



Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Tecnologia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção - PPGE



LILIANE DA SILVA LIMA

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS LEAN MANUFACTURING PARA AUMENTAR
CAPACIDADE PRODUTIVA NUM PROCESSO DE UNIDADE INTERNA DE
CONDICIONADOR DE AR: ESTUDO DE CASO**

MANAUS

2023

LILIANE DA SILVA LIMA

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS LEAN MANUFACTURING PARA AUMENTAR
A CAPACIDADE PRODUTIVA NUM PROCESSO DE UNIDADE INTERNA DE
CONDICIONADOR DE AR: ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Amazonas – UFAM.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Albuquerque de Oliveira.

MANAUS

2023

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

L732a Lima, Liliane da Silva
Aplicação de ferramentas lean manufacturing para aumentar capacidade produtiva num processo de unidade interna de condicionador de ar : estudo de caso / Liliane da Silva Lima . 2023
79 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Marcelo de Albuquerque de Oliveira
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. Balanceamento de linha. 2. Manufatura enxuta. 3. Mapa do fluxo de valor. 4. Aumento de capacidade produtiva. I. Oliveira, Marcelo de Albuquerque de. II. Universidade Federal do Amazonas
III. Título

LILIANE DA SILVA LIMA

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS LEAN MANUFACTURING PARA AUMENTAR
A CAPACIDADE PRODUTIVA NUM PROCESSO DE UNIDADE INTERNA DE
CONDICIONADOR DE AR: ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Amazonas – UFAM.

Linha de Pesquisa: Gestão da Produção e Operações.

Orientador: Prof. PhD. Marcelo de Albuquerque de Oliveira.

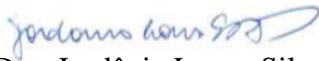
BANCA EXAMINADORA


Prof. PhD. Marcelo de Albuquerque de Oliveira
Universidade Federal do Amazonas
Orientador e Presidente

DocuSigned by:

3DA38391E3C247A

Prof. Dr. Joaquim Maciel da Costa Craveiro
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Membro PPGEP


Prof. Dra. Jordânia Louse Silva Alves
Universidade Federal do Amazonas
Membro Externo

Manaus, 22 de setembro de 2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por não ter me permitido desistir dos meus planos, que creio são os SEUS planos e estes não podem morrer.

Aos meus pais Socorro Lima e Valdecilo Lima (*in memoriam*) que sempre me deram todo o apoio necessário para que pudesse vencer os obstáculos do dia-a-dia.

Aos meus irmãos Valdecilo Júnior e Luís Paulo, pela ajuda e por compartilharem comigo uma das fases mais importantes de minha vida, a formação do meu caráter.

À minha vó Marina Lima (*in memoriam*), pela dedicação e referência de afeto e seguir mesmo diante as adversidades.

A minha amada mãe, Prof^ª. Maria do Perpetuo Socorro da Silva Lima, pela dedicação, pela educação, pelo carinho e palavras de incentivo nos momentos mais oportunos ao longo de toda minha vida.

Ao meu esposo, Francisco das Chagas Rodrigues dos Santos, que apesar de todas as intemperes soube entender e apoiar minhas decisões e necessidades de aprimoramento e dedicação e, prol de meus desejos pessoais e profissionais. E apoio no cuidado com nossos filhos enquanto eu me dedicava a este projeto.

Aos meus filhos Mandy Sophia Lima dos Santos e Nicolas Tadashi Lima dos Santos, que são os motivadores para eu continuar alcançando meus objetivos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Albuquerque de Oliveira, pela paciência e partilha de conhecimento ao longo do desenvolvimento desse projeto.

Aos meus colegas de trabalho pelo apoio e troca de conhecimento.

À Universidade Federal do Amazonas – UFAM, por conceder meu afastamento para qualificação. Ao Reitor e Pró-Reitores, pelas contribuições na realização deste estudo.

RESUMO

Toda organização, seja ela de prestação de serviço ou fornecimento de produto, precisa estar em constantes processo de evolução, a fim de estar sempre competitiva e gerando lucro. Muitas fazem uso de estratégias que lhes garantam redução de desperdícios e aumento do valor agregado, portanto aplicando conhecimentos pautados no sistema *Lean*. Assim o presente estudo refere-se ao uso da abordagem *Lean* (Manufatura Enxuta) com a aplicação da ferramenta de Mapa de Fluxo de Valor e objetiva apresentar oportunidades de melhoria que permitam um novo balanceamento de linha da perspectiva de diminuição de desperdícios e otimização de produtividade. Para tal, foram construídos o Mapa do Fluxo de Valor (*VSM*) do estado atual e futuro, além de elencado alguns resultados. Trata-se de um estudo de caso com abordagem qualitativa de objetivo exploratório, tendo sido feita pesquisa bibliográfica de artigos científicos, dissertações, consulta à sites da Internet e da verificação *in loco*, do prisma do chão de fábrica (*Gemba*).

Palavra-chave: Balanceamento de Linha; Manufatura Enxuta; Mapa do Fluxo de Valor; Aumento de Capacidade Produtiva.

ABSTRACT

Every organization, whether it is providing services or supplying products, needs to be in a constant process of evolution in order to always be competitive and generate profit. Many make use of strategies that guarantee a reduction in waste and an increase in added value, therefore applying knowledge based on the Lean Production System. Thus, the present study refers to the use the Lean approach (Lean Manufacturing) with the application of the Value Stream Mapping tool and aims to present opportunities for improvement that allow a new line balancing from the perspective of waste reduction and productivity optimization. To this end, the Value Stream Mapping (VSM) of the current and future state was built, besides listing some results. This is a case study with a qualitative approach of exploratory objective, having been made bibliographic research of scientific articles, dissertations, consultation of internet sites and verification *in loco* the prism of the factory floor (*Gemba*).

Keywords: Line Balancing; Lean Manufacturing; Value Stream Mapping; Increase in production capacity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Princípios do Pensamento Enxuto	20
Figura 2: Modelo <i>Toyota Production System</i>	22
Figura 3: Exemplo de visualização cenário <i>VSM</i>	27
Figura 4: Exemplo de aplicação de um <i>VSM</i>	28
Figura 5: Símbolos utilizados para elaboração do Mapa de Fluxo de Valor.....	28
Figura 6: Comparativo entre Pesquisa Exploratória, Pesquisa Descritiva e Pesquisa Explicativa	38
Figura 7: Etapas da Atividades	42
Figura 8: Etapas com uso das Ferramentas	42
Figura 9: Unidade Condensadora (Externa)	44
Figura 10: Unidade Evaporadora (Interna).....	44
Figura 11: <i>Layout</i> da linha atual	45
Figura 12: Síntese de Processos de Produção da Unidade Interna	46
Figura 13: <i>Layout</i> (Antes).....	49
Figura 14: Gráfico <i>LOB</i> da linha Principal da Unidade Interna	51
Figura 15: <i>VSM</i> da linha Principal da Unidade Interna	52
Figura 16: Alimentação manual de material desembalado.....	55
Figura 17: Área de Preparação (desmontagem)	56
Figura 18: Instalação e Posicionamento da 2ª cabine em formato Linear	57
Figura 19: Esteira Aérea	58
Figura 20: Áreas de Preparação.....	59
Figura 21: Aplicação da Quantidade de Células de Montagem e Teste de Performance	60
Figura 22: 2ª cabine de Teste de Ruído	61
Figura 23: <i>Layout</i> (Depois).....	65
Figura 24: Gráfico de <i>LOB</i> da linha Principal da Unidade Interna (2º semestre)	66
Figura 25: <i>VSM</i> da linha Principal da Unidade Interna (Futuro; 2º semestre)	67
Figura 26: Gráfico de Produção Mensal Versus <i>Takt Time</i> (2021).....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: 12 Ferramentas de <i>Lean Manufacturing</i>	24
Tabela 2: Outras Ferramentas do <i>Lean</i>	26
Tabela 3: Comparativo entre Pesquisa Quantitativa e Pesquisa Qualitativa.....	36
Tabela 4: Histórico de Produção 1º semestre de 2021	47
Tabela 5: Análise de balanceamento de linha (<i>LOB</i>)	47
Tabela 6: Postos de trabalho a serem melhorados	53
Tabela 7: Histórico de Produção 2021	61
Tabela 8: Análise de balanceamento de linha (<i>LOB</i>) pós melhorias.....	62
Tabela 9: Comparação dos Cenários (Atual e Futuro)	68

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

STP– Sistema Toyota de Produção

TPS – Toyota Production System

LPS – Lean Production System

PIM – Pólo Industrial de Manaus

JIT – Just in Time

LM – Lean Manufacturing

PBA – Printed Board Assembly

VSM – Value Stream Mapping

LPS – Lean Production System

IFPA – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Contextualização	14
1.2 Formulação do Problema.....	15
1.3 Objetivos.....	15
1.3.1 Objetivo Geral	15
1.3.2 Objetivos Específicos	15
1.4 Justificativa.....	16
1.5 Estrutura do Trabalho	16
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	18
2.1 Balanceamento de Linha	18
2.2 <i>Lean Manufacturing</i>	18
2.2.1 Os "7" Desperdícios.....	22
2.2.2 Ferramentas <i>Lean Manufacturing</i>	24
2.2.3 Outras Ferramentas.....	25
2.3 <i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	26
2.4 <i>Kaizen</i> (Melhoria Contínua)	29
2.5 Gerenciamento Visual (<i>Visual Management</i>).....	30
2.5.1 Cinco S (5S's)	32
2.6 <i>Heijunka</i>	33
2.7 <i>Jidoka</i>	33
2.7.1 <i>Poka-Yoke</i>	33
2.7.2 <i>Andon</i>	34
3. ESTRATÉGIA METODOLÓGICA	35
3.1 Classificação da Pesquisa	35
3.1.1 Natureza da Pesquisa	35
3.1.2 Estratégia da Pesquisa	35
3.1.3 Classificação Da Pesquisa Quanto Aos Objetivos	37
3.1.4 Classificação Da Pesquisa Quanto Aos Procedimentos	38

3.2	Universo e Amostra da Pesquisa	39
3.3	Procedimento para a Coleta de Dados	39
3.3.1	Pesquisa Bibliográfica	40
3.3.2	Pesquisa Documental.....	40
3.4	Procedimento para a Análise dos Dados	41
3.5	Etapas da Pesquisa.....	41
3.5.1	Apresentação da Empresa.....	42
3.5.2	Descrição do Processo de Produção do Condicionador de Ar	43
3.5.3	Descrição da Estrutura e Produtividade da Linha - Unidade Interna.....	44
4.	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	45
4.1	Etapa I – Descrição do Cenário	45
4.1.1	<i>Layout</i> Antigo	45
4.1.2	Coleta dos dados e Análise do Processo.....	47
4.2	Etapa II – Identificação dos Pontos de Gargalo e Seleção dos Postos a serem Melhorados.....	53
4.2.1	Identificação do Problema	53
4.2.2	Cálculo da Capacidade de Produção	54
4.2.3	Estações de Trabalho Selecionadas	55
4.3	Etapa III – Organização das Etapas I e II (Simular Novo <i>Layout</i>).....	57
4.3.1	Tempo de Produção (<i>Takt Time</i>)	57
4.3.2	Eficiência dos Processos (Eficiência Total das Estações)	58
4.4	Etapa V – Apresentação dos Processos com Melhorias	58
4.5	Validação	61
4.6	Avaliação dos Resultados	68
5.	CONCLUSÕES.....	7070
6.	CONTRIBUIÇÕES	71
6.1	Contribuições Acadêmicas	71
6.2	Contribuições Econômicas	71
6.3	Contribuições Sociais	71
	REFERÊNCIAS	72

INTRODUÇÃO

Não diferente de todos os setores, as fábricas vivem em constante variação de demanda, o que requer rápida adequação as necessidades exigidas. Para tanto faz-se necessária a realização estratégica de uma gestão de produção que permita um maior grau de competitividade. Parafraseando Fonseca (2017), que essa, a competitividade, determina mudança de comportamento e melhoramento no desempenho da produção. Deste modo é imprescindível considerar meios que emanem esforços a fim de diminuir desperdícios e otimizar produtividade.

Desse feito, é salutar que novas tecnologias sejam implementadas, cada vez com mais rapidez e eficiência, a fim de avaliar o desenvolvimento de processos mais potentes, que garantam competitividade e menos falhas. Ou seja, essas condições devem estar aliadas a condicionamento de maior exigência de qualidade, ciclo de vida curta dos produtos, lead time de entrega ao cliente cada vez menores e a necessidade de redução contínua dos custos de manufatura (INTRA e ZAHN, 2014).

Como a derrota do Japão na Segunda Guerra Mundial, instaurou-se um cenário devastador, onde as empresas estavam em decadência por não conseguirem vender seus produtos e pela falta de abastecimento do mercado (COSTA; GONÇALVES JÚNIOR; GONÇALVES; PACHECO; COSTA, 2012). Assim a empresa Toyota precisava se reerguer, para isso o empresário Eijii Toyota foi aos Estados Unidos estudar o modelo de produção dos americanos, com o objetivo de encontrar opções, possibilidades, para o mercado japonês (HOLWEG, 2006). A partir desse episódio, estruturou-se um novo sistema, *Toyota Production System* (TPS) com o intuito de igualar a produtividade da Toyota com a Ford (LIKER, 2004)

Fortes exemplos dessa necessidade constante de adaptação são apresentados ao longo da história mundial, como nas pós guerras, recessões e crises mundiais. A exemplo do ocorrido na *Toyota Motors Company* nos pós Segunda Guerra Mundial que buscou no melhoramento interno a resposta para se manter e buscar a liderança de mercado (SOUSA, 2017). Equivalendo Dombrowski et al (2009), descreve que a implementação do *Lean Production System* (LPS), baseado no *Toyota Production System* (TPS) é uma das opções de estratégia disponível. De tal feito que o LPS contribui tanto na redução de desperdícios quanto viabiliza o enfoque no valor ao cliente.

Não muito distante deste cenário, no ano de 2022, viveu-se uma pós pandemia que afetou o mercado mundial em todos os setores, levando que mais uma vez as estratégias sejam reavaliadas e sejam estudados novos e aprimorados meios que permitam que cada indústria, de

sua forma busque medidas de se manter e principalmente desenvolver por meios de seus recursos, formas de ter diferencial que alavanque sua posição no ranking mercadológico. Seja através de ampliação de vertentes no mercado, seja por meio de adequações internas que permitam alcançar e desfrutar de sua permanência com mérito no mercado.

Este projeto visa apresentar de forma limitada a aplicação de um estudo de caso realizado no Polo Industrial de Manaus, em uma empresa de Eletroeletrônico que produz Ar Condicionado, onde foi escolhida o processo que produz a Unidade Interna (Evaporadora).

Primeiramente foi levantado o estado atual do processo, apresentado através, de: Layout da linha, Descrição das atividades realizadas em cada posto, Gráficos de Produção dos 6 primeiros meses do ano, Diagrama de Precedência e Síntese de Processos de Produção da Unidade Interna (Figura 10). Que permitiram uma melhor visualização de pontos que requeiram melhor observação pontual e proporcionarão um norte para um ponto de partida.

De tal modo, este projeto aspirar apresentar aos profissionais, estudantes e interessados da área, em especial de engenharia de produção, possam vislumbrar uma exemplificação de uma mínima habilidade de aplicação de algumas melhorias ao processo produtivo, o qual preza pela qualidade do produto e satisfação do cliente. Neste caso especialmente visando aumento de capacidade de produtiva em meio ao mix de produção proposto à linha por meio da demanda requerida pelo mercado e repassada pelo setor de planejamento à Produção. Para alcançar este alvo serão apresentadas algumas características da estrutura atual e apresentado algumas propostas de recursos físicos e materiais que concomitantemente a qualidade puderam permitir a execução do projeto. Mostrando que é impreterível o envolvimento e comprometimento de todos os departamentos suportes e da Produção, a fim de garantir o resultado esperado e transformar insumos em bens com valor agregado.

Considerando que o 2º semestre é o período de Maior Demanda (*High Season*) para este produto em questão foi necessário desenvolver uma proposta de adequação/melhoramento do processo visando atender essa nova expectativa para tanto foi realizada como ideia inicial do cenário atual enriquecido por alguma referência bibliográfica a fim de permitir levantar uma proposta, possibilidade que responda a essa questão.

Por se tratar de um contexto comparativo, foram estudadas operações de balanceamento de linha para melhor distribuir as atividades em paralelo foi escolhida a ferramentas do *Lean*, *VSM (Value Stream Mapping)* para desenhar e comparar os 2 períodos, pois é possível vislumbrar todas as etapas do processo com o objetivo de eliminar resíduos que serão visíveis nos 2 cenários (SILVA, 2021). Portanto como resultado deste projeto teremos as propostas aplicadas.

