



**FACULDADES
DOM BOSCO**

**ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL DOM BOSCO
FACULDADE DE ENGENHARIA DE RESENDE
ENGENHARIA MECÂNICA**

**LETÍCIA FERNANDA DIAS VIEIRA
RAPHAEL GONÇALVES DA SILVA**

**ESTUDO DE TEMPOS PARA OTIMIZAR O PROCESSO PRODUTIVO:
ANÁLISE E REVISÃO DE ROTEIROS DE FABRICAÇÃO DE UMA LINHA DE
MONTAGEM DE VENTILADORES**

Resende - RJ
2023

**ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL DOM BOSCO
FACULDADE DE ENGENHARIA DE RESENDE
ENGENHARIA MECÂNICA**

**LETÍCIA FERNANDA DIAS VIEIRA
RAPHAEL GONÇALVES DA SILVA**

**ESTUDO DE TEMPOS PARA OTIMIZAR O PROCESSO PRODUTIVO:
ANÁLISE E REVISÃO DE ROTEIROS DE FABRICAÇÃO DE UMA LINHA DE
MONTAGEM DE VENTILADORES**

Trabalho de Graduação apresentado à Associação Educacional Dom Bosco, Faculdade de Engenharia de Resende, Curso de Engenharia Mecânica, como requisito parcial para obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Resende - RJ
2023

Catálogo na fonte
Biblioteca Central da Associação Educacional Dom Bosco – Resende-RJ

V658 Vieira, Letícia Fernanda Dias
 Estudo de tempos para otimizar o processo produtivo: análise e
 revisão de roteiros de fabricação de uma linha de montagem de
 ventiladores / Letícia Fernanda Dias Vieira; Raphael Gonçalves da Silva -
 2023.
 70f.

 Orientador: Anderson Fernandes de Barros
 Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à
 finalização do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia
 de Resende, da Associação Educacional Dom Bosco.

 1. Engenharia mecânica. 2. Linha de produção. 3. Lean
 manufacturing. 4. Qualidade. 5. Indústria de eletrodoméstico. I. Silva,
 Raphael Gonçalves da. II. Barros, Anderson Fernandes de. III. Faculdade
 de Engenharia de Resende. IV. Associação Educacional Dom Bosco. V.
 Título.

CDU 658.5(043)



**LETÍCIA FERNANDA DIAS VIEIRA
RAPHAEL GONÇALVES DA SILVA**

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

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA

BANCA EXAMINADORA:


Prof. (a).: ANDERSON FERNANDES DE BARROS
Orientador


Prof. (a).: RAFAEL CORREA GAMA DE OLIVEIRA
Membro da Banca


Prof. (a).: HELOISA ALVES GOMES MACHADO
Membro da Banca

Que este trabalho seja um testemunho da minha fé em Deus e do seu papel essencial em todas as realizações alcançadas. Com humildade e gratidão, dedico este TCC a ele, reconhecendo que todas as conquistas são possíveis por sua graça.

À minha família, que sempre esteve ao meu lado, incentivando-me a persistir mesmo nos momentos mais difíceis. Suas palavras de encorajamento foram a força que me impulsionou a superar desafios aparentemente intransponíveis.

Aos mestres que compartilharam seus conhecimentos e experiências, incentivando-me a ir além dos meus limites autoimpostos. Cada lição aprendida me levou a perceber que a verdadeira superação reside em desafiar a si mesmo constantemente.

Dedico este trabalho a todos aqueles que acreditaram em minha capacidade de superar obstáculos, e também àqueles que duvidaram, pois ambos me deram a motivação necessária para seguir em frente.

AGRADECIMENTOS

Quero expressar minha profunda gratidão a Deus, a fonte de toda sabedoria e conhecimento. Sua orientação e inspiração constantes foram a luz que me guiou durante todo este processo. Agradeço a Deus por me conceder a capacidade de compreender e explorar as complexidades deste estudo. Agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos; ao meu orientador, *Prof. Anderson Fernandes de Barros* que jamais deixou de me incentivar. Sem a sua orientação, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível; aos meus pais, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram meus estudos; às funcionárias da empresa ... pela dedicação, presteza e principalmente pela vontade de ajudar; aos funcionários das Faculdades Dom Bosco pela dedicação e alegria no atendimento.

"A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará ao seu tamanho original."
Albert Einstein

RESUMO

A busca por eficiência operacional em sistemas produtivos é essencial para a competitividade e sustentabilidade no mercado de eletrodomésticos. A otimização do processo produtivo e a redução de custos são metas cruciais, e uma maneira de alcançá-las é através de ferramentas de melhoria contínua. O estudo de caso em questão tem como objetivo analisar e revisar os roteiros de fabricação de uma linha de montagem de ventiladores em uma indústria de eletrodomésticos, localizada no interior do estado do Rio de Janeiro. O estudo de caso inicia com uma abordagem de pesquisa de métodos mistos, combinando elementos qualitativos e quantitativos para obter uma compreensão completa do processo de produção. Isso envolve a coleta, análise e síntese de dados de estudos anteriores, bem como uma pesquisa bibliográfica sobre a produção enxuta e o *Lean Manufacturing*, a fim de embasar o estudo. Os roteiros de fabricação dos ventiladores são minuciosamente analisados por meio de uma cronoanálise que permite identificar os tempos de ciclo, de espera e gargalos, que mostram *insights* valiosos para a otimização da capacidade de produção. O novo *layout* da linha de produção permite que os operadores acessem facilmente todas as estações sem percorrer longas distâncias com um ambiente de trabalho mais organizado, seguro e eficiente. Um colaborador na linha de montagem foi realocado e o outro destinado ao posto C, responsável pela embalagem do produto. Com base na ferramenta *Lean Manufacturing*, é feito o mapeamento do processo produtivo, análise de tempos, que teve um ganho de 78,08 segundos no tempo de roteiro. Já o posto A tinha um tempo de montagem total de 138,42 segundos, agora está em 104,17 segundos. O posto B tinha 82,57 segundos, agora opera em 64,10 segundos. E o posto C, anteriormente com 52,28 segundos, agora executa a tarefa em 26,90 segundos. O gráfico *Yamazumi* revela o que é valor agregado e o que não é valor agregado, a fim de melhorar a produtividade. A eliminação do desperdício de espera é um dos principais enfoques do estudo. Além disso, desperdícios de processamento são identificados e eliminados, o que leva à supressão de operações que não agregam valor ao processo de montagem, como por exemplo: Retirar saco plástico na montagem, posicionar motor e coluna em outro berço, colar etiqueta energia, de dados e atenção na coluna, limpar o aparelho, testar botão ejetor e posicionar calços. O estudo demonstra como a aplicação dos princípios do *Lean Manufacturing*, a análise de tempos, a reestruturação do *layout* e a eliminação de desperdícios podem resultar em melhorias substanciais em uma linha de montagem de ventiladores.

PALAVRAS-CHAVE: *Lean Manufacturing*. *Yamazumi*. Oito Desperdícios. Qualitativo. Quantitativo. Fluxograma. Estudo de tempos.

ABSTRACT

The search for operational efficiency in production systems is essential for competitiveness and sustainability in the household appliances market. Optimizing the production process and reducing costs are crucial goals, and one way to achieve them is through continuous improvement tools. The case study in question aims to analyze and review the manufacturing routes of a fan assembly line in a home appliance industry, located in the interior of the state of Rio de Janeiro. The case study begins with a mixed methods research approach, combining qualitative and quantitative elements to gain a complete understanding of the production process. This involves the collection, analysis and synthesis of data from previous studies, as well as bibliographical research on lean production and *Lean Manufacturing*, in order to support the study. Fan manufacturing routes are thoroughly analyzed through a chronoanalysis that allows cycle times, waiting times and bottlenecks to be identified, which provide valuable insights for optimizing production capacity. The new production line *layout* allows operators to easily access all stations without traveling long distances with a more organized, safe and efficient work environment. One employee on the assembly line was relocated and the other assigned to position C, responsible for packaging the product. Based on the *Lean Manufacturing* tool, the production process was mapped and time analysis was carried out, resulting in a gain of 78.08 seconds in script time. Station A had a total assembly time of 138.42 seconds, now it is 104.17 seconds. Station B had 82.57 seconds, now operates at 64.10 seconds. And station C, previously with 52.28 seconds, now performs the task in 26.90 seconds. The *Yamazumi* chart reveals what is value-added and what is not value-added in order to improve productivity. Eliminating wasteful waiting is one of the main focuses of the study. Furthermore, processing waste is identified and eliminated, which leads to the suppression of operations that do not add value to the assembly process, such as: Removing plastic bags during assembly, positioning the motor and column in another cradle, attaching an energy label, data and attention to the column, clean the device, test the ejector button and position shims. The study demonstrates how the application of *Lean Manufacturing* principles, time analysis, *layout* restructuring and waste elimination can result in substantial improvements in a fan assembly line.

KEYWORDS: *Lean Manufacturing*. *Yamazumi*. Eight Wastes. Qualitative. Quantitative. Flowchart. Study of times.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Casa do TPS Fonte: O Sistema <i>Toyota</i> de Produção.	21
Figura 2 – Princípios do <i>Lean Thinking</i>	23
Figura 3 – Desperdícios do <i>Lean Manufacturing</i>	25
Figura 4 – Modelo arranjo físico de posicionamento	30
Figura 5 – Modelo arranjo físico por processos	30
Figura 6 – Modelo arranjo físico por produto ou linha	31
Figura 7 – Modelo arranjo físico celular	31
Figura 8 – Sequência de ações para análise de processo de trabalho	34
Figura 9 – Simbologia de fluxogramas para processos industriais	35
Figura 10 – Tipos de Fluxogramas Existentes.....	36
Figura 11 – Fluxograma de Metodologia de Pesquisa.....	44
Figura 12 – Cronômetro digital.....	46
Figura 13 – Mapofluxograma de Processo.....	49
Figura 14 – <i>Layout</i> Antigo.....	50
Figura 15 – Rearranjo Físico da Linha de Montagem de Ventilador de mesa.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consulta de coeficiente de distribuição normal	42
Tabela 2 – Consulta de coeficiente d2 para N cronometragens iniciais	42
Tabela 3 – Modelo de tomada de tempos da produção.....	46
Tabela 4 – <i>JES (Job Element Sheet)</i>	47
Tabela 5 – Valores iniciais para o cálculo do número de ciclos.....	52
Tabela 6 – Cronometragens necessárias para o estudo de tempos.....	52
Tabela 7 – Estudo de tempos do posto A antes.....	53
Tabela 8 – Estudo de tempos do posto B antes.....	54
Tabela 9 – Estudo de tempos do posto C antes.....	55
Tabela 10 – Estudo de tempos do posto A com as melhorias	57
Tabela 11 – Estudo de tempos do posto B com as melhorias	58
Tabela 12 – Estudo de tempos do posto C com as melhorias.....	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico <i>Yamazumi</i>	41
Gráfico 2 – Estudo de Tempos de Montagem de Ventilador com o Roteiro Antigo.	56
Gráfico 3 – Estudo de Tempos de Montagem de Ventilador com o Roteiro Novo	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Símbolos padrões ASME para fluxogramas de processos.....	29
Quadro 2 – Divisão do estudo do tempo	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEDB	Associação Educacional Dom Bosco
ASME	Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos
AV	Atividades agregadoras de valor
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
<i>et al</i>	e outros
EUA	Estados Unidos da América
GBO	Gráfico de Balanceamento de Operações
IA	Inteligência Artificial
IoT	Internet das Coisas
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JES	<i>Job Element Sheet</i>
JIT	<i>Just-in-time</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MP	Matéria-prima
NAV	Atividades não agregadoras de valor
NBR	Norma Brasileira
NIST	Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia
NVA	Não Valor Agregado
NVA	<i>Non-Value-Added</i>
p	Página
PA	Produto acabado
ROI	<i>Return on Investment</i>
S	Segundos
STP	Sistema Toyota de Produção
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VA	Valor Agregado

LISTA DE SÍMBOLOS

d2	Coeficiente em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente;
Er	Erro relativo da medida;
N	Número de ciclos a serem cronometrados;
R	Amplitude da amostra;
x	Média dos valores das observações;
Z	Coeficiente de distribuição normal para uma probabilidade determinada;

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Situação problema	17
1.2	Justificativa	18
1.3	Objetivo geral	18
1.3.1	Objetivos específicos	18
1.4	Organização do trabalho	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	<i>Lean Manufacturing</i>	19
2.1.1	Histórico	19
2.1.2	Definição e caracterização do <i>Lean Manufacturing</i>	20
2.1.3	Princípios do <i>Lean Manufacturing</i>	22
2.1.4	Os desperdícios do <i>Lean Manufacturing</i>	23
2.2	Gargalo produtivo	26
2.3	Mapeamento de processos	27
2.4	Arranjo físico industrial	29
2.4.1	Arranjo físico em linha	32
2.5	Fluxograma de processo	33
2.6	Estudo de tempos	36
2.7	Valores agregados e não agregados	39
2.8	Gráfico <i>Yamazumi</i>	40
2.9	Número de ciclos cronometrados	41
3	METODOLOGIA DE PESQUISA	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1	Apresentando o processo do estudo de caso	48
4.2	Construção do mapofluxograma de processo	49
4.3	Aplicação do rearranjo físico	50
4.4	Estudo de tempos	50
4.5	Aplicação do gráfico <i>Yamazumi</i>	55
4.6	Melhorias após o estudo de tempos	56
5	CONCLUSÃO	62
6	INDICAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	63
	REFERÊNCIAS	64
	ANEXOS	66

1 INTRODUÇÃO

A competitividade é uma das palavras-chave para as empresas que buscam sucesso no mercado atual. Especialmente na indústria de eletrodomésticos, onde a concorrência é acirrada, a busca por eficiência na linha de produção é um fator crucial para se manter em destaque. A eficiência na linha de produção está diretamente relacionada à otimização dos processos produtivos e à redução de custos, algo que pode ser alcançado por meio de diferentes estratégias, uma das soluções é a utilização de ferramentas de melhoria contínua.

Dessa forma a eficiência da linha de produção é um conceito que tem uma longa história na indústria e tem evoluído ao longo do tempo, desde os primeiros sistemas de produção em massa até as técnicas modernas de gestão da produção.

Uma das primeiras tentativas de melhorar a eficiência da produção foi a criação do sistema de produção em massa na fábrica de automóveis da Ford, em Detroit, nos Estados Unidos, no início do século XX. Neste sistema, a produção era dividida em etapas especializadas e padronizadas, com os trabalhadores desempenhando tarefas repetitivas em uma linha de montagem. Com o aumento da eficiência e da produtividade, a Ford conseguiu reduzir significativamente os custos de produção.

Com o passar do tempo, outras empresas adotaram o sistema de produção em massa, mas muitas delas enfrentaram problemas relacionados à rigidez e inflexibilidade deste sistema, bem como à falta de variação de produtos. Isso levou a uma busca por sistemas mais flexíveis e eficientes, como o sistema Lean Manufacturing, que enfatizam a eliminação de desperdícios e a melhoria contínua dos processos.

Tendo em vista que a implementação adequada de ferramentas de análise e melhoria de processo produtivo é fundamental para direcionar a escolha de um plano de ação em diferentes cenários industriais o Lean Manufacturing tem uma filosofia de produção que busca eliminar desperdícios, aumentar a eficiência e a qualidade dos processos, reduzir custos e aumentar a satisfação do cliente. Ela se baseia em cinco princípios fundamentais: identificação do valor, mapeamento do fluxo de valor, fluxo contínuo, produção puxada e perfeição. Adotar o Lean Manufacturing pode trazer grandes benefícios para as empresas, como redução de custos, aumento da produtividade e da eficiência, melhoria da qualidade dos produtos e maior satisfação dos clientes.

O Lean Manufacturing não é um evento, é uma jornada. É uma jornada em busca da

perfeição, que nunca termina, porque sempre haverá oportunidades de melhoria. (John Shook, CEO do Lean Enterprise Institute).

Os roteiros de fabricação são muito importantes para as empresas, pois proporcionam um guia claro e estruturado para os trabalhadores da linha de produção, engenheiros de processos e outros envolvidos na fabricação do produto. Ele ajuda a evitar erros, reduzir desperdícios, otimizar os recursos e garantir que cada etapa do processo seja executada de acordo com as melhores práticas.

Um roteiro de fabricação é um conjunto detalhado de instruções e etapas necessárias para produzir um produto específico. Essas instruções descrevem o processo de fabricação passo a passo, incluindo informações sobre as matérias-primas necessárias, equipamentos a serem utilizados, sequência de operações, tempos estimados, parâmetros de qualidade, inspeções e testes a serem realizados, entre outros detalhes relevantes.

Um roteiro de fabricação desempenha um papel fundamental na garantia de processos de produção consistentes, eficientes e de alta qualidade. Ele é um recurso essencial para as empresas que buscam manter sua competitividade no mercado, otimizando a maneira como produzem seus produtos.

1.1 Situação problema

O trabalho está relacionado a análise de roteiros de fabricação e sua revisão, fazendo um estudo de tempos em uma linha de produção de ventiladores de uma empresa pertencente ao segmento de eletrodomésticos, situada na região Sul-Fluminense do estado do Rio de Janeiro – Brasil.

Atualmente a empresa possui uma linha de montagem de ventiladores que devido a uma demanda de melhoria continua no processo. Onde o intuito é revisar os roteiros de fabricação dos ventiladores, que estão com variações nos tempos de montagem levando a gargalos, atrasos e mão de obra desperdiçada. Alguns postos sobrecarregados e as etapas de montagem do produto não estão bem sincronizadas, existe desperdícios que resultam em aumento nos custos de produção e diminuição da produtividade.

1.2 Justificativa

Há uma necessidade de melhoria no processo de montagem dos ventiladores, tornando o processo confiável, competitivo, com alta qualidade, reduzindo custos operacionais e aumentando a produtividade da linha.

Este estudo justifica-se em uma análise de tempos nos postos e revisão de roteiros de fabricação, permitindo realizar as operações de montagem do ventilador de forma mais rápida e precisa. Isso resulta em um aumento da eficiência do processo, reduzindo o tempo necessário para concluir a montagem. A precisão e consistência das operações contribuem para a melhoria da qualidade do produto, possibilita realizar tarefas de forma contínua e consistente, sem a necessidade de pausas ou descanso, minimizando desperdícios e otimizando o uso de recursos.

1.3 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo revisar e analisar roteiros de fabricação de uma linha de montagem de ventiladores, otimizando o processo produtivo, melhorando a eficiência, qualidade e flexibilidade da linha de produção. Analisar cada operação do roteiro de fabricação para identificar possíveis gargalos, redundâncias e atrasos. O objetivo é melhorar o fluxo de trabalho, minimizando tempos de espera, otimizando a sequência das operações e reduzindo o tempo total necessário para a montagem do produto.

1.3.1 Objetivos específicos

- Mapear o processo produtivo de um produto.
- Realizar o estudo de tempos (cronoanálise) das operações.
- Estudar o rearranjo físico da linha, propondo melhorias.
- Analisar e propor a eliminação dos tipos de desperdícios com objetivo de tornar o processo enxuto.

