na tabela 1, é apresentada uma tabela com denominação de componentes necessários para fabricação do conjunto. Além disso, para facilitar a visualização da estrutura física, elaborou-se um fluxograma (figura 15) contendo todos os componentes e etapas de fabricação, devidamente organizados por processos e pré-conjuntos. Essa representação proporciona uma compreensão mais clara e detalhada da manufatura envolvida no processo produtivo.

Está descrito o fluxograma do conjunto estudado, na primeira linha do fluxograma, está ilustrado o conjunto “final”, conjunto este montado com todos os componentes presentes na linha dois e abaixo, seu conjunto antecessor.

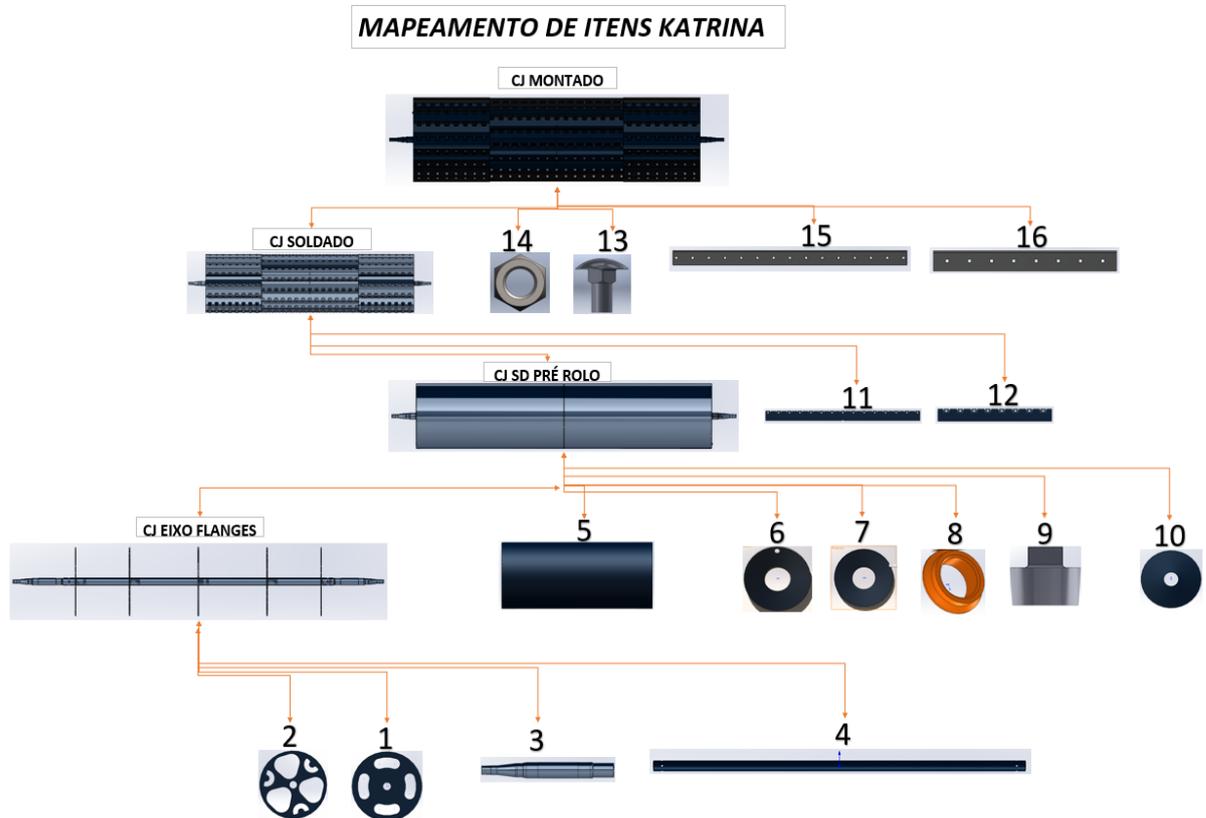
Tabela 1: Denominação de componentes

Numeração	Componente	Denominação
1	I1712100498	PE. FLANGE INTERNA 2
2	I1712100497	PE. FLANGE INTERNA 1
3	I1712100540	PE. PONTA DE EIXO
4	I1712100326	PE. TUBO INTERNO ALINHAMENTO
5	I1712100629	PE. ROLO CALANDRADO
6	I1712100499	PE. TAMPA LATERAL 2
7	I1712100500	PE. TAMPA LATERAL 1
8	I1712021108	PE. LUVA
9	71020104	PE. BUJÃO

10	I1712100191	PE. FLANGE MENOR
11	I1712100407	PE. SUPORTE NAVALHA 2
12	I1712100406	PE. SUPORTE NAVALHA 1
13	21010417	PARAFUSO FRANCÊS
14	21010418	PORCA
15	I1712100154	PE. NAVALHA 1
16	I1712100153	PE. NAVALHA 2

Fonte: Autor (2024)

Figura 15: Fluxograma do conjunto estudado



Fonte: Autor (2024)

4.2 CRITICIDADE DE ITENS

Após o mapeamento das etapas produtivas dos componentes, foi realizada uma análise para identificar quais seriam os componentes críticos a serem monitorados em relação ao *lead*

time. Para isso, utilizou-se uma matriz de priorização, na qual os componentes foram classificados com pontuação final.

Para a tabela de criticidade foi realizada a consulta do relatório de custos dos 16 itens. Com o objetivo de preservar a confidencialidade dos custos de fabricação, adotou-se a utilização da fórmula apresentada abaixo, para calcular a porcentagem que cada item ocupa no valor final do conjunto soldado, verificando dessa forma sua importância relacionada ao custo.

$$\text{Custo em porcentagem} = \frac{\text{custo do item} * 100}{\text{valor total do conjunto}}$$

Os pesos foram estabelecidos considerando os seguintes critérios: Custo relativo, que analisa o custo total de fabricação ao longo de todo o processo produtivo de um item e o compara com o custo do conjunto final; Tempo de ciclo, que considera o tempo necessário para completar o processo produtivo de um item em uma determinada etapa de fabricação.

Para obter os dados relacionados ao custo do componente, foi utilizado o sistema Focco, por meio da ferramenta de relatório de custos, que forneceu o valor necessário para a fabricação do item. Da mesma forma, o levantamento dos tempos de ciclo foi realizado no mesmo sistema, utilizando os dados presentes no roteiro de produção do componente, os quais são aferidos com frequência por meio de cronoanálises de processos.

4.3 MÉTODO UTILIZADO E COLETA DE DADOS

Com base nos códigos dos componentes, foi realizada uma análise dos processos necessários para a fabricação dos itens que compõem o conjunto rolo. Para o estudo e mapeamento de todas as etapas envolvidas na produção do componente final, utilizou-se o software Focco, que forneceu o todo o roteiro de fabricação dos dezesseis componentes constituintes, conforme figura 16.

Figura 16: Roteiros de fabricação

Empresa* 1 INDUTAR TECNO METAL LTDA

Consulta de Roteiro de Fabricação

Item* 11712100540 Q FE. PONTA DE EIXO KATRINA (11712100540) UN Tipo* Item

Alternativo* Padrão

Roteiro de Fabricação

Seq	Operação	Centro de Trabalho	Tempo Cor.	Qtde. Homens	Origem	Data Inicio	Data Fir
10	CURTAR I	3001 SERRA	144		Normal	17/04/2019	31/1
20	525 SEPARAR PEÇAS	3180 SEPARACAO CNC			Normal	09/05/2019	31/1
30	60 USINAR I	3188 CÉLULA ROBO DE USINAC	429		Normal	03/07/2016	31/1
40	61 USINAR II	3188 CÉLULA ROBO DE USINAC	300		Normal	16/08/2020	31/1
50	180 ESTOCAR	3042 ESTOQUE SÓLDA			Normal	03/07/2016	31/1

Item FE. PONTA DE EIXO KATRINA (11712100540)

Fórmula

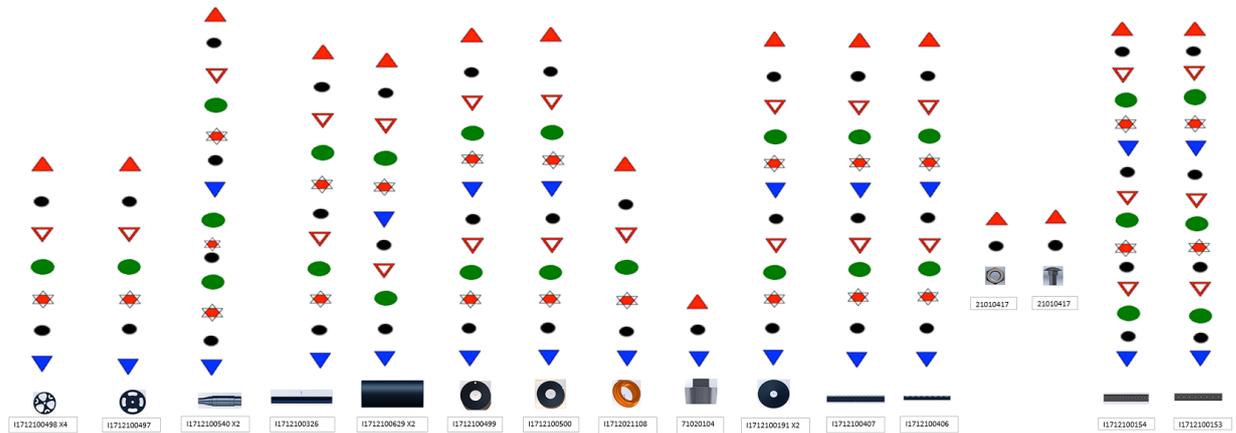
Operação Fornecedor Configurador Recursos Consumo Inspeção Dados Especiais Custos

Operação Alt. Ver Desenho

Fonte: Autor (2024)

A partir dos dados levantados sobre todas as etapas necessárias para a fabricação dos componentes, foi elaborado um fluxograma de processo com o suporte da ferramenta demonstrada por Shingo (1996), conforme apresentado a seguir:

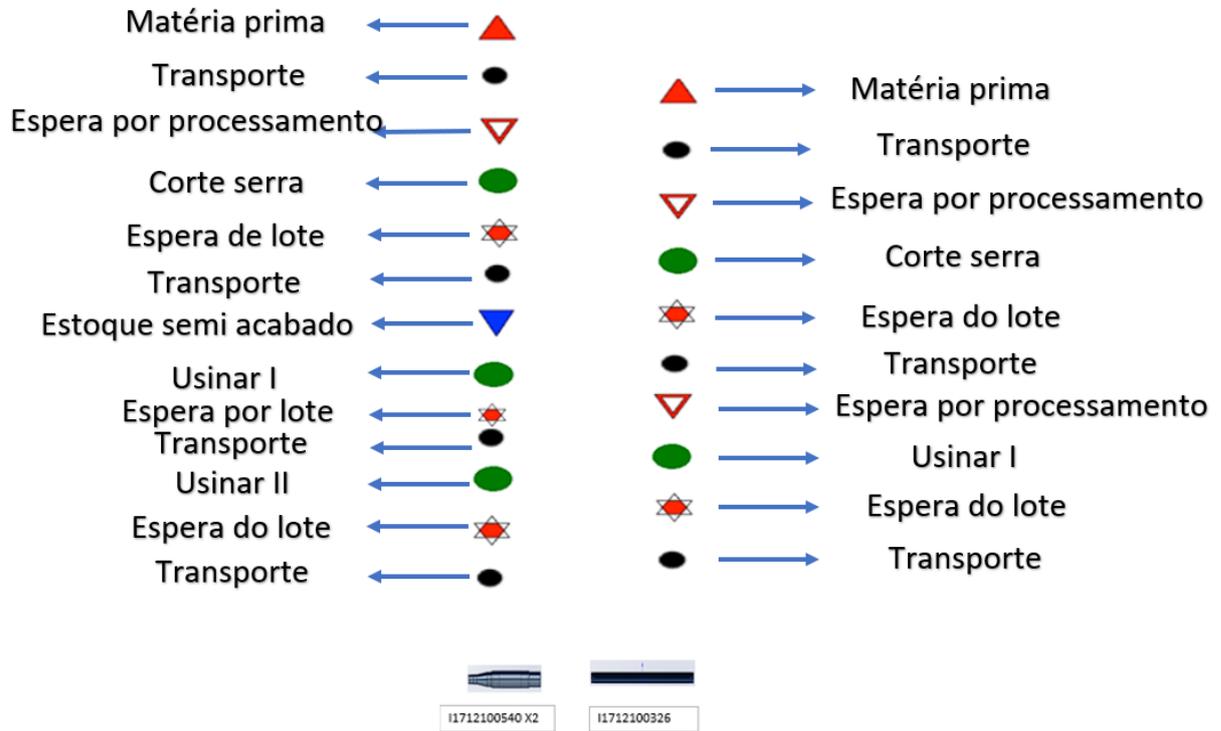
Figura 17: Estrutura de processo



Fonte: Autor (2024)

Cada símbolo verde presente na imagem, corresponde a um determinado tipo de processo de fabricação. Na figura 18, estão descritos os processos de forma detalhada, necessários para manufaturar os itens utilizados no mapeamento de fluxo de valor.