1.1 Contextualização

A implementação de ferramentas *Lean* não garante por si só o sucesso de sua aplicabilidade, nem que a organização vá alcançar os mesmos resultados que outra do mesmo ramo. Uma que estão envolvidos muitos fatores inerentes as peculiaridades de cada empresa, como por exemplo a cultura. Como afirma Shingo (1996) quando diz que “O Sistema Toyota de Produção levou 20 anos para chegar aonde está hoje. Obviamente, as plantas que desejam aprender o sistema não precisarão dos mesmos 20 anos. O ponto crítico – e o que requer mais tempo para adquirir consistência – é o claro entendimento do tema e o empenho necessário para levar a cabo as reformas por parte da alta gerência. Mais importante de tudo é garantir a compreensão e consentimento de todos na planta, especialmente do pessoal do chão de fábrica. De fato, esse é o elemento chave que irá determinar o sucesso ou o fracasso final”.

Partindo do prisma inicial que o processo contém vários pontos de movimentação e operações manuais, que permitem flexibilidade do fluxo de processo. Porém baixa produtividade em comparação aos sistemas totalmente automatizados, muitas vezes passíveis a erros simples, abrindo adendo aos riscos para as operações de manufatura, como por exemplo, detecção de tempos de fabricação (*Takt Time*) e erro de fluxo (sequência) de produção.

A expressão “Lean Thinking”, ou “Pensamento Enxuto” foi utilizada por Jones e Womack em 1996 na publicação “Lean Thinking”. Os autores definem o pensamento enxuto como um modelo de trabalho direcionado ao pensamento de fazer mais com menos e com o objetivo de chegar cada vez mais próximo das necessidades do cliente. O pensamento Lean busca minimizar os desperdícios e maximizar o valor do cliente. Uma organização Lean conhece as características que agregam valor ao seu cliente e aplicam esforços para aumentá-las continuamente. Com processos de melhoria contínua, tende-se a reduzir os desperdícios entregando mais valor ao cliente (MARTINS, 2015).

A aplicação de *Kaizen*, que literalmente significa “melhoria contínua” tem contribuído há décadas, a estabelecer a Toyota como uma referência para eficiência industrial (AUDENINO, 2012). Pois conforme afirma Ohno (1997), é através do *Kaizen* que se autorizam as pessoas a agirem na correção de problemas, inclusive ensinando a fazer corretamente. Ou seja, o *Kaizen* permite que as pessoas encontrem a causa do problema ao invés do culpado, proporcionando assim a solução efetiva. Assim como, elimina a cultura de “varrer a sujeira para debaixo do tapete”, possibilitando que todos na organização contribuam para eliminação dos erros e desperdícios, em todos os aspectos e em todos os locais da empresa.

Visando aumento de produtividade, entretanto amparando a flexibilidade (mix de produção), os processos futuros precisam incorporar algum nível de automação que complementam ou aumentam as capacidades manuais da operacionalidade humanas. A automação aliada ao *Lean Manufacturing* nos processos produtivos trará significativos benefícios para a organização e seus colaboradores, tais como um melhor ambiente laboral, redução de problemas ergonômicos, aumento de produtividade, diminuição de defeitos, qualidade e eficiência da linha.

1.2 Formulação do Problema

A empresa onde foram realizados os estudos que embasaram este projeto é uma organização situada no Polo Industrial de Manaus, onde são manufaturados eletroeletrônicos, entre eles o produto foco deste estudo, condicionador de ar do tipo split.

O principal alvo dessa pesquisa é mostrar a relação (impacto) da utilização e aplicação das ferramentas Lean Manufacturing para alcançar a nova meta de produção de 2450 produtos/dia, com ciclo de tempo de 12,44 segundos e na aplicação de melhorias nos gargalos dos processos produtivos, com proposta reduzir e eliminar algumas movimentações manuais dos produtos ao longo do fluxo de fabricação do produto estudado.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Sugerir balanceamento de linha em um processo de produtivo para atendimento de flutuações de demanda.

1.3.2 Objetivos Específicos

- (i) Coletar os tempos de todas as atividades do processo escolhido;
- (ii) Levantar Diagrama de Precedência;
- (iii) Propor remodelagem da linha (balanceamento);
- (iv) Comparar (ou validar) o layout atual com layout futuro.

1.4 Justificativa

A constante evolução tecnológica demanda que todos os negócios seja ele de produto ou de prestação de serviço esteja em constante aprimoramento e focado no desejo do cliente, e na qualidade e rapidez do produto ou serviço ofertado. Partindo deste princípio, necessidade, que este estudo busca desenvolver um novo balanceamento de linha que atenda a nova demanda requisitada. Logo decidiu-se explorar através do diagrama de precedência e estudo de tempos de fluxo do processo as atividades que apresentam algum tipo de desperdício que corrobore para a perda de produtividade.

Os tempos de cada processo no estado atual foram coletados e descritos no diagrama de precedência e no *VSM*, para melhor visualizar tanto cada ponto individualmente como a linha como um todo. Esses dados foram devidamente compilados a fim de fornecer recursos que proporcionem uma melhor análise do estado atual. Onde foi possível observar que já no estado atual fazia-se necessária uma intervenção, pois o tempo padrão não era devidamente alcançado pela maioria dos processos.

Para ponderar essas anormalidades serão implementadas ferramentas *Lean* que proporcionem a visualização do cenário atual e contribuam para a redução no tempo produção, de modo que a expectativa de nova demanda seja atendida, desde que haja melhorias que beneficie os envolvidos, ou seja, com a detecção de desperdícios se aplique melhoria que corroborem também para qualidade do ambiente de trabalho.

1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho foi dividido em 06 (seis) capítulos sendo organizado da seguinte forma: no capítulo 1 será apresentada a introdução do projeto de pesquisa que contempla a contextualização, a formulação do problema, o objetivo geral e os objetivos específicos da pesquisa e a sua justificativa. Em seguida, apresenta-se o enquadramento teórico abordagem dos tópicos: Balanceamento de Linha, Princípios de *Lean Manufacturing* e Ferramentas *Lean Manufacturing*, com apresentação do *Value Stream Mapping (VSM)* e *Kaizen*. No capítulo 3, explanar-se-á a estratégia metodológica que nortearão a pesquisa, com a classificação da pesquisa (natureza da pesquisa, estratégia da pesquisa, classificação da pesquisa quanto aos objetivos, classificação da pesquisa quanto aos procedimentos), universo e amostra da pesquisa, procedimentos para a coleta de dados (pesquisa bibliográfica, pesquisa documental), procedimentos para a análise de dados e etapas da pesquisa. Em seguida, são apresentados os

resultados e discussões (descrição do cenário, identificação dos postos gargalo e seleção dos postos a serem melhorados, organização das etapas e simulação do novo *layout*, apresentação do processo com melhorias, validação e avaliação dos resultados). No quinto capítulo apresenta-se as conclusões. No sexto capítulo serão apresentadas as contribuições (*Takt time*, plano e produtividade) e por fim, são apresentadas as referências utilizadas para fundamentar esta dissertação.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Este capítulo visa apresentar os temas estudados mais especificamente com a finalidade de embasar por meio da teoria as técnicas que foram usadas para mostrar, descrever e analisar, primeiramente, o cenário atual assim como permitir levantar pontos de atenção que levem a propor alguma mudança que contribua positivamente para importância e credibilidade desse estudo.

Em seguida será apresentada uma breve revisão literária e conceitual de Lean Manufacturing: os princípios do pensamento Lean, algumas de suas principais ferramentas usadas para alteração do negócio (bem ou serviço). Assim como fundamentar este projeto com conceitos de Sistema de Produção através de alguns conceitos e Balanceamento de Linha que será apresentado no decorrer do projeto por meio da descrição das atividades do processo estudado e apresentação gráfica deste processo.

2.1 Balanceamento de Linha

O balanceamento de linha é um dos problemas clássico e recorrentes dentro de toda organização que trate com processo produtivo, seja ela qual for a vertente empregada (OLIVEIRA, 2017).

De tal maneira que este assunto é amplamente estudado a fim de viabilizar um melhor Planejamento e Controle da Produção, em busca das tão almejadas eficiência e produtividade por meio do adequando balanceamento das atividades desenvolvidas, conforme comprovam distintos pesquisadores (AHMAD NAUFAL ADNAN; NURUL AIN ARBAAI; AND AZIANTI ISMAIL, 2016; GERMANES *et al.*, 2017; ISLAM; SARKER; PARVEZ, 2019; MISHAN; TAP, 2015; ZYWICKI *et al.*, 2018).

Uma vez que o grau de equilíbrio de um processo produtivo, ou seja, seu nível de balanceamento cresce, tende a corroborar para melhor fluidez e alta produtividade (HAWI, 2020). Por esse motivo entende-se que seja de grande valia este conhecimento e aprimoramento desta vertente nas empresas. Uma vez que alinhada a outros conhecimentos e suas aplicabilidade é possível colaborar para permanência e crescimento das organizações dentro do mercado.

Para Prado e Ladeira (2014) “O sistema de produção é um conjunto de elementos, pessoas, máquinas e processos responsáveis por produzir um produto ou serviço. Esses elementos se interligam para alcançarem o objetivo final, que é produzir. Este descreve a

divisão dos sistemas de produção em 3 tipos: Produção Contínua (tipo mais clássico, onde busca produzir o maior número de produtos no menor tempo possível. Como é o caso das empresas automotivas e de embalagem), Produção Intermitente (produção por lote ou encomenda) e Produção para grandes Projetos (produção busca atender as necessidades específicas dos clientes, como é o caso da construção civil e automobilística).

Segundo Davila (2020), “os clientes querem valor. As empresas produtividade. A solução: operações otimizadas...”. Para ele as operações é “a gestão dos sistemas que produzem bens e serviços. Ou seja, é a gestão de como fazemos as coisas”.

2.2 *Lean Manufacturing*

Desde o princípio da Humanidade é possível encontrar relatos de ocorrência que denotem que o ser humano sempre buscou meios de sobrevivência e posteriormente evolução e com a Revolução Industrial essa solicitação passou a ser em escala comercial a fim de que fossem aplicadas medidas que permitissem aumentar a escala de produção e permitir meios de diferencial de competitividade (PUCHE, 2017).

Para Radnor et al. (2011) apesar de conceitualmente simples, não é fácil definir *lean*. O núcleo da filosofia é melhoria contínua do processo por meio de remoção de valores não agregados ou desperdícios (que em japonês se descreve como *muda*). Entretanto, *muda* é apenas um dos três conceitos correlacionados. São eles: Muda (prática de gerenciamento baseada na filosofia de processos *Kaizen* (melhoria contínua), seja pelo aumento do valor ao cliente ou pela redução de atividades que não agregam valor; *Mura* (variação no processo, relacionado ao desnivelamento. E que requer uma demanda estável a fim de resultar em menor variação e processos mais eficientes e padronizados); *Mura* (condições de trabalho inadequadas, ou seja, está relacionada à tensão excessiva. Dessa forma prega por boas condições de trabalho para prevenir lesões e tensão sobre o funcionário, e conseqüentemente, redução de absenteísmo).

O *Kaizen* ajuda a identificar e remover rapidamente o desperdício em todas as fases de uma organização por meio da melhoria de tarefas e processos padronizados. Desperdícios podem ser qualquer coisa que não agrega valor a um processo. O *Kaizen* olha para uma empresa inteira com foco em áreas-chave: qualidade, custos, logística, motivação de pessoal, segurança, tecnologia e, mais recentemente, meio ambiente. O sistema de gerenciamento examina todas as etapas de um processo da empresa, desde seus fornecedores até o cliente, em busca de maneiras de simplificar, melhorar ou reduzir custos (MOMOLLI et al., 2019).

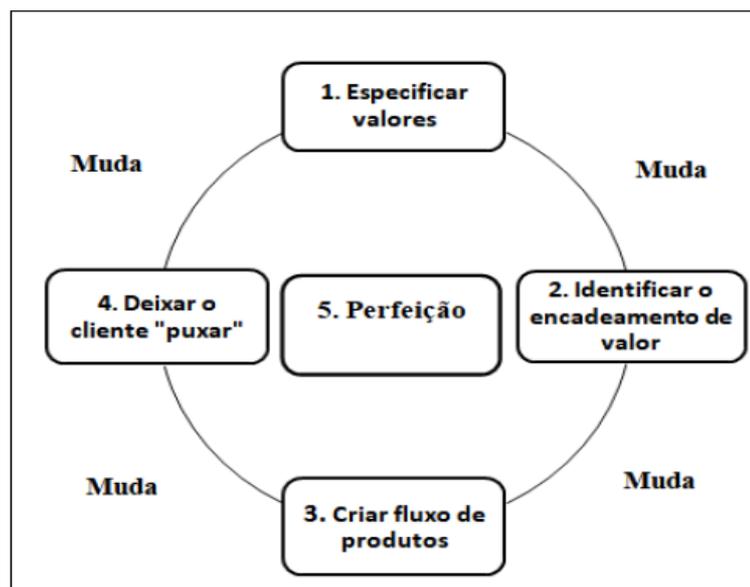
Partindo dessa denotação, o *Lean Manufacturing* surgiu na Toyota na década de 1950, a fim de enfrentar os desafios necessários para atender mercados menores com uma maior variedade de veículos, o que exigia maior flexibilidade de produção. Ou seja, este modelo de gestão foi desenvolvido por Taiichi Ohno, engenheiro da montadora Toyota, por isso o sistema ser amplamente conhecido por *Toyota Production System* (Sistema Toyota de Produção) (BAI; SATIR; SARKIS, 2019; DOMBROWSKI; EBENTREICH; KRENKEL, 2016).

Desde feito é salutar usarmos a ciência dessa filosofia a nosso favor, aplicando de maneira que nos permita inovar a ponto de atender a todos os stakeholders (VATHSALA WICKRAMASINGHE, 2017; OLIVEIRA; SÁ; FERNANDES, 2017; SISSON; ELSHENNAWY, 2015).

No livro *Lean Thinking*, Womack e Jones (2003) codificaram a essência do *Lean Manufacturing* em cinco princípios básicos: 1) especificar valor; 2) identificar o fluxo de valor; 3) evitar interrupções; 4) produção puxada pelo cliente; 5) perfeição. A produção enxuta objetiva a otimização dos processos por meio de redução de desperdícios, da qualidade assegurada em todo o processo produtivo (RIANI, 2006)

Parafraseando Womack e Jones (2003), a implementação da filosofia *lean* em uma organização acontece em cinco fases. Considerando os fatores que norteiam a filosofia *Lean* (eliminação de desperdício a fim de atender ou até superar as expectativas dos clientes), conforme (WOMACK e JONES, 2004) e adaptado por HARRISON e HOEK (2003), os princípios do pensamento enxuto, pode ser descrito conforme figura 1.

Figura 1 – Princípios do Pensamento Enxuto



Fonte: Adaptada de (HARRISON e HOEK, 2003).

1. Valor ou Criar Valor: Identificar o que é de valor para o cliente. Ou Focar no que satisfaz as necessidades dos clientes. São estes que definem o que é valor. Assim cabe à empresa definir o preço específico para mantê-la no mercado por meio de melhorias contínuas.
2. Fluxo de valor ou definir cadeia de valor: analisar o fluxo de valor para cada produto/serviço, eliminando os processos e as atividades que não adicionam valor (ineficiências). Ou seja, identificar a cadeia produtiva: o que agrega valor, os que não geram valor, mas são necessários para o processo produtivo, e os que não acrescentam valor nenhum.
3. Fluxo ou Otimização do fluxo: estabelecer fluxo contínuo e puxado, fazendo o processo fluir. Ou criar fluidez ao longo do fluxo de produção é o objetivo dessa etapa.
4. Produção puxada ou *Pull System*: deixar que o cliente ou usuário puxe o valor, produzir somente aquilo que for necessário/solicitado e repor somente o que foi consumido. Ou seja, assim o *pull* permite inverter o fluxo produtivo, e passa a puxar a produção conforme demanda.
5. Perfeição: este é o último passo da filosofia *lean*, promover a melhoria contínua, eliminando o total desperdício para que todas as atividades ao longo de um fluxo de valor criem valor.