1.4 Organização do trabalho

De acordo com a pesquisa realizada, o trabalho está estruturado em cinco Capítulos para melhor entendimento dos conteúdos apresentados. O Capítulo 1 se trata da introdução,

apresenta uma visão de forma geral do estudo de caso, define a justificativa para realização do estudo, os objetivos gerais e específicos.

Já no Capítulo 2 será apresentado o referencial teórico referente aos princípios, definição, origem e desperdícios do *Lean Manufacturing*, estudo de tempos (cronoanálise), conceitos sobre tempo de ciclo, gargalo produtivo, mapeamento de processo, arranjos físicos industriais, fluxograma de processo e produtividade.

O Capítulo 3 apresenta a metodologia de pesquisa. Após finalizado o referencial teórico, o terceiro Capítulo descreve a empresa, a caracterização do fluxo produtivo estudado, o produto, tipo de pesquisa realizada, estudo de tempos nos postos de montagem, análise, revisão de roteiros de fabricação, mapeamento do processo produtivo do produto, o rearranjo físico da linha, propondo melhorias, a análise e eliminação de desperdícios com objetivo de tornar o processo enxuto.

A análise de dados e resultados será realizada no Capítulo 4, apresentando os dados obtidos com o estudo de tempos nos postos de montagem de ventilador, demonstrando os possíveis resultados que a empresa terá de melhoria contínua e aumento da produtividade.

Por fim, o Capítulo 5 será a conclusão, as considerações finais do estudo de caso com a pesquisa obtida a partir do referencial teórico e a análise de tempos das operações de montagem, apresentando dados de melhoria na linha de produção de ventiladores.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo são apresentados os princípios que serão empregados na elaboração deste estudo, incluindo *Lean Manufacturing*, Gargalo Produtivo, Cronoanálise, Mapeamento de Processo, Arranjo Físico Industrial e Fluxograma de Processo.

2.1 *Lean Manufacturing*

2.1.1 Histórico

As raízes do *Lean Manufacturing* têm origem no Japão, mais precisamente na empresa *Toyota*, que deu início à sua trajetória em 1890 ao fabricar teares para costura, expandindo-se posteriormente para o ramo automotivo. O Sistema *Toyota* de Produção (STP) ganhou

notoriedade no Ocidente após a Segunda Guerra Mundial, sendo reconhecido como o método mais eficaz para atingir a excelência operacional. Isso se dá por meio da redução de desperdícios e pelo estabelecimento de uma cultura de melhoria contínua. Essa abordagem tem sido abordada em diversas obras, incluindo os estudos de (Zhang, *et al.*, 2016).

O *Lean Manufacturing* é uma iniciativa que busca eliminar o desperdício, ou seja, remover o que não agrega valor ao cliente e imprimir agilidade à organização. Uma terminologia mais apropriada para essa abordagem, considerando sua aplicabilidade em diversos setores, é *Lean Operations* ou *Lean Enterprise*.

As origens do *Lean Manufacturing* estão ligadas ao Sistema *Toyota* de Produção (também conhecido como Produção *Just-in-Time*). Nos anos 1950, o executivo da *Toyota*, Taiichi Ohno, deu início à criação e implementação de um sistema de produção voltado para a identificação e eliminação de desperdícios, com o objetivo de reduzir custos e aumentar a qualidade e a rapidez na entrega dos produtos aos clientes. Esse sistema, que promove a produção de mais com menos, foi denominado de produção enxuta (*Lean Production* ou *Lean Manufacturing*) (James P. Womack, Daniel T. Jones, 1990).

O conceito de Manufatura Enxuta se disseminou pelo mundo e várias são as definições desta filosofia, conforme apresentado abaixo:

“A eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; a idéia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida (Ohno,1997).”

O nascimento do *Toyota Production System* (TPS) baseou-se no desejo de produzir num fluxo contínuo que não dependesse de longos ciclos produtivos, nem de elevados estoques para ser eficiente, precisamente o oposto da Produção em Massa (Melton, 2005).

2.1.2 Definição e caracterização do *Lean Manufacturing*

De acordo com Ghinato (1996), o sistema de produção da *Toyota* (*Toyota Production System* - STP) tem sido mais recentemente reconhecido como o "sistema de produção enxuta". A terminologia "*Lean*" foi originada no livro *A Máquina que Revolucionou o Mundo*, de Womack *et al.* (1992), como resultado de uma extensa análise sobre a indústria automotiva global conduzida pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology, EUA*). Nesse estudo, as vantagens da utilização do STP se tornaram evidentes, destacando-se, entre outras coisas, a

diferença notável em produtividade, qualidade e desenvolvimento de produtos, o que explicava o êxito da indústria japonesa da época.

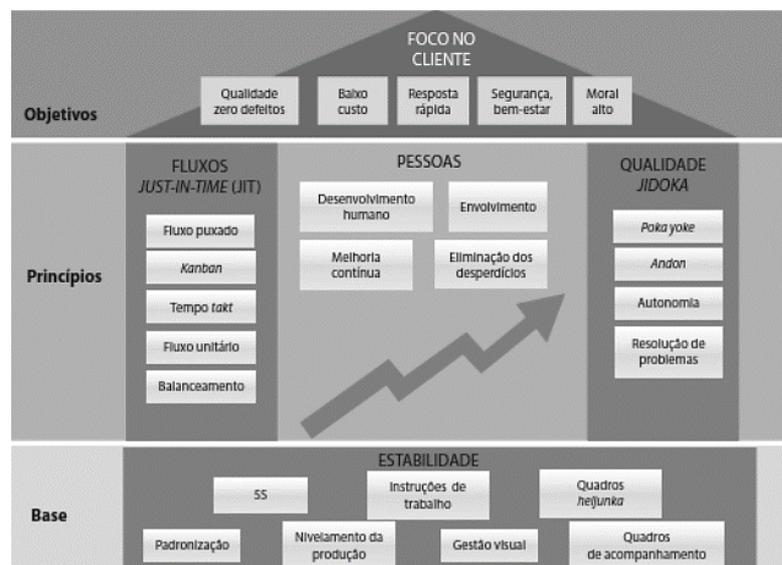
João P. Pinto (Pinto, 2006) define o pensamento *Lean*, como:

“... uma abordagem inovadora às práticas de gestão, orientando a sua acção para a eliminação gradual das fontes de desperdício, através de abordagens e procedimentos simples, procurando a perfeição dos processos, sustentada numa atitude de permanente insatisfação e de melhoria contínua, e fazendo do —tempo uma arma competitiva”.

O termo "enxuta" é empregado para caracterizar esse sistema produtivo devido à sua maior agilidade, rapidez e uso mais eficiente de recursos quando comparado à produção em massa. De acordo com as observações de Rago *et al.* (2003), a manufatura enxuta engloba uma série de processos flexíveis que possibilitam a produção com custos reduzidos, eliminando desperdícios. Esse sistema produtivo também permite que as empresas fabriquem uma ampla variedade de produtos conforme demanda específica, além de entregá-los aos clientes em prazos mais curtos.

A representação visual na Figura 1, em formato de "casa", ilustra de maneira eloquente que a base do *Lean Manufacturing* reside na completa eliminação de desperdícios, em conjunto com as características essenciais da metodologia, bem como seus dois principais pilares: *Just-in-time* (JIT) e automação (*Jidoka*) - junto a outros elementos vitais do sistema conforme destacado por (Rago *et al.*, 2003).

Figura 1 - Casa do TPS Fonte: O Sistema *Toyota* de Produção



Fonte: Casarin, N.; Taboada, C, (2012)

2.1.3 Princípios do *Lean Manufacturing*

Os fundamentos do *Lean Manufacturing* foram estabelecidos com base no valor do produto ou serviço reconhecido pelo cliente, seja esse cliente o destinatário final ou o próximo passo no processo. Para identificar o que é considerado valioso no contexto do *Lean Manufacturing*, é crucial distinguir entre atividades que agregam valor (VA) e atividades que não agregam valor (NVA) (Cudney, Elrod, 2011; Sundar *et al.*, 2014).

Segundo Pascal Dennis (2022):

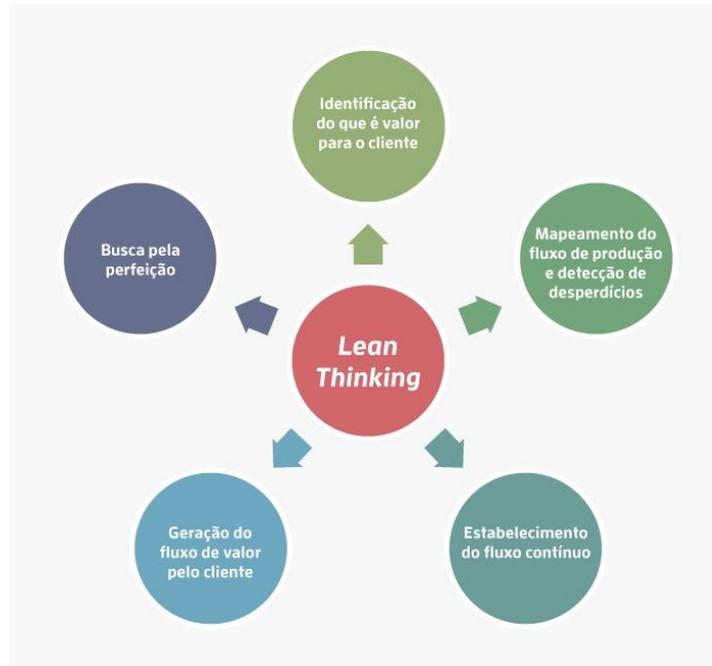
“A produção *Lean*, também conhecida como o Sistema *Toyota* de Produção, representa fazer mais com menos – menos tempo, menos espaço, menos esforço humano, menos maquinaria, menos material – e, ao mesmo tempo, dar aos clientes o que eles querem”.

Os princípios essenciais do *Lean Manufacturing* foram primeiramente delineados pelos pioneiros que introduziram o termo: Womack *et al.* (1990) e Womack e Jones (1996). No livro "*Lean Thinking*", Womack e Jones (1996) descrevem os cinco princípios fundamentais do *Lean Manufacturing*: valorização, mapeamento do fluxo de valor, eliminação de interrupções no fluxo de valor, produção puxada pelo cliente e busca pela excelência.

De acordo com Seleme (2009), o *Lean Manufacturing* é fundamentado em cinco princípios fundamentais:

- Valor: Este princípio serve como a base dos demais. Valor é definido como a percepção que o cliente tem em relação ao bem ou serviço oferecido pela organização.
- Mapeamento do fluxo de valor: Isso envolve identificar e compreender o fluxo de valor, desde o fornecimento até o cliente final, identificando todas as etapas e processos envolvidos.
- Fluxo contínuo: O objetivo é eliminar interrupções e gargalos no fluxo de valor, permitindo que o trabalho flua suavemente e de forma contínua, sem atrasos ou desperdícios.
- Produção enxuta: Isso se refere à fabricação apenas do que é necessário, no momento certo e na quantidade adequada, evitando estoques desnecessários e reduzindo custos.
- Excelência: Envolve a busca constante por melhorias e pela eliminação de desperdícios, por meio da aplicação de ferramentas e técnicas *Lean*. Na Figura 2, é apresentado os princípios do *Lean Thinking*:

Figura 2 - Princípios do *Lean Thinking* |



Fonte: Setiawan (2017).

2.1.4 Os desperdícios do *Lean Manufacturing*

- Desperdícios relacionados à movimentação

Conforme a filosofia *Just-in-Time* Slack (2002), a movimentação desnecessária de operadores não acrescenta valor ao produto e, por isso, é considerada supérflua. Oliveira (2003) ressalta que a redução de movimentação é de alta prioridade, podendo ser atingida por meio da otimização de procedimentos ou pequenas modificações de *layout*, uma opção mais econômica em comparação com a automação industrial. Além disso, Pascal (2008) salienta que o desperdício por movimentação pode impactar a saúde dos trabalhadores, que frequentemente precisam se esforçar além de seus limites para processar ou verificar peças usadas no trabalho. Vamos agora explorar os oito tipos de desperdícios, com ênfase em movimentação e espera.

- Desperdícios ligados à espera

O desperdício decorrente da espera acontece quando um trabalhador precisa aguardar a entrega de material para o próximo estágio Pascal (2008). Essas paradas operacionais frequentemente ocorrem para maximizar a eficiência dos recursos produtivos, visto que a produção frequentemente ultrapassa a capacidade de absorção do próximo processo Oliveira (2003).

- Desperdícios devido a produtos defeituosos

A produção de produtos defeituosos resulta em perda de recursos de produção, tempo dedicado pela mão de obra, armazenagem, desgaste de equipamentos, entre outros Oliveira (2003). É crucial implantar um controle que identifique previamente possíveis falhas nos produtos destinados ao mercado. Esse controle deve ser executado em todas as etapas do processo, englobando falhas provenientes de equipamentos, insumos e erros humanos.

- Desperdícios de transporte

O transporte desnecessário de materiais dentro da fábrica, assim como duplicações ou triplicações de movimentações de estoque em processo, não agrega valor. Assim, ajustes no *layout* que aproximem os estágios do processo podem significativamente reduzir esses desperdícios Slack (2002).

- Desperdícios no processamento

O desperdício no processamento ocorre quando a empresa perde o foco nas necessidades do cliente final. Pascal (2008) observa que as empresas podem ficar fascinadas por certa tecnologia ou empenhadas em atingir metas técnicas específicas, negligenciando as verdadeiras demandas do cliente.

- Desperdícios de produção excessiva

Taiichi Ohno (1997) considerava a produção excessiva como a origem de todos os problemas na manufatura. A produção em excesso resulta em aumento de todos os custos variáveis ligados ao processo, sem acrescentar valor à empresa Pascal (2008). Além disso, a produção excessiva resulta em outros tipos de desperdício, como movimentação desnecessária, transporte de produtos não solicitados, dificuldade na detecção precoce de defeitos e estoques desnecessários Pascal (2008).

- Desperdícios por estoque desnecessário

A acumulação de estoques, no modelo produtivo convencional, é considerada como uma forma de proteção para garantir a continuidade operacional. No entanto, os produtos devem ser consumidos para contribuir com valor à empresa. Qualquer recurso não empregado resulta em desperdício. Além disso, grandes estoques podem mascarar falhas operacionais, já que os problemas em um processo tendem a demorar mais para serem notados no processo seguinte, devido ao tempo prolongado de permanência dos materiais em estoque Slack (2002).

- Desperdícios de capital intelectual

O capital intelectual dos indivíduos é a capacidade de transformar informações em conhecimento aplicável às organizações Sita (2013). É crucial para a empresa estabelecer maneiras de reter esse conhecimento, já que é um elemento essencial para o desenvolvimento. Além disso, a valorização do conhecimento vai além da saída de funcionários. Ohno (1997) sublinha a importância do conhecimento gerado na produção e sua relação com os trabalhadores. Uma organização eficiente deve criar canais acessíveis a todos os funcionários, permitindo que todos contribuam com base em suas experiências para o progresso da empresa. Pascal (2008) também ressalta que o desenvolvimento conjunto de processos abrange toda a cadeia de suprimentos, tornando a comunicação uma prioridade. Na Figura 3 é apresentado os tipos de desperdícios do *Lean*:

Figura 3 - Desperdícios do *Lean Manufacturing*



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Produzir bem, na *Toyota*, significa fazer bem a primeira, de forma consistente e eficaz, produzir a quantidade necessária e com o mínimo de recursos, ou seja, produzir sem

desperdícios. Atingindo este patamar de qualidade consegue-se clientes satisfeitos e lucros elevados (Ohno, 1997).

2.2 Gargalo produtivo

Gargalo se refere a qualquer entrave presente no sistema de produção que limita e define sua eficácia e sua habilidade para alcançar uma lucratividade mais substancial. Dentro de um procedimento de produção, o gargalo denota a fase com menor capacidade produtiva, obstruindo a capacidade da empresa de satisfazer completamente a procura por seus produtos.

De maneira oposta, uma superabundância de capacidade produtiva em algumas fases não-gargalo em comparação à fase gargalo resulta em investimentos subaproveitados, os quais têm um impacto negativo no rendimento empresarial. Desta forma, a ampliação da capacidade produtiva da fase gargalo e/ou a realocação dos investimentos inativos nas fases não-gargalo podem representar escolhas estratégicas com potencial para fomentar um aumento mais substancial no retorno do investimento, segundo Pessoa (2003).

Reconhecer os pontos de estrangulamento na produção dentro de empresas que lidam com excesso ou escassez de capacidade produtiva é um conhecimento de suma importância para orientar o processo de tomada de decisão. Conforme apontado por Davis *et al.* (2001), são exatamente essas limitações que têm o poder de definir o desempenho do sistema, exercendo, por conseguinte, uma influência direta sobre a lucratividade e a rentabilidade das organizações.

Dentro dessa perspectiva, como destacado por Pessoa (2003) as dificuldades originadas pelo excedente ou pela insuficiência de capacidade produtiva impactam empresas de todos os setores, especialmente quando as oscilações na demanda são desencadeadas por ciclos econômicos. Entretanto, o autor ressalta a relevância de identificar o ponto de estrangulamento no fluxo de produção, como uma medida crucial para efetuar adaptações adequadas nos investimentos contínuos em maquinário e equipamentos.

As restrições limitam a capacidade das empresas de explorar completamente sua aptidão produtiva, o que conduz a períodos de tratamento de pedidos mais estendidos, elevação dos gastos operacionais e eventuais déficits que prejudicam a qualidade, eficiência e sequência dos procedimentos fabris, de acordo com Pessoa (2003).

Mediante a identificação das limitações em seus recursos, uma organização aumenta suas chances de atingir as metas ligadas à continuidade na produção, contentamento dos clientes

e aumento da rentabilidade dos negócios, de acordo com Pessoa (2003)

2.3 Mapeamento de processos

Um processo é uma ordenação específica das atividades de trabalho no tempo e no espaço, com um começo, um fim, entradas e saídas, claramente identificadas, assim tornando-se uma estrutura para ação Davenport (1994).

Adicionalmente, um processo pode ser compreendido como uma sequência de tarefas logicamente interligadas, que empregam os recursos da entidade para gerar os resultados estipulados, com a finalidade de respaldar seus objetivos, de acordo com Harrington (1993).

Harrington (1997), introduz uma hierarquia que caracteriza o processo, começando com uma visão global e gradualmente concentrando-se em aspectos específicos:

- Macroprocesso: engloba múltiplas funções na estrutura organizacional e sua execução exerce impacto significativo na operacionalidade da organização;
- Processo: série de etapas sequenciais que transformam entradas provenientes de fornecedores em valor acrescentado e, por conseguinte, geram saídas para consumidores;
- Subprocesso: compreende a parcela que, logicamente entrelaçada com outro subprocesso, realiza uma finalidade específica em apoio ao macroprocesso;
- Atividades: representam ações que ocorrem dentro do processo ou subprocesso. Geralmente, são executadas por uma unidade (pessoa ou departamento) para gerar um resultado particular. São a base dos fluxogramas de mapeamento de processos.
- Tarefa: corresponde a uma parte específica do trabalho, sendo uma subdivisão de foco mais estreito dentro do processo, podendo abranger um único elemento ou subconjunto de uma atividade.