Figura 18: Estrutura de processo detalhada



Fonte: Autor (2024)

A coleta de dados foi realizada manualmente no *Gemba* (local onde tudo acontece, conforme descrito por Shingo (1996)). Para facilitar a identificação dos componentes ao longo do fluxo da fabricação, utilizou-se tinta laranja para marcá-los.

Essa marcação tem como objetivo tornar mais simples a visualização e o acompanhamento do componente durante todo o processo produtivo, diretamente no chão de fábrica. Nas imagens a seguir, são apresentadas as ordens de fabricação referentes a ponta de eixo katrina e ao item tubo interno katrina, utilizadas para monitorar o conjunto rolo desde o início do processo, conforme definição na matriz de criticidade anteriormente.

Também são apresentadas as ordens de fabricação dos itens que foram acompanhados no início do processo produtivo. Constatou-se que a ordem de fabricação do componente I1712100540 prevê a produção de 120 peças, enquanto a do item I1712100326 solicita a fabricação de 6 peças.

A seguir, são apresentados os componentes I1712100540 após passarem pelo processo de corte serra, aguardando a etapa de usinar I e usinar II.

Figura 19: Componente I1712100540



Fonte: Autor (2024)

Nas imagens abaixo, são apresentados os componentes I1712100326 após passarem pelo processo de corte serra, aguardando a etapa de usarinar I.

Figura 20: Componente I1712100326



Fonte: Autor (2024)

Após a conclusão dos processos de usinagem, os itens foram encaminhados para a etapa seguinte, que envolve a solda provisória (vulgo ponteamento) e a soldagem do conjunto. Nas imagens 21 e 22, demonstra-se o acompanhamento, diretamente no gembá, das etapas subsequentes do conjunto soldado: estanqueidade, jateamento, pintura e montagem final.

Figura 21: Conjunto demarcado após solda e jateamento



Fonte: Autor (2024)

Figura 22: Conjunto demarcado após pintura



Fonte: Autor (2024)

4.4 FOLHA DE ESTUDO DE PROCESSOS

A folha de estudo de processos (FEP) foi utilizada como ferramenta principal para documentar e analisar as atividades realizadas nas diferentes etapas produtivas. Essa análise incluiu a cronoanálise, com medições dos tempos de execução de cada etapa do processo. Foram avaliadas tanto as atividades operacionais quanto as movimentações realizadas pelos operadores, permitindo identificar tempos improdutivos e pontos de melhoria.

Para atividades com medições de tempo, foram realizadas 3 amostras de cada etapa de processo a ser descrita na FEP, posteriormente realizada a média de tempos.

Os dados registrados na folha incluíram: tempos de ciclo de cada etapa, identificando os processos que agregam valor e os que geram desperdício; movimentação dos operadores, mensurando distâncias percorridas e o tempo gasto em movimentações desnecessárias; tempos de espera, coletados para avaliar interrupções no fluxo produtivo.

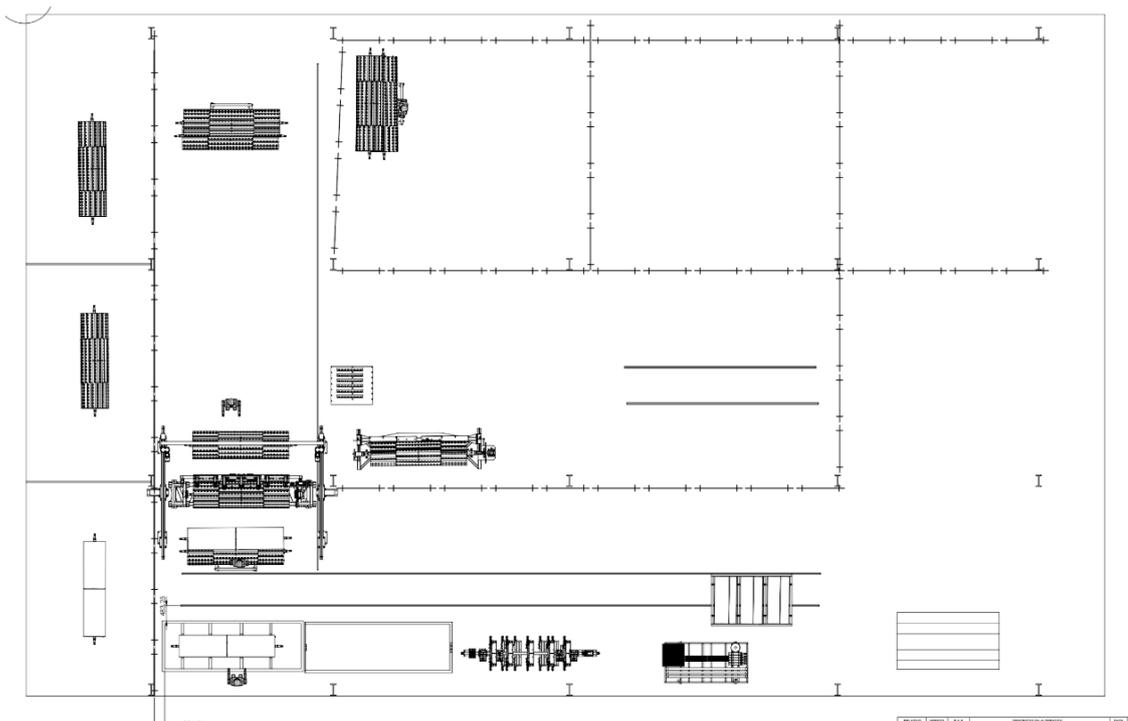
Essa abordagem permitiu uma melhor compreensão do processo atual, servindo como base para as alterações propostas no estado futuro.

4.5 ANÁLISE DE *LAYOUT*

A análise do *layout* atual foi realizada por meio do diagrama de espaguete, uma ferramenta que permite mapear as rotas percorridas pelos operadores e componentes dentro do chão de fábrica. As movimentações foram registradas em planta baixa, possibilitando a visualização de deslocamentos excessivos e desperdícios de movimentação.

Para o redesenho do *layout* futuro, foi utilizado o software SolidWorks, conforme figura 23, que permitiu a criação de uma representação tridimensional do ambiente fabril. Essa ferramenta auxiliou na otimização do espaço e na reorganização dos postos de trabalho, com o objetivo de reduzir movimentação desnecessária diminuindo as distâncias percorridas pelos operadores.

Figura 23: Projeto de layout com SolidWorks



Fonte: Autor (2024)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 MATRIZ DE PRIORIDADE

A elaboração da matriz de prioridade facilita a interpretação dos itens mais críticos, baseando-se nos dados dos produtos.

Para a tabela de criticidade (tabela 2) foi realizada a consulta do relatório de custos dos 16 itens. Com o objetivo de preservar a confidencialidade dos custos de fabricação, adotou-se a utilização da fórmula apresentada abaixo, para calcular a porcentagem que cada item ocupa no valor final do conjunto soldado, verificando dessa forma sua importância relacionada ao custo.

$$\text{Custo em porcentagem} = \frac{\text{custo do item} * 100}{\text{valor total do conjunto}}$$

Tabela 2: Prioridade de itens

Componente	Custo relativo % em R\$	Tempo de Ciclo (segundos)	Pontuação Total
I1712100498	3,63	141	144,63
I1712100497	7,64	202	209,64
I1712100540	15,28	873	888,28
I1712100326	13,31	257	270,31
I1712100629	35,39	473	508,39
I1712100499	5,33	99	104,33
I1712100500	5,34	95	100,34
I1712021108	0,83	150	150,83
71020104	0,76	0	0,76
I1712100191	1,64	83	84,64
I1712100407	3,57	125	128,57
I1712100406	2,10	106	108,1
21010417	0,04	0	0,04
21010418	0,04	0	0,04
I1712100154	1,94	236	237,94
I1712100153	3,17	255	258,17

Fonte: Autor (2024)

Após, realizou-se a soma dos valores, identificando que os componentes críticos para análise e acompanhamento prático foram os de código I1712100540 e I1712100326. Já o componente I1712100629 não foi incluído na análise, pois é adquirido diretamente na dimensão correta de projeto, eliminando a necessidade do processo de corte a laser, sendo necessário apenas o processo de calandragem.

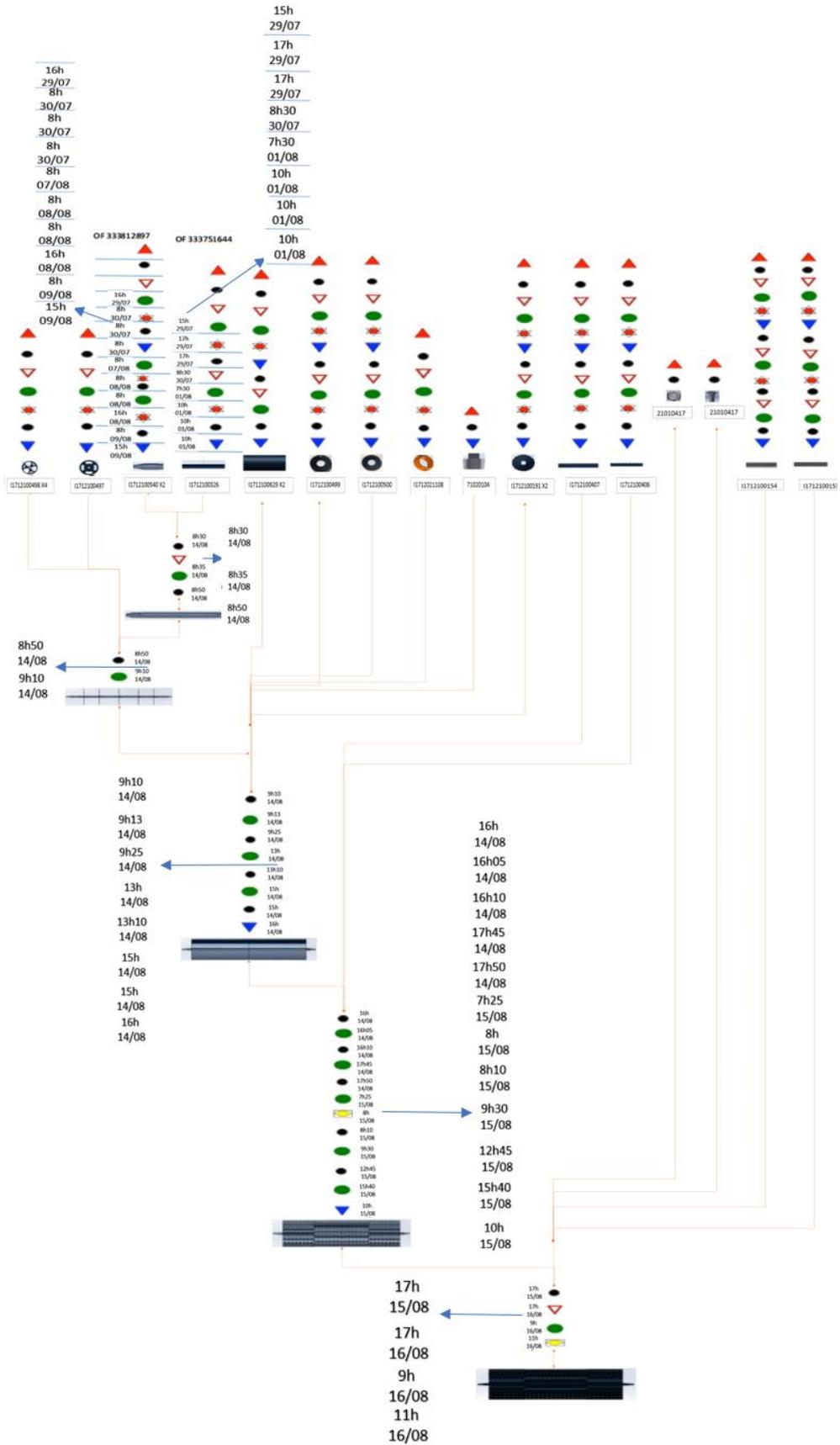
Outro fator relevante para a escolha desses componentes é que o processo de soldagem provisória do conjunto soldado se inicia com os itens I1712100540 e I1712100326. Por este motivo, eles são considerados críticos para o início da operação. Caso não estejam disponíveis no momento adequado, o risco de atrasos na entrega do conjunto soldado é maior.