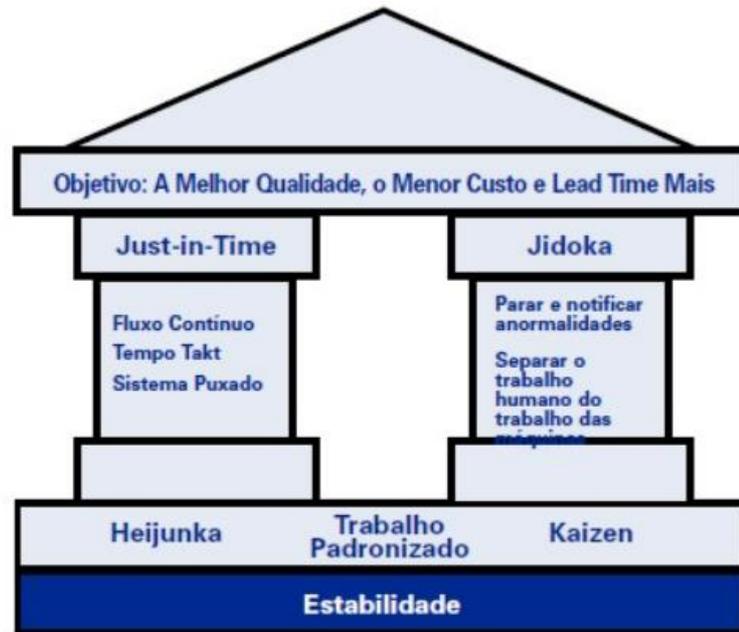
Momolli *et al.*, (2019) afirmam que considerar os valores de todos os *stakeholders* destina-se a satisfação geral e simultânea de todas as partes interessadas, sendo mais importante o conhecer aquilo que se cria e os valores das partes envolvidas, e entender e conhecer as necessidades dos clientes é fundamental. Assim, os princípios passam a ser sete:

1. Conhecer bem os *stakeholders*: entender as necessidades também dos parceiros é fundamental para o sucesso da empresa;
2. Definição de valores: não focar somente no cliente, mas também nos *stakeholders*;
3. Definição das cadeias de valor: definir bem os valores para cada cadeia de valor;
4. Otimizar o fluxo: a ligação das pessoas, materiais, informação e capital é importante para gerar valor e satisfazer ambas as partes da organização;
5. Sistema *Pull*: a implementação do sistema *pull* em todas as cadeias de valor, para que tanto o cliente como os *stakeholders* liderem o processo na organização.
6. Procura da perfeição: incentivar a melhoria contínua em todos os sectores da organização
7. Inovar: criar novos produtos e serviços é a chave para a criação de valor.

Desse feito para fundamentar este projeto com conceitos de *Lean Manufacturing*: os princípios do pensamento *Lean*, que buscam eliminar e identificar as atividades que não agregam valor ao produto ou à cadeia de informação, há várias ferramentas, como: *Just in Time*

(JIT); automação (*Jidoka*), *Kanban*, Mapeamento do Fluxo de Valor, entre outras, apresentadas na Figura 2, usadas para alteração do negócio (bem ou serviço).

Figura 2 – Modelo *Toyota Production System*.



Fonte: *Lean Institute* Brasil, (2022).

2.2.1 Os “7” Desperdícios

Conforme descrito antes o Toyota Production System baseia-se em três fundamentos principais (*muda, mura e muri*), entretanto o princípio é norteado pela eliminação de desperdícios. Assim, é salutar detalhar esses desperdícios. Um processo enxuto é um processo com atividades que agregam valor com a busca contínua pela redução dos desperdícios.

Ohno (1997) afirma que o problema de uma produção é sua superprodução e a redução do custo. Por outro lado, Melton (2005) indica que, apesar de várias vantagens na implementação do sistema Lean, existe grande resistência à mudança e à dificuldade de abordar novas ideologias.

No que se refere aos custos nos processos produtivos, Ohno (2015) sustenta que estes deveriam ser reduzidos, e não eliminados. Tal justificativa parte do princípio do fato de que os custos sempre existirão, para tanto, faz-se necessário sempre encontrar meios para reduzi-los, ou seja, uma busca sistemática para a absoluta eliminação de desperdícios. Tal como foi realizado no *Toyota Production System*.

Também segundo Ohno (1997), desperdício refere-se a todos os elementos de produção que só aumentam os custos sem agregar valor. Assim sendo, Womack e Jones (2003) definem o pensamento enxuto como uma forma de especificar valor, alinhando, na melhor sequência as ações que criam valor e realizá-las de forma cada vez mais eficaz. A aplicação do *Lean Thinking* é alcançada e suportada por ferramentas e metodologias que permitem a sua implementação e manutenção.

Para Moreira (2018), a metodologia considerou, nos processos produtivos, alguns desperdícios importantes que afetam a satisfação do consumidor, como retrabalho, superprodução, transporte, movimentação, espera, estoque, refugo e intelecto (este só passou a ser considerado mais recentemente).

Entendendo-se como principais objetivos desta filosofia: Redução de Custos, Melhoria Contínua, Agilidade de Produção, Maior Capacidade de Produção e Melhoria do ambiente de Trabalho. Para tantos são necessários conhecer, entender e aplicar os princípios de redução de desperdício e que resíduos, são processos que não agregam valor. O objetivo desse princípio é enxugar e minimizar seu impacto na produção (SOUSA, 2017). Desta forma, os resíduos estão divididos, assim:

- Transporte (Movimentação de ferramentas e equipamentos, por que não agrega valor);
- Estoque (entende-se por recurso estagnado ou que margem de segurança só serve para esconder as ineficiências do processo);
- Movimentação (refere-se ao deslocamento do funcionário);
- Espera (quando algum dos recursos necessários não está disponível no momento que é requerido/necessário);
- Superprodução (quando se processa antecipada ou a mais que a demanda, algumas vezes para suprir peças defeituosas);
- Super Processamento (processo ou produto é melhorado ao ponto de superar expectativas do cliente, melhorias essas que requerem mais recursos e que algumas vezes o cliente não está disposto a arcar);
- Retrabalho (são ações necessárias quando os produtos ou processos não atende as especificações e precisam ser refeitos para corrigir); e
- Intelectual (quando funcionário tem habilidades e conhecimentos que a empresa não utiliza adequadamente).

Assim sendo, não é suficiente apenas conhecer os conceitos e nomenclaturas dos tipos de desperdícios, faz-se necessária a prática e a segurança na identificação dos mesmos. Por conseguinte, a identificação, é preciso definir e realizar melhorias para eliminar os desperdícios ou pelo menos reduzi-los, de forma contínua, assim sempre resultará em processos com maior valor agregado.

Souza, Silveira e Bagno (2012) conceitualizaram que uma empresa consegue resultados satisfatórios no processo produtivo utilizando adequadamente as ferramentas de produção enxuta quando trazem uma aplicação do *lean* no setor de serviços. Como exemplifica Cintra (2021) na citação de uma oficina mecânica, onde o estudo mostra um levantamento do *lead time* com mapeamento do processo (MFV) e as aplicações da metodologia enxuta, que conseguiu demonstrar as melhorias do ambiente de trabalho e a rapidez no processo de entrega dos serviços aumentando a capacidade de demanda e redução da movimentação com eficiência.

2.2.2 Ferramentas *Lean Manufacturing*

No Lean Manufacturing há uma vasta gama de ferramentas que são utilizadas para implementar a Manufatura Enxuta e alcançar resultados desejados. Assim sendo sua aplicabilidade é executada por várias organizações a fim de obter um bom desempenho e garantir competitividade mercadológica (TASDEMIR e GAZO, 2019).

Segundo Naeemah e Wong (2023), as 12 ferramentas (Tabela 1), selecionadas e descritas foram determinadas através de uma exaustiva análise da literatura por seus efeitos na sustentabilidade organizacional. Essa afirmação parte da ideia antes apresentado por Naeemah e Wong (2022) que através de estudos anteriores acompanharam e identificaram a importância dessas ferramentas e provaram repetidamente os seus impactos em um, dois ou três aspectos da sustentabilidade.

Tabela 1 – 12 Ferramentas de *Lean Manufacturing*

FERRAMENTAS DE <i>LEAN</i> <i>MANUFACTURING</i>	DEFINIÇÃO	REFERÊNCIAS
(7S) (A1)	Uma ferramenta que ajuda as empresas a atingirem os objetivos empresariais através da identificação de sete elementos necessários (ordenar, classificar, brilhar, normalizar, espírito de equipa, segurança, sustentar)	Souza and Alves (2018), Tasdemir et al. (2020), Vinodh et al. (2011a)
<i>Just in Time</i> (JIT) (A2)	Uma ferramenta que ajuda a planejar o processo de produção para minimizar o inventário até quase zero e fornecer os componentes e itens necessários para as estações de trabalho a tempo	Dieste et al. (2019), Iranmanesh et al. (2019), Leksic et al. (2020)
<i>Kanban</i> (A3)	Uma ferramenta que utiliza cartões para representar o número de produtos que precisam de ser fabricados	Cherrafi et al. (2016), Tăucean et al.

“continua”

		(2019), Vinodh et al. (2011a)
FERRAMENTAS DE <i>LEAN</i> <i>MANUFACTURING</i>	DEFINIÇÃO	REFERÊNCIAS
<i>Visual Control/Visual Management</i> (A4)	Esta ferramenta permite que um fabricante construa um sistema com indicadores simples de ver e perceber com facilidade, permitindo que os gestores compreendam o estado da linha de fabricação e acompanhem as atividades do chão de fábrica	Helleno et al. (2017), Tasdemir and Gazo (2018), Tăucean et al. (2019)
<i>Value Stream Mapping</i> (VSM) (A5)	Uma ferramenta para reconhecer as atividades de valor acrescentado e as atividades sem valor acrescentado no fluxo de valor para reduzir as atividades desnecessárias	Cherrafi et al. (2016), Chiarini (2014), Vinodh et al. (2011a)
<i>Kaizen</i> (A6)	Uma ferramenta para conseguir melhorias contínuas e graduais sem fazer grandes despesas de capital	Cherrafi et al. (2016), Souza and Alves (2018), Tasdemir and Gazo (2018)
<i>Poka-yoke</i> (A7)	Uma ferramenta que impede a ocorrência de erros ou defeitos e se concentra em eliminar as razões da sua ocorrência	Iranmanesh et al. (2019), Naeemah and Wong (2022), Yusup et al. (2015)
<i>Six Sigma</i> (A8)	Método para obter um controle de qualidade e reduzir as variações nas operações de fabricação que é organizado de forma consistente	Helleno et al. (2017), Leksic et al. (2020), Tasdemir and Gazo (2019)
<i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) (A9)	Uma ferramenta que foi criada para otimizar a utilização eficaz do equipamento ao longo do processo de fabrico, minimizando o tempo de inatividade	Cherrafi et al. (2016), Chiarini (2014), Thanki et al. (2016)
<i>Production Smoothing</i> (<i>Heijunka</i>) (A10)	Uma ferramenta de programação para minimizar o tamanho dos lotes de produção	Leksic et al. (2020), Naeemah and Wong (2022), Yusup et al. (2015)
<i>Single-Minute Exchange of Die</i> (SMED) (A11)	Uma técnica para reduzir o tempo necessário para substituir o equipamento	Chiarini (2014), Iranmanesh et al. (2019), Yusup et al. (2015)
<i>Cellular Manufacturing</i> (A12)	Uma ferramenta para criar produtos semelhantes numa célula para reduzir o tempo, a energia e o esforço	Iranmanesh et al. (2019), Tăucean et al. (2019), Vinodh et al. (2011a)

Fonte: Adaptado de NAEEMAH e WONG (2023).

Apesar das 12 apresentadas acima serão detalhadas as que foram usadas para a realização da análise neste estudo de caso e apresentação desta dissertação.

2.2.3 Outras Ferramentas

Para George (2004) a filosofia *Lean Manufacturing* ter resultados satisfatórios no processo produtivo, somente usando as ferramentas não é suficiente. Faz-se necessário estar envolvido à atuação também da cultura organizacional. Conforme a Tabela 2 demonstra algumas

ferramentas do *lean* que podem ser utilizadas e suas definições. Essa apresentação visa corroborar para ampliar conhecimento a fim de vislumbrar a (s) melhor (es) oportunidades alcançar redução de desperdícios e aumento de produtividade nos processos produtivos. Essa tabela consiste em nomenclatura e sua definição.

Tabela 2 – Outras Ferramentas do *Lean*

FERRAMENTAS <i>LEAN</i>	DEFINIÇÃO
ANÁLISE DE CAUSA RAIZ	Conforme Vorley e Bushell (2008) é uma técnica que é usada para resolver um problema ou não-conformidade, a fim de obter a causa raiz do problema. RCA é usada para que se possa corrigir ou eliminar a causa, e evitar que o problema se repita.
PDCA	Enfatiza a melhoria contínua. As etapas são: planejar (<i>Plan</i>), fazer (<i>Do</i>), verificar ou checar (<i>Check</i>) e agir (<i>Action</i>). Com a aplicação dessa ferramenta os processos terão maior estabilidade, coerência. (DENNIS, 2008)
KAIZEN	Define com melhora contínua. “A intensidade leva a <i>kaizen</i> ” (DENNIS, 2008, p. 168).
GERÊNCIA VISUAL	Facilita a tomada de decisão. É utilizada para estabelecer prioridade ao processo com maior comunicação. “Estabelecer e exibir prioridades de trabalho; exibir visualmente o desempenho diário; dar suporte a comunicações em uma área; oferecer feedback” (GEORGE, 2004);
CRONOANÁLISE	De acordo com Wagner (2019), as medidas dos tempos trazem informações importantíssima para o processo produtivo. Traz mais eficiência e planejamento das ações.
TRIZ	A Teoria da Resolução Inventiva de Problemas, mais conhecida pelo seu acrônimo russo, adaptado ao alfabeto latino, TRIZ - <i>Teoriya Resheniya Izobretaleskikh Zadatch</i> – é definida como uma metodologia que foca na resolução de problemas de cariz inovativo e inventivo. Desenvolvem novos produtos e melhorias desenvolvimento de novos produtos e melhoria de produtos. (LOPES, 2015).
LEAN THINKING	O <i>Lean thinking</i> pode ser usado no ambiente de produção como de escritório é capaz de fornecer resultados a partir de um valor para o cidadão (Turati and Musetti, 2006). É baseado em filosofia de longo prazo através de solução contínua de problemas. (LIKER, 2004).
ANDON	Gestão à vista das ocorrências na linha de produção que pode ser apresentada em forma de alerta sonoro ou representações visuais como quadros e sinalizadores. (OHNO, 1997).
HEIJUNKA	Consiste em nivelar a produção para eliminar os gargalos que com frequência correm no processo produtivo. Não é produzir todo o material para somente uma encomenda mais intercalar diversas para satisfazer mais clientes. (OHNO, 1997)
JIDOKA	Significa automação é um dos pilares Toyota de Produção. (OHNO, 1997)
KANBAN	É uma metodologia que preconiza a movimentação de materiais no setor de produção, por meio do sinal visual. (OHNO, 1997)
POKA-YOKE	Ao longo do processo produtivo podem ocorrer defeitos assim danificando a imagem perante aos clientes. Assim o <i>Poka-yoke</i> cria um método, ferramenta ou equipamento que auxilia na prevenção de erros. (OHNO, 1997)

Fonte: Sanchez (2019).

2.3. Value Stream Mapping (VSM)

O Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM) é uma técnica de produção enxuta que, desde a sua criação, se estendeu a muitos setores da indústria e emergiu como a forma preferida de apoiar e implementar a abordagem enxuta (GREWAL, 2008).

Para Wang et al. (2022) o Mapeamento do Fluxo e de Valor (VSM), pode diminuir os custos, o tempo, a mão de obra, a energia, os defeitos, o inventário, os resíduos líquidos e sólidos e as emissões atmosféricas. Já Souza e Alves (2018) corroboram que além disso, o VSM pode aumentar qualidade, as condições de trabalho, a saúde e a segurança.

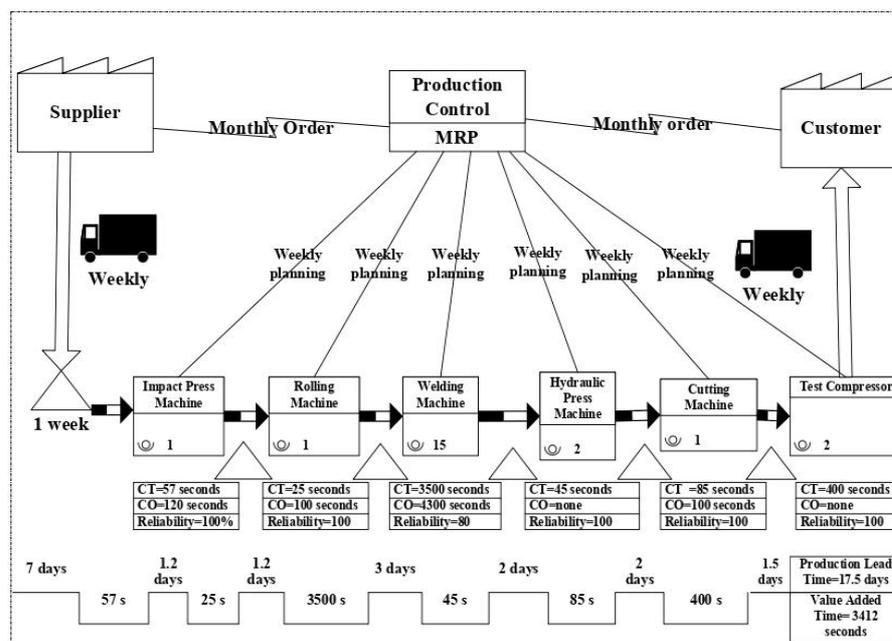
De acordo com Cintra (2021), o Mapeamento de Fluxo de Valor é um método *lean thinking* que permite o exame de atividades, subdividindo-as do seguinte modo: atividades que acrescentam valor; atividades que não acrescentam valor, mas são necessárias e atividades que são desnecessárias.

Essa identificação acontece a partir do Mapeamento de Fluxo de Valor do estado atual do processo. Somente depois da análise de todo o processo e as melhorias implementadas se constrói o mapa de Fluxo de Valor Futuro.