O mapeamento de processos é uma ferramenta gerencial e de comunicação que visa otimizar processos existentes ou implementar uma estrutura nova baseada em processos. Ao ser analisado, possibilita a redução de custos no desenvolvimento de produtos e serviços, diminuição de problemas de integração entre sistemas e aprimoramento do desempenho organizacional. Também é instrumental para esclarecer os processos atuais e simplificar ou eliminar aqueles que requerem ajustes, de acordo com Hunt (1996).

De acordo com Barnes (1982) quatro abordagens devem ser consideradas na busca por soluções de aprimoramento de processos. São elas:

- Eliminar tarefas desnecessárias,
- Integrar operações e elementos,
- Reorganizar a sequência de operações,
- Simplificar operações essenciais.

Conforme Corrêa (2005), processos e atividades são os meios pelos quais o valor é agregado a produtos e serviços. Dado que processos e atividades consomem recursos, é vital implementar mecanismos de gestão eficientes para questionar e aprimorar tais processos e atividades.

Esses mecanismos devem visar à redução de custos, diminuição do ciclo de tempo, melhoria da qualidade e minimização de atividades não geradoras de valor (configuração, movimentação, filas, atrasos, retrabalho, etc.), impulsionando, conseqüentemente, as atividades de valor agregado, conforme Hines (2000).

De acordo com Corrêa (2005), no mapeamento de processo utilizando a técnica de mapa de processos são feitas as seguintes etapas:

- 1- Identificação dos produtos e serviços, bem como seus processos correspondentes.
Nessa etapa, os pontos de partida e término dos processos são estabelecidos;
- 2- Coleta e preparação de dados;
- 3- Transformação dos dados em representações visuais que evidenciem gargalos, desperdícios, atrasos e duplicação de esforços.

Para documentar todas as atividades realizadas por indivíduos, máquinas, estações de trabalho, em relação a consumidores ou materiais, as atividades são agrupadas em cinco categorias padronizadas Quadro 1.

Quadro 1 – Símbolos padrões ASME para fluxogramas de processos

<i>Símbolo</i>	<i>Atividade</i>
○	Uma operação, tarefa ou atividade de um trabalho
→	Um movimento de materiais, informações ou pessoas de um lugar para outro
□	Uma inspeção, verificação ou exame de materiais, informações ou pessoas
D	Uma espera ou uma pausa no processo
▽	Uma estocagem, estoque de materiais, arquivos ou fila de pessoas

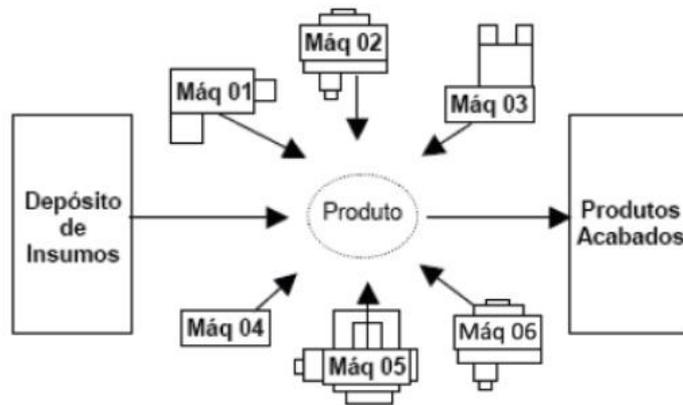
Fonte: Correia (2007).

2.4 Arranjo físico industrial

Conforme delineado por Drira, Pierreval e Hajri-Gabouj (2007), a finalidade do arranjo físico é assegurar a manipulação eficaz dos materiais. De acordo com as observações de Silva e Rentes (2012), o *layout* ou disposição física do setor de produção de uma empresa abrange a definição da posição e distribuição espacial dos recursos produtivos, incluindo máquinas, equipamentos, pessoal e instalações, no contexto operacional. Sob a perspectiva apresentada por Slack, Chambers e Johnston (2009), o arranjo físico de uma operação ou processo diz respeito à organização das posições relativas dos recursos transformadores e à alocação das várias tarefas da operação a esses recursos transformadores. Os arranjos físicos podem ser categorizados em quatro tipos distintos.

- **Arranjo de Posicionamento:** Nesse arranjo, os elementos que estão sendo transformados permanecem estáticos em relação aos recursos transformadores. Em contrapartida, os equipamentos, maquinários e indivíduos são deslocados conforme a necessidade. Na Figura 4 é apresentado:

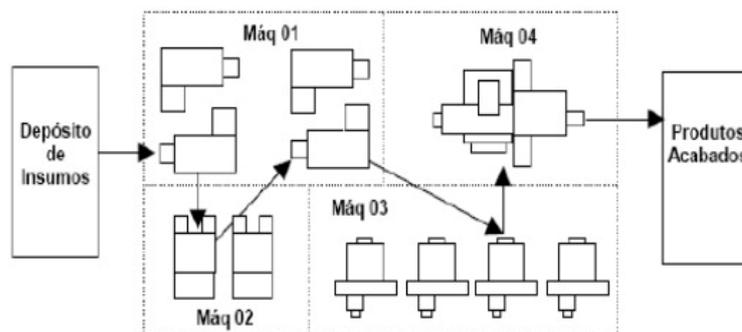
Figura 4 - Modelo arranjo físico de posicionamento



Fonte: adaptada de Toledo Jr. (1991, s.p.).

- Arranjo por Processos: Também referido como arranjo físico funcional, nesse tipo de arranjo, os recursos que desempenham funções ou processos semelhantes são reunidos. Os materiais e produtos movem-se através das etapas distintas à medida que há demanda por cada uma delas. Na Figura 5 é apresentado:

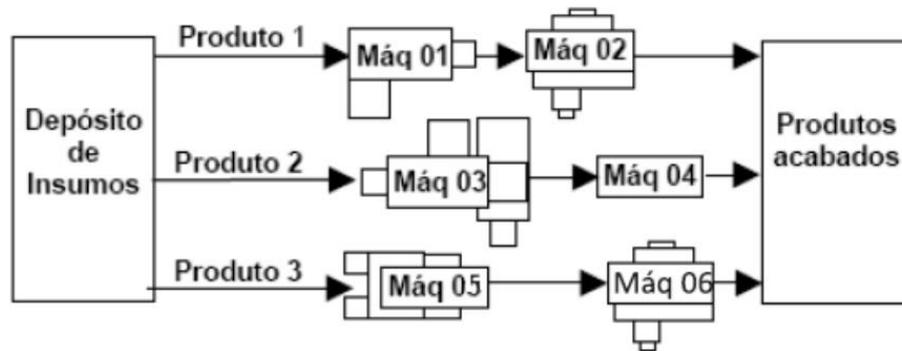
Figura 5 - Modelo arranjo físico por processos



Fonte: adaptada de Toledo Jr. (1991, s.p.).

- Arranjo por Produto ou Linha: Nesse arranjo, os recursos transformadores produtivos são dispostos de acordo com a máxima conveniência do recurso que está sendo transformado. Esse tipo de arranjo é mais apropriado para operações que possuem fluxos de processamento similares. Na Figura 6 é apresentado:

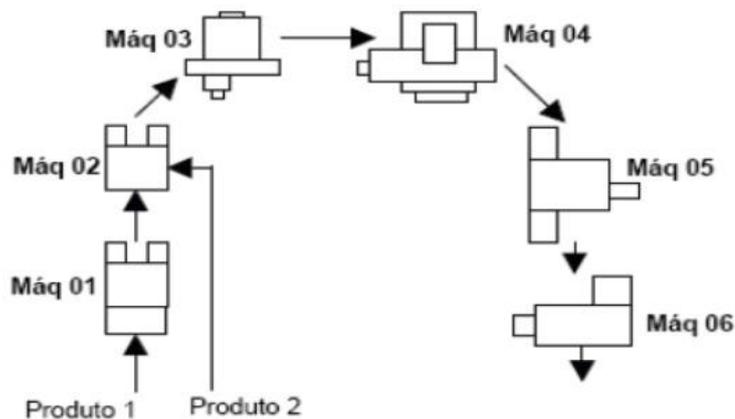
Figura 6 - Modelo Arranjo Físico por Produto ou Linha



Fonte: Adaptada de Toledo Jr. (1991, s.p.).

- Arranjo Celular: Nesse tipo de arranjo, os recursos que estão sendo transformados são previamente escolhidos para serem deslocados para uma parte específica da operação, também conhecida como "célula". Nessa célula, todos os recursos transformadores necessários para atender às suas demandas imediatas de processamento estão disponíveis. Essas células podem ser organizadas tanto por um arranjo funcional quanto por produto. O próximo tópico abordará o equilíbrio de linha. Na Figura 7 é apresentado:

Figura 7 - Modelo Arranjo Físico Celular



Fonte: Adaptada de Toledo Jr. (1991, s.p.).

Segundo Nunes (2013, p. 200):

“O estudo do arranjo físico tem por objetivo a melhor combinação de material, equipamento e mão de obra no espaço disponível relacionado aos sistemas de produção. Esse estudo contempla um plano de instalação industrial que integra todos os recursos de produção num conjunto lógico e ordenado, cada qual dando sua parcela de contribuição para o objetivo final, que é a eficiência de produção”.

2.4.1 Arranjo físico em linha

Segundo Chiavenato (2005), a disposição física, também conhecida como arranjo físico ou layout, tanto de uma empresa como de um departamento isolado, é a configuração física na qual máquinas e equipamentos são distribuídos dentro da organização. Por meio de cálculos e definições adaptadas de acordo com o produto a ser fabricado, essa distribuição é planejada para otimizar a execução do trabalho e minimizar o desperdício de tempo.

De acordo com Martins e Laugini (2005), ao elaborar um *layout*, informações essenciais sobre as especificações e características do produto, quantidades de produtos e materiais, bem como a sequência de operações, são imprescindíveis.

Peinado e Reis (2007), mencionam que a importância do estudo do *layout*:

“As decisões de arranjo físico definem como a empresa vai produzir. O *layout*, ou arranjo físico, é a parte mais visível e exposta de qualquer organização. A necessidade de estudá-lo existe sempre que se pretende a implantação de uma nova fábrica ou unidade de serviços ou quando se estiver promovendo a reformulação de plantas industriais ou outras operações produtivas já em funcionamento”.

Seguindo a abordagem de Chiavenato (2005), antes de organizar a disposição das máquinas na empresa, é fundamental compreender o produto que será fabricado, os materiais necessários para sua produção e os processos envolvidos. Inicialmente, o conceito de Layout por Produto é estabelecido, representando todas as operações desde a entrada do material até a produção finalizada. Posteriormente, o Layout por Processo é delineado, abrangendo o fluxo do processo e as diversas seções que a matéria-prima atravessa no ciclo de produção Chiavenato (2005).

Conforme Martins e Laugini (2005), a criação de um *layout* exige a compreensão prévia da quantidade de peças ou produtos a serem produzidos, levando em conta a capacidade predeterminada da empresa. Nesse contexto, são considerados fatores como o número de funcionários, os turnos de trabalho e a tecnologia disponível para adequar o tempo de produção.

Cury (2007, p. 396) mencionou que:

“[...] deve-se levar em conta também que um novo e bom *layout* baseia-se em distribuir as máquinas, matéria-prima e móveis para preencher da melhor maneira possível os espaços nos setores ou na organização como um todo, levando-se em consideração a melhor forma da mão de obra se adaptar no seu posto de trabalho para garantir a satisfação e a qualidade no trabalho”.

2.5 Fluxograma de processo

Uma das principais responsabilidades enfrentadas por corporações, organizações, estabelecimentos comerciais e provedores de serviços, sem levar em conta seu tamanho, é a busca por aprimoramento na eficiência de seus processos de produção. Para aprimorar a produtividade e eficácia da produção, é vital compreender o processo de fabricação e detectar os eventuais gargalos e atividades que não contribuem para o fluxo de maneira proveitosa. Essas questões estão intrinsecamente relacionadas à Engenharia de Processos, um domínio dentro da Engenharia que se concentra na análise, compreensão e otimização dos procedimentos de produção de uma entidade. Por meio da análise dos fluxos, essa área identifica como as distintas áreas de uma organização interagem, unindo esforços para criar sinergias e conquistar resultados positivos tanto para o produto quanto para os consumidores Vieira (2020).

Conforme Campos (1992), o fluxograma é um elemento crucial para padronizar e, posteriormente, compreender o processo de maneira mais eficaz. Ele facilita a visualização e a identificação dos produtos elaborados, dos clientes, dos fornecedores internos e externos, das funções, das responsabilidades e dos pontos críticos ao longo do processo.

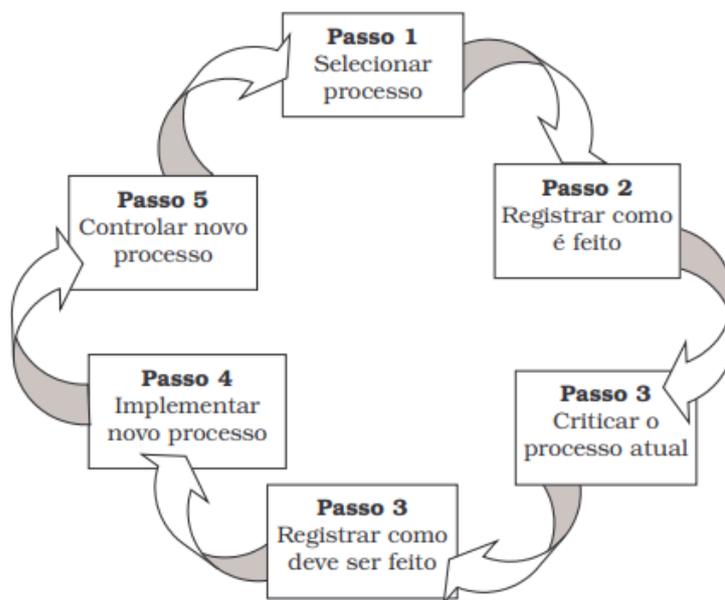
Para Barnes (1977), o fluxograma é uma técnica que registra de forma concisa um processo, tornando possível uma compreensão mais clara e propícia para melhorias. O diagrama representa as diversas etapas ou eventos que ocorrem durante a execução de um processo, identificando fases de ação (realização de atividades), inspeção, transporte, espera, além do fluxo de documentos e registros.

O fluxograma de processo consiste em uma representação sequencial que enfatiza quais etapas operacionais ocorrem antes de outras e quais podem ser realizadas paralelamente. Distintos tipos de operações geralmente são identificados por diferentes símbolos Schmenner, (1999)

Segundo Vieira (2020), a elaboração desse mapeamento de processos representa uma ferramenta que permite observar o fluxo em sua totalidade, compreendendo as atividades em jogo. Essa ferramenta é fundamental para detectar áreas com possibilidade de aprimoramento, visando acrescentar valor ao processo e reduzir desperdícios, sejam eles relacionados a materiais ou pessoal. Conforme Azevedo (2016), uma indústria que não compreende e não está ciente de seus processos, ou que os percebe como isolados ou desconexos, está suscetível a falhas, retrabalhos, gargalos, atividades desprovidas de valor, além de perda de tempo e

recursos. Na Figura 8 é apresentado:

Figura 8 – Sequência de Ações para Análise de Processo de Trabalho



Fonte: PEINALDO E GRAEML, (2007).

A ilustração apresentada na Figura 8 mostra um diagrama que delinea seqüências lógicas de operações a serem seguidas com o propósito de otimizar um procedimento produtivo. Uma maneira de discernir eventuais falhas no processo e identificar áreas para aprimoramento é através do Mapeamento de Processos. Conforme esclarecido por Azevedo (2016), essa é uma ferramenta que capacita a formulação do fluxo produtivo, documentando todos os componentes que o constituem. Para mapear um determinado tipo de processo, requer um profundo conhecimento das atividades que são executadas e que são fundamentais para a fabricação de um determinado produto ou para a prestação de um serviço específico.

No processo de realizar o Mapeamento de Processos, é comum empregar técnicas que auxiliam na compreensão do fluxo e na identificação de áreas passíveis de melhorias. Uma dessas técnicas é o fluxograma. O fluxograma é um método de representação visual que utiliza símbolos gráficos para exibir a seqüência de atividades que compõem uma produção. Seu propósito é simplificar a análise por parte dos gestores Peinaldo (2007).

Conforme Peinaldo (2007), uma maneira de compreender o funcionamento de um

fluxograma de processo é estabelecer uma analogia com um gráfico que condensa e resume dados presentes em uma tabela. Na análise de uma tabela de dados, interpretar os números e tendências divulgados exige algum esforço e tempo. A utilização de um gráfico auxilia a perceber a direção que esses dados estão seguindo e facilita a compreensão dessas informações.

O mesmo princípio se aplica ao fluxograma. Examinar o fluxo de produção ou de serviço apenas através da descrição de cada etapa não proporciona uma compreensão adequada do processo em execução, daí a introdução de símbolos para simplificar e facilitar o entendimento tanto do gestor quanto do operador que está utilizando. Os símbolos adotados nos fluxogramas de processos industriais são de natureza simples e de fácil assimilação. Na Figura 9 subsequente, são apresentados o símbolo, a descrição e um exemplo correspondente:

Figura 9 – Simbologia de Fluxogramas para Processos Industriais

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	EXEMPLO
	Operação: ocorre quando se modifica intencionalmente um objeto em qualquer de suas características físicas ou químicas.	Martelar um prego, inserir um parafuso, rebitar, dobrar, digitar, preencher um formulário, escrever, etc.
	Transporte: ocorre quando um objeto ou matéria prima é transferido de um lugar para o outro, de uma seção para outra.	Transportar manualmente ou com carrinho, por meio de esteira, levar a carga de caminhão, documentos de um setor para o outro, etc.
	Espera: ocorre quando um objeto ou matéria prima é colocado intencionalmente numa posição estática. O material permanece aguardando processamento.	Esperar pelo transporte, estoques aguardando material ou processamento, papéis aguardando assinatura, etc.
	Inspeção: ocorre quando um objeto ou matéria prima é examinado para sua identificação, quantidade, condição ou qualidade.	Medir dimensões do produto, verificar pressão ou torque de parafusadeira, conferir quantidade de material, etc.
	Armazenagem: ocorre quando um objeto ou matéria-prima é mantido em área protegida específica na forma de estoque.	Manter matéria-prima ou produto acabado no estoque, documentos arquivados, arquivos em computador, etc.