5.2 ESTRUTURA DE PROCESSO E DADOS

O acompanhamento de todas as etapas de fabricação do conjunto permitiu a obtenção do *lead time* total, além dos tempos individuais correspondentes a cada etapa de produção do componente. Com base nos dados coletados diretamente no Gemba, foi elaborado a estrutura de processos de acordo com a metodologia de Shingo, apresentado a seguir, com o objetivo de possibilitar melhor visualização de oportunidades de melhoria.

As datas e horários demarcados no mapa, correspondem ao momento de início de cada processo.

Figura 24: Estrutura de processo de acordo com metodologia de Shingo



Fonte: Autor (2024)

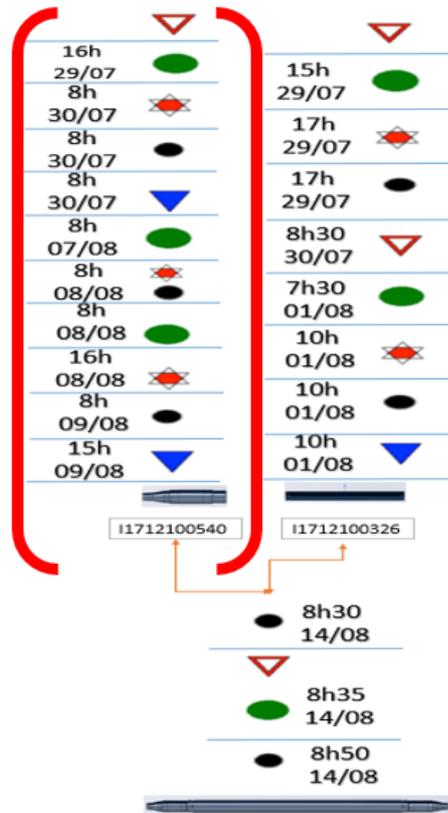
Durante o acompanhamento do processo produtivo do conjunto, foi observado que o componente I1712100540 passou pelo corte serra no dia 29/07/2024, mas o processo de usinagem foi realizado apenas no dia 07/08/2024. Isso resultou em um período ocioso de 8 dias para o componente, evidenciando um desperdício relacionado a superprodução. Verificou-se que o *lead time* do conjunto é de 17 dias.

5.3 MAPEAMENTO DO ESTADO ATUAL, FOLHA DE ESTUDO DE PROCESSOS E ANÁLISE DE *LAYOUT*

Após a construção da matriz de prioridade e o desenvolvimento da estrutura de processos, com base nos dados referentes ao *lead time*, tornou-se necessária a elaboração do mapa de fluxo de valor. Para essa etapa, foi essencial definir o caminho crítico entre os dois componentes inicialmente analisados.

O caminho crítico, demonstrado na figura 25, foi determinado pelo maior *lead time* nos processos iniciais, que vão desde o corte na serra até a usinagem. Nesse contexto, o componente que apresentou o maior *lead time* foi o I1712100540.

Figura 25: Definição do caminho crítico para desenvolver o mapa de fluxo de valor



Fonte: Autor (2024)

Realizou-se cálculo do *takt time* para facilitar a identificação de gargalos do conjunto, considerando uma demanda de 9 rolos/dia.

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível\ por\ turno}{Demanda\ do\ cliente}$$

$$Takt\ time = \frac{8,8h}{9\ rolos/dia}$$

$$Takt\ time = 0,97h\ ou\ 58,67\ minutos\ ou\ 3.520\ segundos$$

Com os dados referentes ao tempo de ciclo e *takt time* necessário para atender a produção, foi possível identificar os gargalos de produção, conforme tabela 3. Considera-se uma demanda necessária de 9 rolos. Para as etapas de corte serra, usar I, usar II, considera-se um *takt time* de 1760 segundos pelo motivo de que são necessárias 2 peças de cada etapa para a confecção de 1 rolo, logo, o *takt time* deve ser metade do tempo.

Tabela 3: *Takt time*

Setor	Tempo de ciclo (s)	Takt Time (s)	Situação
Corte Serra	144	1760	Dentro do <i>Takt Time</i>
Usinar I	429	1760	Dentro do <i>Takt Time</i>
Usinar II	300	1760	Dentro do <i>Takt Time</i>
Pontear I	3000	3520	Dentro do <i>Takt Time</i>
Soldar I	3000	3520	Dentro do <i>Takt Time</i>
Estanqueidade I	1200	3520	Dentro do <i>Takt Time</i>
Pontear II	5400	3520	Fora do <i>Takt Time</i>
Soldar II	14292	3520	Fora do <i>Takt Time</i>
Estanqueidade II	3600	3520	Fora do <i>Takt Time</i>
Jato	260	3520	Dentro do <i>Takt Time</i>
Pintura	1800	3520	Dentro do <i>Takt Time</i>
Montagem	3600	3520	Fora do <i>Takt Time</i>

Fonte: Autor (2024)

Através da verificação de gargalos, realizou-se análises mais detalhadas nos espaços de *layout* dos setores de solda e montagem, com o objetivo de reduzir desperdícios e otimizar a produtividade.

Dessa forma, se faz necessário um conjunto final montado a cada 58,67 minutos para atender a demanda diária. Abaixo, está descrito o mapa de fluxo de valor atual, foram utilizados os dados obtidos anteriormente para a confecção do mesmo.

Utilizando os dados obtidos a partir do mapeamento de processo descrito por Shingo, foi elaborado o mapa de fluxo de valor atual, apresentado na figura 26 e 27. Neste mapeamento, é possível identificar um tempo de espera de aproximadamente 8 dias entre as etapas de corte serra e usinar I.

Devido à ausência de ferramentas de medição da eficiência global dos equipamentos (OEE) na empresa analisada, este estudo assume que os processos operam com 100% de disponibilidade. Essa simplificação visa facilitar a análise, mas reconhece-se que, na prática, interrupções e perdas podem reduzir a capacidade produtiva. Recomenda-se, em estudos futuros, a implementação de medições de disponibilidade para maior precisão na análise.

Figura 26: Mapa de fluxo de valor do estado atual

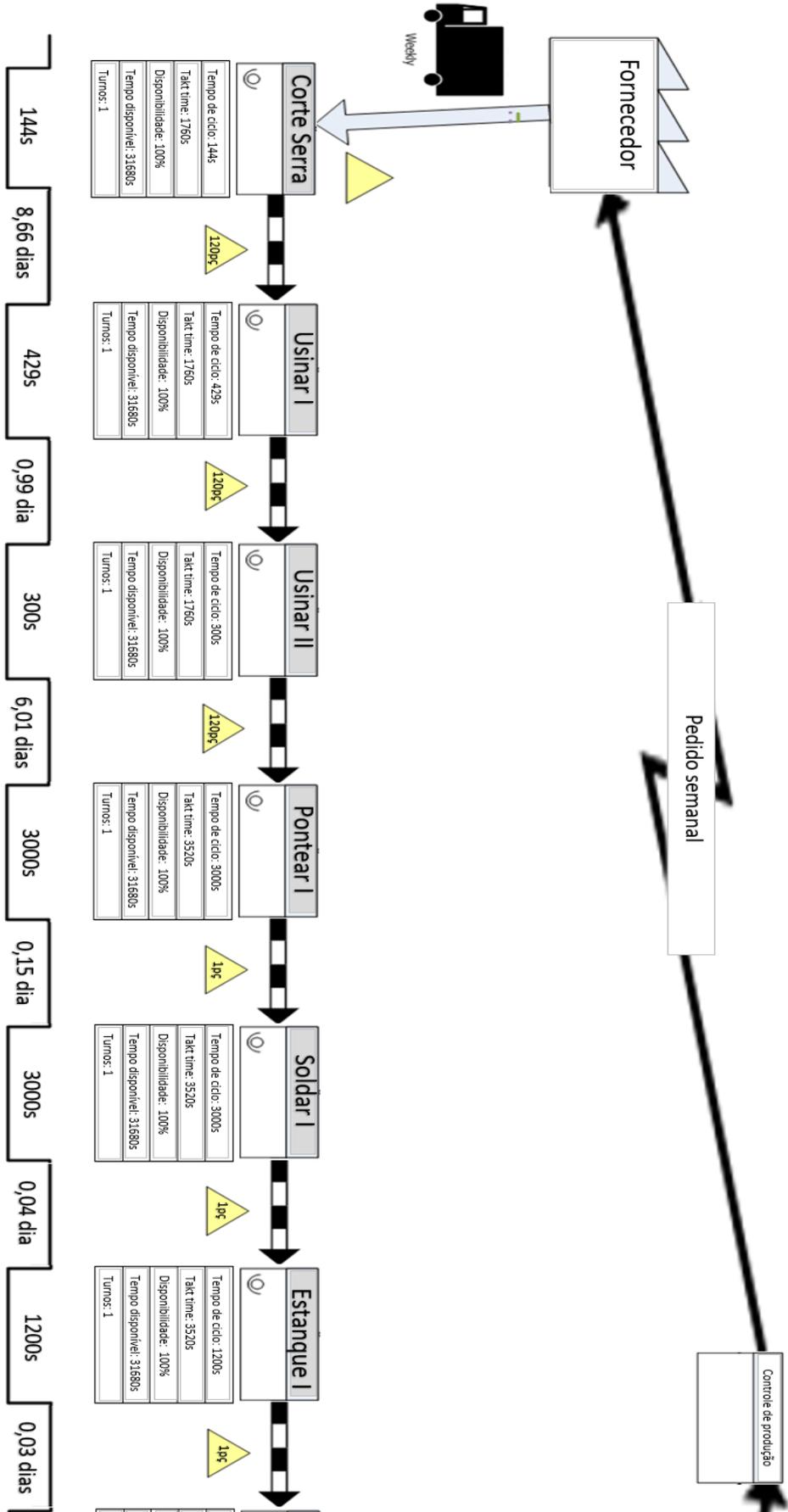
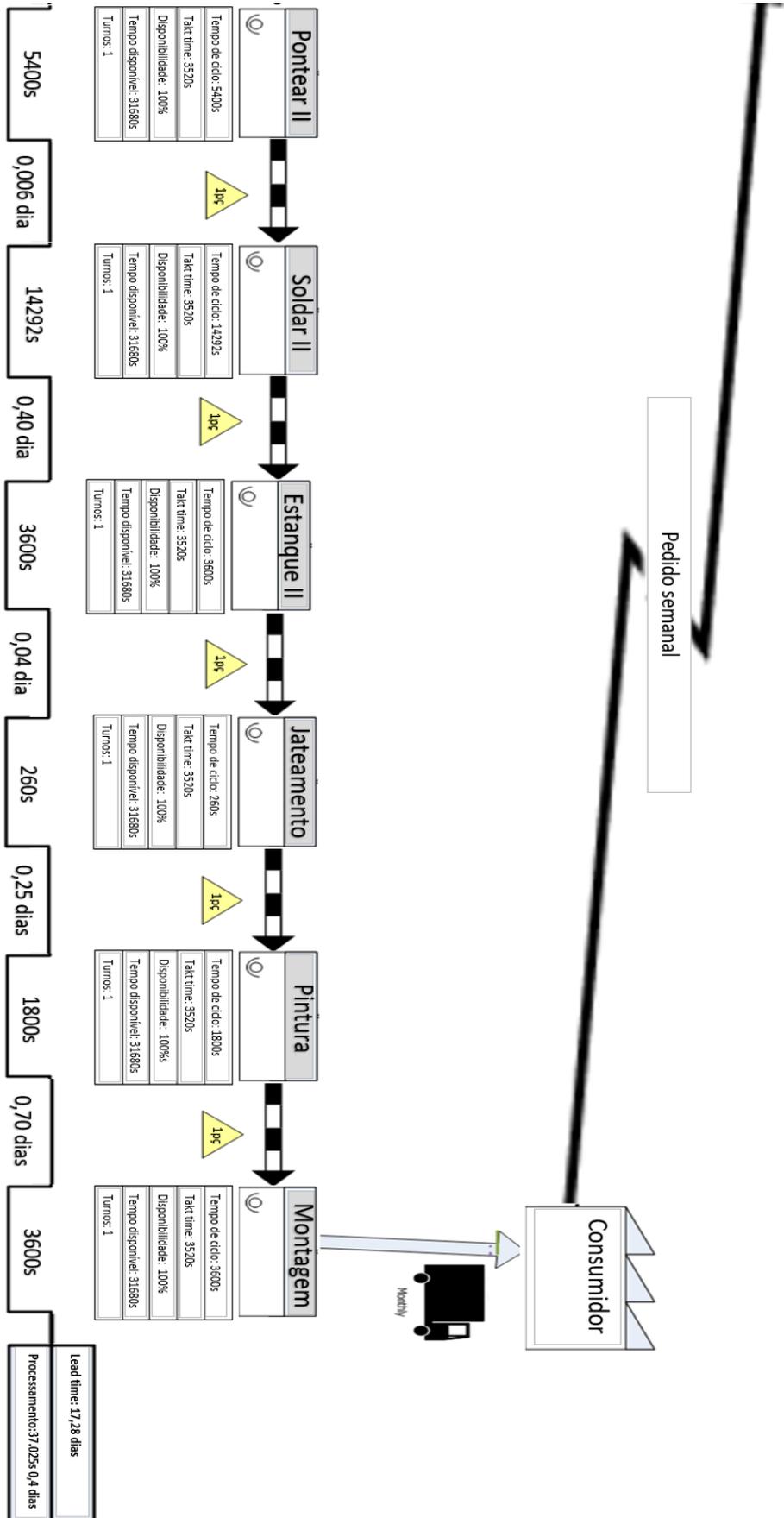