A aplicação da ferramenta inicia-se com a técnica de brainstorming, na qual as equipes definidas pela gestão para o desenvolvimento de atividades analisam todo o processo e identificam quais os desperdícios.

Um estudo de caso em uma indústria têxtil de moda praia, descreve a *Value Stream Mapping (VSM)* como uma das ferramentas mais utilizadas para implementar a Manufatura Enxuta, por permitir uma visualização do processo do início ao fim com riqueza de detalhes, ou seja, permite um controle visual fácil de interpretar, possibilita visualizar estoque e auxilia na implementação de melhorias, como apresentado no exemplo Figura 3.

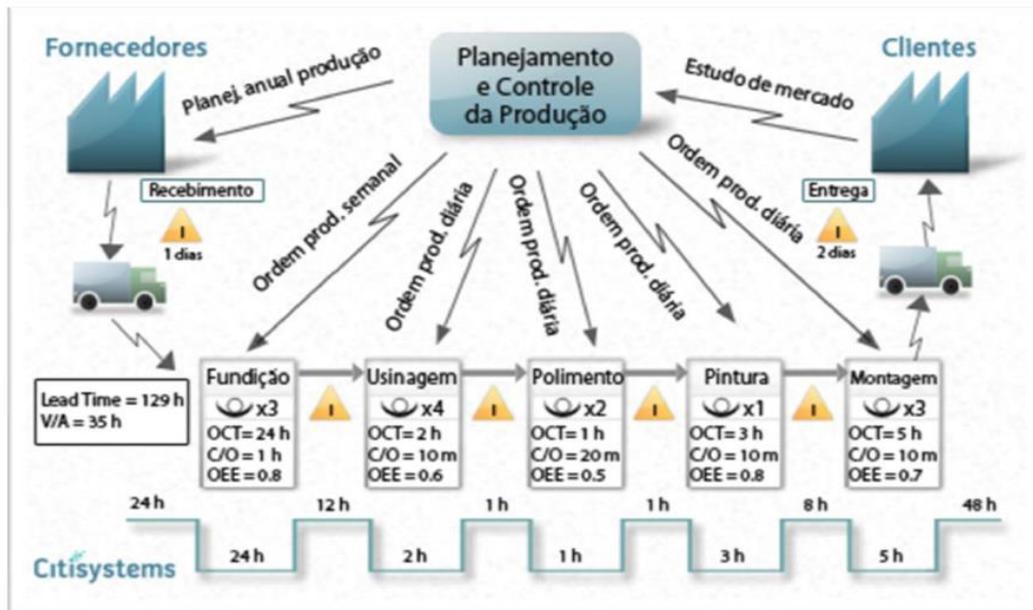
Figura 3 – Exemplo de visualização cenário VSM.



Fonte: Zahraee et al, (2020).

A Figura 4 resume a percepção de Silveira (2019) quando afirma que mapear e analisar o fluxo de valor traz algumas vantagens como: visualizar macro e individual os processos; base para implantação da produção enxuta; identifique os desperdícios; tomada de decisões e permite visualizar o fluxo. Para elaboração do mapa é necessária utilização de termos e símbolos.

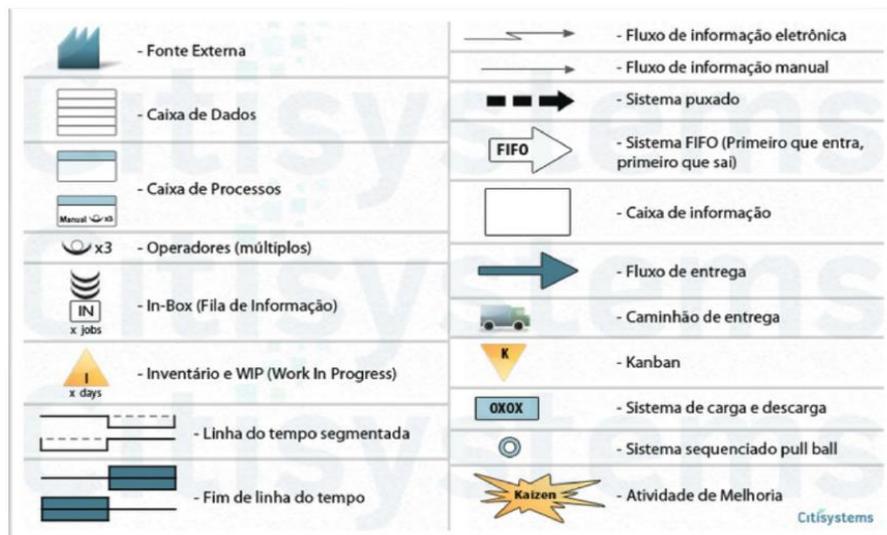
Figura 4 – Exemplo de aplicação de um VSM.



Fonte: Silveira (2019).

Na Figura 5 é possível visualizar alguns símbolos bastante aplicados na elaboração do VSM e seus significados.

Figura 5 – Símbolos utilizados para elaboração do Mapa de Fluxo de Valor.



Fonte: Silveira (2019).

Por meio dessas simbologias é elaborado o mapa de fluxo de valor. Cada símbolo possui um significado que possibilita a interpretação de como está o processo produtivo. Para enfatizar melhor a importância do Mapa de Fluxo, autores como Silva *et al.*, (2010) publicaram um artigo intitulado “*Value Stream Mapping: uma importante ferramenta na implementação da manufatura enxuta, um estudo de caso em uma indústria têxtil de moda praia*”.

Silva *et al.*, (2012) elaboraram estudo em uma indústria de confecção do segmento moda praia, íntima e fitness em Natal (RN). Após o levantamento da situação atual do processo produtivo, elaboraram o Mapa de Fluxo de Valor da família de produtos que preferencialmente deve ser selecionada com mais impacto no resultado da empresa.

Só após a análise profunda das etapas eles propuseram melhorias que reduziram o seu lead time do processo em 3,64 dias, aumentando a capacidade de produção para 33% sem aumento dos recursos de transformação, conseguindo, com isso, redução da quantidade de produtos acabados em estoque, diminuição do tempo de setup nas trocas de linhas de costura e os desperdícios por movimentação.

Para Souza (2020), o Mapeamento de Fluxo de Valor apresenta-se como uma ferramenta de fácil entendimento e aplicação em decorrência da simplicidade em razão de sua metodologia. Assim, entende-se que sua forma descomplicada permite uma redução expressiva dos fluxos dos processos organizacionais com a finalidade de sugerir melhorias.

De acordo com Ohno (1997), os 5 pontos da Cadeia de Valor são: a) identificar o “valor” sob a ótica do cliente; b) analisar a cadeia de valor e remover os desperdícios; c) fazer fluir o “valor” na cadeia; d) fazer o fluxo ser puxado pelo cliente e e) buscar a perfeição por meio da melhoria contínua.

Relativamente ao uso de ferramentas para análise com o uso do *VSM*, Silva *et al.*, (2012) ratificam que se trata de uma importante ferramenta na implementação da manufatura enxuta. Na literatura há muitas aplicações do *VSM* nos mais variados processos, sejam produtivos ou administrativos, demonstrando a importância da utilização da ferramenta na busca de oportunidades de melhoria de desempenho (ALMEIDA *et al.*, 2021; ASHIF; GOYAL; SHASTRI, 2015; DA SILVA *et al.*, 2021; LACERDA; XAMBRE; ALVELOS, 2016; MELIN; BARTH, 2020).

2.4 *Kaizen (Melhoria Contínua)*

O termo japonês para Melhoria Contínua, é *Kaizen*, por ser usado focando problemas do trabalho, documentando e otimizando os processos produtivos, além de coleta e análise de

dados. Assim, para Ohno (1997), através do *Kaizen* é que se autorizam as pessoas para agir na correção de problemas, inclusive, ensinando a fazer corretamente. Ou seja, o colaborador precisa desejar fazer o correto, entretanto, estes acabam se decepcionando quando o mesmo não apresenta resultados suficientes.

A atividade *Kaizen* para gerenciamento de projetos geralmente ocorre em intervalos curtos, diários ou semanais, chamados de “eventos *Kaizen*”. Esses eventos são projetados para focar em um processo ou área específica que precisa de melhorias. Durante um evento *Kaizen*, a equipe fará um brainstorming de maneiras de melhorar o processo e, em seguida, implementar essas mudanças (PRADO; LADEIRA, 2014).

A atividade *Kaizen* para gerenciamento de projetos geralmente ocorre em intervalos curtos, diários ou semanais, chamados de “eventos *Kaizen*”. Esses eventos são projetados para focar em um processo ou área específica que precisa de melhorias. Durante um evento *Kaizen*, a equipe fará um brainstorming de maneiras de melhorar o processo e, em seguida, implementar essas mudanças.

Segundo Moreira *et al.*, (2022) a filosofia *Kaizen* foi adaptada ao ambiente de negócios porque anuncia uma atitude disciplinada, humilde e proativa a ser incorporada a todos os empreendimentos, grandes ou pequenos. Para abordar essas questões, pensamento enxuto, gerenciamento de qualidade total, *Kaizen* e outros conceitos semelhantes foram promovidos no setor de pequenas e médias empresas.

O *Kaizen* não é amplamente implementado em uma indústria de oficinas, e o reparo de caravanas parece se encaixar melhor no ambiente de trabalho de oficinas, o que o torna diferente do ambiente de trabalho em lote repetitivo geralmente associado à implementação de *Kaizen*. Dessa forma a criação de um *job shop* é um ambiente de fabricação de baixo volume e alta variedade que precisa de uma força de trabalho altamente qualificada e versátil porque depende do conhecimento de seus trabalhadores. Além disso, o *job shop* tem uma capacidade de produção flexível caracterizada principalmente por sua ampla variabilidade na demanda de trabalho, seu mix de produtos em constante mudança e seu volume pequeno a médio, tornando ineficiente a configuração de uma linha de produção dentro de um *job shop*, sendo inovador no ramo (CARVALHO, 2014)

2.5 Gerenciamento Visual (*Visual Management*)

O principal objetivo da Gestão Visual é melhorar o fluxo de informação no local de trabalho e eliminar as barreiras ao fluxo de informação (MEILING *et al.*, 2012 e AZIZ *et al.*, 2013). Ou seja, torna a informação importante visível á todos, por meio de sinais visuais, o que

facilita a compreensão por todas as partes interessadas e envolvidas no projeto. Para isso o design deve ser apresentado de forma enfática para que seja rapidamente compreendida e comunicada, de modo a aumentar a eficiência, o valor e clareza (SINGH (2021) apud BALLARD *et al.* (2002), JAMIL e FATHI (2016), e TEZEL (2017)).

Uma das razões que corrobora para a aplicação do Gerenciamento Visual, é que nem todas as pessoas no *gemba* podem estar familiarizadas com uma língua comum como o inglês, o que poderia impedir que a informação apresentada chegasse à todos. Além de ocasionar demora na leitura e interpretação, e ainda assim não garantiria a correta compreensão. Assim, a aplicação do gerenciamento visual no local de trabalho (processo), ajuda a apreender a informação de forma mais rápida e eficaz (SINGH (2021) apud KHODEIR *et al.*, (2016), BJORNFOT e SARDÉN (2016), AL SUDAIRI (2007 e KOSKELA *et al.*, (2015)).

Segundo Tezel *et al.* (2010), a gestão visual aumenta: (i) A comunicação; (b) A transparência; e (c) A capacidade de autogestão das partes interessadas. Dessa forma, entender que efetivamente aplicado e apresentado, o gerenciamento visual permite um melhor controle da execução do plano e permite tomadas de medidas necessárias em tempo útil para minimizar possíveis riscos e atrasos.

As transformações físicas que vêm com a execução de ferramentas *lean* são o primeiro fator de sucesso para implementação do *Toyota Production System*. A razão de iniciar com a aplicação de ferramentas como VSM, Gerenciamento Visual e 5S, tendem a melhorar o posto de trabalho do colaborador, também em relação a ergonomia, o que por consequência traz benefícios direto aos trabalhadores. Como resultado, as pessoas tornam-se mais comprometidas com a atividade e ajudam a propagá-la para outras áreas da planta. O segundo fator de sucesso é a padronização do trabalho e, particularmente, por isso ser feito pelos próprios funcionários com a cooperação dos demais departamentos, com o propósito de aumentar o sentimento de propriedade, acompanhamento e melhoria contínua, ou seja, aumentar o comprometimento (MARTÍNEZ-JURADO *et al.*, 2014).

Existem muitas ferramentas de gerenciamento visual disponíveis, que podem ser apresentadas por sinais padronizados com cores específicas, painéis de exposição, *Heijunka* (Nivelamento de inventário), Sinalização (*Andon*), Orientação da resposta (*Kanban*), Prova de erros (*Poka-yoke*), entre outras.

Além da comunicação, a operação e o processo também podem ser controlados em tempo real com o auxílio dessa ferramenta, o que o como descrito anteriormente, elimina quase todas as variações possíveis, anomalias, desperdícios etc., por consequência aumentando a eficiência do processo (MOSTAFA *et al.*, 2016).

As ferramentas visuais esclarecem, fortalecem e capacitam todos os colaboradores a serem donos do processo e torná-lo cada vez melhor. Os controles visuais são o melhor caminho para permitir vislumbrar melhorias provenientes de kaizen auxiliados da ferramenta 5S.

2.5.1 Cinco S (5S's)

O entendimento e uso do programa 5S é um princípio de regras básico para redução de desperdícios, sendo parte integrante do gerenciamento visual da fábrica. Veja como SLACK et al. (2009) conceitua os 5 sensos.

Consoante Takahashi e Osada (1993) é indispensável uma análise da gestão 5S em uma empresa para que se verifique o quanto os operários estão comprometidos. A aplicação dos 5S requer comprometimento e acompanhamento.

- *Separe (Seiri)*. Elimine o que não é necessário e mantenha o que é necessário;
- *Organize (Seiton)*. Posicione as coisas de tal forma que sejam facilmente alcançadas sempre que necessário;
- *Limpe (Seiso)*. Mantenha tudo limpo e arrumado; nenhum lixo ou sujeira na área de trabalho;
- *Padronize (Seiketsu)*. Mantenha sempre a ordem e a limpeza – arrumação perpétua;
- *Sustente (Shitsuke)*. Desenvolva o compromisso e o orgulho em manter padrões.

A qualidade do ambiente organizacional é uma estratégica que obtém maior performance e gera vantagens competitivas (ROCHA; MOTA; MARSHALL JUNIOR, QUINTELLA, 2012). Com um ambiente de trabalho organizado, a indústria aumenta a produtividade e as condições para que o colaborador execute suas funções serão as melhores possíveis.

Ou seja, os 5Ss devem ser refletidos como uma simples limpeza para organizar áreas de trabalho que destaquem a condição visual, limpeza, organização e padronização. Dessa forma colabora para reduzir todos os tipos de desperdícios relacionados à incerteza, à espera, à busca por informações relevantes e assim por diante. Ou seja, ao eliminar o que não é necessário e ao deixar tudo claro e previsível, a desordem é reduzida, os itens necessários estão sempre nos mesmos lugares e o trabalho é mais fácil e mais rápido.

2.6. Heijunka

Esse ponto foi aberto apenas para fim de entendimento da terminologia, uma vez que este projeto não tomará essa ferramenta para uso determinante no decorrer de seu desenvolvimento.

A *Heijunka* ajuda a reduzir a superprodução, ajuda a produzir de acordo com as necessidades do cliente, o que ajuda a reduzir os inventários e as instalações. Isto ajuda a aumentar o valor do projeto. O *Heijunka* pode ser efetuado com a ajuda do *Lean Production System*, uma vez que a quantidade de inventário necessária é determinada com a ajuda do *Lean Production System* e essa quantidade de inventário pode ser adquirida e armazenada nas instalações, se necessário. O *Heijunka* também promove a prática de aquisição *Just in Time*, que ajuda a reduzir o espaço das instalações para armazenar as existências. Isto também reduz o risco de danos no inventário quando armazenado nas instalações (GOSLING *et al.*, 2007).

2.7. Jidoka

Esse ponto foi aberto apenas para fim de entendimento das terminologias, uma vez que este projeto não tomará essa ferramenta e seus subitens para uso determinante no decorrer de seu desenvolvimento.

Com o desenvolvimento industrial, a fim de eliminar o risco de produzir produtos defeituosos em massa devido ao aumento da sua própria produção, Sakichi Toyoda (fundador da Toyota) inventou o conceito de "*Jidoka*", o qual significa "automação com espírito humano", sendo traduzido como autoativação. Para Ohno (1988) disse: "O *Jidoka* dá inteligência para a máquina." (AUDENINO, 2012).

Jidoka, visa prevenir produção de quaisquer produtos defeituosos por parar a linha se houver um caso de irregularidade, então somente produtos sem defeitos são enviados para o processo seguinte. Por isso, a qualidade deve ser construída em cada processo dos produtos, e não há necessidade de dedicar operadores apenas para monitorar as máquinas (economia de mão de obra) (ABDULMOUTI, 2015).