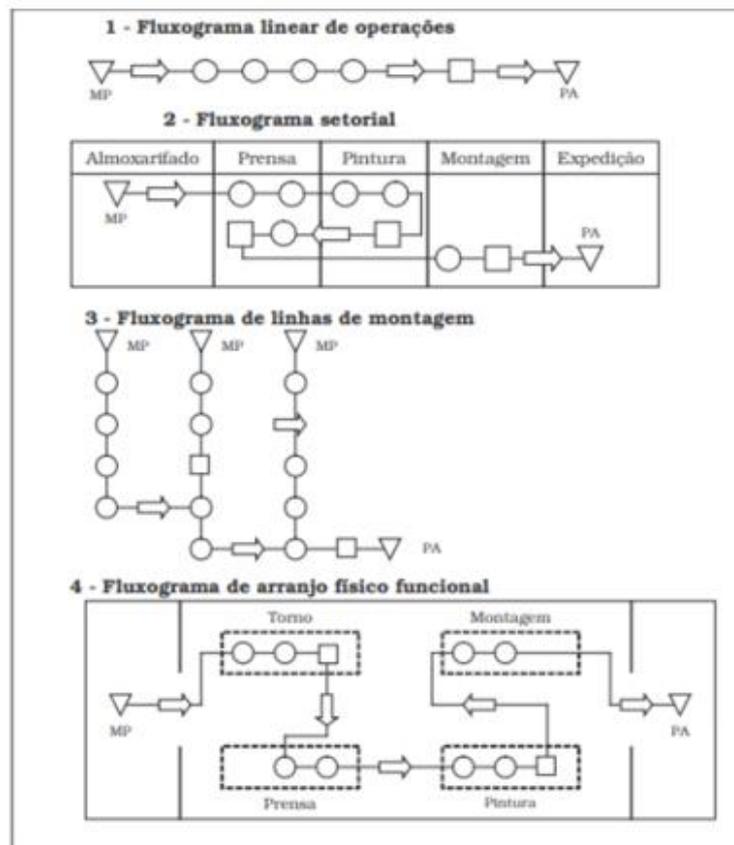
Fonte: O AUTOR, 2021 – Adaptado de Peinaldo (2007).

Conforme Peinaldo (2007), o fluxograma linear de operações é empregado quando um processo adere a um fluxo contínuo e, como sugere o próprio nome, linear. O fluxograma setorial é utilizado quando a produção é subdividida em células produtivas, e o fluxo industrial percorre entre essas células.

Por sua vez, o fluxograma de linha de montagem ilustra fluxos produtivos paralelos que

seguem um balanceamento de linha, otimizando a mão de obra e minimizando os tempos de espera. Esse tipo de fluxograma tem início com a matéria-prima (MP) e culmina no produto acabado (PA). Por último, o fluxograma de arranjo físico funcional abrange um fluxo que perpassa várias etapas produtivas até chegar à formação do produto final. Na Figura 10 é apresentado:

Figura 10 - Tipos de Fluxogramas Existentes



Fonte: Peinaldo e Graeml (2007).

2.6 Estudo de tempos (cronoanálise)

A cronoanálise é uma ferramenta empregada para quantificar o tempo necessário para realizar uma atividade ou processo lógico, com o propósito de avaliar as sequências do processo, os valores agregados e não agregados, e as condições ambientais que podem impactar positiva ou negativamente o desempenho do processo.

Originada nos estudos de Taylor e Frank Gilberth, a análise temporal foi concebida como uma segmentação de atividades, considerando a capacidade de produção dos colaboradores. A capacitação e orientação dos colaboradores para executar atividades são elementos integrantes da estrutura da análise temporal. Além disso, é possível oferecer incentivos aos colaboradores que alcancem e superem as metas estabelecidas (Lopes, 2017).

Segundo as análises de Slack, Chambers e Johnston (2009), o método de Taylor compreende um processo composto por três fases visando a obtenção dos tempos fundamentais para os componentes do trabalho. Essas etapas englobam o seguinte procedimento:

- Observar e mensurar o intervalo requerido para a execução de cada componente da tarefa.
- Realizar ajustes ou "normalizações" para cada período observado.
- Efetuar o cálculo da média dos intervalos ajustados, resultando na obtenção do tempo essencial para o componente.

Slack, Chambers e Johnston (2009) ressaltam que:

“O estudo do tempo é uma técnica de medida do trabalho para registrar os tempos e o ritmo de trabalho para os elementos de uma tarefa especializada, realizada sob condições especializadas, e para analisar os dados de forma a obter o tempo necessário para a realização do trabalho com um nível definido de desempenho”.

Segundo Barnes (1977), o fruto da "análise temporal" corresponde ao intervalo necessário para que um indivíduo familiarizado com a função e devidamente treinado no método particular complete uma tarefa específica em sua cadência habitual. Essa seria a medida de referência do tempo para a operação.

Conforme assegurado por Sugai (2003), a análise detalhada das operações viabiliza a eliminação de deslocamentos desnecessários e a simplificação dos deslocamentos proveitosos, o que resulta em uma significativa redução nos tempos e esforços empregados pelos trabalhadores.

Maresca (2007) enfatiza que o método temporal delineado por Taylor estava segmentado em duas fases claramente definidas: a fase de análise e a fase de execução, como evidenciado no Quadro 2.

Quadro 2 - Divisão do Estudo do Tempo

DIVISÃO DO ESTUDO DO TEMPO	
FASE ANALÍTICA	<ul style="list-style-type: none"> - Dividir o trabalho de um homem executando qualquer operação em movimento elementar; - Selecionar todos os movimentos desnecessários e eliminá-los; - Observar como vários operadores habilidosos executam cada movimento elementar, e com o auxílio de um cronômetro, escolher o melhor e mais rápido método; - Descrever, registrar e codificar cada elemento com seu respectivo tempo, de forma que possa ser facilmente identificado; - Estudar e registrar a porcentagem que deve ser adicionada ao tempo selecionado de um bom operário para cobrir esperas inevitáveis, interrupções e pequenos acidentes; - Estudar e registrar a porcentagem que deve ser adicionada ao tempo para cobrir a inexperiência dos funcionários nas primeiras vezes que ele executa a operação; - Estudar e registrar a porcentagem de tempo, que deve ser tolerada para o descanso e intervalos em que deve ser efetuado a fim de eliminar a fadiga física;
FASE CONSTRUTIVA	<ul style="list-style-type: none"> - Combinar em vários grupos os movimentos elementares, que não são usados frequentemente na mesma seqüência, em operações semelhantes, registrá-los e arquivá-los de tal forma que eles possam ser facilmente encontrados; - Destes registros é fácil selecionar a seqüência adequada de movimentos que devem ser usados por um operário produzindo um determinado produto, somando os tempos relativos e esses movimentos e adicionando as tolerâncias correspondentes, obterem-se então o tempo padrão para a tarefa em estudo; - A análise de uma operação quase sempre revela imperfeições nas condições que cercam essa operação, tais como: o uso de ferramentas inadequadas, o emprego de máquinas obsoletas, existência de más medições de trabalho. E o reconhecimento adquirido através de análise de muitas vezes permite a padronização das ferramentas e condições de trabalho e desenvolvimento de melhores máquinas e métodos.

Fonte: Maresca, adaptada (2023).

A origem da análise temporal remonta aos estudos de Taylor e dos Gilbreth. Taylor enfoca a segmentação das tarefas e a habilidade real do operador, enquanto Gilbreth atenta para os movimentos e os aspectos relacionados à fadiga e à otimização dos movimentos desnecessários de acordo com Sugai (2003).

De acordo com Oliveira (2012), a aplicação da análise temporal é recomendada sempre que houver a intenção de aprimorar a produtividade e compreender minuciosamente as nuances do processo de produção. Através dela, é possível identificar os pontos de ineficiência no processo, bem como as lacunas de tempo desperdiçado. Isso facilita a condução de estudos para a melhoria dos processos e o aumento da eficiência produtiva.

Segundo Oliveira (2009), a cronometragem é uma ferramenta que ressalta aspectos essenciais para uma amostragem de tempos:

- A real competência do operador na realização da cronometragem;
- O número de medições necessárias para garantir uma análise confiável;
- Avaliação da margem de tolerância em porcentagem para cada operação.

2.7 Valores agregados e não agregados

Após a II Guerra mundial, diversos países enfrentaram escassez de recursos, levando as corporações a adotarem novos paradigmas, originando novas abordagens para conduzir suas operações. O Lean Manufacturing, também reconhecido como produção enxuta, destacou-se significativamente. Os efeitos foram evidenciados quando a companhia japonesa Toyota começou a implementá-lo, visando aumentar a eficiência produtiva, diminuir despesas e aprimorar a qualidade (Prates, 2011).

Na cronoanálise se utiliza o conceito de valor agregado para avaliar o desempenho e progresso de um projeto específico a partir de sua programação, cronograma e alocação de recursos. Durante a execução do projeto, são conduzidas análises que permitem antecipar possíveis cenários futuros. Se algum desses cenários difere do planejado, é viável, por meio dessas análises, realizar ajustes no planejamento físico financeiro, corrigindo eventuais problemas ao longo do tempo (Ferreira, 2014).

De acordo com Salgado (2009) , quando se aborda o conceito de mentalidade enxuta, o intuito é alcançar uma produção mais eficiente com gastos reduzidos. Pesquisas indicam que a diminuição de despesas pode ser alcançada por meio da identificação e eliminação de atividades que não contribuem de maneira significativa para o valor da produção. Essa abordagem se alinha à perspectiva do Lean Manufacturing, que busca eliminar desperdícios nas operações e promover o equilíbrio no fluxo de produção.

No contexto de atividades que não agregam valor, menciona-se ações consideradas desperdícios que podem ser corrigidas. Alguns exemplos incluem a produção de produtos sem atratividade para o consumidor, a acumulação excessiva de mercadorias em estoque, a execução de atividades desnecessárias, a movimentação não essencial de produtos e funcionários, bem como a oferta de bens e serviços que não satisfazem as necessidades do cliente (Bandeira, 2011).

Segundo Bandeira (2011) eliminar esses excessos, são adotados alguns princípios fundamentados na abordagem Lean.

- Valor: O valor de um produto não é determinado pela empresa, mas sim pelo cliente. O cliente possui necessidades que geram um valor de mercado, e cabe à empresa identificar essas necessidades e supri-las, estabelecendo um preço que promova lucro e competição no mercado, com vistas à expansão e aprimoramento da produção.
- Fluxo de valor: O processo é dividido em três categorias, atividades que agregam valor, aquelas que não agregam valor mas são essenciais para a manutenção do processo e qualidade, e aquelas que não agregam valor e devem ser eliminadas.
- Fluxo contínuo: Alcançar fluidez no processo de produção impacta diretamente na visão e mentalidade das pessoas envolvidas. Optar pela produção departamentalizada pode parecer mais simples, mas é necessário desenvolver um fluxo contínuo de produção para reduzir o tempo de produção e atender às necessidades dos clientes.
- Produção puxada: Isso ocorre quando os clientes passam a influenciar os fluxos de valor, reduzindo a necessidade de estoque e agregando valor ao produto.
 - Perfeição: Alcançar um fluxo contínuo de produção exige a participação de todos os membros envolvidos, proporcionando a compreensão integral do processo e incentivando o diálogo para descobrir novas e melhores formas de criar valor.

2.8 Gráfico *Yamazumi*

Para Silva (2021), o gráfico *Yamazumi* consiste numa ferramenta utilizada para balanceamento de linha e seu uso é comum e bem aceito nas operações de manufatura. O seu foco é voltado para a realização de melhorias em balanceamento de linha. A configuração deste gráfico é formada por barras que evidenciam o ciclo de tempo utilizado por cada operador na sua respectiva atividade no processo produtivo. É oportuno esclarecer que o *Yamazumi* como ferramenta de melhoria não representa um fim em si mesma, até porque quando há mudanças no processo produtivo, a sua configuração pode ser alterada (Naufal, *et al.*, 2013).

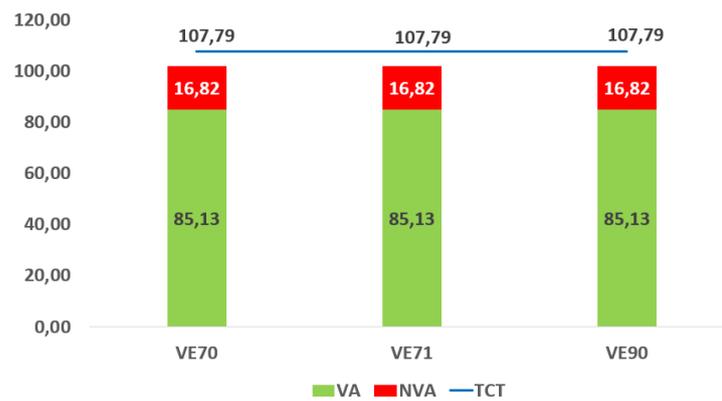
O Gráfico de Balanceamento de Operações (GBO), também conhecido como *Yamazumi*, é uma ferramenta fundamental para a aplicação do método de tempos e movimentos. Este gráfico é representado por barras que relacionam a carga de trabalho dos operadores com

o tempo necessário para realizar as atividades, conhecido como *takt time*.

Cada barra no gráfico corresponde ao tempo de montagem dos operadores em uma célula específica de produção. Sua principal utilidade é proporcionar uma visão abrangente dos tempos de trabalho dos operadores em uma linha de produção ou célula de trabalho. Isso possibilita identificar facilmente operadores com tempos de montagem superior ao permitido, bem como aqueles que apresentam ociosidade.

Em resumo e como mostra o gráfico 1 o GBO permite visualizar de forma clara e identificar os pontos que necessitam de balanceamento, onde é possível ajustar as cargas de trabalho para otimizar a eficiência do processo produtivo Rother (2002).

Gráfico 1 - Gráfico *Yamazumi*



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

2.9 Número de ciclos cronometrados

Peinado e Graeml (2007) destacam a importância de efetuar múltiplas medições temporais para obter uma média aritmética desses valores. A quantidade de ciclos a ser cronometrada é determinada por meio da utilização da Equação (1).

Equação 1 – Cálculo do Número de Ciclo

$$N = \left(\frac{Z \times R}{E_r \times d_2 \times Y} \right)^2$$

Fonte: Peinado e Graeml, (2007, p. 98.).

Onde:

N= número de ciclos a serem cronometrados;

Z= coeficiente de distribuição normal para uma probabilidade determinada;

R= amplitude da amostra;

Er= erro relativo da medida;

d2= coeficiente em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente;

x= média dos valores das observações.

Em estudo de tempos, o grau de confiabilidade da medida utilizado fica entre 90% e 95% e o erro relativo aceitável varia entre 5% e 10%. Assim, com 95% de probabilidade, a média dos valores observados não diferirá mais de 5% do valor verdadeiro para a duração do elemento Peinado e Graeml (2007).

Segue a Tabela 1 para consultar o coeficiente de distribuição normal e a Tabela 2 para consultar o coeficiente d2 para o N cronometragens iniciais.

Tabela 1 – Consulta de Coeficiente de Distribuição Normal

	Coeficientes de distribuição normal									
Probabilidade	90%	91%	92%	93%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
Z	1,65	1,70	1,75	1,81	1,88	1,96	2,05	2,17	2,33	2,58

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Tabela 2 – Consulta de Coeficiente d2 para N Cronometragens Iniciais

	Coeficiente d2 para N cronometragens iniciais									
N	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
d2	1,128	1,693	2,059	2,328	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

O presente estudo teve enfoque de pesquisa de natureza aplicada, cujo propósito é realizar investigações exploratórias e utilizar a abordagem de pesquisa de métodos mistos. Esta abordagem combina aspectos qualitativos e quantitativos com o intuito de obter uma compreensão mais completa e abrangente de um fenômeno específico. Isso envolve a realização de coleta, análise e síntese de dados provenientes de estudos anteriores sobre o tópico, conforme referências de bancos de dados científicos. Adicionalmente, uma pesquisa bibliográfica abordando a história e os conceitos relacionados à produção enxuta, bem como a aplicação das ferramentas do *Lean Manufacturing*, com o objetivo de fundamentar os aspectos e evidências relacionados ao problema em estudo.

De acordo com a visão metodológica, este trabalho está relacionado a um estudo de caso, o qual, de acordo com Robert K. Yin (2015), é aplicado em diversas circunstâncias para enriquecer nosso entendimento de fenômenos individuais, grupais, organizacionais, sociais, políticos e correlatos. Robert K. Yin (2015) também destaca que um estudo de caso permite aos pesquisadores concentrarem sua atenção em um caso específico, enquanto mantêm uma perspectiva ampla e realista, como no exame de processos organizacionais e administrativos, bem como no desenvolvimento de setores industriais.

O estudo de caso se baseou no dia a dia produtivo de uma linha de montagem de ventiladores de uma indústria de eletrodomésticos localizada no interior do estado do Rio de Janeiro. A empresa é uma multinacional francesa que se especializou em produtos para cozinha e lar. Além de ser uma das marcas confiáveis no mercado de eletrodomésticos no Brasil.

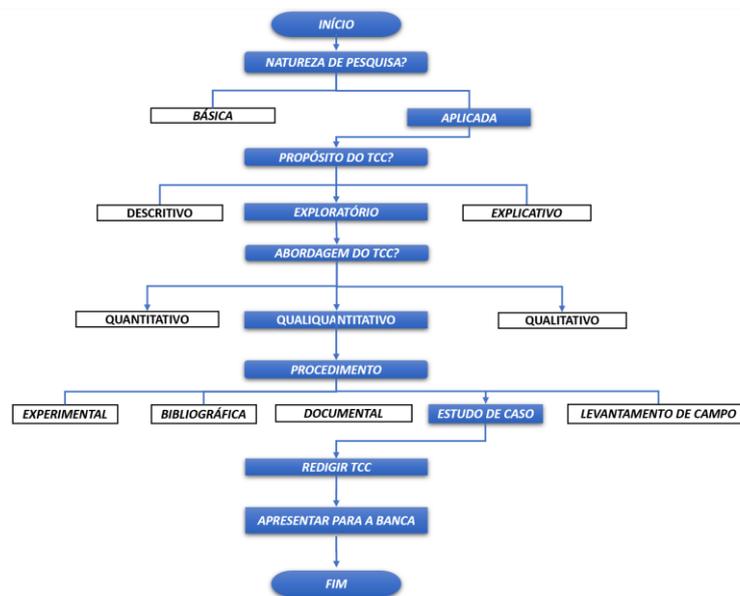
A presença da empresa no Brasil reflete sua posição como um dos principais players no setor de produtos para cozinha e lar, proporcionando aos consumidores brasileiros uma variedade de opções para atender às suas necessidades cotidianas, está presente no Brasil há muitas décadas. Com um portfólio de 31 marcas e 60 famílias de produtos, a empresa responde às múltiplas expectativas de todos os consumidores pelo mundo e fornece respostas pertinentes e complementares às estratégias de seus distribuidores, presente em mais de 30 países.