Figura 27: Continuação do mapa de fluxo de valor do estado atual



Durante o estudo de mapeamento, e acompanhamento dos processos de pontear e soldar, identificou-se a necessidade de uma análise maior no setor de solda robótica. Nesse ambiente de trabalho, o conjunto soldado rolo passa por 7 processos de fabricação, que incluem:

- Pontear I;
- Soldar I;
- Estanqueidade I;
- Pontear II;
- Soldar II;
- Estanqueidade II;
- Inspeção Qualidade;

Desse modo, foi realizado um estudo de *layout* utilizando a ferramenta Folha de Estudo de Processos, conforme ilustrado na imagem abaixo. O acompanhamento incluiu desde o início do processo de soldagem do conjunto soldado até a etapa final, em que o mesmo passa pelo processo de inspeção.

A descrição das atividades (figura 28) realizadas foi obtida por meio da observação direta da movimentação do soldador. Para registrar os tempos de processo, utilizou-se um cronômetro, permitindo determinar o tempo necessário para a execução de cada etapa de fabricação, conforme demonstrado na figura abaixo.

Figura 28: Folha estudo processos - solda robô

Etapas do Processo	OPERADOR:		Agrega valor (S/N)
	Elemento de trabalho com a descrição da atividade	TEMPO (minutos)	
1	Movimentar eixo e tubo interno	02:15	NÃO
2	Pontear eixo e tubo interno	05:10	
3	Movimentar flanges internas	04:50	NÃO
4	Posicionar flanges internas no DS	03:15	NÃO
5	Posicionar eixo e tubo interno no DS flanges	04:15	NÃO
6	Movimentar calandrado	03:20	NÃO
7	Movimentar conjunto eixo e flanges com ponteiras para DS calandrado	02:27	NÃO
8	Posicionar conjunto eixo flanges	05:32	NÃO
9	Movimentar CJ Ponteado pré rolo	03:20	NÃO
10	Soldar CJ Soldado pré rolo	00:42:00	SIM
11	Movimentar CJ SD pré rolo para aletar	05:20	NÃO
12	Aletar Rolo	1:10:00	SIM
13	Movimentar CJ rolo aletado para célula	04:12	NÃO
14	Soldar CJ aletado solda robô	03:36:00	SIM
15	Movimentar CJ SD para cavaletes de revisão	04:27	NÃO
16	Movimentar CJ SD para cavaletes de inspeção	03:30	NÃO
17	Inspecionar rolos em cavaletes	08:10	NÃO
18	Movimentar rolos de cavaletes para carros de transporte rolo	04:25	NÃO

Fonte: Autor (2024)

Após a elaboração da Folha de Estudo de Processos (FEP), foi realizada uma análise de todos os procedimentos envolvidos na fabricação do componente, classificando as etapas em tarefas que agregam valor e aquelas que não agregam. Com o auxílio da ferramenta, foi possível identificar um deslocamento significativo entre as etapas de fabricação do componente.

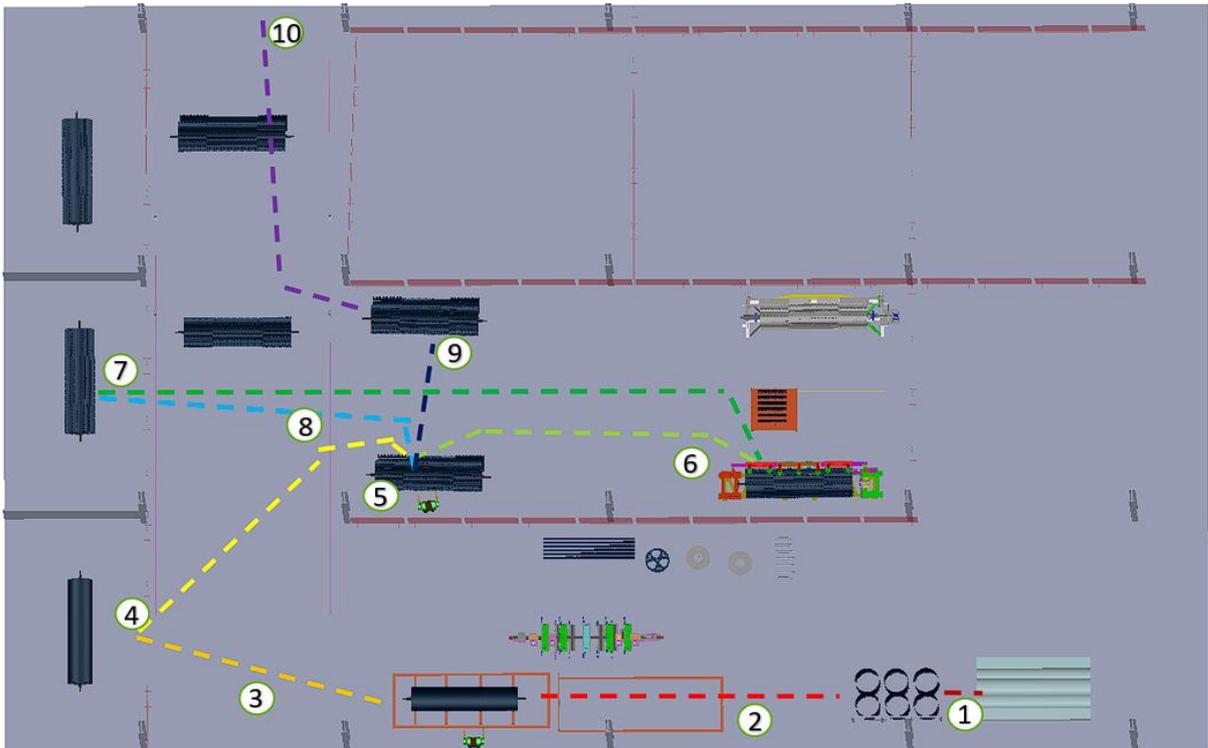
Foi identificado um contrafluxo no setor de solda robô, causado pelo deslocamento excessivo do componente, o que gera desperdício de movimentação. Durante o processamento do conjunto, o operador precisa se deslocar repetidamente, com o conjunto içado, para executar todas as etapas do processo.

O modelo atual de *layout* em processo funciona da seguinte maneira:

- Etapa 1: Saída de rolos da calandra;
- Etapa 2: Movimentação de rolos calandrados para a etapa de pontear I;
- Etapa 3: Movimentação de conjunto ponteados para a soldagem robótica I;
- Etapa 4: Soldagem do conjunto inicial;
- Etapa 5: Movimentação do conjunto soldado para a etapa de estanqueidade I;
- Etapa 6: Movimentação para a etapa de pontear II;
- Etapa 7: Movimentação para a etapa de soldar II;
- Etapa 8: Movimentação para a etapa de revisar II;
- Etapa 9: Movimentação para a etapa de inspeção da qualidade;
- Etapa 10: Saída para a etapa de jateamento.

O *layout* de modelo anterior está demonstrado abaixo (figura 29). As diferentes cores presentes nas etapas demonstradas das linhas de movimentação possuem apenas função de facilitar a identificação visual do componente no decorrer do processo.

Figura 29: Layout anterior do setor solda robô



Fonte: Autor (2024)

Além do estudo realizado no setor de solda robótica, a Folha de Estudo de Processos (FEP) foi aplicada também no acompanhamento direto no setor de montagem do conjunto final. Conforme imagem abaixo.

Figura 30: Folha de processos setor montagem

Etapas do Processo	OPERADOR:		Agrega valor (S/N)
	Elemento de trabalho com a descrição da atividade	TEMPO	
1	lçar rolo e posicionar nos cavaletes	00:02:12	NÃO
2	Posicionar navalhas	00:12:10	NÃO
3	Adicionar parafusos e porcas	00:35:50	SIM
4	Apertar parafusos	00:29:50	SIM
5	Buscar ponte	00:00:42	NÃO
6	lçar e mover rolo para carros de montagem dos cubos	00:04:45	NÃO

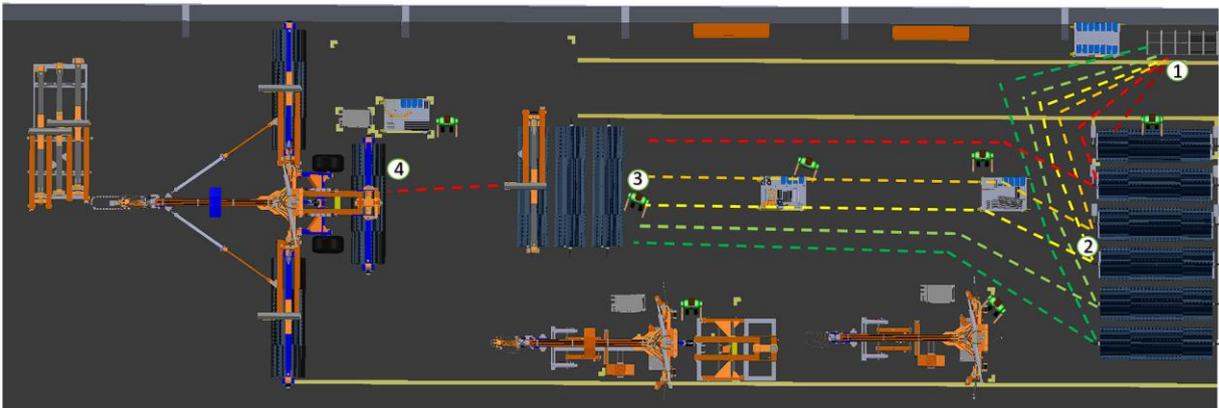
Fonte: Autor (2024)

Nesse local, foi observada uma movimentação excessiva envolvendo o içamento do conjunto soldado rolo. Para permitir o transporte até a etapa de montagem no chassi final, era necessário elevar o componente a uma altura de 2 metros, evidenciando um desperdício de movimentação.

Abaixo (figura 31) estão descritas as etapas de montagem do conjunto final. As diferentes cores presentes nas etapas demonstradas das linhas de movimentação possuem apenas função de facilitar a identificação visual do componente no decorrer do processo.

- Etapa 1: Movimentação do conjunto navalhas para o rolo;
- Etapa 2: Movimentação do conjunto rolo montado para o dispositivo de montagem cubos e posicionamento de suporte do rolo;
- Etapa 3: Montagem do conjunto cubos no rolo;
- Etapa 4: Montagem do conjunto rolo no chassi F5;

Figura 31: Layout anterior do setor de montagem



Fonte: Autor (2024)

5.4 PROPOSTAS DE REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS ENCONTRADOS

Com base nos dados obtidos a partir do mapeamento de fluxo de valor e da Folha de Estudo de Processos nos setores de solda robótica e montagem, foi realizada uma análise. A partir dessa análise, foi desenvolvida a tabela 4, que apresenta os possíveis ganhos com as alterações propostas.