2.7.1 Poka-Yoke

O *Poka-Yoke* também é chamado de à prova de erros. Ajuda a reduzir o erro na origem, em vez de adotar um plano de atenuação depois de se deparar com o risco. Isto ajuda a reduzir o custo, o tempo e os recursos que foram incorporados para mitigar o risco. Por outras palavras,

o *poka-yoke* garante que todos os atributos necessários para iniciar um processo estão prontamente disponíveis e que existe um plano de abrandamento adequado para atenuar os riscos que possam surgir durante o processo. Ajuda a prevenir erros que podem ocorrer num processo (LOGANATHAN *et al.*, 2015).

Jidoka e *poka-yoke* tem uma correlação que muitas vezes pode ser confundida pela similaridade. Estão relacionados com parar o processo. *Jidoka* para a linha, a fim de resolver os problemas. *Poka-yoke* interrompe o processo, a fim de restaurar o processo aos seus parâmetros de funcionamento apropriados, ou para remover as causas de defeitos. *Poka-Yoke* pode ser uma das medidas tomadas em resposta a problemas que surgiram com o *Jidoka* (GROUT e TOUSSAINT, 2010).

2.7.2. Andon

Andon é um indicador visual de parada de linha, informando a localização e a natureza da situação problemática em um passar de olhos (OHNO, 1988). *Andons* são usados pela Toyota e foram rapidamente adotados por muitas empresas de manufatura japonesas e americanas (LI e BLUMENFELD, 2006).

Andons podem ser utilizados para controlar a qualidade da produção e melhorar os processos de detecção de defeitos. Usam um alarme para alertar os trabalhadores quando há uma alteração no status.

O *Andon* é um auxílio visual que ajuda a iluminar as áreas onde devem ser tomadas medidas. Se for identificada alguma falha num processo de construção, o trabalho deve ser interrompido e deve ser dada a devida atenção ao local, de modo a resolver o problema. Isto é feito com a ajuda de luzes de aviso no local, que se acendem quando é encontrada uma falha. Assim, a pessoa responsável ou autorizada pode tomar medidas adequadas para impedir a progressão da falha e atenuá-la (SWEIS *et al.*, 2016).

3. ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

Nesta seção, são apresentadas as técnicas, procedimentos e abordagem que nortearão as atividades relacionadas a esta pesquisa, para que se consiga assim, cumprir com o objetivo geral e os objetivos específicos supracitados. Assim como, detalha a classificação da pesquisa, universo e amostra, procedimentos para a coleta e análise dos dados e por fim, esquema de operacionalização da dissertação.

3.1 Classificação da Pesquisa

3.1.1 Natureza da Pesquisa

Esta pesquisa pode ser classificada como aplicada, pois tem como objetivo desenvolver uma solução para ser introduzida em uma linha de produção para melhorar seus processos e contribuir para a eficiência na execução das atividades produção

Conforme o arquivo, Anexo II, do roteiro do pré-projeto de pesquisa aplicada do IFPA – Campus Castanhal, Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Rural Sustentável e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares (Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares), a pesquisa aplicada é aquela que o principal objetivo é a geração de conhecimento para aplicação prática e imediata, dirigidos à solução de problemas específicos envolvendo os interesses locais, territoriais e regionais.

Segundo Decreto nº 5.798 de 2006, Art. 2º, linha b, Pesquisa Aplicada são trabalhos executados com o objetivo de adquirir novos conhecimentos para o desenvolvimento ou aprimoramento de produtos, processos e sistemas.

3.1.2 Estratégia da Pesquisa

Em relação à abordagem do problema, esta pesquisa classifica-se como sendo qualitativa e quantitativa, pois busca compreender os processos da organização incorporando interpretações e avaliações das atividades relacionadas ao processo de produção.

Os métodos qualitativos e quantitativos não se excluem, mas podem contribuir para a compreensão e quantificação do prisma lógico e essencial de um fato ou fenômeno estudado (PROETTI, 2005). Assim permitem a reflexão de caminhos a serem seguidos nos estudos científicos, pois amparam para entender, desvendar, qualificar e quantificar de forma verificativa, bem como permitem estudar a importância dos fenômenos e fatos para que se possa mensurá-los.

Minayo (2014), a pesquisa qualitativa se preocupa com o nível de realidade que não pode ser quantificado, ou seja, ela trabalha com o universo de significados, de motivações, aspirações, crenças, valores e atitudes. Enquanto Bauer e Gaskell (2008) descrevem que toda pesquisa qualitativa, social, empírica, busca a tipificação da variedade de representações das pessoas no seu mundo vivencial, mas sobretudo, objetiva conhecer a maneira como as pessoas se relacionam com seu mundo cotidiano.

Michel (2005), a pesquisa quantitativa é um método de pesquisa social que utiliza a quantificação nas modalidades de coleta de informações e no seu tratamento, mediante técnicas estatísticas, tais como percentual, média, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão, entre outros. Ou seja, esse tipo de classificação de pesquisa, é conseguida na busca de resultados exatos evidenciados por meio de variáveis preestabelecidas, em que se verifica e explica a influência sobre as variáveis, mediante análise da frequência de incidências e correlações estatísticas.

Em resumo, para Mathias (2022), a pesquisa qualitativa é aquela que não se pode mensurar apenas com números e dados obtidos por meio de um questionário, é uma pesquisa focada em entender aspectos mais subjetivos, como comportamentos, ideias, ponto de vista, entre outros. Já a pesquisa, ou método, quantitativo é conclusivo, e tem como objetivo quantificar um problema e entender a dimensão dele, em suma, fornece informações numéricas sobre o comportamento do consumidor. O que pode ser exemplificado na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparativo entre Pesquisa Quantitativa e Pesquisa Qualitativa

Pesquisa Quantitativa	Pesquisa Qualitativa
Focaliza uma quantidade pequena de conceitos.	Tenta compreender a totalidade do fenômeno, mais do que focalizar conceitos específicos.
Inicia com ideias preconcebidas do modo pelo qual os conceitos estão relacionados.	Possui poucas ideias preconcebidas e salienta a importância das interpretações dos eventos mais do que a interpretação do pesquisador.
Utiliza procedimentos estruturados e instrumentos formais para coleta de dados.	Coleta dados sem instrumentos formais e estruturados.
Coleta os dados mediante condições de controle.	Não tenta controlar o contexto da pesquisa, e, sim, capta o contexto na totalidade.
Enfatiza a objetividade, na coleta e análise dos dados.	Enfatiza o subjetivo como meio de compreender e interpretar as experiências.
Analisa os dados numéricos através de procedimentos estatísticos.	Analisa as informações narradas de uma forma organizada, mas intuitiva.

Fonte: Elaborado a partir de POLIT et al., 2004

Assim sendo, para que respaldar esse projeto e apresentado desta dissertação, assim como as propostas aqui apresentadas, foram levantados dados qualitativos e quantitativos por

meio da pesquisa documental e *in loco* e a análise de dados e comparativos de seus resultados pós aplicação de melhorias, a fim de validar os resultados.

3.1.3 Classificação Da Pesquisa Quanto Aos Objetivos

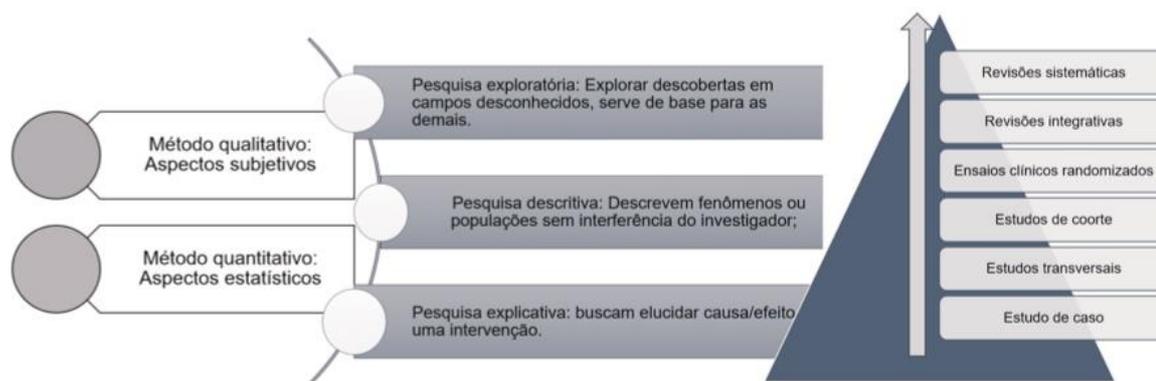
Com relação aos objetivos de pesquisa, a mesma terá caráter exploratório-descritiva, pois é estruturada em assuntos teóricos em detrimentos das práticas e realidade organizacional.

Na visão de Gil (2019), o estudo exploratório tem como finalidade aprofundar o conhecimento sobre um fenômeno ou objeto, proporcionando maior familiaridade com o problema.

A pesquisa também se classifica como sendo descritiva, pois segundo Barros e Lehfeld (2007), explicam que na pesquisa descritiva realiza-se o estudo, a análise, o registro e a interpretação dos fatos do mundo físico sem a interferência do pesquisador. Assim, essa tem a finalidade de observar, registrar e analisar os fenômenos ou sistemas técnicos, sem, contudo, entrar no mérito dos conteúdos. Perovano (2014), corrobora de tal feito que para ele, este tipo de pesquisa pode ser entendido como um estudo de caso onde, após a coleta de dados, é realizada uma análise das relações entre as variáveis para uma posterior determinação dos efeitos resultantes em uma empresa, sistema de produção ou produto. Para Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa descritiva procura descrever as características de um acontecimento de uma determinada realidade com exatidão, exigindo o levantamento de uma série de informações referente ao acontecimento ou objeto investigado, para posterior descrição de seus traços característicos.

Para Sampaio (2022), pesquisa exploratória tem o objetivo de ampliar o conhecimento do pesquisador sobre um determinado problema, ou seja, é um tipo de pesquisa essencial no início de investigações. Na pesquisa descritiva busca-se um aprofundamento no tema, ou seja, uma determinada realidade a ser estudada. Por fim a explicativa visa por explicação para os mais diversos fenômenos e eventos. Conforme apresentado na figura 6. Assim este estudo pauta-se na soma de ambos a fim de descobrir e descrever minuciosamente a respeito da pesquisa/investigação realizada ao longo desse projeto de dissertação.

Figura 6 – Comparativo entre Pesquisa Exploratória, Pesquisa Descritiva e Pesquisa Explicativa



Fonte: Sampaio (2022).

3.1.4 Classificação Da Pesquisa Quanto Aos Procedimentos

Quanto aos procedimentos, classifica-se como sendo: bibliográfica, documental e estudo de caso.

Para Andrade (2010, p. 25), a pesquisa bibliográfica é a habilidade fundamental nos cursos de graduação, uma vez que constitui o primeiro passo para todas as atividades acadêmicas. Pesquisa bibliográfica é obrigatória nas pesquisas exploratórias, na delimitação do tema de um trabalho ou pesquisam no desenvolvimento do assunto, nas citações, na apresentação das conclusões.

Conforme descrito por Silva apud Dicionário de Sociologia (Abercrombie e outros, 1984), o estudo de caso é “o exame detalhado de um único exemplo de uma classe de fenômenos, um estudo de caso não pode fornecer informações confiáveis sobre classes mais amplas, mas ela pode ser útil nas fases preliminares de uma investigação, uma vez que prevê hipóteses, que poderão ser testadas sistematicamente com um maior número de casos”. E que Silva apud Lüdke e André (1986), resume que, o estudo de caso é sempre bem delimitado, tendo contornos claramente definidos no desenrolar do estudo.

Assim, considera-se bibliográfica, pois foram realizadas leitura de trabalhos acadêmicos, dos quais várias citações foram utilizadas com o objetivo de enriquecer a pesquisa. O procedimento documental foi caracterizado pela investigação de dados, informações e relatórios, ou seja, documentos que suportam as interpretações e definições dispostas. Nessa pesquisa foi realizada uma análise profunda dos processos e atividades para entender as peculiaridades da empresa de maneira mais hipotética e dedutiva em alguns quesitos procedimento compatível com o estudo de caso.

3.2 Universo e Amostra da Pesquisa

Universo, ou população, é o conjunto de elementos que possuem as características que serão objeto do estudo, e a amostra, ou população amostral, é a parte do universo escolhido, selecionada a partir de um critério de representatividade (VERGARA, 2010).

A necessidade de ampliação da presença da marca no mercado reforçada pelo peso de uma pandemia mundial, possibilitou a oportunidade á análise e proposta de aplicação dos conceitos de Lean Manufacturing na empresa de eletroeletrônicos, no produto, condicionar de ar, mas especificamente na unidade interna. Estudo realizado pela leitura e estudo um pouco mais aprofundado sobre a viabilidade e consequências das aplicações práticas e teorias destas ferramentas na empresa supracitada e que pode contribuir para novos e futuros estudos. E como essa aplicação impactou no resultado de índices produtivos, como: produtividade, qualidade e automação.

A análise deste estudo foi realizada dentro de uma multinacional no ano de 2021, referente ao layout atual e layout proposto, requerendo o aumento do uso de automação de atividades e utilização de recursos de equipes suportes, principalmente de Inovação que permitissem a aplicação de Lean no processo foco desse estudo.

A aplicação deste projeto vislumbra apresentar sugestões de melhorias propostas e aplicadas em algumas atividades do processo produtivo demonstram que as atividades não devem ser realizadas individualizadas, mas que precisa da interação e colaboração de todos os membros e departamentos envolvidos, a fim de que a produção, e conseqüentemente a empresa possa usufruir dos benefícios da estratégia utilizada.

A dissertação sugere também corroborar como a empresa que aplica Lean Manufacturing, através da utilização de recursos dessa filosofia pode e tem retornos que são facilmente visualizados em índices, como: Balanceamento de linha, Produtividade, Qualidade e Automação.

3.3 Procedimento para Coleta de Dados

O processo de coleta de dados de produção, tais como tempos de ciclo, demanda de produção, definição de atividades e os tempos associados à elas, quantidade de equipamentos, equipes diretas e indiretas utilizadas no estudo serão melhor explanadas nos itens 3.4 e 3.5 deste documento. Por ora este tópico limitou-se a descrever os tipos de pesquisas usados para pautar esse processo de coleta dos dados.

3.3.1 Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica é a primeira etapa da pesquisa científica (trabalhos científicos ou acadêmicos), pois tem como objetivo reunir as informações e dados que servirão de base para a construção da investigação proposta a partir de determinado tema (ALVES, 2021). Deste modo, foram realizadas pesquisas por publicações científicas nas bases indexadoras de artigos científicos Science e SciELO; Biblioteca Digital de Universidades locais (com unidade em Manaus) por Teses e Dissertações e Google Acadêmico, sendo os termos de busca definidos por “*Lean*” combinado com o termo “Ferramentas *Lean*” e “*Value Stream Mapping*” e “estudo de caso” combinado com o termo “Balanceamento de Linha” e “Produtividade”. Em meio a esses temas, a análise concentrou-se nos tópicos: *Lean* e Produtividade, mais especificamente na ferramenta-foco *VSM* (*Value Stream Mapping*).

3.3.2 Pesquisa Documental

As análises foram realizadas em uma linha de montagem do produto, condicionador de ar, mas especificamente na unidade evaporadora, cuja capacidade diária atual é de 1490 unidades.

Como meio de delimitar o estudo se contextualizará com maiores detalhes os postos onde ocorreram a aplicação das melhorias, a atividade e como conclusão os resultados obtidos a partir dessas ações. Melhorias essas que foram de cunho estrutural e de automação.

Em busca de vantagens competitivas dos negócios, gerando ampliação da presença da marca no mercado e em função da necessidade de transformação da organização nos aspectos tecnológicos e econômicos. Desse modo, as adaptações propostas neste estudo culminarão no melhoramento de seus processos, assim como a redução de custos e aumento de qualidade de produtividade.

Neste prisma, vê-se a precisão de descrever o atual processo produtivo da perspectiva da estrutura, apresentando o atual layout; avaliação de fatores que prejudicam o processo da linha; elencar vantagens e desvantagens intrínsecas a implementação de um novo layout, assim como a descrição dos resultados obtidos.

Almeja-se tornar o processo produtivo analisado mais enxuto, reforçando as concordâncias de interação cautelosa dos aspectos técnicos e humanos.

3.4 Procedimento para a Análise dos Dados

Os dados serão processados através análise exploratória relacionados aos tempos de execução dos serviços operacionais executados, através de uma abordagem exploratória, com a finalidade de investigar os tempos utilizados nas diversas etapas dos processos estudados, de modo que subsidiem o plano de ação a ser desenvolvido.

Para analisar os dados fez-se uso de técnicas clássicas de Sistema de Produção: Uso de Ferramentas Lean para mapear o processo VSM (Mapa de Fluxo de Valor), LOB (Balanceamento de Linha), Diagrama de Precedência; e identificar onde estão as possibilidades de Melhorias.