No Brasil a fábrica é localizada na cidade de Itatiaia, onde aproximadamente mais de 400 ventiladores são produzidos na linha em estudo, sendo eles de mesa, parede e pedestal. São produtos com características exclusivas, com gravação *Hot Stamping*, quantidade de pás das hélices, cores, potência de motor, voltagem, componentes, etiquetas, caixas etc. Os ventiladores

são produzidos em uma linha de montagem com arranjo físico de produto, os postos de trabalho, bancadas, equipamentos, *flow racks*, operadores, esteiras, embalagens e componentes de montagem estão posicionados de uma maneira estratégica seguindo um fluxo contínuo, de acordo com o *layout* atual a linha é composta por 3 operadores, sendo 1 no processo de montagem do motor e coluna, 1 operador para montagem das grades e teste de velocidades e 1 operador na parte de embalagem.

O devido estudo de caso tem como base a análise e revisão dos roteiros de fabricação da montagem dos ventiladores nos postos, é realizado uma cronoanálise detalhada listando a sequência de operações passo a passo de 1 modelo de ventilador, retirado 10 tempos de ciclo de cada etapa de operação nos 3 postos de trabalho, A, B e C, e obteve-se uma média precisa de tempo de mão de obra, tempo total de cada posto, a diferença entre eles, identificação de gargalos e ganho de tempo de roteiro. Na Figura 11 é apresentado o fluxo da metodologia de pesquisa:

Figura 11 - Fluxograma de Metodologia de Pesquisa



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Para que se tenha um ganho de tempo de roteiro e aumento da capacidade produtiva da linha de montagem de ventiladores, foi realizado um estudo de tempos que envolve a uma análise minuciosa dos intervalos necessários para realizar uma tarefa ou operação, observação e coleta de dados, cronometragem, registros detalhados, registros de condições, padronização, método da análise e identificação de melhorias. Para confecção e análise do estudo de tempos

a seguinte sequência de atividades foram realizadas:

- Mapear o processo produtivo de um produto.
- Realizar o estudo de tempos (cronoanálise) das operações.
- Estudar o rearranjo físico da linha, propondo melhorias.
- Analisar e propor a eliminação dos tipos de desperdícios com objetivo de tornar o processo enxuto.

Com a necessidade de melhoria contínua e alta demanda no mercado foi feita essa pesquisa de campo em busca do ganho de tempo de roteiro de fabricação, eliminando gargalos no fluxo produtivo, reduzindo desperdícios para não gerar falhas de montagem, visando aumentar a capacidade produtiva da linha de produção.

Segundo o referencial teórico apresentado no estudo de caso, a análise de tempos foi implementada na linha de produção, examinando minuciosamente cada etapa do processo. Após a análise das operações, uma significativa otimização dos tempos em comparação com os procedimentos anteriores. Isso resultou em uma utilização mais eficaz da mão de obra dos operadores, o que, por sua vez, proporcionou um aumento notável.

Visando aumentar o número de vendas de ventiladores da empresa e prevendo o fenômeno climático *El Niño*, que é conhecido por influenciar o clima global e terá impactos significativos no Brasil em 2023, gerando temperaturas elevadas nas regiões do país. Um estudo na semana 14 do mês de abril de 2023, avaliando uma linha de produção de ventilador, onde existiam 3 postos de trabalho críticos, em que foi preciso fazer medições de tempos de ciclos dos operadores. Para tirar os tempos de cada operação de montagem foi necessário 1 mês de trabalho, feito logo no início do *start* da produção, onde o engajamento dos operadores é maior. Cronometrados 10 tempos de ciclo de todas as operações de montagem do produto e obteve-se uma média de tempo de ciclo, que se refere à quantidade média de tempo necessária para completar um ciclo de atividade. Uma planilha para registrar a tomada de tempos do estudo. Na tabela 3 é apresentado o modelo de tomada de tempos da produção:

Tabela 3 - Modelo de Tomada de Tempos da Produção

ANÁLISE DE ROTEIRO + BALANCEAMENTO	ADIGA	POSTO										A	B	C
		TC												
		DIFERENÇA												
DESCRIÇÃO DAS OPERAÇÕES	Mão de Obra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tempo total de cada posto		
Descrição da operação														

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Para mensurar o tempo de ciclo das operações de montagem do ventilador vai ser usado o cronômetro digital, indicado para o segmento industrial com a finalidade de registrar o tempo de alguns processos onde é relevante o controle da produtividade. Sua resolução é de 1/100 segundos (até 30min) e 1 segundo (após 30min). Para a calibração dos cronômetros foi seguido à risca os padrões de exigência das normas ABNT NBR ISO 17025:2017 e NIST 960-12, passando credibilidade e confiança na hora de realizar calibrações, fornecendo medições exatas do tempo. A calibração padrão foi realizada em 3 temporizações fixas (3, 10 e 30 minutos). O instrumento de medição é representado na Figura 12:

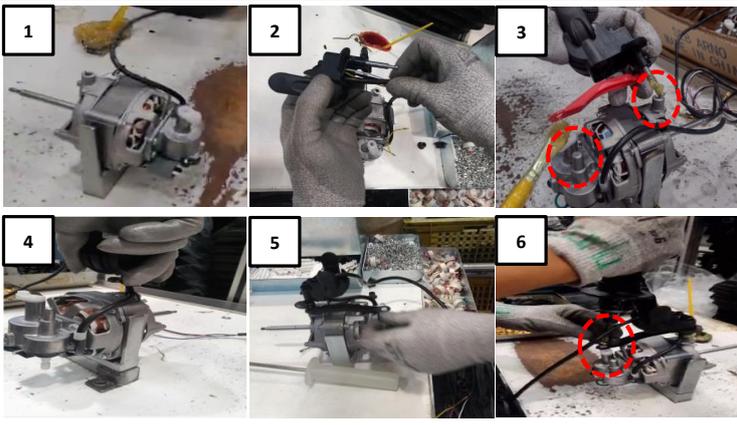
Figura 12 - Cronômetro digital



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A *JES (Job Element Sheet)* folha de elemento de trabalho é um documento que contém descrições detalhadas das tarefas e etapas do processo que está sendo executado, instruções e sequencias sobre como executar uma montagem. Que incluem medidas de segurança, diretrizes de qualidade e outras orientações relevantes e uma estimativa do tempo necessário para concluir a tarefa. Este documento ajuda a garantir a consistência e a qualidade do trabalho, além de ser uma ferramenta valiosa para o planejamento e o controle de projetos e processos, como na Tabela 4.

Tabela 4 – *JES (Job Element Sheet)*

Nº da operação	MONTAR MOTOR						
OP10	Produto	Modelo	Opção	EPI			
				1. Óculos de segurança <input checked="" type="checkbox"/>	4. Luvas <input checked="" type="checkbox"/>	6. Creme de Proteção <input checked="" type="checkbox"/>	
				2. Protetor auricular <input checked="" type="checkbox"/>	5. Avental <input type="checkbox"/>		
				3. Sapato de segurança <input checked="" type="checkbox"/>			
Pontos específicos da JES				Legenda de Pontos críticos			
-				Segurança e ergonomia <input checked="" type="checkbox"/>	Qualidade <input type="checkbox"/>	Custo <input type="checkbox"/>	Ambiente <input type="checkbox"/>
Fase	Descrição das operações			Nº	Pontos chaves	Por quê?	
1	PEGAR o motor e POSICIONAR no berço						
2	PEGAR o suporte de articulação e PASSAR fiação						
3	APLICAR graxa no eixo do suporte de articulação com um pincel			♦	Aplicar graxa em todo eixo e encaixe do braço de oscilação	Garantir bom funcionamento do produto	
4	ENCAIXAR eixo do suporte no motor						
5	ENCAIXAR braço de articulação no suporte e depois no motor						
6	PARAFUSAR conjunto de oscilação no motor			♦	Parafusar até o final da rosca do parafuso	Para garantir que o braço de oscilação não solte	
Ilustrações (Fotos; Desenhos; OK NOK)							
							
							

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Para Goode e Hatt (1975), o estudo de caso é um meio de organizar os dados, preservando do objeto estudado o seu caráter unitário. Considera a unidade como um todo, incluindo o seu desenvolvimento (pessoa, família, conjunto de relações ou processos etc.).

Vale, no entanto, lembrar que a totalidade de qualquer objeto é uma construção mental, pois concretamente não há limites, se não forem relacionados com o objeto de estudo da pesquisa no contexto em que será investigada. Portanto, por meio do estudo do caso o que se pretende é investigar, como uma unidade, as características importantes para o objeto de estudo da pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo o referencial teórico no capítulo 3 apresentado no estudo de caso, a análise de tempos foi implementada na linha de produção, examinando minuciosamente cada etapa do processo. Após a análise das operações, detectamos uma significativa otimização dos tempos em comparação com os procedimentos anteriores. Isso resultou em uma utilização mais eficaz da mão de obra dos operadores, o que, por sua vez, proporcionou um aumento notável na capacidade diária de montagem de ventiladores.

4.1 Apresentando o processo do estudo de caso

O estudo aborda uma pesquisa de natureza aplicada com foco em investigações exploratórias e utiliza uma abordagem de pesquisa de métodos mistos, combinando aspectos qualitativos e quantitativos para obter uma compreensão abrangente de um fenômeno específico. Isso envolve a coleta, análise e síntese de dados de estudos anteriores sobre o tópico. Além disso, é conduzida uma pesquisa bibliográfica sobre a produção enxuta e o *Lean Manufacturing* para fundamentar o problema em estudo.

O estudo se baseia em um estudo de caso que analisa o processo de produção de uma linha de montagem de ventiladores em uma indústria de eletrodomésticos no Rio de Janeiro. A empresa é uma multinacional francesa especializada em produtos para cozinha e lar, atuando no Brasil há muitas décadas e oferecendo uma variedade de produtos em mais de 30 países. A fábrica no Brasil está localizada em Itatiaia e produz diversos tipos de ventiladores, com características exclusivas.

O estudo de caso se concentra na análise e revisão dos roteiros de fabricação da montagem dos ventiladores nos postos de trabalho da linha de montagem. Foi realizada uma

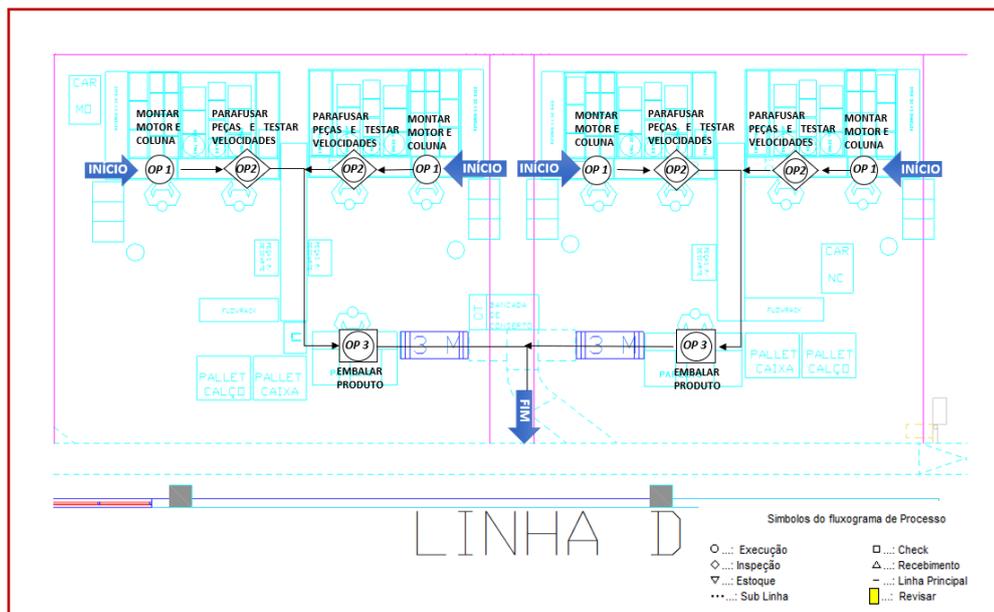
cronoanálise detalhada para determinar os tempos de ciclo de cada etapa de operação nos três postos de trabalho (A, B e C). Isso permitiu calcular o tempo de mão de obra, o tempo total de cada posto, a diferença entre eles, a projeção da capacidade de produção por hora e dia, a identificação de gargalos e o ganho de tempo no roteiro de produção.

4.2 Construção do mapofluxograma de processo

Como explicado no capítulo 3, a indústria de eletrodomésticos que esse estudo de caso se baseia tem uma linha de produção de ventiladores com fluxo contínuo caracterizada por um arranjo físico de produto, uma linha destinada a montagem de ventilador de mesa, que é composta por 10 postos de trabalho, 1 monitor e 1 abastecedor de linha, o estudo foi realizado no posto A, B e C.

O processo se inicia com o 1º operador na montagem do motor, coluna, interruptor e travamento da coluna na articulação. Em seguida é feito o parafusamento de componentes como grades, hélices e feito o teste de velocidades pelo 2º operador. Por fim o 3º operador é responsável pela embalagem do produto final. A linha foi projetada com postos de montagem espelhados conforme a figura 12 mapofluxograma de processo:

Figura 13 – Mapofluxograma de Processo



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

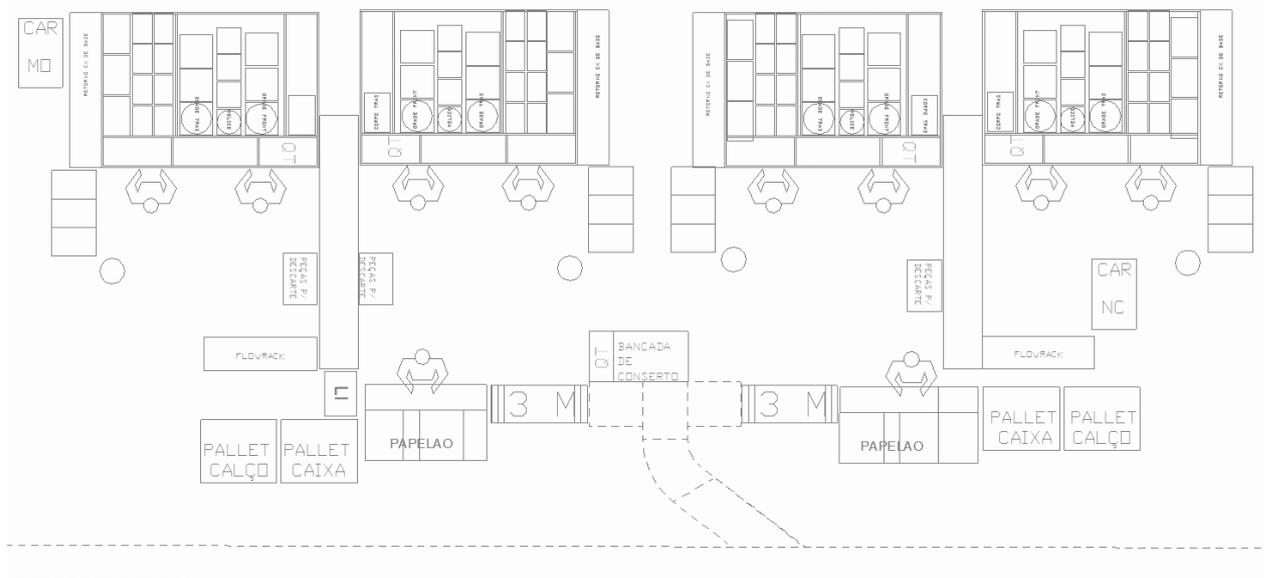
4.3 Aplicação do rearranjo físico

O arranjo físico, também conhecido como *layout*, é de extrema importância em diversos setores e ambientes, incluindo indústrias, escritórios, varejo, hospitais e mais. O modo como os recursos (como máquinas, equipamentos, móveis, pessoas etc.) são dispostos impacta diretamente a eficiência, produtividade e até mesmo a segurança e o bem-estar dos trabalhadores.

Um arranjo físico bem planejado pode reduzir o tempo de deslocamento de pessoas e materiais, melhorando a eficiência operacional. Isso significa menos desperdício de tempo e esforço na realização de tarefas.

Um arranjo físico bem projetado considera as normas de segurança, reduzindo riscos de acidentes e melhorando as condições de trabalho. Na figura 13 *layout* antigo, é apresentado:

Figura 14 - *Layout* Antigo



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

4.4 Estudo de tempos

Na investigação do tempo para adquirir informações com maior precisão estatística, é essencial realizar a avaliação dos intervalos em diversas situações, com o objetivo de determinar a média aritmética dessas medições.