Tabela 4: Análise de estado atual/futuro

PROBLEMAS	Produto parado por 8 dias, alta movimentação por <i>layout</i> não eficiente nos setores de solda robô e montagem
DESPERDÍCIOS	Superprodução, estoque, movimentação excessiva
PROPOSTA DE SOLUÇÃO	Alteração de <i>layout</i> nos setores de solda robô e montagem, aplicação de cartões Kanban,
POSSÍVEIS GANHOS	Eliminação de movimentação desnecessária, redução de <i>Lead Time</i> , maior segurança para operação

Fonte: Autor (2024)

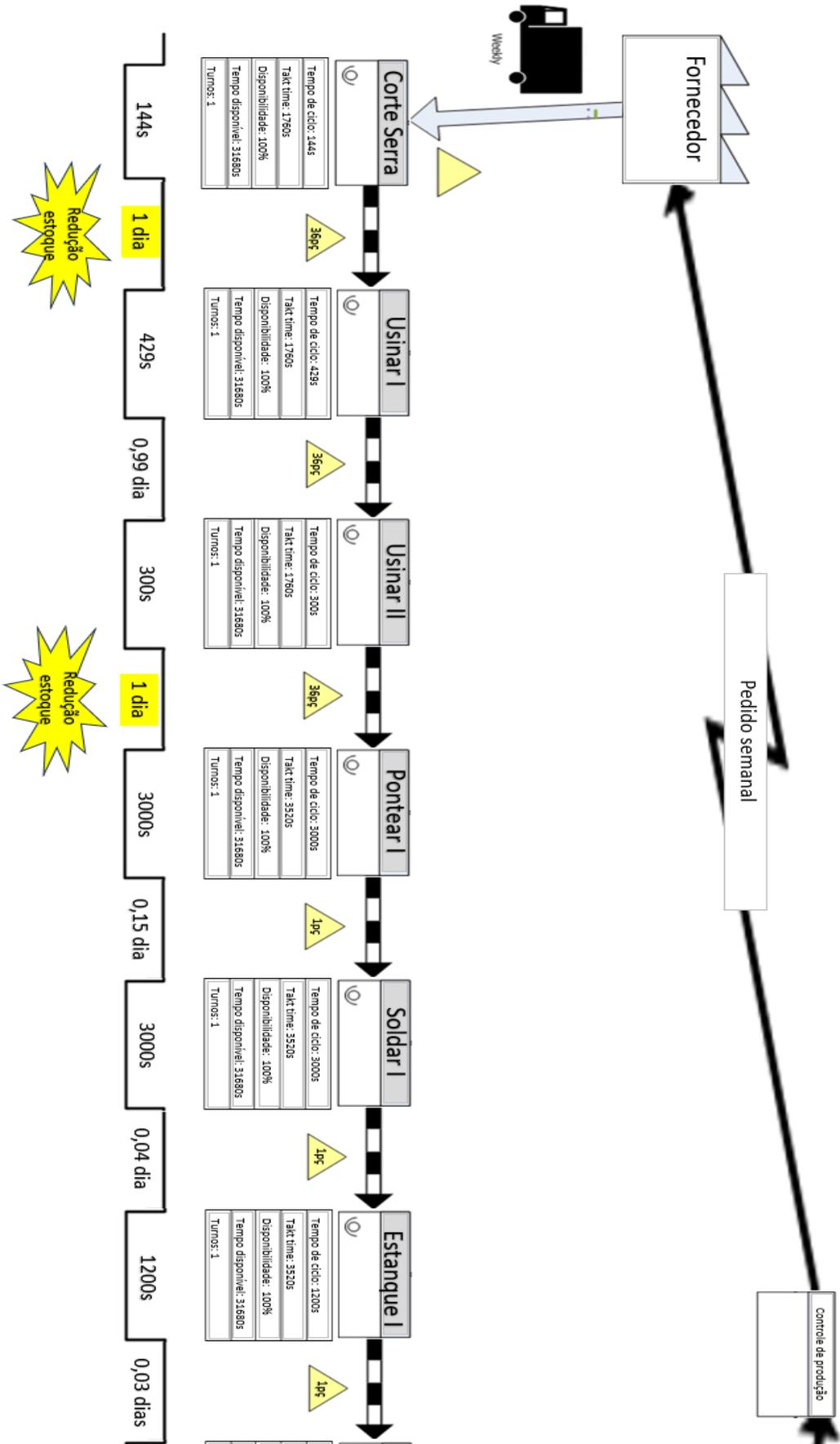
5.5 PROPOSTA DO ESTADO FUTURO, FOLHA DE ESTUDO DE PROCESSOS E SUGESTÃO DE *LAYOUT*

A realização do mapa de estado futuro, figura 32 e 33, permite visualizar as etapas nas quais serão sugeridas implementações e melhorias. Com a sugestão de implementação de cartões *kanban*, busca-se a redução de estoque parado entre os processos de corte serra para usinar I e do processo de usinar II para pontear I.

Nas etapas de pontear II e montagem final, busca-se a redução do desperdício de movimentação excessiva verificada através das folhas de processo desenvolvidas em acompanhamento. Reduzindo desta maneira o tempo de ciclo do componente nestas etapas de fabricação.

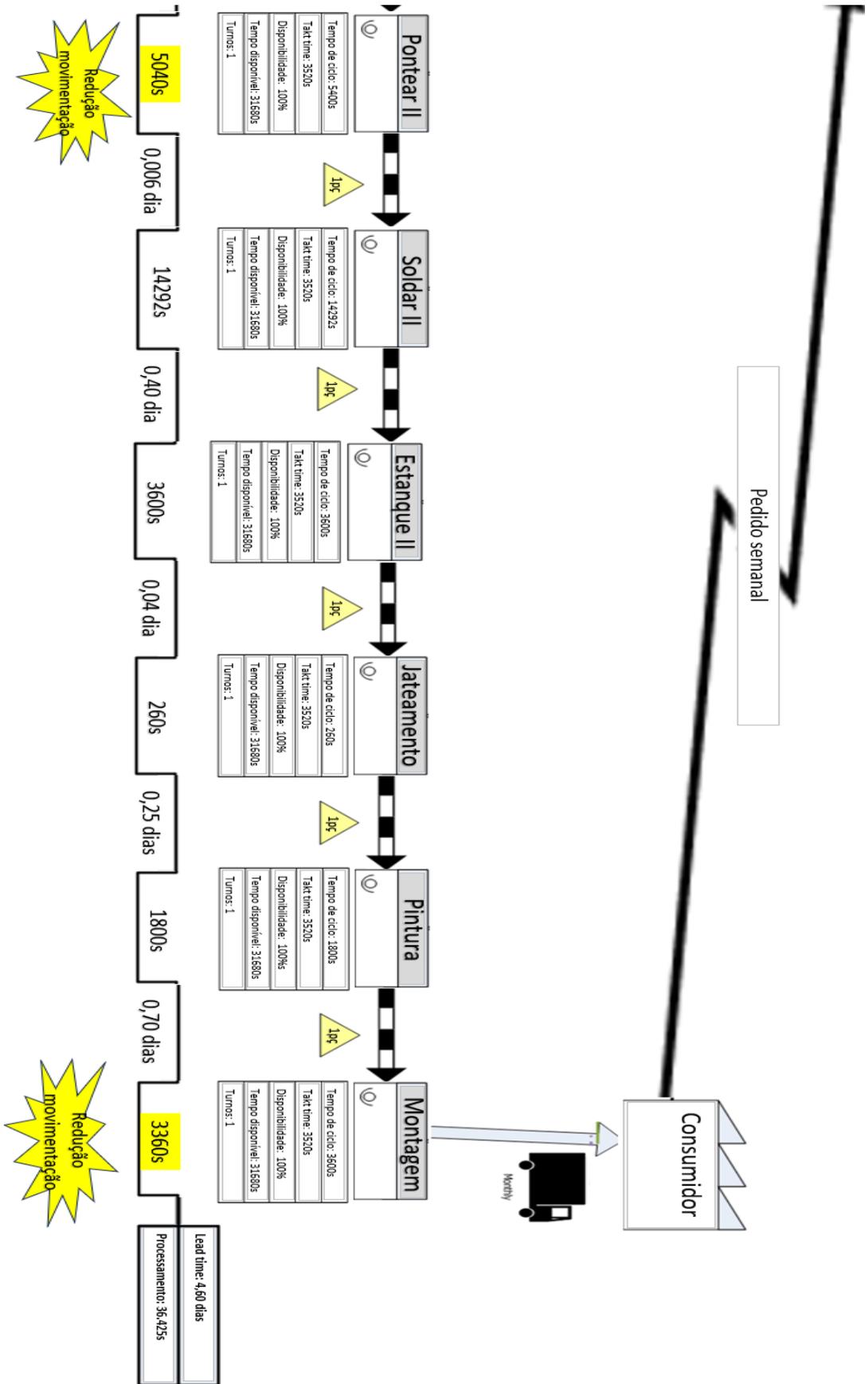
A partir da etapa inicial de fabricação, corte serra, sugere-se a redução do número de lote de atualmente 120 peças, para um novo lote de ordens de fabricação de 36 peças, onde das 36 peças, 18 são necessárias para a produção do dia corrente, e as 18 restantes correspondem a estoque de segurança. Uma unidade do conjunto rolo necessita de 2 itens do componente I1712100540 para ser fabricado, dessa maneira, 18 peças correspondem a fabricação de 9 conjuntos rolo, produzindo desta maneira a demanda diária.

Figura 32: Mapa de fluxo de valor de sugerido do estado futuro



Fonte: Autor (2024)

Figura 33: Continuação do mapa de fluxo de valor de sugerido do estado futuro



Fonte: Autor (2024)

5.6 SUGESTÃO DE OTIMIZAÇÃO DO *LAYOUT* SOLDA ROBÔ

Para a otimização de desperdícios encontrados no setor de solda robô, como movimentação, foram realizadas sugestões de melhorias, conforme designados abaixo.

O modelo atual de *layout* em processo funciona da seguinte maneira:

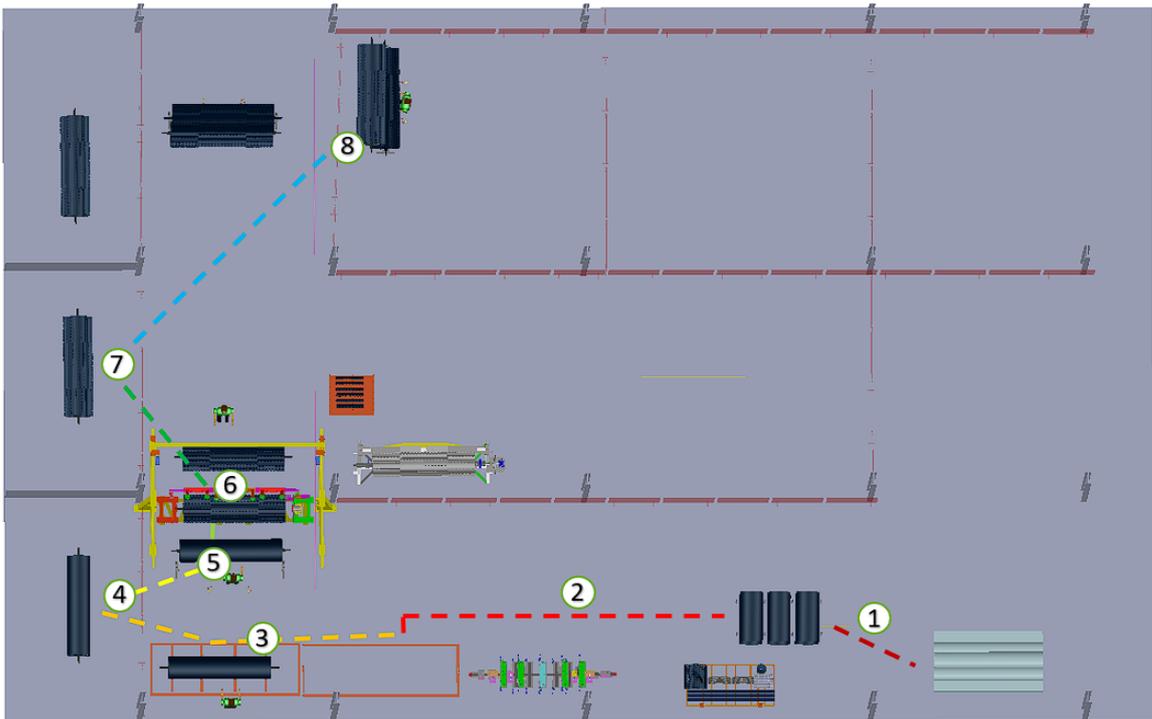
- Etapa 1: Saída de rolos da calandra;
- Etapa 2: Movimentação de rolos calandrados para a etapa de pontear I;
- Etapa 3: Movimentação de conjunto ponteadado rolo para a soldagem robótica I;
- Etapa 4: Soldagem do conjunto inicial;
- Etapa 5: Movimentação do conjunto soldado rolo para a etapa de estanqueidade I;
- Etapa 6: Movimentação para a etapa de pontear II;
- Etapa 7: Movimentação para a etapa de soldar II;
- Etapa 8: Movimentação para a etapa de revisar II, sem a necessidade de alteração de cavalete de inspeção para dispositivo de transporte;

O modelo de *layout* apresentado para solda robô abaixo (figura 34), tem como objetivo reduzir em a movimentação no processo produtivo do componente. Essa melhoria será alcançada por meio de alterações no posicionamento de dispositivos e componentes físicos, otimizando o fluxo e diminuindo os deslocamentos desnecessários.