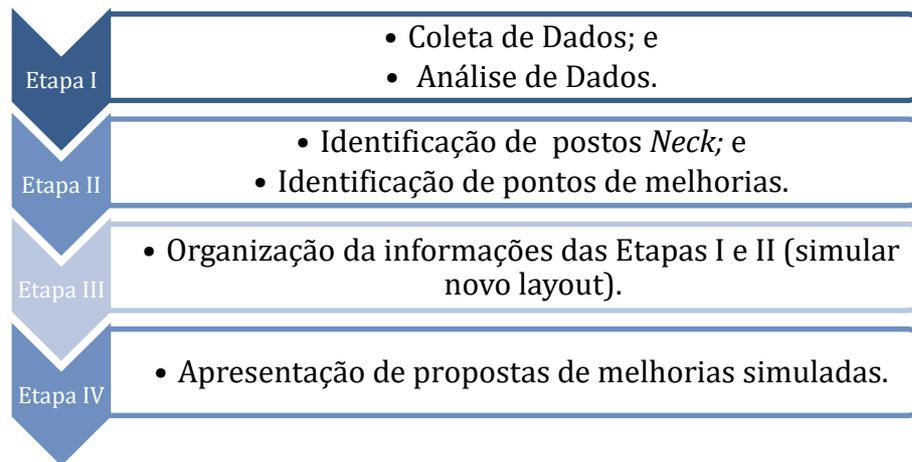
Como primeiro passo para análise, foram realizadas revisões bibliográficas a respeito de Sistema de Produção e Lean Manufacturing durante o primeiro semestre (período de baixa de produção) do produto (ar condicionado, unidade interna) que é o alvo deste estudo.

3.5 Etapas da Pesquisa

Neste tópico serão abordados os meios que foram utilizados visando atender os resultados almejados por este estudo de caso “Estudo para aumentar a capacidade produtiva do processo de condicionador de ar, unidade interna”. As etapas metodológicas utilizadas neste trabalho se subdividem em 4 etapas (conforme figura 7):

1. Apresentação da linha para análise e coleta de dados através de vídeos, estudo precedência, estudo de tempo, conversa informal com colaboradores.
2. Compilação de dados e identificação de postos *Neck* (Gargalo) e identificação de pontos de melhorias solicitados por colaboradores ou observados durante a análise *in loco no gemba*.
3. Organização das informações das etapas 1 e 2, para simular um novo layout que contemplem as propostas de melhorias.
4. Apresentação das propostas de melhorias simuladas.

Figura 7 – Etapas das Atividades.



Fonte: A Autora (2022).

Resumidamente ao longo dessas etapas será possível identificar um ciclo de avaliação e reavaliação por meios dos cenários de 3 processos explanados na revisão bibliográfica (*LOB*, *VSM* e *KAIZEN*). Como apresentado na figura 8:

Figura 8 – Etapas com uso das Ferramentas.



Fonte: A Autora (2022).

Legenda:

LOB: Line Of Balance (Temas dos Postos para verificação de Balanceamento de Linha).

VSM: Value Stream Mapping (Mapeamento do Fluxo de Valor).

Kaizen: Melhoria Contínua.

3.5.1. Apresentação da Empresa

Por questão de confidencialidade o nome da empresa, objeto deste estudo, será mantido em sigilo.

A empresa estudada está no mercado desde 1938, como atividade principal, inicialmente, o ramo de venda (exportação) de alimentos para a China. Com o passar do tempo, a empresa foi expandindo os negócios, passando a produzir açúcar e vender seguros, ao ponto de 1969 adentrar no ramo de eletrônicos e logo se tornou um destaque mundial no setor. Chegando ao Brasil em 1986, porém a companhia só chegou a Manaus no ano de 1994 com 2

linhas de produtos: videocassete e televisores. Atualmente, conta com duas unidades fabris: uma localizada no estado de São Paulo e outra em Manaus (AM).

Em 2010, a empresa inaugurou uma nova unidade, mais moderna e inovadora. Tornando-se assim um dos maiores complexos produtivos em Manaus, empregando aproximadamente 6000 colaboradores (diretos e indiretos), sendo assim a segunda maior do Pólo Industrial de Manaus. Hoje a empresa produz *smartphones*, *smartwatch*, *tablets*, *notebooks*, *televisores*, *sound systems* e condicionadores de ar, entre outros produtos. Como visionária, que é, a empresa deseja expandir esse complexo produtivo e trazer novos produtos para sua marca.

O cuidado e a responsabilidade com as pessoas, a excelência, integridade e prosperidade mútua são os valores que definem a organização. Sua visão é “Inspirar o mundo” e “Criar o futuro”, contribuindo para melhorar a sociedade, além de zelar pelo respeito aos valores para manter os negócios concretos.

3.5.2 Descrição do Processo de Produção do Condicionador de Ar

De maneira geral, o processo produtivo do condicionador de ar está dividido em duas partes: Subprocessos (*Heat Exchange*, *PBA*, Acessório) e linhas principais de montagem (Evaporadora e Condensadora). Para efeito descritivo, os subprocessos (*Heat Exchange*, *PBA*, Acessório) são os processos onde são fabricados e pré-montados os elementos que compõem o condicionador de ar, por exemplo: tubulação de cobre, evaporador e condensador, controle remoto, manual do usuário, placas eletrônicas, gabinete, etc.

No *Heat Exchange* são fabricadas a maioria das tubulações de cobre usadas nas montagens do condicionador de ar, assim como o condensador e evaporador. A *PBA* (*Printed Board Assembly*) é o setor que fornece as placas eletrônicas para o funcionamento do condicionador de ar. O Acessório é onde são feitos os *kits* (manual de usuário, manual de instalação e garantias, controle remoto e pilhas). Os outros materiais que compõem o condicionador de ar são importados, como por exemplo: compressor, parafusos, etiquetas, mantas de isolamento, motor, bases de alumínio, hélice, etc.

Faz-se necessária, por ora, duas linhas de produção para realizar a montagem dos materiais oriundos dos subprocessos e de importação. Uma linha monta a unidade condensadora, ou externa (figura 9) e outra a unidade evaporadora, que o produto foco desse estudo, que é o ar condicionado do tipo split, mas especificamente a unidade interna (figura 10).

Figura 9 – Unidade Condensadora (Externa)



Fonte: Internet (2022).

Figura 10 – Unidade Evaporadora (Interna)



Fonte: Internet (2022).

A produção nas duas linhas produtoras das unidades externa (condensadora) e interna (evaporadora) acontecem simultaneamente e na mesma quantidade.

3.5.3 Descrição da Estrutural e Produtiva da Linha – Unidade Evaporadora

A linha de produção da unidade evaporadora ocupar cerca de 67,5 metros. Os equipamentos ficam dispostos ao longo do processo ligados em sua maioria diretamente às esteiras, posicionados lado a lado, hora dispostos considerando sua largura, hora considerando sua altura. A linha é de uso exclusivo para a montagem da unidade evaporadora de condicionadores de ar e conta atualmente com 23 operadores habilitados que desenvolvem suas atividades em postos fixos. A capacidade máxima de produção da planta está em torno de 1690 unidades diárias. A seguir os cálculos da capacidade produtiva da linha conforme os números coletados na empresa.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

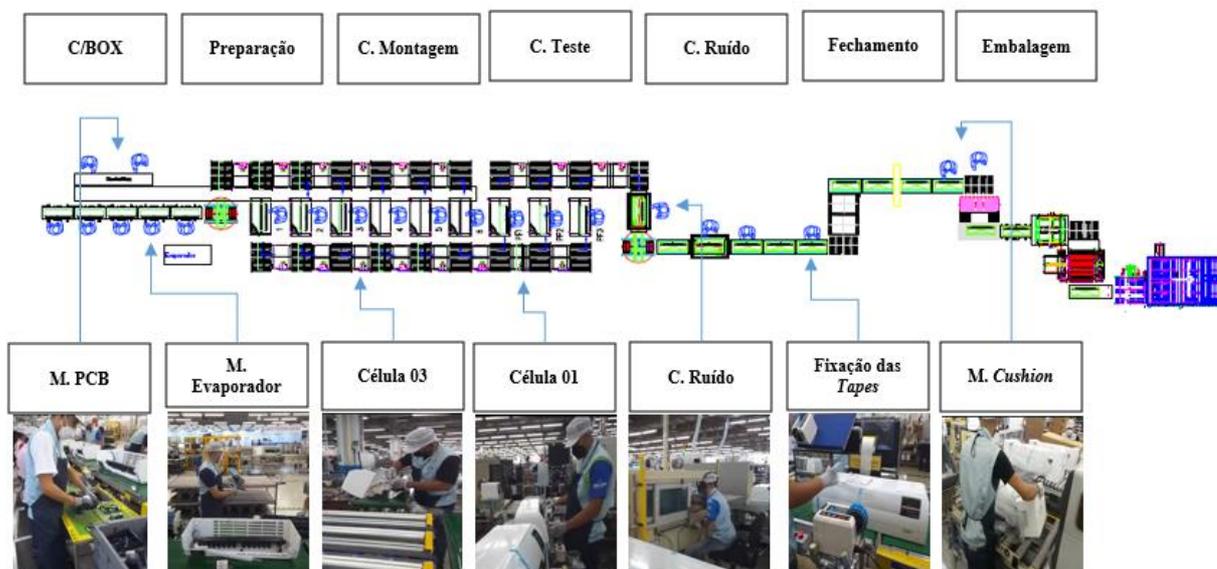
Neste capítulo são apresentadas as propostas de melhorias, os resultados relacionados as propostas, assim como as vantagens e desvantagens obtidas após a aplicação do novo layout e estruturação propostos

4.1 Etapa I – Descrição do Cenário

4.1.1 *Layout* Antigo

A linha de produção alvo desse projeto é descrita como linha de montagem da unidade evaporadora – local onde é realizada a montagem dos componentes produzidos nos setores de subprocessos e alguns importados. Realizou-se o levantamento de dados do processo que permitiu conhecer as estruturas operacionais do mesmo. A figura 11 mostra o layout com os principais processos antes da mudança proposta. Faz-se necessário comentar que o Processo de Desembalagem não será apresentado neste layout, por ficar em um galpão próximo, não ligado diretamente ao processo, porém ocorre online.

Figura 11 – *Layout* da linha atual



Fonte: Autora (2022).

Estruturalmente, a linha de produção da unidade evaporadora ocupar cerca de 67,5 metros. Os equipamentos ficam dispostos ao longo do processo ligados em sua maioria diretamente às esteiras (maioria automáticas e algumas de avanço manual), posicionados lado a lado, hora dispostos considerando sua largura, hora considerando sua altura. A linha é de uso exclusivo para a montagem da unidade evaporadora de condicionadores de ar e conta

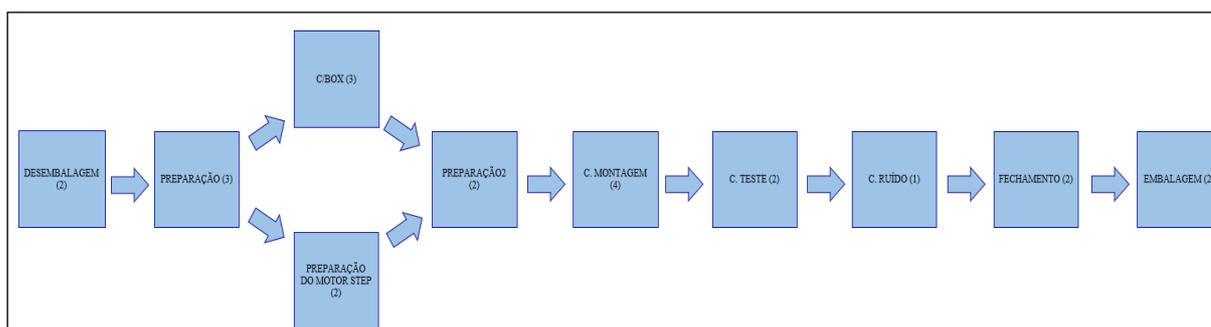
atualmente com 23 operadores habilitados que desenvolvem suas atividades em postos fixos. A capacidade máxima de produção da planta está em torno de 1690 unidades diárias.

O processo produtivo da linha está estruturado em 23 operações, sendo essas operações compostas em 10 principais estações de trabalho Conforme apresentação gráfica do Diagrama de Precedência (figura 12) que foi desenhado a partir da do processo por blocos (processos que se enquadram no mesmo tipo de atividade), sendo elas:

- 1) Desembalagem (retirada do kit do papelão e sacola protetora);
- 2) Preparação 1 (remoção de alguns parafusos para separar alguns materiais que serão preparados nas estações 3) e 4) e montagem da evaporadora);
- 3) C/Box (montagem da placa PCB na *case* que foi removida na estação 2);
- 4) Preparação do Motor *Step* (montagem do *step motor* na *Train Drain* que foi removida na estação 2);
- 5) Preparação 2 (montar *Control Box* e *Train Drain* que foram preparados nas estações 3) e 4) no aparelho);
- 6) Células de Montagem (finalização da montagem do *Backbody* e conexões);
- 7) Célula *Performance Test* (teste manual de desempenho);
- 8) Célula de Ruído (teste de ruído);
- 9) Fechamento (fixação do *cover panel*); e
- 10) Embalagem (finalização do processo).

Todas as atividades são manuais, excetos os testes que manuais e automáticos simultaneamente, pois são realizados por equipamentos, mas é o operador que inicia o processo de teste e a liberação do aparelho na esteira (em função das conexões necessárias para realização do teste). A linha tem um *takt time* (tempo de produção) de 20,45 segundos (para modelos mais simples e de menor BTUs).

Figura 12 – Síntese de Processos de Produção da Unidade Interna.



Fonte: A Autora (2022).

4.1.2 Coleta dos dados e Análise do Processo

A tabela 4 apresenta as quantidades mensais produzidas no 1º semestre do ano de 2021, avaliando que produção máxima neste período foi de 1640 unidades diárias (do modelo de menor BTUs, ou seja, modelo que permite maior capacidade da linha). Considerando a produção de 1 dia de 8,47 horas trabalhadas. A média de *Takt Time* apresentada refere-se ao resultado considerando o mix de produção adotada neste período. Dessa forma a tabela 4 apresenta o histórico de produção, *takt time* e tempo de produção, durante 1º semestre de 2021.

Tabela 4 – Histórico de Produção 1º semestre de 2021

Mês (2021)	Total de Produção (mensal)	Média de <i>Takt Time</i>	Dias Trabalhados	Tempo de operação (diária)
JAN	11028	36,73	13	508 minutos
FEV	14774	32,56	15	508 minutos
MAR	16116	40,32	19	508 minutos
ABR	16633	44,88	23	508 minutos
MAI	5735	44,72	8	508 minutos
JUN	14230	43,18	19	508 minutos

Fonte: A Autora (2021)

O processo é dividido em 10 estações de trabalho, sendo 23 processos, onde foi feito o estudo de tempo para a análise e identificação de pontos de *necktime* (“gargalo”), e posteriormente, propor melhorias para atender a nova demanda estabelecida. A tabela 5 e figura 13 apresentam a coleta de dados processo a processo e seus respectivos resultados.