Equação 1 – Cálculo do Número de Ciclo

$$N = \left(\frac{1,96 \times 0,57}{0,05 \times 2,328 \times 2,86} \right)^2 \cong 10$$

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Com base no estudo de tempos, concluímos que, do ponto de vista estatístico, é necessário realizar a análise dos tempos mais de uma vez, com o propósito de obter uma média aritmética confiável. A Equação 1, conforme mencionada no capítulo 2, é empregada para determinar a quantidade de tempos de ciclo a serem cronometrados. Optamos por uma probabilidade de 95% de precisão para o valor de Z, de acordo com a Tabela 1, para consulta de coeficiente de distribuição normal, foi obtido o valor de 1,96. Foi considerado a probabilidade de 5% para o erro relativo da medida (Er). Inicialmente foi feito 5 cronometragens dos tempos de ciclo, obteve-se a média das médias (\bar{X}) equivalente a 2,86s, e média das amplitudes igual a 0,57s, foi utilizado o valor de 2,328 para o coeficiente d2 de acordo com a Tabela 2 para 5 cronometragens iniciais. Como resultado da Equação 1, o número de cronometragens necessárias para o estudo foi de N=10 para atingir mais precisão nos valores de tempos e obter uma média aritmética confiável. As cronometragens iniciais são apresentadas na Tabela 5 e as cronometragens necessárias para o estudo de tempos na Tabela 6:

Tabela 5 – Valores iniciais para o cálculo do número de ciclos

DESCRIÇÃO DAS OPERAÇÕES	MÃO DE OBRA (s)	1	2	3	4	5	MAIOR TEMPO (s)	MENOR TEMPO (s)	AMPLITUDE DOS TEMPOS (s)
PEGAR MOTOR E POS NO BERÇO	4,34	4,30	4,32	4,53	4,48	4,09	4,53	4,09	0,43
PEGAR CX DE MOTOR E POS NO TRILHO SUPERI	1,06	1,06					1,06	1,06	0,00
PASSAR CABO MULTIFIOS PELO SUPORTE	4,89	4,95	4,75	4,78	4,94	5,04	5,04	4,75	0,29
PEGAR CX DE SUPORTE E POS NO TRILHO SUPE	0,15	0,15					0,15	0,15	0,00
PASSAR GRAXA NO EIXO DO SUPORTE	1,27	1,39	1,56	1,02	1,07	1,29	1,56	1,02	0,54
POS SUPORTE NO MOTOR	2,06	1,88	1,65	2,23	2,46	2,06	2,46	1,65	0,81
PASSAR GRAXA NO BRAÇO OSCILAÇÃO	2,81	2,74	2,61	2,89	3,31	2,51	3,31	2,51	0,80
POS BRAÇO DE OSCIL NO SUP E NA ENGR DO M	3,35	3,57	3,38	2,92	3,34	3,52	3,52	2,92	0,65
FIXAR BRAÇO OSCILAÇÃO NO MOTOR	4,80	4,64	4,96	4,66	5,00	4,76	5,00	4,64	0,36
PEGAR COLUNA	1,51	1,52	1,64	1,56	1,40	1,45	1,64	1,40	0,24
PEGAR BANDEJA DA COLUNA E POS NO TRILH	1,00	1,00					1,00	1,00	0,00
POSICIONAR BOTÃO EJETOR NA COLUNA	5,24	5,22	5,20	5,33	5,10	5,35	5,35	5,10	0,25
PEGAR CABO MULTIFIOS	2,62	2,77	2,69	2,43	2,88	2,33	2,88	2,33	0,54
PASSAR CABO PELO RASGO DA COLUNA	4,13	4,15	4,21	4,03	4,06	4,21	4,21	4,03	0,18
MONTAR MOTOR COM SUP NA COLUNA	3,28	3,23	3,75	2,77	3,25	3,40	3,75	2,77	0,98
EMPURRAR O CABO PELA COLUNA	5,15	5,19	5,26	5,32	5,09	4,92	5,32	4,92	0,40
PEGAR TAMPA DA COLUNA E POS NO BERÇO	2,73	2,68	3,09	2,11	2,77	3,03	3,09	2,11	0,98
PEGAR CORDAO C/PLUG E POSICIONAR NA TAMP	4,95	4,98	5,06	4,90	4,99	4,82	5,06	4,82	0,24
POSIC CORDÃO NA RANHURA DA TAMPA	3,43	3,31	3,23	3,85	3,88	2,89	3,88	2,89	0,99
PEGAR E CLICAR INTERRUPTOR NA COLUNA	4,37	4,38	4,14	4,44	4,24	4,63	4,63	4,14	0,49
LIGAR CABO PR NO INTERRUPTOR	2,78	2,76	3,24	2,97	2,74	2,19	3,24	2,19	1,04
LIGAR CABO AZ NO INTERRUPTOR	2,78	2,76	3,24	2,97	2,74	2,19	3,24	2,19	1,04
LIGAR CABO BR NO INTERRUPTOR	2,78	2,76	3,24	2,97	2,74	2,19	3,24	2,19	1,04
LIGAR CABO VM NO INTERRUPTOR	2,78	2,76	3,24	2,97	2,74	2,19	3,24	2,19	1,04
LIGAR CORDAO NO INTERRUPTOR	2,78	2,76	3,24	2,97	2,74	2,19	3,24	2,19	1,04
LIGAR 2º CABO CORDÃO NO INTERRUPTOR	2,67	2,86	2,34	2,79	2,38	2,98	2,98	2,34	0,64
TRAVAR O CORDAO C/ PRESILHA NA TAMPA	4,85	4,94	4,73	4,90	4,85	4,85	4,94	4,73	0,21
AJEITAR CABO NA COLUNA	2,72	2,85	2,89	2,72	2,40	2,75	2,89	2,40	0,48
TRAVAR O CABO C/ PRESILHA NA TAMPA	4,59	4,65	4,50	4,43	4,64	4,72	4,72	4,43	0,29
AJEITAR CORDÃO NA COLUNA	1,07	1,26	1,14	1,26	0,45	1,22	1,26	0,45	0,81
PEGAR TAMPA E CLICAR NA COLUNA	3,87	3,76	3,89	3,24	3,93	4,53	4,53	3,24	1,29
ENCAIXAR BOTAO NO INTERRUPTOR	2,44	2,39	2,29	2,62	2,37	2,53	2,62	2,29	0,33
PEGAR COLUNA E MOTOR	2,01	2,11	1,85	1,84	2,04	2,20	2,20	1,84	0,37
POSIC CJ NO PALETE E MOTOR NO BERÇO	2,01	2,15	1,96	1,64	2,17	2,13	2,17	1,64	0,53
FIXAR ANEL ELAST NO EIXO DO MOTOR	2,58	2,52	2,65	2,56	2,86	2,32	2,86	2,32	0,54
MONTAR GRADE TRASEIRA NO MOTOR	2,27	2,38	2,38	2,08	2,84	1,65	2,84	1,65	1,19
PEGAR CX DE GR TR E POS NO TRILHO SUPERI	0,64	0,64					0,64	0,64	0,00
FIXAR GRADE C/ 3 PARAFUSOS	4,57	4,67	4,56	4,10	5,10	4,41	5,10	4,10	1,00
EMPURRAR PALETE PARA FRENTE	1,33	1,35	1,24	1,90	0,95	1,22	1,90	0,95	0,95
POS HELICE NO MOTOR	2,53	2,51	2,32	2,92	2,51	2,40	2,92	2,32	0,60
PEGAR CX DE HELICE E POS NO TRILHO SUPER	0,91	0,91					0,91	0,91	0,00
POR ARRASTE HELICE	3,88	4,10	4,08	4,00	3,70	3,51	4,10	3,51	0,59
POS CJ PORCA HELICE	2,96	2,63	3,06	2,84	3,17	3,11	3,17	2,63	0,54
FIXAR HELICE	2,46	2,54	2,61	2,17	2,48	2,49	2,61	2,17	0,44
PEGAR E FIXAR GRADE FRONT NA GRADE TRAS	5,26	4,91	5,50	5,05	4,94	5,89	5,89	4,91	0,98
PEGAR CX DE GR TR E POS NO TRILHO SUPERI	0,64	0,64					0,64	0,64	0,00
VINAR APARELHO E POS NO OUTRO BERÇO	2,03	2,00	2,02	2,21	2,13	1,80	2,21	1,80	0,41
PEGAR CORPO TRASEIRO	2,49	2,54	2,81	2,69	2,26	2,15	2,81	2,15	0,66
POSICIONAR CORPO TRASEIRO NO TUBO	1,06	0,94	0,99	1,11	1,03	1,24	1,24	0,94	0,30
PEGAR CX DE CORPO E POS NO TRILHO SUPERI	0,19	0,19					0,19	0,19	0,00
COLOCAR ETIQ PROCEL	2,13	2,10	2,32	2,06	2,02	2,16	2,32	2,02	0,30
POS E CLICAR CORPO TRAS NO APARELHO	3,48	3,35	3,34	3,24	4,19	3,27	4,19	3,24	0,95
PEGAR ETIQUETA DADOS E COLAR NO CORPO	5,30	5,30	5,78	4,65	5,41	5,37	5,78	4,65	1,13
LIGAR PLUG NA TOMADA	1,78	1,83	2,03	1,43	1,89	1,74	2,03	1,43	0,60
TESTAR MASSA, AÇION BOTÃO, CONTR PARTIDA	5,54	5,64	5,22	5,39	5,23	6,22	6,22	5,22	0,99
VERIF SISTEMA OSCIL, RUÍDO	7,44	7,33	6,99	7,56	7,43	7,90	7,90	6,99	0,91
TIRAR PLUG DA TOMADA	1,09	1,20	0,36	1,05	1,36	1,50	1,50	0,36	1,14
LIMPAR APARELHO COM PANO /VERIF GRAVAÇÃO	4,08	4,08					4,08	4,08	0,00
POR APARELHO NA ESTEIRA	1,92	2,09	1,75	1,91	1,91	1,93	2,09	1,75	0,33
EMPURRAR PALETE DE VOLTA	2,49	2,65	1,69	2,69	2,58	2,82	2,82	1,69	1,13
VOLTAR PARA INICIAR MONTAGEM	2,91	2,79	2,38	3,16	3,30	2,92	3,30	2,38	0,92
PEGAR APARELHO DA ESTEIRA POR NA BANCADA	2,89	2,88	2,79	3,18	2,83	2,75	3,18	2,75	0,43
COLAR ETIQUETA INDIVIDUAL DE VOLT	1,52	1,51	1,43	1,56	1,48	1,60	1,60	1,43	0,17
ARMAR CAIXA	9,12	9,02	9,62	9,25	8,74	8,98	9,62	8,74	0,89
POR APARELHO NA BANCADA DE EMBALAGEM	2,55	2,46	2,95	1,96	2,89	2,49	2,95	1,96	0,99
TESTAR BOTÃO EJETOR/DESACOPLAR SUPORTE	1,96	1,69	1,69	2,52	2,03	1,87	2,52	1,69	0,84
MONTAR E POS CALCO NO APARELHO	7,07	6,97	7,16	7,12	7,36	6,76	7,36	6,76	0,59
COLOCAR APARELHO NA CAIXA COM CALCO	2,75	2,65	2,76	2,67	3,13	2,53	3,13	2,53	0,60
POS FOLHETOS NA CAIXA	1,25	1,40	1,31	1,03	1,35	1,14	1,40	1,03	0,36
FECHAR ABAS DA CX P/ LACRAR CAIXA	2,40	2,45	2,11	2,43	2,45	2,58	2,58	2,11	0,47
POSICIONAR PRODUTO NA ESTEIRA	2,89	3,08	2,80	3,08	3,17	2,31	3,17	2,31	0,86
FECHAR CAIXA COM FITA ADES 3M	0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
GRAVAR SEQUENCIA DATAR	0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
ENTREGAR NESTE ALMOX	0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
SOMA DOS TEMPOS	211,63								

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Tabela 6 – Cronometragens necessárias para o estudo de tempos

MÉDIA DAS MÉDIAS (S)	2,86			
MÉDIA DAS AMPLITUDES	0,57			
Z	ER	X// (S)	R/	D2
95%	5%			5 CRONOMETRAGENS INICIAIS
1,96	0,05	2,86	0,57	2,328
CRONOMETRAGENS NECESSÁRIAS	10			

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Posteriormente, progredimos para a etapa de desmontagem da atividade em seus

elementos individuais. Durante essa fase, é crucial delinear com clareza o início e o fim de cada ação. Essa subdivisão viabiliza a medição do tempo dedicado a cada tarefa executada na unidade produtiva. A Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9 ilustram o método empregado para desmembrar os movimentos, a sequência das ações e a determinação de AV (Atividades de Valor) e NAV (Atividades que Não Agregam Valor). O desfecho resultante da análise temporal dos três postos avaliados, considerando a quantidade de ciclos determinados na Fórmula X e a cronometragem dos tempos de trabalho dos operadores em turnos distintos, é apresentado na Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9:

Tabela 7 – Estudo de Tempos do Posto A Antes

POSTO A (ANTES)	TIPO DE OPERAÇÃO	TEMPOS (s)	VA/NVA
PEGAR MOTOR E POSICIONAR NO BERÇO	OPERACAO MANUAL	4,937	VA
PEGAR CAIXA DE MOTOR E POSICIONAR NO TRILHO SUPERIOR	OPERACAO MANUAL	1,064	VA
PASSAR CABO MULTIFIOS PELO SUPORTE	OPERACAO MANUAL	5,693	VA
PEGAR CAIXA DE SUPORTE E POSICIONAR NO TRILHO SUPERIOR	OPERACAO MANUAL	0,149	VA
PASSAR GRAXA NO EIXO DO SUPORTE	OPERACAO MANUAL	1,592	VA
POSICIONAR SUPORTE NO MOTOR	OPERACAO MANUAL	2,16	NVA
PASSAR GRAXA NO BRAÇO DE OSCILAÇÃO	OPERACAO MANUAL	3,146	VA
POSICIONAR BRAÇO DE OSCILAÇÃO NO SUPORTE E NA ENGENRAGEM DO MOTOR	OPERACAO MANUAL	4,106	NVA
FIXAR BRAÇO DE OSCILAÇÃO NO MOTOR	PARAFUSADEIRAS DIVERSAS	5,333	VA
PEGAR COLUNA E RETIRAR SACO PLÁSTICO	OPERACAO MANUAL	2,614	NVA
PEGAR BANDEIJA DA COLUNA E POSICIONAR NO TRILHO SUPERIOR	OPERACAO MANUAL	1	VA
POSICIONAR BOTÃO EJETOR NA COLUNA	OPERACAO MANUAL	6	VA
PEGAR CABO MULTIFIOS	OPERACAO MANUAL	3,181	VA
PASSAR CABO PELO RASGO DA COLUNA	OPERACAO MANUAL	4,765	VA
POSICIONAR COLUNA NO BERÇO	OPERACAO MANUAL	3,59	VA
POSICIONAR MOTOR E COLUNA EM OUTRO BERÇO	OPERACAO MANUAL	4,363	VA
MONTAR MOTOR COM SUPORTE NA COLUNA	OPERACAO MANUAL	3,718	VA
EMPURRAR O CABO PELA COLUNA	OPERACAO MANUAL	5,96	NVA
PEGAR TAMPA DA COLUNA E POSICIONAR NO BERÇO	OPERACAO MANUAL	3,08	NVA
PEGAR CORDAO C/PLUG E POSICIONAR NA TAMPA	OPERACAO MANUAL	5,727	VA
POSICIONAR CORDÃO NA RANHURA DA TAMPA	OPERACAO MANUAL	3,807	VA
PEGAR E CLICAR INTERRUPTOR NA COLUNA	OPERACAO MANUAL	5,04	VA
LIGAR CABO PR NO INTERRUPTOR	OPERACAO MANUAL	3,17	VA
LIGAR CABO AZ NO INTERRUPTOR	OPERACAO MANUAL	3,17	VA
LIGAR CABO BR NO INTERRUPTOR	OPERACAO MANUAL	3,17	VA
LIGAR CABO VM NO INTERRUPTOR	OPERACAO MANUAL	3,17	VA
LIGAR CORDAO NO INTERRUPTOR	OPERACAO MANUAL	3,17	VA
LIGAR 2º CABO CORDÃO NO INTERRUPTOR	OPERACAO MANUAL	3,284	VA
TRAVAR O CORDAO C/ PRESILHA NA TAMPA	OPERACAO MANUAL	5,674	VA
AJEITAR CABO NA COLUNA	OPERACAO MANUAL	3,274	NVA
TRAVAR O CABO C/ PRESILHA NA TAMPA	OPERACAO MANUAL	5,342	VA
AJEITAR CORDÃO NA COLUNA	OPERACAO MANUAL	1,448	NVA
PEGAR TAMPA E CLICAR NA COLUNA	OPERACAO MANUAL	6,321	VA
ENCAIXAR BOTAO NO INTERRUPTOR	OPERACAO MANUAL	2,742	VA
COLAR ETIQUETA ENERGIA NA COLUNA	OPERACAO MANUAL	4,575	VA
COLAR ETIQUETA ATENÇÃO NA COLUNA	OPERACAO MANUAL	3,983	VA
PEGAR COLUNA E MOTOR	OPERACAO MANUAL	2,426	VA
POSICIONAR CONJUNTO NO BERÇO	OPERACAO MANUAL	2,476	NVA
TEMPO TOTAL		138,42	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Tabela 8 – Estudo de Tempos do Posto B Antes

POSTO B (ANTES)	TIPO DE OPERAÇÃO	TEMPOS (S)	VA/NVA
TRAVAR SUPORTE COM 1 PINO	OPERACAO MANUAL	3,805	VA
FIXAR ANEL ELÁSTICO NO EIXO DO MOTOR	OPERACAO MANUAL	4,28	VA
MONTAR GRADE TRASEIRA NO MOTOR	OPERACAO MANUAL	3,011	VA
PEGAR CX DE GR TR E POS NO TRILHO SUPERI	OPERACAO MANUAL	0,635	NVA
FIXAR GRADE C/ 3 PARAFUSOS	PARAFUSADEIRAS DIVERSAS	7,08	VA
EMPURRAR PALETE PARA FRENTE	OPERACAO MANUAL	1,345	NVA
PEGAR HELICE E POS NO MOTOR	OPERACAO MANUAL	2,507	NVA
PEGAR CX DE HELICE E POS NO TRILHO SUPER	OPERACAO MANUAL	0,908	NVA
POS 3 ARRASTES NA HELICE	OPERACAO MANUAL	4,101	NVA
POS ARRUELA E PORCA NO EIXO	OPERACAO MANUAL	2,626	NVA
FIXAR HELICE	PARAFUSADEIRAS DIVERSAS	2,54	VA
PEGAR E FIXAR GRADE FRONT NA GRADE TRAS	OPERACAO MANUAL	6,905	VA
PEGAR CX DE GR FR E POS NO TRILHO SUPERI	OPERACAO MANUAL	0,635	NVA
VIRAR APARELHO E POS NO OUTRO BERÇO	OPERACAO MANUAL	2,001	NVA
PEGAR CORPO TRASEIRO	OPERACAO MANUAL	2,54	VA
RET SPL DO CORPO TRAS E POS NO TUBO	OPERACAO MANUAL	1,213	NVA
PEGAR CX DE CORPO E POS NO TRILHO SUPERI	OPERACAO MANUAL	0,193	NVA
POS E CLICAR CORPO TRAS NO APARELHO	OPERACAO MANUAL	3,348	VA
PEGAR ETIQUETA DADOS E COLAR NO CORPO TRAS	OPERACAO MANUAL	5,297	VA
LIGAR PLUG NA TOMADA	QUADRO DE TESTE	1,83	VA
TESTAR MASSA, ACION BOTÃO, CONTR PARTIDA	QUADRO DE TESTE	5,643	NVA
VERIF SISTEMA OSCIL, RUÍDO	QUADRO DE TESTE	7,325	NVA
TIRAR PLUG DA TOMADA	QUADRO DE TESTE	1,199	VA
LIMPAR APARELHO COM PANO /VERIF GRAVAÇÃO	OPERACAO MANUAL	4,081	NVA
POR APARELHO NA ESTEIRA	OPERACAO MANUAL	2,087	VA
EMPURRAR PALETE DE VOLTA	OPERACAO MANUAL	2,649	NVA
VOLTAR PARA INICIAR MONTAGEM	OPERACAO MANUAL	2,786	NVA
TEMPO TOTAL		82,57	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Tabela 9 – Estudo de Tempos do Posto C Antes

POSTO C (ANTES)	TIPO DE OPERAÇÃO	TEMPOS (S)	VA/NVA
PEGAR APARELHO DA ESTEIRA POR NA BANCADA	OPERACAO MANUAL	2,883	NVA
COLAR ETIQUETA DE PRODUCAO NA CAIXA (4,	OPERACAO MANUAL	0,001	VA
ARMAR CAIXA	OPERACAO MANUAL	9,022	VA
POR APARELHO NA BANCADA DE EMBALAGEM	OPERACAO MANUAL	2,463	NVA
TESTAR BOTÃO EJETOR/DESACOPLAR SUPORTE	OPERACAO MANUAL	1,692	NVA
ABRIR E POS SACO PLASTICO NO CORPO	OPERACAO MANUAL	5,608	NVA
MONTAR E POS CALCO NO APARELHO	OPERACAO MANUAL	6,965	VA
COLOCAR APARELHO NA CAIXA COM CALCO	OPERACAO MANUAL	2,645	VA
MONTAR E POS CALCO DA BASE	OPERACAO MANUAL	6,489	VA
POS SACO PLASTICO NA BASE / CONF PÉS	OPERACAO MANUAL	6,02	NVA
POS FOLHETOS NA CAIXA	OPERACAO MANUAL	1,395	VA
PASSAR CAIXA PARA 2º OP.	OPERACAO MANUAL	1,578	NVA
FECHAR ABAS DA CX P/ LACRAR CAIXA	OPERACAO MANUAL	2,447	VA
POSICIONAR PRODUTO NA ESTEIRA	OPERACAO MANUAL	3,077	NVA
FECHAR CAIXA COM FITA ADES 3M	MAQUINA DE FECHAR CAIXA DE PAPELAO 3M	0	NVA
GRAVAR SEQUENCIA DATAR	INK JET GRAVAR CX PAPELAO	0	NVA
ENTREGAR NESTE ALMOX	MOVIMENTACAO DE MATERIAL	0	NVA
TEMPO TOTAL		52,285	

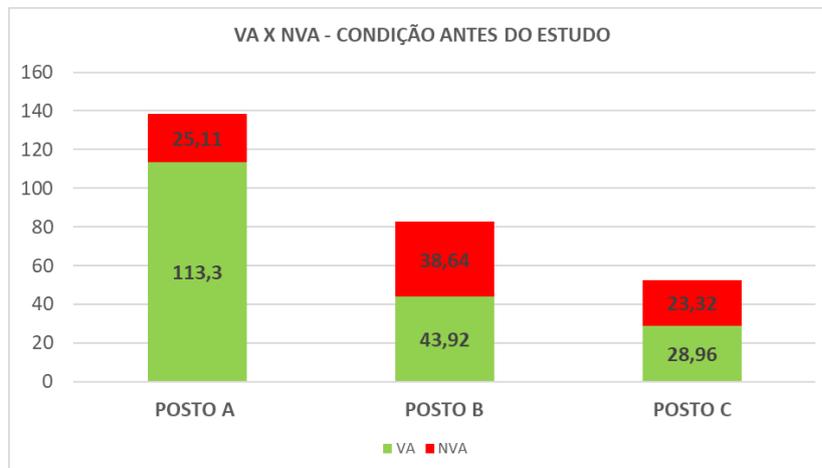
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Através do estudo de tempos, identificamos operações redundantes que resultavam em tempos prolongados, possibilitando a aplicação do gráfico *Yamazumi* como medida corretiva.