Com o objetivo de utilizar o espaço presente entre duas vigas, o qual não é acessível a pontes rolantes, surgiu a necessidade do desenvolvimento de um pórtico de içamento, demonstrado na figura 36, com o objetivo de realizar a movimentação do conjunto rolo do chão para o dispositivo de ponteamto do conjunto aletas e vice-versa.

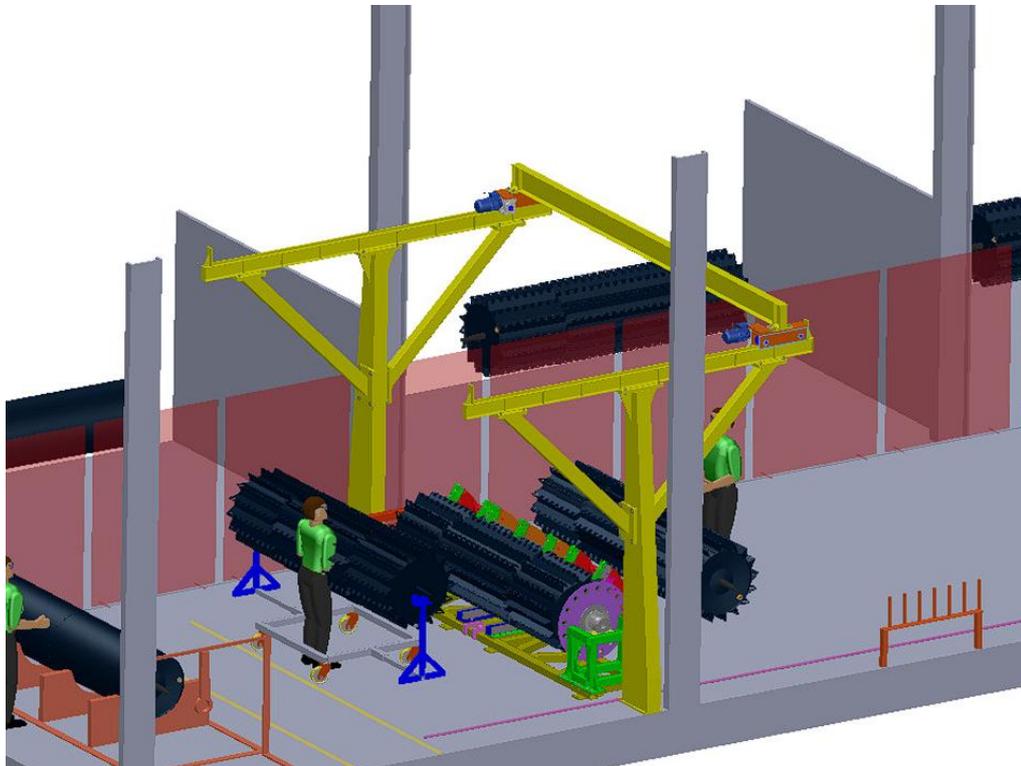
Através disso, busca-se também aumentar a segurança presente no setor, uma vez que o deslocamento existente atual, onde move-se o conjunto rolo de maneira suspensa, será reduzido.

Figura 34: Layout sugerido para solda robô



Fonte: Autor (2024)

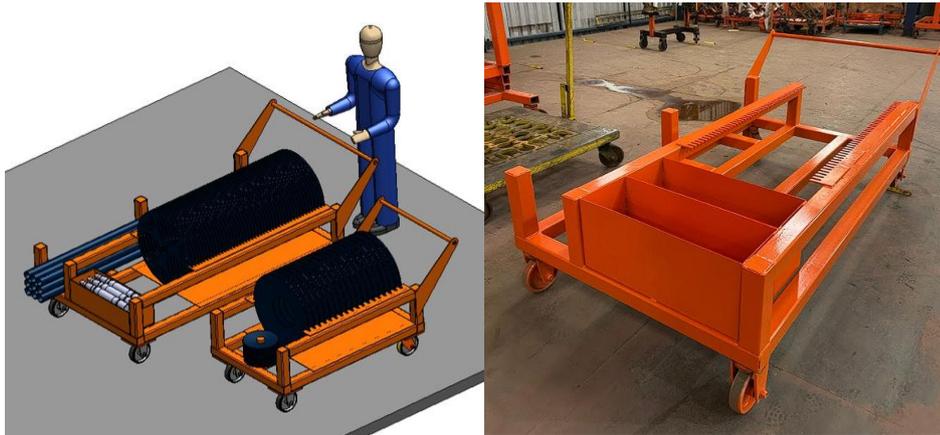
Figura 35: Pórtico de movimentação



Fonte: Autor (2024)

Além da realização de alteração do *layout*, realizou-se a fabricação de carro kit, apresentado na figura 36, para pagamento de componentes, através do estoque solda, com o objetivo de reduzir o deslocamento do operador dentro do box de soldagem, uma vez que todos os componentes necessários para realizar o processo de fabricação, estarão posicionados de maneira mais próxima.

Figura 36: Carro kit solda



Fonte: Autor (2024)

5.7 SUGESTÃO DE OTIMIZAÇÃO DO *LAYOUT* DA MONTAGEM

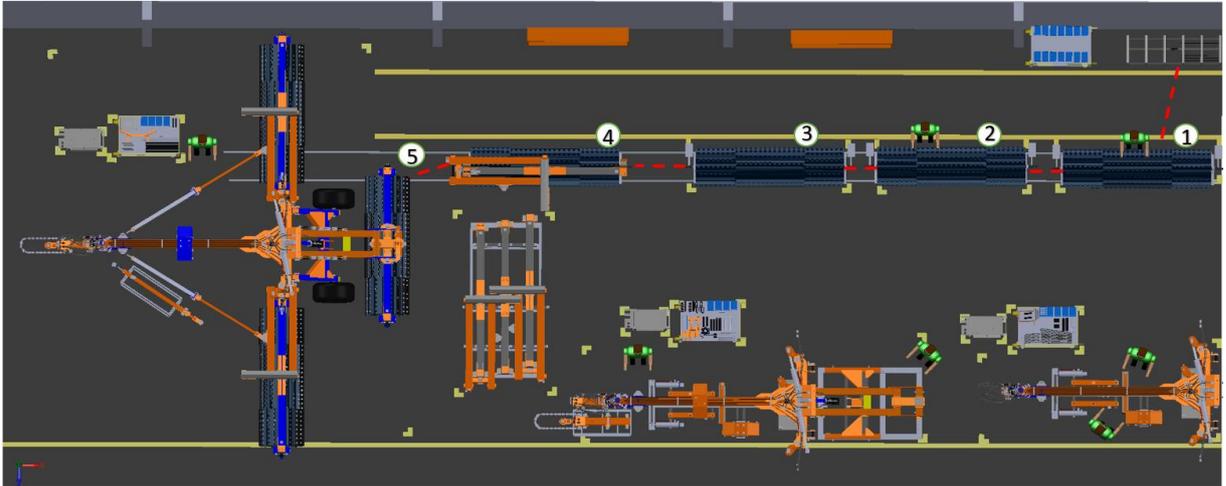
No setor de montagem, após o estudo realizado com a Folha de Processos, foram identificadas possíveis melhorias no *layout* do componente. Foi sugerida a implementação de uma linha contínua de montagem, visando reduzir a movimentação atualmente realizada com o uso de ponte rolante, que atualmente resulta em um deslocamento de aproximadamente 5 minutos por rolo movimentado.

Abaixo (figura 37) estão descritas as etapas de montagem do conjunto final, com *layout* sugerido:

- Etapa 1: Posicionamento de navalhas no rolo e deslocamento para a etapa 2;
- Etapa 2: Posicionamento de parafusos e porcas no conjunto rolo, fixando navalhas; posteriormente deslocamento para etapa 3;
- Etapa 3: Aperto de parafusos do conjunto e após realização do deslocamento para etapa 4;
- Etapa 4: Montagem do conjunto suporte do rolo na última etapa de posicionamento do item;

Dessa forma, foi sugerida a substituição da movimentação por içamento do conjunto por uma movimentação em linha sequenciada, reduzindo deslocamentos, trocas de embalagens e aumentando a segurança na etapa de produção.

Figura 37: Layout sugerido para montagem

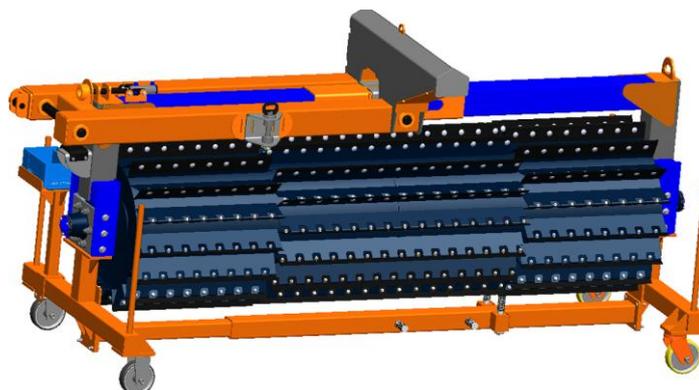


Fonte: Autor (2024)

No setor de montagem, foi sugerida, além da reorganização do *layout*, a criação de uma embalagem (figura 38) funcional que permita o posicionamento dos cubos de roda do conjunto rolo diretamente no início da linha, assim como o conjunto suporte do rolo (tubos na cor azul), sem a necessidade de retirar o conjunto rolo do dispositivo de montagem.

No processo atual, os rolos são inicialmente posicionados em dois cavaletes, sendo posteriormente removidos com o auxílio de uma ponte rolante. Em seguida, são colocados em um segundo carro para, somente no final da linha de montagem, possibilitar o posicionamento dos cubos. Essa proposta visa reduzir o número de alterações entre dispositivos de montagem e otimizar o fluxo do processo, permitindo realizar mais etapas de processo em um único dispositivo.

Figura 38: Embalagem montagem



Fonte: Autor (2024)

5.8 CARTÃO KANBAN

Durante a etapa de mapeamento o de fluxo de valor, verificou-se que o componente I1712100540, foi produzido de maneira não necessária, uma vez que o mesmo ficou presente em estoque por um período de 8 dias. Atualmente o produto é cortado pelo corte serra, usinado e entregue diretamente para o setor de solda. Com o objetivo de reduzir o tempo ocioso do componente, foi sugerido a adição de um estoque solda para o componente I1712100540, com o objetivo de controlar a demanda de produção.

A ferramenta sugerida é aplicação do método de cartões Kanban, entre os processos de fabricação. Sabe-se que a demanda do componente é de 9 rolos por dia, desta forma, os cartões serão sugeridos para suprir a demanda da etapa de montagem final.

Sugere-se que as demandas sejam sincronizadas, de modo a permitir que processos posteriores iniciem suas atividades apenas quando houver solicitação do processo seguinte. A implementação servirá como sinalização da necessidade de material, eliminando a possibilidade de estoques intermediários.