Tabela 5 – Análise de balanceamento de linha (LOB)

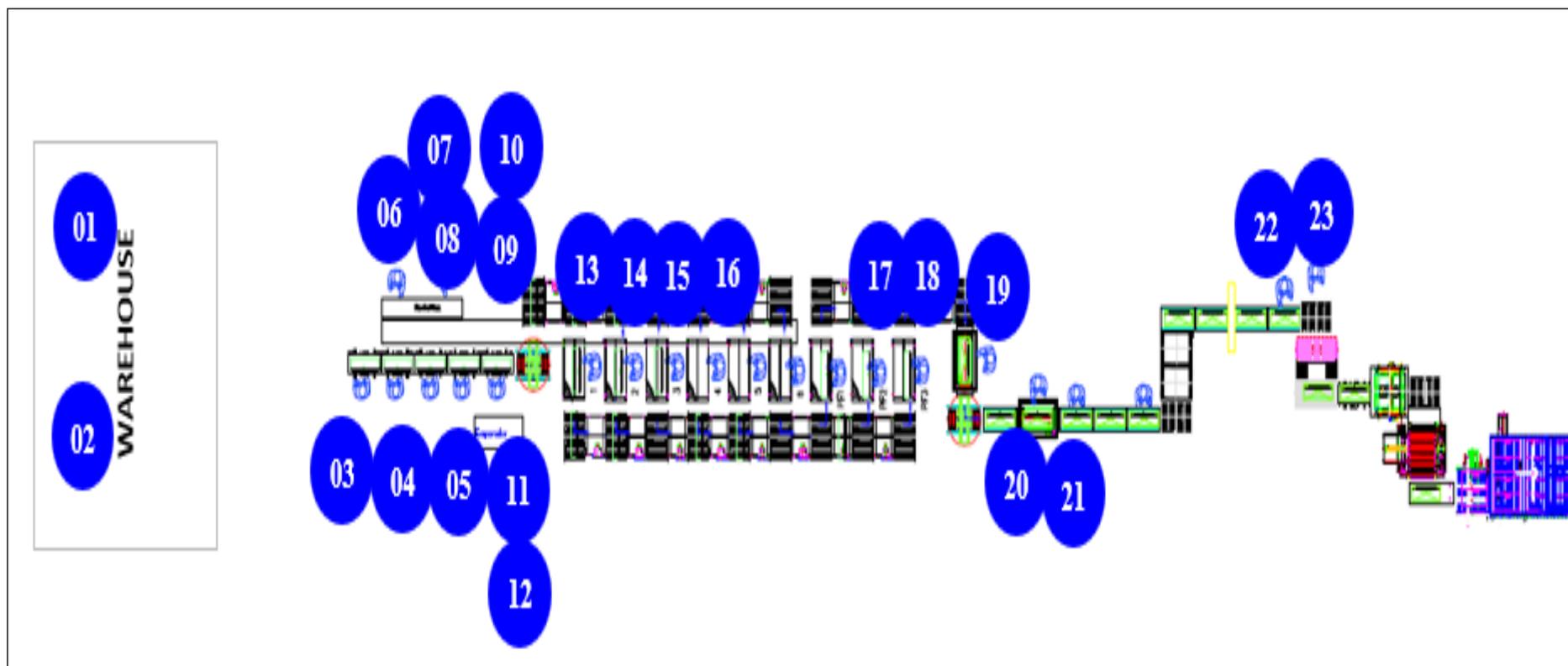
No	Processos	Média de Tempo	Down Town 10%	Tempo Padrão	Taxa de Ocupação	Perda de Balanceamento
1	Desembalagem	16,51	1,7	18,3	90%	10%
2	Retirada do <i>Cover Panel</i>	16,85	1,7	18,7	92%	8%
3	Desmontagem do <i>Kit</i>	17,30	1,7	19,2	94%	6%
4	Retirar <i>Train Drain</i>	17,30	1,7	19,2	94%	6%
5	Desmontagem <i>Cover Control Box</i>	17,30	1,7	19,2	94%	6%
6	Montagem da <i>PCB</i> na <i>Case Control Box</i>	17,60	1,8	19,5	96%	4%
7	Conexões do cabo <i>Display</i>	17,60	1,8	19,5	96%	4%
8	Conexões do <i>Control Box</i>	17,60	1,8	19,5	96%	4%
9	Montagem da <i>Train Drain (Step motor)</i>	12,87	1,3	14,3	70%	30%

“continua”

No	Processos	Média de Tempo	Down Town 10%	Tempo Padrão	Taxa de Ocupação	Perda de Balanceamento
10	Montagem da <i>Train Drain (2º Step motor)</i>	12,87	1,3	14,3	70%	30%
11	Montagem do <i>Train Drain</i>	14,96	1,5	16,6	81%	19%
12	Montagem do <i>Control Box</i>	14,96	1,5	16,6	81%	19%
13	Célula de Montagem 1	18,03	1,8	20,0	98%	2%
14	Célula de Montagem 2	18,03	1,8	20,0	98%	2%
15	Célula de Montagem 3	18,03	1,8	20,0	98%	2%
16	Célula de Montagem 4	18,03	1,8	20,0	98%	2%
17	Célula de Teste 1	17,80	1,8	19,8	97%	3%
18	Célula de Teste 2	17,80	1,8	19,8	97%	3%
19	Célula de Teste Ruído	17,78	1,8	19,8	97%	3%
20	Fechamento	14,30	1,4	15,9	78%	22%
21	<i>Epass Manual</i>	14,30	1,4	15,9	78%	22%
22	<i>Labels e Label Box</i>	16,73	1,7	18,6	91%	9%
23	Embalagem	16,84	1,7	18,7	91%	9%

Fonte: A Autora (2021)

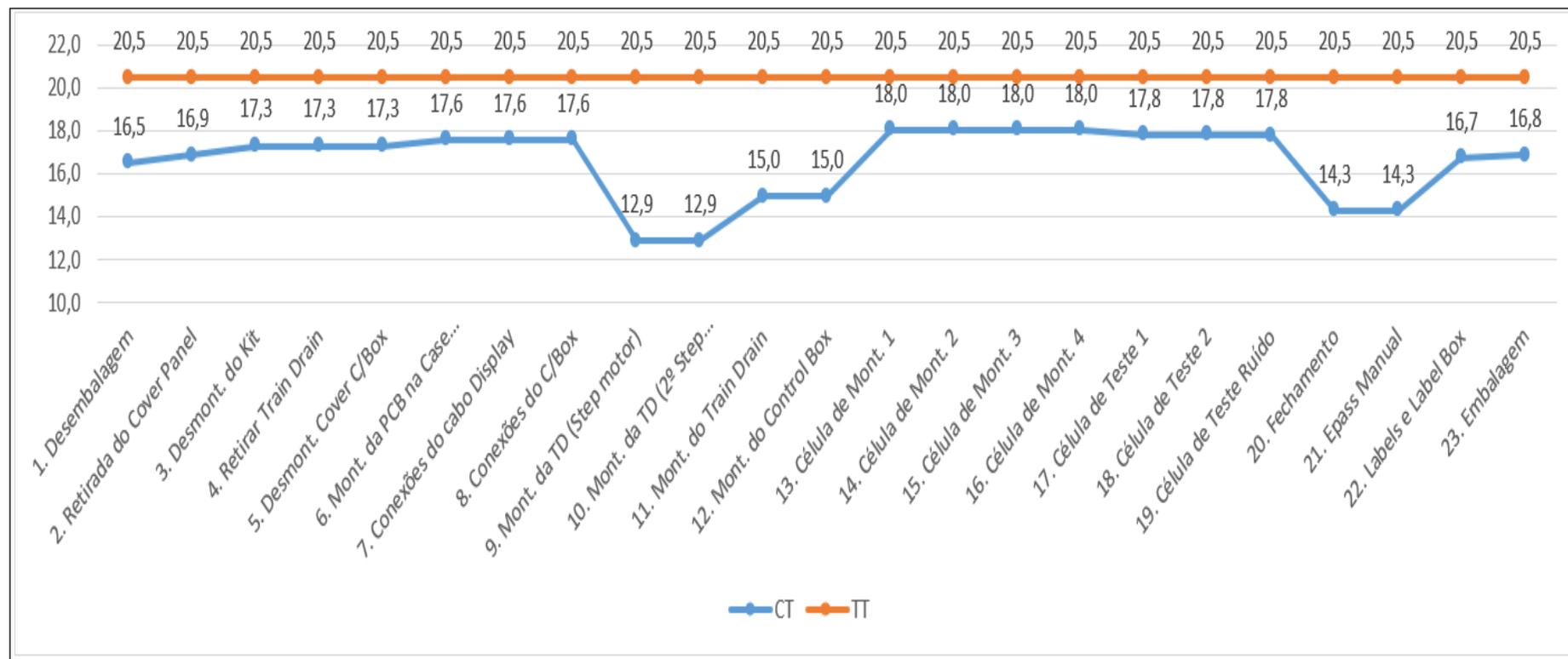
Figura 13 –Layout (Antes)



Fonte: A Autora (2023)

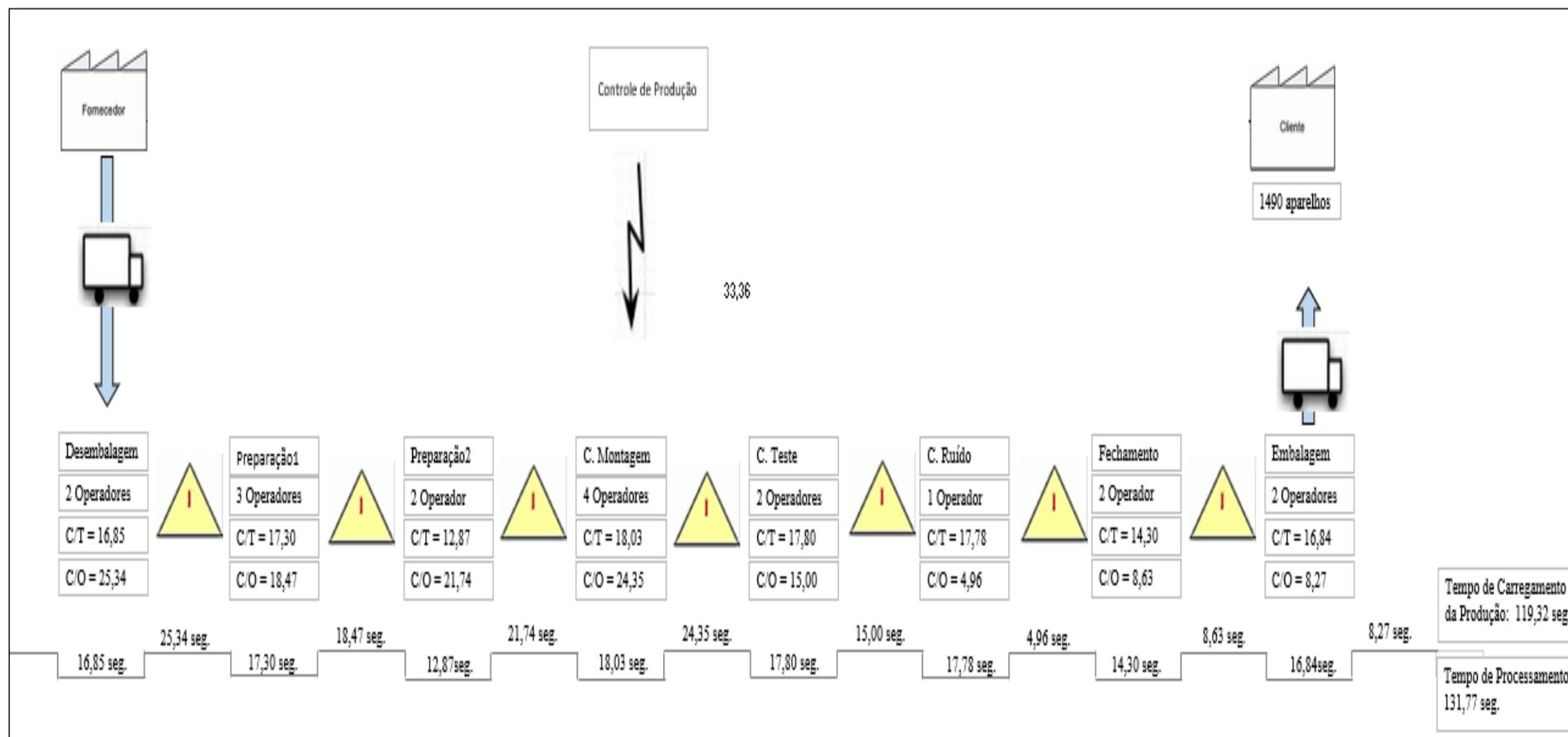
Em seguida partimos para o uso da ferramenta *VSM*. As fases de aplicação da ferramenta *VSM*, foram:

1. Identificar o produto a ser analisado: Selecionado a partir da necessidade de aumento de demanda com “restrição” de grandes alterações em função de espaço
2. Criação do Mapa do Estado Atual: A partir do levantamento de tempos (*LOB*, Figura 14) e nomeação dos postos para melhor identificar cada ponto. Atentando que restringimos análise a linha principal da Unidade Interna. Gerando a representação na Figura 15.
3. Avaliação e análise do estado atual: Identificação das atividades que agregam e das que não agregam valor, como as perdas por movimentação, espera ente outras atividades na linha final.
4. Criação do Estado Futuro: Através de brainstorming com os suportes técnicos envolvidos (Engenharia, Manutenção, Sistema e Produção) levantar possíveis melhorias para redução ou eliminação das perdas detectadas.
5. Elaboração do plano de ação: A partir das propostas levantadas e com os itens aprovados pela gestão e direção do departamento geral uma conexão do estado atual com estado futuro de forma concisa.
6. Análise de Resultados: se limita a apresentação de expectativas.

Figura 14 – Gráfico de *LOB* da linha Principal da Unidade Interna.

Fonte: A Autora (2022).

Figura 15. VSM da linha Principal da Unidade Interna.



Fonte: A Autora (2022).

4.2 Etapa II – Identificação dos Pontos de Gargalo e Seleção dos Postos a serem melhorados

4.2.1. Identificação do Problema

A estrutura atual da linha e seus processos produtivos são praticamente compostos por operações manuais, apesar de estarem interligadas em sua maioria por esteiras automáticas. O que pode deixar a linha de produção suscetível a erros simples, gerando riscos para as operações de fabricação, como por exemplo, identificação de tempo de produção e erros de etiquetagem. Dos dez principais processos, anteriormente descritos no fluxograma (figura 12), somente o Teste de Performance é realizado automaticamente por equipamento, entretanto as atividades de conexão e desconexão (para iniciar e finalizar o teste). Considerando a tabela 6, é certamente possível constatar que todos os processos precisarão “sofrer” algum tipo de mudança que pode ser balanceamento de linha, assim como aplicação de algumas melhorias para que consigam atender satisfatoriamente a demanda solicitada para o segundo semestre, que representa um aumento de 45% de capacidade produtiva.

Tabela 6 – Postos de trabalho a serem melhorados

Processos	Tempo	Down Town 10%	Tempo Padrão	Taxa de Ocupação	Perda de Balanceamento
Desembalagem	16,51	1,7	18,3	90%	10%
Retirada do <i>Cover Panel</i>	16,85	1,7	18,7	92%	8%
Desmontagem do <i>Kit</i>	17,30	1,7	19,2	94%	6%
Retirar <i>Train Drain</i>	17,30	1,7	19,2	94%	6%
Desmontagem <i>Cover Control Box</i>	17,30	1,7	19,2	94%	6%
Montagem da <i>PCB na Case Control Box</i>	17,60	1,8	19,5	96%	4%
Conexões do cabo <i>Display</i>	17,60	1,8	19,5	96%	4%
Conexões do <i>Control Box</i>	17,60	1,8	19,5	96%	4%
Montagem da <i>Train Drain (Step motor)</i>	12,87	1,3	14,3	70%	30%
Montagem da <i>Train Drain (2° Step motor)</i>	12,87	1,3	14,3	70%	30%
Montagem do <i>Train Drain</i>	14,96	1,5	16,6	81%	19%

“continua”

Processos	Tempo	Down Town 10%	Tempo Padrão	Taxa de Ocupação	Perda de Balanceamento
Montagem do <i>Control Box</i>	14,96	1,5	16,6	81%	19%
Célula de Montagem 1	18,03	1,8	20,0	98%	2%
Célula de Montagem 2	18,03	1,8	20,0	98%	2%
Célula de Montagem 3	18,03	1,8	20,0	98%	2%
Célula de Montagem 4	18,03	1,8	20,0	98%	2%
Célula de Teste 1	17,80	1,8	19,8	97%	3%
Célula de Teste 2	17,80	1,8	19,8	97%	3%
Célula de Teste Ruído	17,78	1,8	19,8	97%	3%
Fechamento	14,30	1,4	15,9	78%	22%
<i>Epass Manual</i>	14,30	1,4	15,9	78%	22%
<i>Labels e Label Box</i>	16,73	1,7	18,6	91%	9%
Embalagem	16,84	1,7	18,7	91%	9%

Fonte: Autora (2022)

Os fatores aplicados para escolha dos postos foi a Taxa de Ocupação acima de 90% de ocupação, requerimentos da Direção de atendimento á nova demanda e aumento de qualidade. Porém, todos os postos devem passar por algum tipo de processo de melhoria, seja de balanceamento de atividades, seja de aplicação de novos procedimentos para realização das atividades ou aplicação de alguma mudança (melhoria) que contribua para o alcance dessas solicitações a fim de atingir os objetivos almejados. Ou seja, todos os postos que durante a coleta dos dados obtiveram tempos acima de 13 segundos, uma vez que o *Takt Time* a ser alcançado é de 12,4 segundos e por fim a taxa de desbalanceamento do processo de processo. O resultado da análise do processo atual está apresentado na Tabela 5, supracitada.

4.2.2. Cálculo da Capacidade de Produção

Para cálculo da capacidade de produção utilizou-se as referências matemáticas apresentadas nas equações 1, 2 e 3:

$$\text{Tempo de Ciclo} = \frac{\text{Capacidade Disponível}}{\text{Demanda}} = \frac{(508*60)}{1690} = 18,03 \text{ segundos} \quad (1)$$

$$\text{Capacidade de Produção} = \frac{\text{Capacidade Disponível}}{\text{Tempo de Ciclo}} = \frac{(508*60)}{18,03} = 1690 \text{ peças/dia} \quad (2)$$

$$\text{Número de estações de trabalho} = \frac{\sum \text{Tempos individuais}}{\text{Tempo de ciclo}} = \frac{381,36}{18,03} = 21 \text{ estações (3)}$$

Dessa forma é possível afirmar que a linha está operando com 2 estações a mais que o necessário.

4.2.3. Estações de Trabalho Seleccionadas

Os postos de trabalho que serão elencados e explanados a seguir foram os seleccionados através de análise do processo, sugestões dos colaboradores e respaldados pelo atendimento à solicitação da Direção.

O processo de alimentação entre os Processos de Preparação 2 para o processo de Células de Montagem, é realizado através de um carro empurrado por um colaborador.