4.5 Aplicação do gráfico *Yamazumi*

Nesta etapa aplicamos o gráfico *Yamazumi* que é uma ferramenta de gestão na melhoria de processos, especialmente no contexto de produção e manufatura. Tem como objetivo principal otimizar a distribuição de trabalho e recursos em uma linha de produção, de forma a alcançar um equilíbrio ideal minimizando o desperdício e melhorando a eficiência. Foi analisado 3 postos de montagem de ventilador para o estudo de tempos. No Gráfico 1 - Estudo de tempos de montagem de ventilador com o roteiro antigo, é apresentado:

Gráfico 2 – Estudo de Tempos de Montagem de Ventilador com o Roteiro Antigo



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Neste gráfico, são exibidos os tempos de ciclo de todas as estações de trabalho na linha em estudo, além dos intervalos de tempo dedicados às atividades de valor (AV) e às atividades que não agregam valor (NAV).

De acordo com os dados do roteiro de fabricação do ventilador de mesa antigo, podemos observar os seguintes itens:

- 79 operações de montagem no total.
- 72 operações manuais.
- 4 operações no quadro de teste.
- 3 operações com uso de parafusadeiras.
- 2 operações feitas por equipamentos.
- Tempo total de roteiro = 352,362s.
- Tempo de ciclo alto das operações.

4.6 Melhorias após o estudo de tempos

Por fim, nesta seção, trataremos da implementação de técnicas de processo para

aprimorar a eficiência da produção, equilibrar a distribuição de tarefas entre os operadores, promover a consistência nas operações de montagem e garantir a excelência na qualidade do produto na estação de trabalho.

Utilizamos as ferramentas do *Lean Manufacturing* para enxergar e melhorar a eficiência, qualidade, produtividade e reduzir desperdícios nos processos de produção. Foi criado um fluxograma para ter uma visualização clara e concisa de como um processo é executado, facilitando a compreensão do fluxo de trabalho. E a realização do estudo de tempos com o objetivo de identificar atividades demoradas, gargalos e ineficiências nos processos, permitindo a busca por maneiras de otimizar o tempo gasto em cada etapa.

E por último foi utilizado o gráfico *Yamazumi* equilibrando a carga de trabalho entre os operadores. O que nos auxiliou a enxergar potenciais de melhorias no posto A, B e C da montagem do ventilador, com isso foi feito um novo estudo para reduzir os desperdícios como superprodução, esperas e movimentações desnecessárias.

Tabela 10 – Estudo de Tempos do Posto A Com as Melhorias

POSTO A (DEPOIS)	TIPO DE OPERAÇÃO	TEMPOS (S)	VA/NVA
PEGAR MOTOR E POSICIONAR NO BERÇO	OPERACAO MANUAL	4,35	VA
PEGAR CAIXA DE MOTOR E POSICIONAR NO TRILHO SUPERIOR	OPERACAO MANUAL	1,06	VA
PASSAR CABO MULTIFIOS PELO SUPORTE	OPERACAO MANUAL	4,96	VA
PEGAR CAIXA DE SUPORTE E POSICIONAR NO TRILHO SUPERIOR	OPERACAO MANUAL	0,15	VA
PASSAR GRAXA NO EIXO DO SUPORTE	OPERACAO MANUAL	1,33	VA
POSICIONAR SUPORTE NO MOTOR	OPERACAO MANUAL	2,01	NVA
PASSAR GRAXA NO BRAÇO DE OSCILAÇÃO	OPERACAO MANUAL	2,76	VA
POSICIONAR BRAÇO DE OSCILAÇÃO NO SUPORTE E NA ENGENHAGEM DO MOTOR	OPERACAO MANUAL	3,69	NVA
FIXAR BRAÇO DE OSCILAÇÃO NO MOTOR	PARAFUSADEIRAS DIVERSAS	4,64	VA
RETIRAR SACO PLÁSTICO	OPERACAO MANUAL	2,614	NVA
PEGAR COLUNA	OPERACAO MANUAL	1,51	VA
PEGAR BANDEJA DA COLUNA E POSICIONAR NO TRILHO SUPERIOR	OPERACAO MANUAL	1	VA
POSICIONAR BOTÃO EJETOR NA COLUNA	OPERACAO MANUAL	5,26	VA
PEGAR CABO MULTIFIOS	OPERACAO MANUAL	2,72	VA
PASSAR CABO PELO RASGO DA COLUNA	OPERACAO MANUAL	4,08	VA
POSICIONAR MOTOR E COLUNA EM OUTRO BERÇO	OPERACAO MANUAL	4,363	VA
MONTAR MOTOR COM SUPORTE NA COLUNA	OPERACAO MANUAL	3,23	VA
EMPURRAR O CABO PELA COLUNA	OPERACAO MANUAL	5,24	NVA
PEGAR TAMPA DA COLUNA E POSICIONAR NO BERÇO	OPERACAO MANUAL	2,74	NVA
PEGAR CORDAO C/PLUG E POSICIONAR NA TAMPA	OPERACAO MANUAL	4,98	VA
POSICIONAR CORDÃO NA RANHURA DA TAMPA	OPERACAO MANUAL	3,36	VA
PEGAR E CLICAR INTERRUPTOR NA COLUNA	OPERACAO MANUAL	4,34	VA
LIGAR CABO PR NO INTERRUPTOR	OPERACAO MANUAL	2,81	VA
LIGAR CABO AZ NO INTERRUPTOR	OPERACAO MANUAL	2,81	VA
LIGAR CABO BR NO INTERRUPTOR	OPERACAO MANUAL	2,81	VA
LIGAR CABO VM NO INTERRUPTOR	OPERACAO MANUAL	2,81	VA
LIGAR CORDAO NO INTERRUPTOR	OPERACAO MANUAL	2,81	VA
LIGAR 2º CABO CORDÃO NO INTERRUPTOR	OPERACAO MANUAL	2,73	VA
TRAVAR O CORDAO C/ PRESILHA NA TAMPA	OPERACAO MANUAL	5	VA
AJEITAR CABO NA COLUNA	OPERACAO MANUAL	2,76	NVA
TRAVAR O CABO C/ PRESILHA NA TAMPA	OPERACAO MANUAL	4,65	VA
AJEITAR CORDÃO NA COLUNA	OPERACAO MANUAL	1,1	NVA
PEGAR TAMPA E CLICAR NA COLUNA	OPERACAO MANUAL	3,89	VA
ENCAIXAR BOTAO NO INTERRUPTOR	OPERACAO MANUAL	2,35	VA
COLAR ETIQUETA ENERGIA NA COLUNA	OPERACAO MANUAL	4,575	VA
COLAR ETIQUETA ATENÇÃO NA COLUNA	OPERACAO MANUAL	3,983	VA
PEGAR COLUNA E MOTOR	OPERACAO MANUAL	2,08	VA
POSICIONAR CONJUNTO NO BERÇO	OPERACAO MANUAL	2,15	NVA
TEMPO TOTAL		104,17	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Tabela 11 – Estudo de Tempos do Posto B com as Melhorias

POSTO B (DEPOIS)	TIPO DE OPERAÇÃO	TEMPOS (S)	VA/NVA
TRAVAR SUPORTE COM 1 PINO	OPERACAO MANUAL	2	VA
FIXAR ANEL ELÁSTICO NO EIXO DO MOTOR	OPERACAO MANUAL	2,54	VA
MONTAR GRADE TRASEIRA NO MOTOR	OPERACAO MANUAL	2,41	VA
PEGAR CX DE GR TR E POS NO TRILHO SUPERI	OPERACAO MANUAL	0,64	NVA
FIXAR GRADE C/ 3 PARAFUSOS	PARAFUSADEIRAS DIVERSAS	4,64	VA
EMPURRAR PALETE PARA FRENTE	OPERACAO MANUAL	1,34	NVA
POS HELICE NO MOTOR	OPERACAO MANUAL	2,55	NVA
PEGAR CX DE HELICE E POS NO TRILHO SUPER	OPERACAO MANUAL	0,91	NVA
POS 3 ARRASTES NA HELICE	OPERACAO MANUAL	3,97	NVA
POS CJ PORCA HELICE	OPERACAO MANUAL	2,88	NVA
FIXAR HELICE	PARAFUSADEIRAS DIVERSAS	2,46	VA
PEGAR E FIXAR GRADE FRONT NA GRADE TRAS	OPERACAO MANUAL	5,11	VA
PEGAR CX DE GR FR E POS NO TRILHO SUPERI	OPERACAO MANUAL	0,64	NVA
VIRAR APARELHO E POS NO OUTRO BERÇO	OPERACAO MANUAL	2,05	NVA
PEGAR CORPO TRASEIRO	OPERACAO MANUAL	2,43	VA
RET SPL DO CORPO TRAS E POS NO TUBO	OPERACAO MANUAL	1,11	NVA
PEGAR CX DE CORPO E POS NO TRILHO SUPERI	OPERACAO MANUAL	0,19	NVA
POS E CLICAR CORPO TRAS NO APARELHO	OPERACAO MANUAL	3,47	VA
PEGAR ETIQUETA DADOS E COLAR NO CORPO TRAS	OPERACAO MANUAL	2	VA
LIGAR PLUG NA TOMADA	QUADRO DE TESTE	1,64	VA
TESTAR MASSA, ACION BOTÃO, CONTR PARTIDA	QUADRO DE TESTE	5,46	NVA
VERIF SISTEMA OSCIL, RUÍDO	QUADRO DE TESTE	7,37	NVA
TIRAR PLUG DA TOMADA	QUADRO DE TESTE	1,04	VA
LIMPAR APARELHO COM PANO /VERIF GRAVAÇÃO	OPERACAO MANUAL	4,081	NVA
POR APARELHO NA ESTEIRA	OPERACAO MANUAL	1,98	VA
EMPURRAR PALETE DE VOLTA	OPERACAO MANUAL	2,49	NVA
VOLTAR PARA INICIAR MONTAGEM	OPERACAO MANUAL	2,78	NVA
TEMPO TOTAL		64,10	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Tabela 12 – Estudo de Tempos do Posto C com as Melhorias

POSTO C (DEPOIS)	TIPO DE OPERAÇÃO	TEMPOS (S)	VA/NV
PEGAR APARELHO DA ESTEIRA POR NA BANCADA	OPERACAO MANUAL	2,80	NVA
COLAR ETIQUETA INDIVIDUAL DE VOLT	OPERACAO MANUAL	1,54	VA
ARMAR CAIXA	OPERACAO MANUAL	5,00	VA
POR APARELHO NA BANCADA DE EMBALAGEM	OPERACAO MANUAL	2,00	NVA
TESTAR BOTÃO EJETOR/DESACOPLAR SUPORTE	OPERACAO MANUAL	4,00	NVA
ABRIR E POS SACO PLASTICO NO CORPO	OPERACAO MANUAL	5,61	NVA
MONTAR E POS CALCO NO APARELHO	OPERACAO MANUAL	6,88	VA
COLOCAR APARELHO NA CAIXA COM CALCO	OPERACAO MANUAL	2,75	VA
MONTAR E POS CALCO DA BASE	OPERACAO MANUAL	6,49	VA
POS SACO PLASTICO NA BASE / CONF PÉS	OPERACAO MANUAL	6,02	NVA
POS FOLHETOS NA CAIXA	OPERACAO MANUAL	1,00	VA
PASSAR CAIXA PARA 2º OP.	OPERACAO MANUAL	1,58	NVA
FECHAR ABAS DA CX P/ LACRAR CAIXA	OPERACAO MANUAL	2,00	VA
POSICIONAR PRODUTO NA ESTEIRA	OPERACAO MANUAL	2,93	NVA
FECHAR CAIXA COM FITA ADES 3M	MAQUINA DE FECHAR CAIXA DE PAPELAO 3M	0,00	NVA
GRAVAR SEQUENCIA DATAR	INK JET GRAVAR CX PAPELAO	0,00	NVA
ENTREGAR NESTE ALMOX	MOVIMENTACAO DE MATERIAL	0,00	NVA
TEMPO TOTAL		26,90	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Através da análise do estudo de caso, foi possível identificar que alguns postos de trabalho estavam enfrentando desafios devido à falta de padronização e à presença de atividades que não agregavam valor (NVA - *Non-Value-Added*). Foi possível realizar melhorias significativas na redução dos tempos de montagem do produto, bem como na eliminação de operações redundantes.

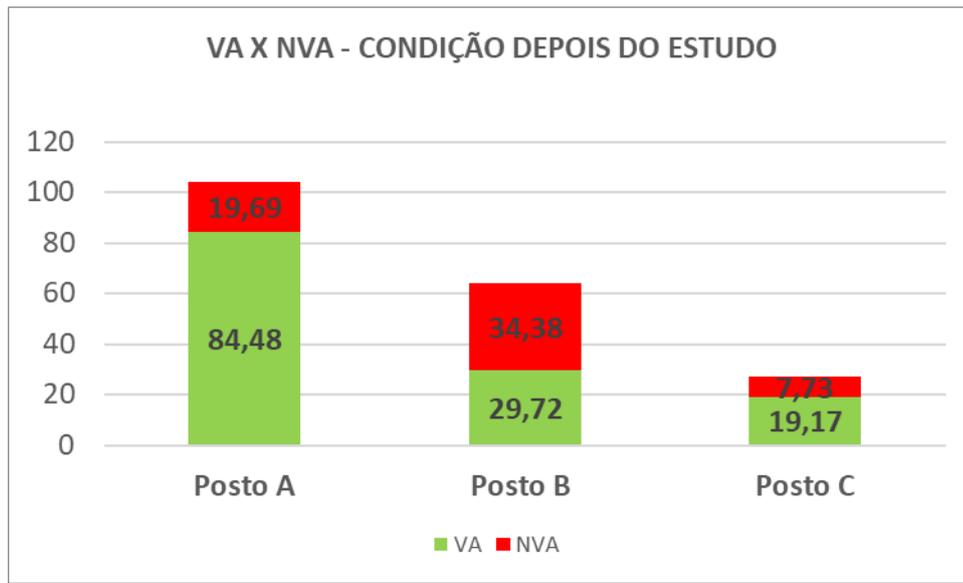
No posto A, foram eliminadas as seguintes operações: retirar saco plástico, o posicionamento do motor e da coluna em outro berço, a aplicação da etiqueta "energia" na coluna e a fixação da etiqueta "atenção" na coluna.

No posto B, foram eliminadas as seguintes atividades: a apanha da etiqueta com dados e a sua colagem no corpo traseiro, assim como a limpeza do aparelho e a verificação da gravação.

Por fim, no posto C, também foram removidas algumas operações: o teste do botão ejetor e o desacoplamento do suporte, a abertura e posicionamento do saco plástico no corpo, a montagem e posicionamento do calço de base, a colocação do saco plástico na base, a

conferência da peça e a transferência da caixa para o segundo operador. Totalizando um ganho de 78,08 segundos de tempo de roteiro. No Gráfico 3 – Estudo de tempos de montagem de ventilador com o roteiro novo, é apresentado:

Gráfico 3 – Estudo de Tempos de Montagem de Ventilador com o Roteiro Novo

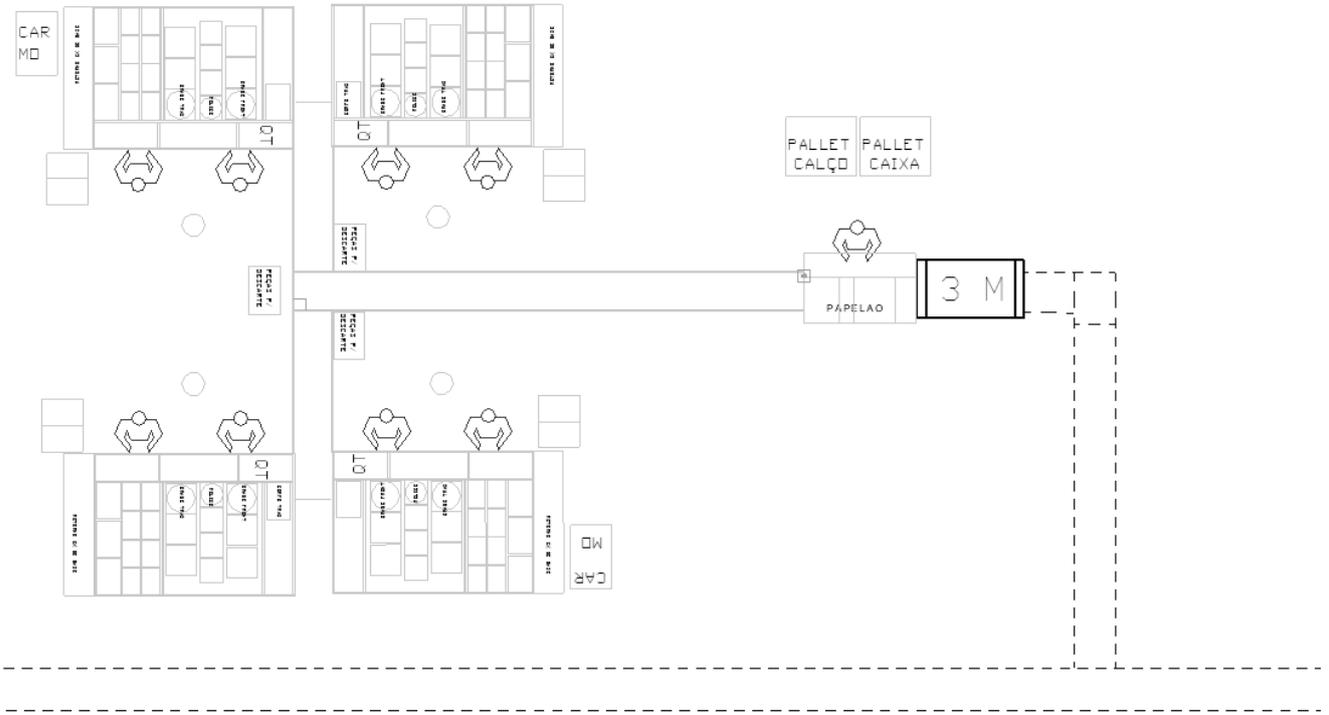


Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Continuando com nossa análise de tempos de produção, conseguimos aprimorar o *layout* da linha de montagem, na qual previamente havia restrições e gargalos. Esse reordenamento físico teve um impacto notável nos tempos de execução das operações mencionadas anteriormente nos roteiros. A otimização do espaço de trabalho e da disposição dos equipamentos contribuiu de maneira positiva para a eficiência geral do processo, resultando em melhorias tangíveis na produtividade e na redução de tempos ociosos.