Dessa maneira a fase de implementação pode ser dividida em três etapas. Primeiro, pode ser definido o número de cartões Kanban necessários, considerando o consumo diário médio e o tempo de reposição entre os processos. Depois, os cartões podem ser introduzidos no chão de fábrica, acompanhados de um treinamento para as equipes, para que todos entendam como o sistema funciona e possam utilizá-lo corretamente. Por último, o sistema deve ser monitorado continuamente, avaliando indicadores como tempo de espera, quantidade de itens em processo e o *lead time* total, para garantir que o método funcione de forma eficiente. Essa sugestão busca reduzir o tempo de espera entre as etapas e melhorar o fluxo de produção do componente.

5.9 IMPLEMENTAÇÕES DE MELHORIAS

5.9.1 Implementações no setor de montagem

Após a elaboração da proposta de *layout* do setor de montagem, realizou-se uma reunião com os gestores diretamente interessados, onde realizou-se a aprovação da proposta demonstrada. Posteriormente, foi realizada a implementação do *layout* do setor de montagem. Na figura 39, verifica-se o *layout* anterior do setor de montagem.

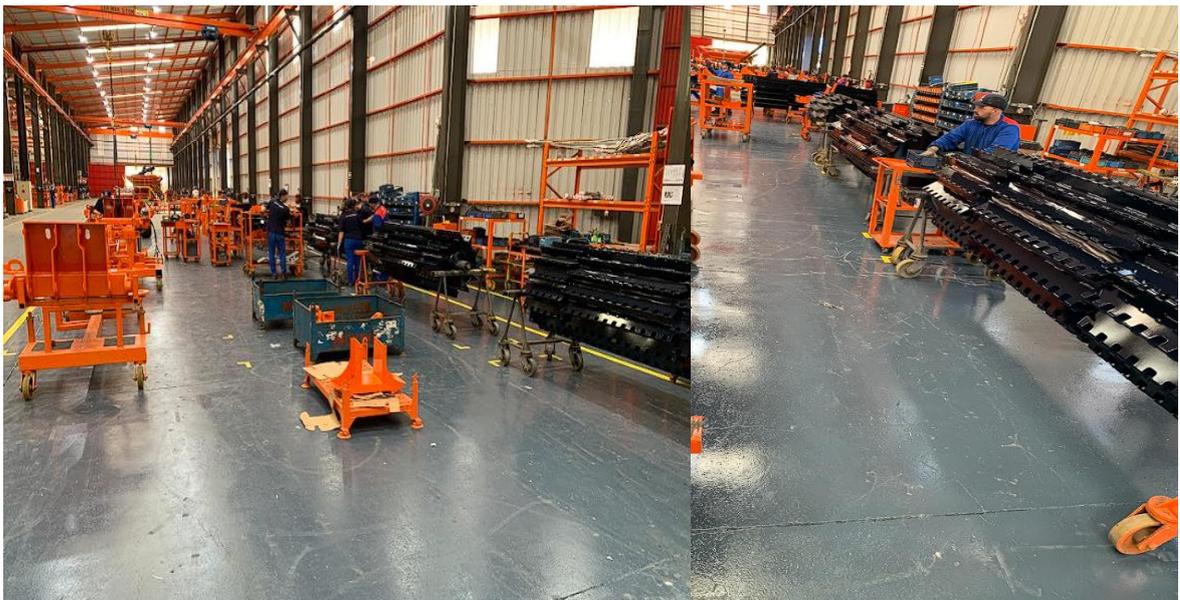
Figura 39: Layout de montagem anterior



Fonte: Autor (2024)

Realizou-se a implementação do modelo de linha contínua para montagem, apresentado na figura 40, e também da embalagem proposta anteriormente, apresentada na figura 41 e 42, que possui o objetivo de reduzir a troca existente entre embalagens, aumentando desta maneira a produtividade.

Figura 40: Novo layout implementado com linha contínua de montagem



Fonte: Autor (2024)

Figura 41: Implementação da embalagem proposta



Fonte: Autor (2024)

Figura 42: Implementação da embalagem proposta



Fonte: Autor (2024)

Em seguida, o acompanhamento no Gemba foi conduzido com o auxílio da Folha de Estudo de Processos, com o objetivo de validar a proposta e obter dados sobre a redução de desperdícios alcançada, conforme demonstrados na figura 43.

Figura 43: Folha de processos novo layout

Etapas do Processo	OPERADOR:		Agrega valor (S/N)
	Elemento de trabalho com a descrição da atividade	TEMPO (MINUTOS)	
1	Içar rolo e posicionar nos cavaletes	00:02:12	NÃO
2	Posicionar navalhas	00:12:10	NÃO
3	Adicionar parafusos e porcas	0:35:50	SIM
4	Apertar parafusos	00:29:50	SIM
5	Movimentar rolo para próxima etapa (4 movimentações referente a linha contínua de montagem, aproximadamente 13s por movimentação)	00:00:52	NÃO

Fonte: Autor (2024)

A análise realizada por meio da Folha de Estudo de Processos demonstrou uma redução significativa nas etapas de montagem do conjunto rolo. A etapa anterior de "Buscar ponte", que demandava 42 segundos, foi eliminada, e a etapa de "Içar e mover rolo", que anteriormente exigia 4 minutos e 45 segundos, foi reduzida para 52 segundos. Essa melhoria foi possível devido à eliminação da necessidade de utilização da ponte rolante para a movimentação do conjunto.

No novo *layout* implementado, o sistema de linha contínua de montagem do rolo, permite deslocar o conjunto para a próxima etapa apenas deslocando-o para frente, até chegar ao fim da linha de montagem.

Considerando um ciclo médio de produção mensal de 50 máquinas do modelo Katrina F5, cada uma composta por 3 rolos, a redução total de 275 segundos por rolo (42 segundos + [4:45 minutos - 52 segundos]) resulta em uma economia mensal de aproximadamente 41.250 segundos, ou 687,5 minutos (275 segundos x 3 rolos/máquina x 50 máquinas/mês). Essa redução, equivalente a 11,45 horas/mês, possibilita a montagem de cerca de 8 rolos adicionais por mês, levando em conta que o tempo necessário para a montagem de cada conjunto é de 1 hora e 30 minutos.

Considerando o custo de taxa hora demonstrado abaixo, especificado de R\$ 90,00, a redução de 11,45 horas, impacta em uma redução mensal de R\$ 1030,50. Chegando anualmente a R\$ 12.366, demonstrado na figura 45.

Tabela 5: Taxa hora montagem

DESCRIÇÃO	UNID	MÊS	TX MOD	TX MOI	TX GGF	TX TOTAL
MONTAGEM FINAL	H	nov/24	41,58	17,2	31,22	90

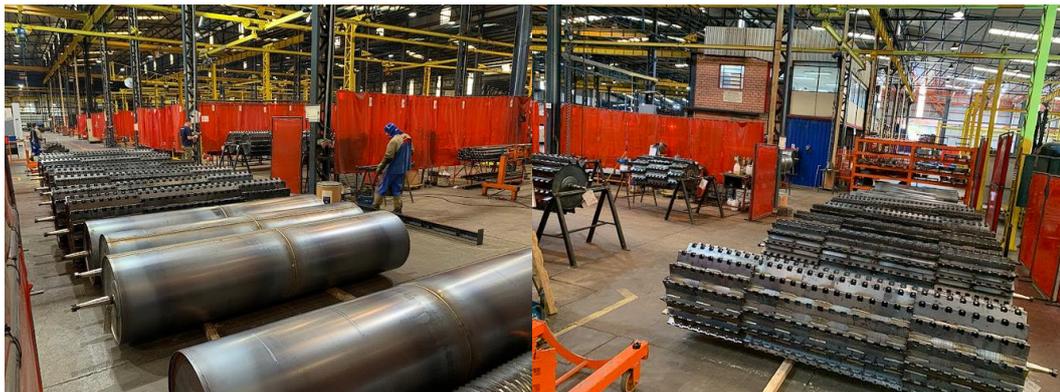
Fonte: Autor (2024)

5.9.2 Implementações no setor de solda robô

O procedimento de alteração de *layout* do setor de solda robótica, seguiu o mesmo procedimento. Na figura 44, está demonstrado o *layout* atual do setor. Após a elaboração da proposta de *layout* do setor de robô, foi realizada uma reunião com os gestores interessados, onde realizou-se a aprovação da proposta demonstrada. Posteriormente, foi realizada a implementação do *layout* do setor de solda robô, conforme apresentado nas figuras 45 e 46.

Em seguida, o acompanhamento no *Gemba* foi conduzido com o auxílio da Folha de Estudo de Processos, com o objetivo de validar a proposta e obter dados sobre a redução de desperdícios alcançada neste setor.

Figura 44: Layout anterior solda robô



Fonte: Autor (2024)

Figura 45: Pórtico, com novo layout da solda robô



Fonte: Autor (2024)

Figura 46: Novo layout solda robô



Fonte: Autor (2024)

A análise realizada por meio da Folha de Estudo de Processos apresentada na figura 47, revelou uma redução significativa nas etapas de movimentação do rolo para o dispositivo de pontear e no deslocamento posterior para a célula de solda. A etapa anterior denominada "Movimentar CJ SD Pré rolo para aletar", que consumia 5 minutos e 20 segundos, passou a demandar apenas 1 minuto e 15 segundos. Já a etapa "Movimentar CJ rolo aletado para célula", que anteriormente exigia 4 minutos e 12 segundos, foi reduzida para 2 minutos e 11 segundos.

Figura 47: Folha de processos novo layout

Etapas do Processo	OPERADOR:		Agrega valor (S/N)
	Elemento de trabalho com a descrição da atividade	TEMPO (MINUTOS)	
10	Soldar CJ Soldado pré rolo	00:42:00	SIM
11	Movimentar CJ SD pré rolo para aletar, utilizando pórtico	01:15	NÃO
12	Aletar Rolo	1:10:00	SIM
13	Movimentar CJ rolo aletado para célula	02:10	NÃO
14	Soldar CJ aletado solda robô	03:36:00	SIM
15	Movimentar CJ SD para cavaletes de revisão	04:27	NÃO
16	Movimentar CJ SD para cavaletes de inspeção	03:30	NÃO
17	Inspeccionar rolos em cavaletes	08:10	NÃO
18	Movimentar rolos de cavaletes para carros de transporte jato	04:25	NÃO

Fonte: Autor (2024)

Essa melhoria foi alcançada com a implementação de um sistema de pórtico na solda robô, aproveitando o espaço anteriormente inutilizado entre as vigas, o que otimizou significativamente o fluxo de movimentação dentro do processo produtivo.

Considerando um ciclo médio de produção mensal de 50 máquinas do modelo Katrina F5, cada uma composta por 3 rolos, a redução total de 366 segundos por rolo ([5 minutos e 20 segundos - 1 minuto e 15 segundos] + [4 minutos e 12 segundos - 2 minutos e 11 segundos]), equivalente a 245 segundos + 121 segundos) resulta em uma economia mensal de aproximadamente 54.900 segundos, ou 915 minutos (366 segundos x 3 rolos/máquina x 50 máquinas/mês).

Essa economia, equivalente a 15,25 horas por mês, permite a soldagem provisória de aproximadamente 10 rolos adicionais mensalmente, considerando que o tempo necessário para o processo de aletamento de cada rolo é de 1,5 hora. Essas melhorias representam ganhos significativos em produtividade e eficiência no setor.

Considerando o custo de taxa hora demonstrado abaixo (tabela 6), especificado de R\$ 145,01, a redução de 15,25 horas, impacta em uma redução mensal de R\$ 2.211,40. Chegando anualmente a R\$ 26.536,83.

Tabela 6: Taxa hora solda

DESCRIÇÃO	UNID	MÊS	TX MOD	TX MOI	TX GGF	TX TOTAL
SOLDA	H	out/24	50,51	29,47	65,03	145,01

Fonte: Indutar (2024)

6. CONCLUSÕES

A aplicação do Mapeamento de Fluxo de Valor no processo produtivo do modelo Katrina F5 demonstrou a eficácia das ferramentas *Lean* na identificação e eliminação de desperdícios. As alterações realizadas nos *layouts* dos setores de soldagem robótica e montagem resultaram em reduções significativas no tempo de produção, maior segurança operacional e otimização do uso do espaço fabril, além de redução de custos de R\$ 38.908,83 anuais.