Além disso, esse novo arranjo físico não apenas aprimorou os tempos de montagem, mas também proporcionou um ambiente de trabalho mais organizado e eficaz, tornando mais clara a sequência de atividades e reduzindo potenciais fontes de erros ou retrabalho. A busca pela eficiência na disposição dos elementos da linha de produção demonstrou ser um passo fundamental para o aumento da eficiência operacional, refletindo-se positivamente nos resultados globais da empresa.

Figura 15 - Rearranjo Físico da Linha de Montagem de Ventilador de mesa



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

5 CONCLUSÃO

Ao longo deste trabalho, exploramos os princípios e práticas fundamentais do *Lean Manufacturing* e sua aplicação em ambientes industriais. O *Lean* se destaca como uma filosofia eficaz que visa eliminar desperdícios, otimizar processos e melhorar a eficiência global das operações.

Durante a pesquisa, destacamos a importância da eliminação de desperdícios, a valorização do fluxo contínuo, a busca pela melhoria constante e a valorização das pessoas como elementos essenciais do *Lean*. Vimos como esses princípios, quando implementados de forma coerente e integrada em uma organização, podem levar a melhorias significativas em termos de tempos de ciclo mais curtos.

Além disso, observamos exemplos práticos na indústria de estudo em questão, evidenciando os benefícios tangíveis que o *Lean* pode proporcionar. Como o mapeamento do processo produtivo de montagem do ventilador, revelando onde ocorrem atrasos, gargalos ou ineficiências no processo. Identificamos os gargalos nos postos A, B e C, com isso otimizamos o processo produtivo eliminando operações que não agregam valor (NVA). Foram retiradas as seguintes operações: Eliminação de sacos plásticos, etiquetas desnecessárias, posicionar motor e coluna em outro berço, colar etiqueta de atenção na coluna, pegar etiqueta de dados e colar no corpo traseiro, limpar aparelho com pano/verificação de gravação, testar botão ejetor/desacoplar suporte, abrir e posicionar saco plástico no corpo, montar e posicionar calço da base, posicionar saco plástico na base/conferir pés e por último passar a caixa para o segundo operador. O gráfico *Yamazumi* nos auxiliou a enxergar o que era valor agregado e o que não era valor agregado, com isso tomamos decisões informadas sobre como alocar recursos de maneira mais eficaz e equilibrada, a fim de melhorar a produtividade.

Através do estudo de tempos das operações conseguimos obter medições precisas, identificando oportunidades de melhoria, aumento de eficiência e produtividade, melhorando a competitividade da empresa no mercado. Obtivemos um ganho de 78,08 segundos no tempo de roteiro. Anteriormente, o posto A tinha um tempo de montagem total de 138,42 segundos, agora está em 104,17 segundos. O posto B, que costumava ter 82,57 segundos, agora opera em 64,10 segundos, e o posto C, anteriormente com 52,28 segundos, agora executa a tarefa em 26,90 segundos.

Estudamos o rearranjo físico da linha identificando áreas problemáticas, gargalos,

desperdícios de tempo e movimento, o fluxo de materiais, as etapas de produção, a sequência de operações e as necessidades de espaço. Com isso organizamos a produção em células onde equipamentos relacionados foram agrupados em uma área dedicada, reduzindo tempos de espera e distâncias percorridas.

O novo *layout* permite que os operadores acessem facilmente todas as máquinas e estações sem percorrer longas distâncias e é um ambiente de trabalho mais organizado, seguro e eficiente. Centralizamos o armazenamento de materiais e ferramentas próximos às estações de trabalho e criamos um fluxo contínuo de produção. Além disso reduzimos uma pessoa na linha de montagem, colocando apenas 1 operador no posto C destinado a embalagem do produto.

Examinamos e sugerimos a eliminação do desperdício de espera, o qual, devido ao atual arranjo físico, permitiu a proximidade dos materiais em relação à linha de montagem, resultando em uma melhora no desempenho da produtividade. Além disso, identificamos desperdícios de processamento ao analisar operações que podem ser suprimidas ou simplificadas.

6 INDICAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Análise de Viabilidade Econômica: Realizar uma análise mais aprofundada dos custos envolvidos na implementação das melhorias sugeridas. Isso incluiria uma análise de retorno sobre o investimento (ROI) para determinar a viabilidade econômica das mudanças propostas.

Estudo de Sustentabilidade e Impacto Ambiental: Explorar oportunidades para tornar o processo produtivo mais sustentável, considerando a redução de resíduos, o consumo de recursos naturais, a pegada de carbono, entre outros fatores ambientais.

Integração de Tecnologias Avançadas: Investigar e propor a integração de tecnologias avançadas, como Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA) ou Automação, para aprimorar ainda mais o processo produtivo.

Este trabalho futuro tem como objetivo não apenas continuar a otimização do processo produtivo, mas também aprofundar a compreensão das melhorias implementadas e identificar novas oportunidades de melhoria. É importante manter uma abordagem sistemática, acompanhar os resultados e continuar buscando a excelência operacional no ambiente de produção.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, Junico. **Sistemas de Produção: Conceitos e Práticas para Projeto e Gestão da Produção Enxuta**. 1ª Edição. São Paulo: Bookman, 2008.
- BARNES, Ralph. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida de trabalho**. 1ª Edição. São Paulo: Blucher, 1997.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Teoria Geral da Administração**. 8ª edição. São Paulo: Atlas, 2021
- CORRÊA, Henrique; CORRÊ, Carlos. **A Administração de Produção e de Operações**. 2ª Edição. São Paulo: Atlas, 2013.
- DINIZ, Matheus. **Análise de tempos e movimentos em uma indústria metal mecânica**, Universidade Tecnológica Federal, Paraná, 2023.
- GIL, Antonio Carlos. **Como Fazer Pesquisa Qualitativa**. 1ª Edição. São Paulo: Atlas, 2021.
- GHINATO, Paulo. **Sistema Toyota De Produção**. Caxias do Sul: Educs, 1996.
- HARRINGTON, James. **Aperfeiçoando Processos Empresariais**. 1ª Edição. São Paulo: Makron Books, 1991
- HURLBURT, Allen. **Layout: o design da página impressa**. 1ª Edição. São Paulo: Nobel, 2002.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina. **Fundamentos de Metodologia Científica**, 9ª Edição. São Paulo: Atlas, 2021.
- LIKER, Jeffrey; ROSS, Karyn; FRANCISCO, Altair. **O Modelo Toyota de Excelência em Serviços: A Transformação Lean em Organizações de Serviço**. 1ª Edição. Porto Alegre Bookman, 2019.
- MONTEGUTTI, Leonardo Miguel. **Cronoanálise: estudo de caso em uma indústria metal mecânica**, Universidade Tecnológica Federal, Paraná, 2020.
- MORAIS, Matheus Fernandes. **Implantação da metodologia Lean no setor produtivo de uma empresa de alimentos do sudoeste do Paraná**, Universidade Tecnológica Federal, Paraná, 2021.
- JONES, Daniel; WOMACK, James. **A Mentalidade Enxuta das Empresas**. 1ª Edição. Amsterdã: Elsevier, 2004.
- OLIVEIRA, Maria. **Como fazer pesquisa qualitativa**, 1ª Edição. Petrópolis :Vozes, 2016.
- OHNO, Taiichi. **Gestão dos postos de trabalho**. 1ª Edição. São Paulo: Bookman, 2015.
- PASCAL, Dennis; KOSAKA, Gilberto. **Produção Lean Simplificada: Um Guia para Entender o Sistema de Produção Mais Poderoso do Mundo**. 2ª Edição. Porto Alegre :Bookman, 2008.

ROCHA, Cleber Diogo. **Análise da aplicação do Lean Manufacturing em uma célula produtiva de uma indústria metalmeccânica**, Universidade Tecnológica Federal, Paraná, 2017.

SCHMENNER, Roger. **Service Operations Management**. Estados Unidos: Prentice-Hall ,1995.

SILVA, Vanusa Luana. **Balanceamento de linha de produção utilizando o método Yamazumi**, Runa- Repositório Universitário da Ânima, Guanambi,2021.

SLACK, Nigel; JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 8ª Edição. São Paulo: Atlas, 2018.

SELEME, Robson. **Métodos E Tempos. Racionalizando A Produção De Bens E Serviços**. 1ª Edição. Curitiba: Ibpeex ,2009.

SLACK, Nigel. **Gerenciamento de Operações e de Processos: Princípios e Práticas de Impacto Estratégico**. 2ª Edição. São Paulo: Bookman, 2013.

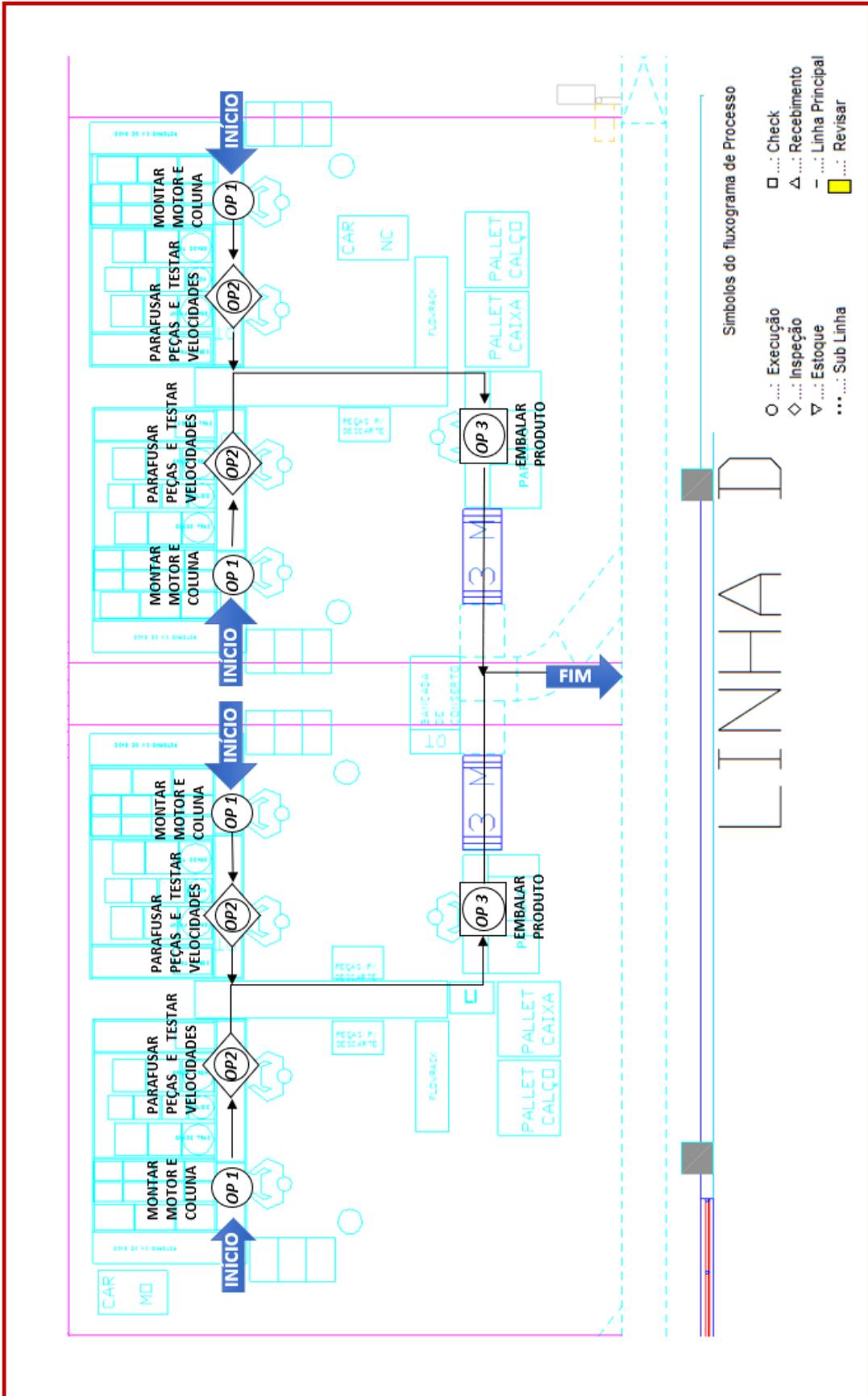
WERKEMA, Cristina. **Lean Seis Sigma- Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing**. 2ª Edição. São Paulo: Atlas, 2011.

ANEXOS

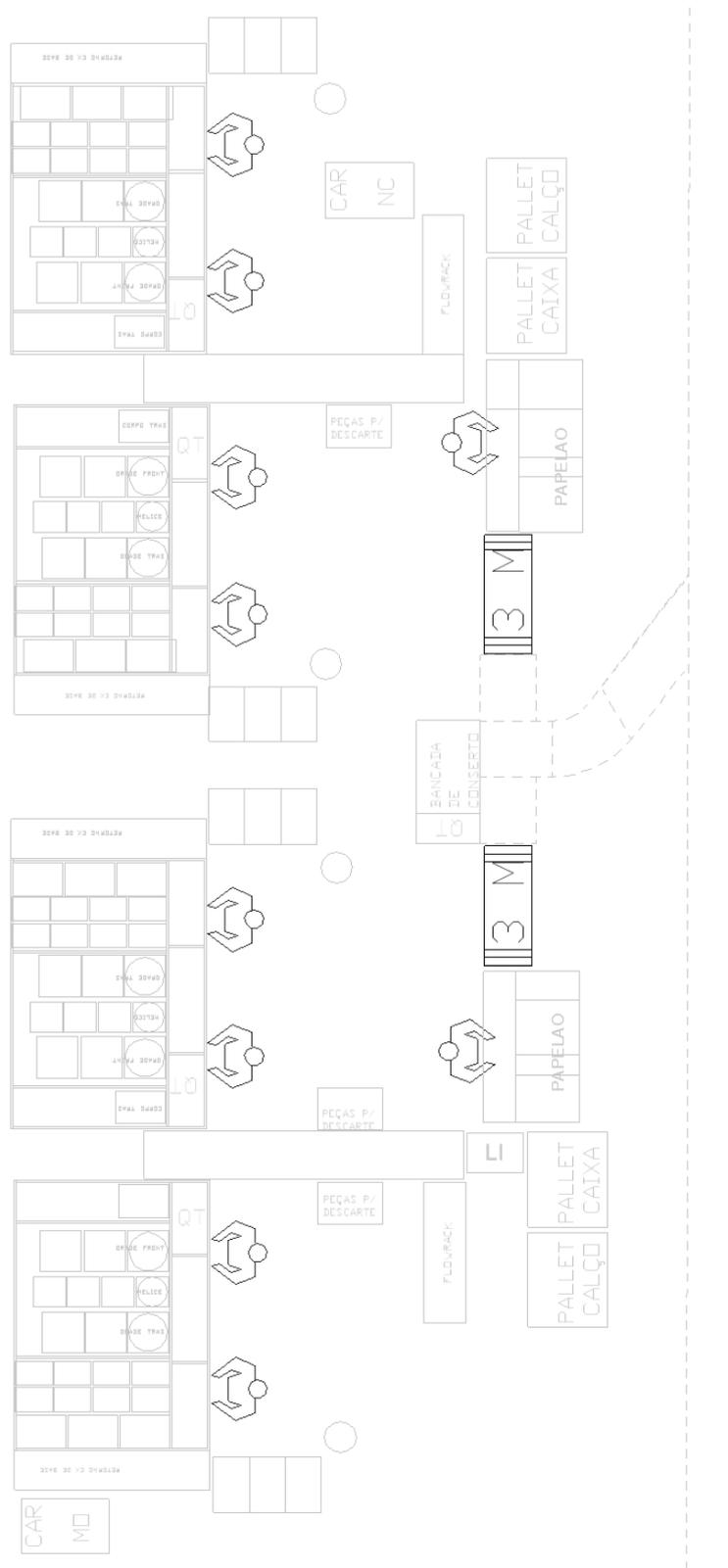
ANEXO A – Tabela 4 – JES (Job Element Sheet)

Nº da operação		MONTAR MOTOR			
OP10	Produto	Modelo	Opção	EPI	
				<input checked="" type="checkbox"/> 4. Luvas <input checked="" type="checkbox"/> 5. Avental <input checked="" type="checkbox"/> 6. Cinto de Proteção	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Pontos específicos da JES					
Legenda de Pontos críticos					
Segurança e ergonomia	Qualidade	Custo	Ambiente		
+	+	+	+		
Pontos chaves					
Fase	Nº	Por quê?			
1					
Descrição das operações					
1		PEGAR o motor e POSICIONAR no berço			
2		PEGAR o suporte de articulação e PASSAR fiação			
3	♦	APLICAR graxa no eixo do suporte de articulação com um pincel			
4		ENCAIXAR eixo do suporte no motor			
5		ENCAIXAR braço de articulação no suporte e depois no motor			
6	♦	PARAFUSAR conjunto de oscilação no motor			
Garantir bom funcionamento do produto					
Parafusar até o final da rosca do parafuso					
Para garantir que o braço de oscilação não solte					
Ilustrações (Fotos; Desenhos; OK NOK)					
1	2	3	4	5	6
Pontos Chave Fase 3					
Pontos Chave Fase 6					

ANEXO B – Figura 13 – Mapofluxograma de Processo



ANEXO C – Figura 14 - *Layout Antigo*



ANEXO D – Figura 15 - Rearranjo Físico da Linha de Montagem de Ventilador de mesa