A eliminação de etapas que não agregavam valor possibilitou o aumento da capacidade produtiva em aproximadamente 8 rolos por mês, refletindo diretamente em ganhos de eficiência e competitividade.

Conclui-se que a implementação de ferramentas como o MFV e práticas de gestão *Lean*, mesmo em empresas de pequeno e médio porte, pode trazer resultados significativos, reforçando sua relevância no cenário industrial contemporâneo.

Como sugestões para trabalhos futuros, destaca-se a possibilidade de expandir a aplicação do Mapeamento de Fluxo de Valor para outros setores produtivos da empresa, avaliando diferentes componentes e processos. Recomenda-se estudos que integrem outras ferramentas *Lean*, como TPM (Manutenção Produtiva Total) e sistemas de troca rápida de ferramentas (SMED), para potencializar os ganhos em eficiência e produtividade.

Concluir a implementação dos cartões Kanban e a redução do tamanho dos lotes conforme sugerido, realizando o mapeamento dos resultados obtidos. Além disso, desenvolver métodos eficazes para medir a disponibilidade, a fim de aumentar a precisão na análise e no mapeamento dos indicadores de desempenho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, B. F. O. **Método da elaboração de folha de processos em sistemas de manufatura**. Juiz de Fora, MG, Junho de 2009.

ANTUNES, J. **Sistemas de Produção: Conceitos e práticas para projeto e gestão de produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BIANCO, D.; SANTOS JUNIOR, J. C.; SAGAWA, J. K.; GODINHO, M. **Mapeamento do fluxo de valor: estudo de caso na fabricação de produtos pet food**. Revista Produção Online, v. 19, n. 4, p. 1345-1368, 2019.

BONESI-DE LUCA, F. M. et al. Método para implementação do trabalho padronizado como elemento adicional do planejamento e controle baseado em localização. **Ambiente Construído**, v. 24, dez. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212024000100734>. Acesso em: 19 jan. 2025.

DEGUIRMENDJIAN, S. C. **Lean healthcare: aplicação do diagrama de espaguete em uma unidade de emergência**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos: UFSCar, 2016. 141 p.

Diagrama de espaguete. Disponível em: <https://voitto.com.br/blog/artigo/diagrama-de-espaguete>. Acesso em: 22/08/2024.

FRANCIS, R. L.; WHITE, J. A. **Facility Layout and Location: An Analytical Approach**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc., 1974.

FRANZINI FILHO, C.R.; GOMES, G.B.; OLIVEIRA, I.S.; SILVA, S.N. Análise do Lean Manufacturing no processo de montagem de uma indústria metalúrgica. **XLI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 18 a 21 de outubro de 2021.

GALLAS, C. G.; NUNES, F. L. **Redução de perdas a partir de uma proposta de alteração de layout em uma empresa prestadora de serviços: Um estudo de caso.** *Revista Espacios*, v. 37, n. 11, p. 17, 2016.

GEROMEL, F. dos S.; PACHECO, B. C. S.; NAGANO, M. S. Aplicação do lean manufacturing no layout produtivo de uma empresa de pallets do interior de São Paulo. **REVISTA FOCO**, v. 16, n. 5, p. e1749, 3 maio 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n5-017>. Acesso em: 18 jan. 2025.

GHAITHAN, Ahmed M. et al. Integrated Impact of Circular Economy, Industry 4.0, and Lean Manufacturing on Sustainability Performance of Manufacturing Firms. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 6, p. 5119, 14 mar. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph20065119>. Acesso em: 18 jan. 2025.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente Just-in-time.** Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

GUARILHA, P. P. M. et al. O pensamento Lean para melhorias na gestão de estoques: as melhores práticas e desafios na área da saúde. **Revista Meta: Avaliação**, v. 15, n. 47, p. 426, 30 jun. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22347/2175-2753v15i47.3950>. Acesso em: 20/01/2025.

IKARI, M. et al. Aplicação do lean manufacturing em conjunto com a manufatura aditiva na redução de desperdícios em processos. **Revista Pesquisa e Ação**, v. 6, n. 1, p. 81-104, 30 maio 2020. Disponível em: <https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/894/899>. Acesso em: 17 jan. 2025.

IMAI, M. **Kaizen: the key to Japan's competitive success.** New York: McGraw-Hill, 1991.

INDUTAR. **Máquinas agrícolas.** Disponível em: <https://www.indutar.com.br/>. Acesso em: 10/06/2024.

KIMIA. Método Kaizen: saiba o que é, como aplicar e seus benefícios. Disponível em: <https://www.kimia.com.br/metodo-kaizen-saiba-o-que-e-e-beneficios/>. Acesso em: 19/01/2025.

LACERDA, T.; FORTES, R. M. B. **Análise das perdas do Sistema Toyota de Produção Identificadas em uma distribuidora de Aço.** 21. ed. 2021. Disponível em: https://oswaldocruz.br/revista_academica/content/pdf/Edicao_21_TIAGO_SANTOSLACERDA.pdf. Acesso em: 17 jan. 2025.

LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C.; PAGH, J. D. **Supply chain management: implementation issues and research opportunities.** The International Journal of Logistics Management. Flórida, v. 9, n. 8, p. 1-19, 1998.

LEAL, G. C. L.; COTRIM, S. L.; ARAÚJO, G. A. de; VALENTE, B. C.; VLADIMIR, E. Implantação do programa 5S em uma fábrica de vassouras de garrafa PET a partir do Diagrama Espaguete. **Revista Thema**, v. 16, n. 3, p. 516-530, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/1235>. Acesso em: 16 jan. 2025.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota. 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** 1. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2004. 316 p.

LIMA JUNIOR, F. F. de; LIMA, M. de S.; LIMA, R. R. de. Utilização do lean manufacturing na indústria 4.0. **REVISTA FOCO**, v. 16, n. 12, p. e3884, 13 dez. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n12-072>. Acesso em: 18 jan. 2025.

MACHADO, M. H. G. (2020). **Aplicação de técnicas e ferramentas na gestão de materiais numa empresa têxtil.** Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial). Universidade do Minho. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/83160>. Acesso em: 18 jan. 2025.

MORAES, M. V. G. D. **Gestão à vista: implementação na área de saúde e segurança do trabalho.** São Paulo: Editora Saraiva, 2021.

MOREIRA, D. A. **Arranjo físico de instalações. Administração da Produção e Operações**. 5ª ed., pp. 259-263, 2000.

MOLINERO, G. E.; GONÇALES FILHO, M. Implementação de uma cultura Lean Manufacturing no setor de equipamentos de geração de energia: uma análise comparativa entre a teoria e a prática. *Brazilian Journal of Production Engineering - BJPE*, v.8, n. 1, p. 18– 32, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/36826>. Acesso em: 17 jan. 2025.

MONDEN, Yasuhiro. **Sistema Toyota de Produção: uma abordagem integrada ao just in time**. Bookman Editora, 2015.

NORTEGUBISIAN. **Mapa de fluxo de valor**. Disponível em: <https://www.nortegubisian.com.br/blog/value-stream-mapping-vsm/>. Acesso em 19/01/2025.

OLIVEIRA, U. R.; FIGUEIREDO, O. C. de. O impacto da padronização dos desperdícios em uma indústria de autopeças. *Revista Brasileira de Administração Científica*, v. 9, n. 1, p. 115-126, 24 set. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.6008/cbpc2179-684x.2018.001.0008>. Acesso em: 19 jan. 2025.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção – Além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. 1. ed. Curitiba: UnicenP, 2007.

PETERSON, J.; SMITH, R. **O Guia de Bolso do 5S**. Editora Productivity Press, 1998.

PICCHI, F. A. **Entenda os “7 desperdícios” que uma empresa pode ter**. 18 out. 2017. Disponível em: <https://www.lean.org.br/artigos/1131/entenda-os-“7-desperdicios”-que-uma-empresa-podeter.aspx>. Acesso em: 18 jan. 2025.

PINTO, J. P. Manual do 5S. Comunidade Lean Thinking. 1ª Edição. Porto: CLT Services, 2019. Acesso em: 19/01/2025.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. Aprendendo a Enxergar. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2012.

ROTONDARO, Roberto G. (coord.). **Seis sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2011. 375 p.

SHARMA, AK.; PINCA-BRETOTEAN, C.; SHARMA, S. Artificial intelligence in lean manufacturing paradigm: a review. **E3S Web Of Conferences**, v. 391, p. 01163, 2023. EDP Sciences. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/202339101163>. Acesso em: 19 jan. 2025.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SHOOK, John; MARCHWINSKI, Chet. **Léxico Lean - Glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean**. 1. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SILVA, A. L.; RENTES, A. F. **Um modelo de projeto de layout para ambientes job shop com alta variedade de peças baseado nos conceitos da produção enxuta**. *Gestão & Produção*, vol. 19, nº 3, p. 531–541, 2012.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. [s.l.]: Atlas, 2009.

TOMIOKA, A. M. et al. A Filosofia Lean na Indústria Brasileira: Revisão da Literatura. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 11823-11843, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-154>. Acesso em: 20 jan. 2025.

TOMPKINS, J. A. et al. **Facilities Planning**. 3. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003.

THAREJA, P. Poka Yoke: Poking into Mistakes for Total Quality! **OmniScience: A Multi-disciplinary Journal**, vol. 6, no. 2, p. 1–8, 2016.

WENDT, C.; BAÚ, B. G. Análise e redução de Lead Time em uma indústria de confecção. **Revista Produção Online**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 2994–3020, 2023. DOI: 10.14488/1676-1901.v22i2.4790. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/4790>. Acesso em: 21 jan. 2025.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

Figura 2: Tempos de processos I1712100540

Consulta de Roteiro de Fabricação						
Item*		I1712100540 Q PE. PONTA DE EIXO KATRINA (I1712100540)				
nativo*		Padrão				
Roteiro de Fabricação						
Seq	Operação	Centro de Trabalho		Tempo Cor.	Qtde.	
10	CORTAR I	3001	SERRA	144		
20	525 SEPARAR PEÇAS	3180	SEPARACAO CNC			
30	60 USINAR I	3188	CÉLULA ROBO DE USINAG	429		
40	61 USINAR II	3188	CÉLULA ROBO DE USINAG	300		
50	180 ESTOCAR	3042	ESTOQUE SOLDA			

Figura 3: Tempos de processos I171210326

Consulta de Roteiro de Fabricação						
Item*		I171210326 Q PE. TUBO INTERNO ALINHAMENTO F5/9000 (I171210326)				
nativo*		Padrão				
Roteiro de Fabricação						
Seq	Operação	Centro de Trabalho		Tempo Cor.	Qtde.	
10	CORTAR I	3001	SERRA	37		
20	60 USINAR I	3081	CENTRO USINAGEM V-80	200		
30	180 ESTOCAR	3042	ESTOQUE SOLDA	20		

Figura 4: Tempos de processos I1712200150

Consulta de Roteiro de Fabricação						
Item*		I1712200150 Q PE. CJ SD ROLO 3000 KATRINA F5 (I1712200150)				
alternativo*		Padrão				
Roteiro de Fabricação						
Seq	Operação	Centro de Trabalho		Tempo Cor.	Qtde.	
10	420 SEPARAR PECAS	3083	SEPARACAO SOLDA			
20	230 PONTEARI	3150	PONTEAR SOLDA ROBÔ	3000		
30	120 SOLDAR I	3070	SOLDA ROBÔ	3000		
40	545 TESTE ESTANQUEIDADE	3150	PONTEAR SOLDA ROBÔ	1200		
50	231 PONTEAR II	3150	PONTEAR SOLDA ROBÔ	5400		
60	121 SOLDAR II	3070	SOLDA ROBÔ	14292		
70	546 TESTE ESTANQUEIDADE	3150	PONTEAR SOLDA ROBÔ	3600		
80	223 INSPECIONAR SOLDA	3097	INSPECIONAR SOLDA			
90	210 JATEAR	3036	JATEAMENTO	260		
100	140 PINTAR I	3029	PINTURA LIQUIDA	1800		
110	180 ESTOCAR	3043	ESTOQUE MONTAGEM			

Figura 5: Tempos de processos I1712300128

Consulta de Roteiro de Fabricação						
Item*		I1712300128 Q PE. CJ MT ROLO COM NAVALHAS KATRINA F5 (I1712300128)				
alternativo*		Padrão				
Roteiro de Fabricação						
Seq	Operação	Centro de Trabalho		Tempo Cor.	Qtde.	
170	MONTAR	3033	MONTAGEM FINAL	3600		