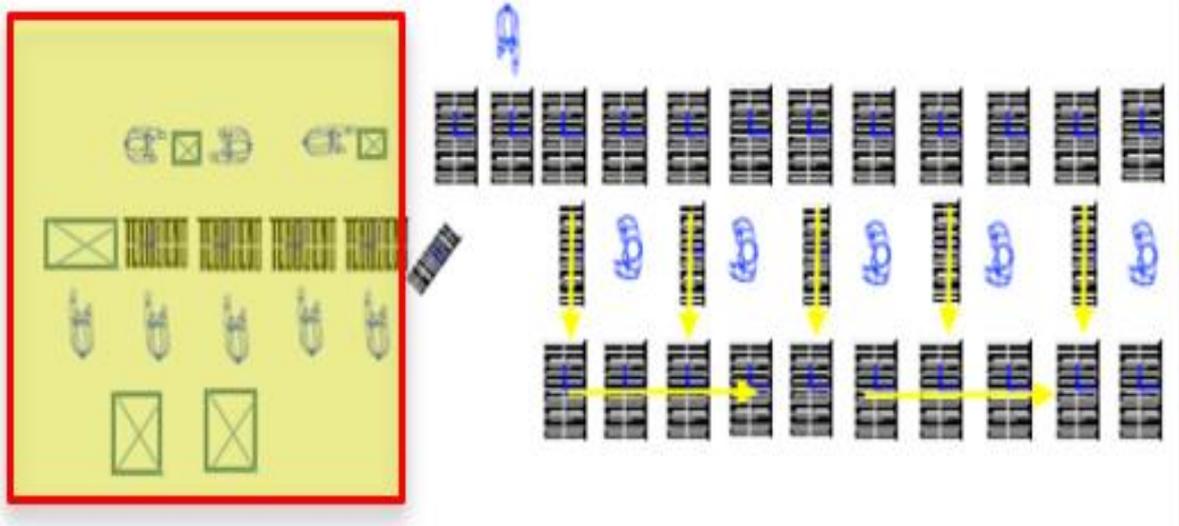
Figura 16 – Alimentação manual de material desembalado.



Fonte: A Autora (2021).

O processo de Preparação 1 (desmontagem) tem um espaço reduzindo o que inviabiliza a redistribuição das atividades com mais operadores.

Figura 17 – Área de Preparação (desmontagem)



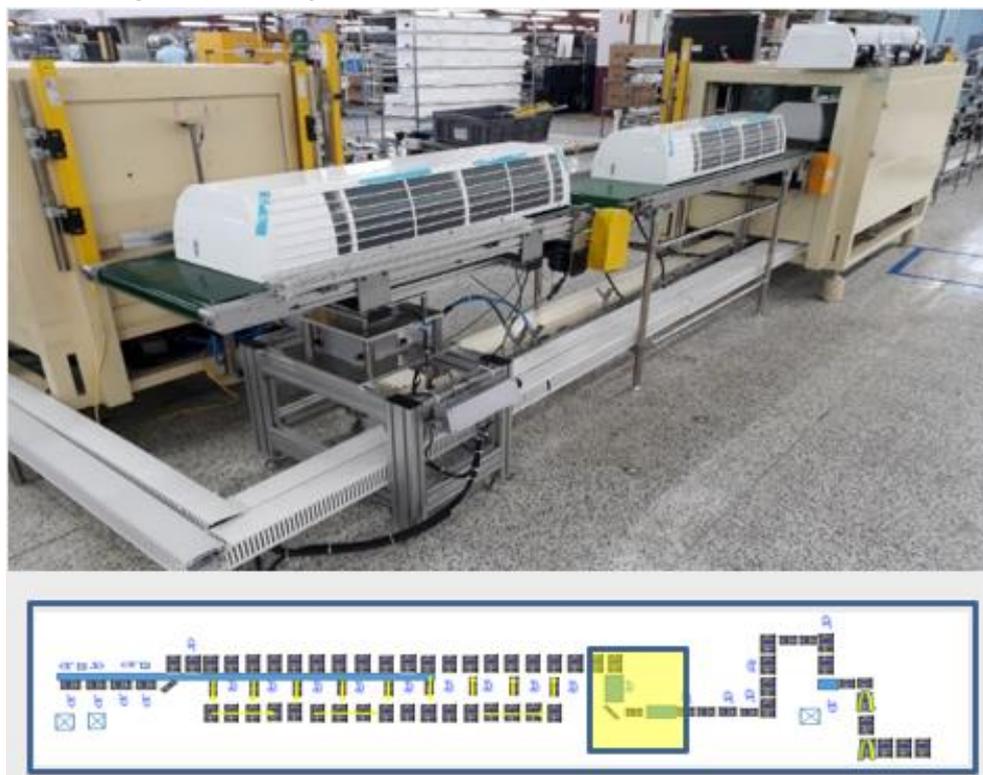
Fonte: Autora (2021).

As células de Montagem são realizadas de forma celular (como o próprio nome do processo descreve), ou seja, na condição atual 4 operadores realizam a mesma atividade simultaneamente atendendo o *Takt Time* no limite, sendo esse processo o determinante da capacidade de produção.

As células de *Performance Test* são realizadas de forma celular (como o próprio nome do processo descreve), ou seja, na condição atual 2 inspetores realizam a mesma atividade simultaneamente atendendo no limiar do *Takt Time*.

O Teste de Ruído é realizado na condição atual por apenas 1 inspetor não atende *Takt Time*. E na primeira mudança ocorreu um desacordo na aplicação da 2ª cabine na forma Linear

Figura 18 –Instalação e Posicionamento da 2ª cabine em formato Linear.



Fonte: A Autora (2021).

4.3 Etapa III – Organização das Etapas I e II (Simular novo *Layout*)

Após a detecção dos problemas encontrados na linha, assim como a escolha dos postos a serem melhorados, fez-se necessária a simulação para validação do projeto. Assim foram realizadas várias reuniões com os envolvidos para levantar as propostas de melhorias e desenvolver propostas de layout.

4.3.1. Tempo de Produção (*Takt Time*)

A simulação baseou-se no balanceamento das atividades dos processos, com o intuito de atingir um *takt time* de 12,4 segundos, redução de 5,6 segundos. Para alcançar esse tempo fez-se necessário o aumento da quantidade de células de Montagem, Teste de Desempenho e Teste de Ruído e adaptação deste último, além de adicionar novos postos e estrutura (esteiras) para melhorar a fluidez do processo.

Como anteriormente citado, todos os processos, já inicialmente, requerem adaptações, pois todos já se apresentam com tempos de execução superior ao tempo almejado para situação atual, o que se intensifica com a solicitação para o novo cenário.

Os parâmetros utilizados para simulação foram: a quantidade de dias trabalhados na semana (considerados 5 dias consecutivos), além de 2 intervalos, de 10 minutos cada, durante o dia (sendo 1 de manhã e 1 à tarde, esses intervalos servem para que os colaboradores descansem, tomem água ou utilizem o banheiro, etc), além do intervalo de 60 minutos para o almoço (considerando que estamos analisando o turno comercial).

4.3.2. Eficiência dos Processos (Eficiência Total das Estações)

A eficiência total das estações obtidas leva em consideração para o cálculo os tempos de cada estação de trabalho usando dados referentes ao Tempo de Ciclo, Tempo Padrão, Taxa de Ocupação e conseqüentemente a Perda de Balanceamento.

4.4 Etapa IV – Apresentação do Processo com Melhorias

As propostas de Melhoria propriamente ditas são: a Automatização do processo de alimentação do processo (ligação entre os processos de Preparação 2 para o processo de Células de Montagem onde foi instalada uma esteira aérea para realizar essa atividade automaticamente conforme apresentada na Figura 19. Assim, a atividade (transferência de material) que antes era realizada manualmente, sendo necessária a mão de obra de um colaborador quase que exclusivo para essa atividade, uma vez que o tempo que necessário para fazer o caminho (ida e volta) era de cerca de 8 minutos, dispensa o esforço físico exercido pelo colaborador, podendo este ser alocado em outra atividade. E atividade passou a ser realizada automaticamente, via esteira, permitindo ligação direta entre os processos.

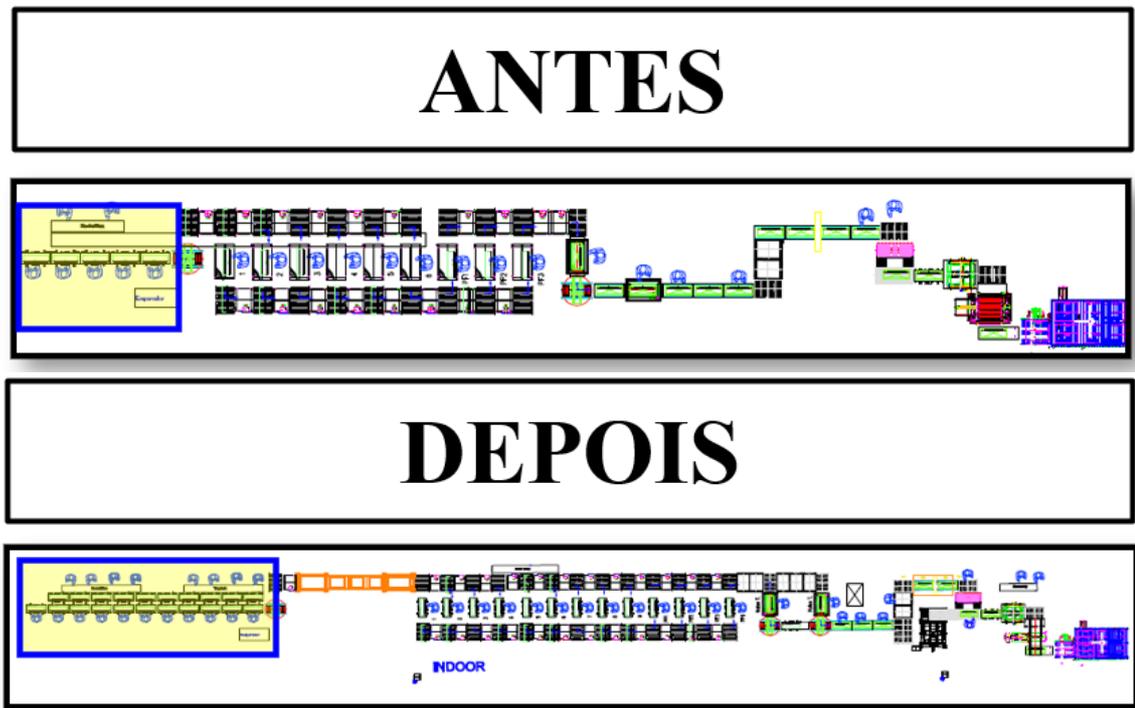
Figura 19 – Esteira Aérea



Fonte: A Autora (2022).

Os processos, de: Preparação 1 (desmontagem), Preparação do *Control Box*, Preparação do *Step Motor* e Preparação 2 (Montagem do *Train Drain* e *Control Box*) tinham um espaço reduzindo o que inviabilizava a redistribuição das atividades com mais operadores. Porém com a realocação do processo e redimensionamento do espaço foi possível redistribuir as atividades permitindo que o espaço passasse a ser ocupado por 16 colaboradores, que anteriormente são comportava máximo 10. Conforme figura 20.

Figura 20 – Áreas de Preparação



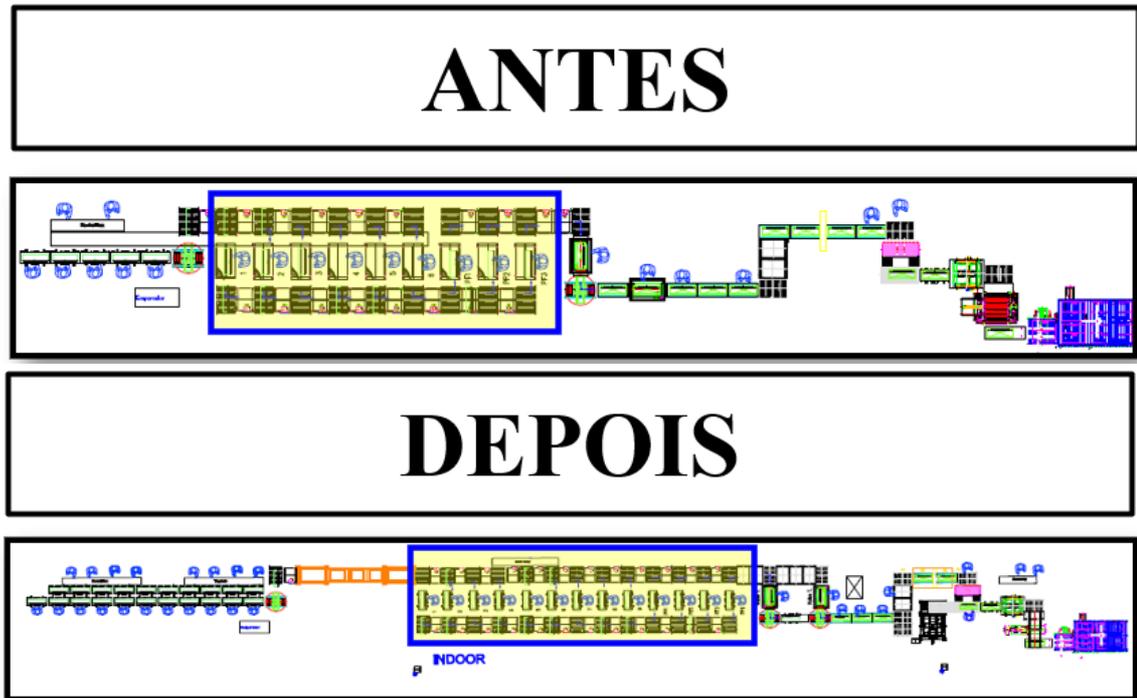
Fonte: A Autora (2022).

As células de Montagem são realizadas de forma celular (como o próprio nome do processo descreve), ou seja, na primeira condição inicial era feita por 4 operadores realizando a mesma atividade simultaneamente atendendo o limite do *Takt Time*. Na verdade, sendo esse processo o determinante da capacidade de produção. Nesta nova condição as atividades passaram a ser realizadas por 7 colaboradores. Apesar de o tempo limitador (12,18 segundos na célula de montagem 3) continuar neste processo, é possível afirmar que pode ser reduzido, uma vez que a média entre as 7 células é de 10,61 segundos. Ou seja, possivelmente se operador aumentar seu *skill* alcançará melhores resultados.

As células de *Performance Test* são realizadas de forma celular (como o próprio nome do processo descreve), ou seja, na condição inicial era feita por 2 inspetores realizando a mesma atividade simultaneamente. No segundo semestre foram adicionados mais 2 inspetores para que fosse possível atingir a meta.

Neste cenário passa-se a ter 11 células (7 de montagem e 4 de teste de *Performance*), que anteriormente eram apenas 6 células (4 de montagem e 2 de teste de *Performance*). Conforme figura 21.

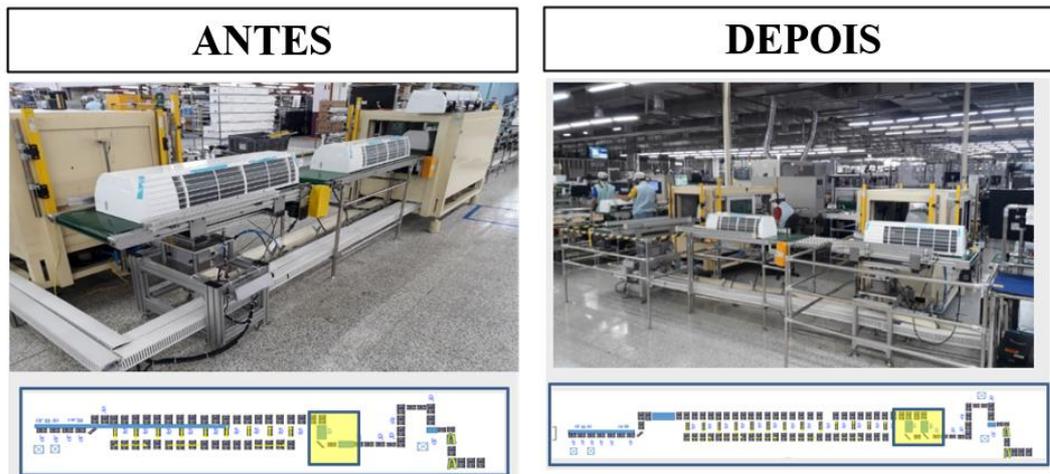
Figura 21 – Aplicação da Quantidade de Células de Montagem e Teste de Performance.



Fonte: A Autora (2022).

O Teste de Ruído na condição inicial era realizado por apenas 1 inspetor, que para nova condição não atenderia o *Takt Time*. Durante o processo de estudo, foi realizada uma primeira mudança (adição de mais uma cabine), entretanto ocorreu um desacordo na aplicação da 2ª cabine na forma Linear, pois ocasionou reteste e conseqüentemente perda de tempos e de eficiência. Por isso foi ajustada o posicionamento da 2ª cabine para formato linear. Assim garantindo entradas e saídas independentes, para cada cabine. Garantindo assim maior efetividade de sua aplicação. Conforme figura 22.

Figura 22 – 2ª cabine de Teste de Ruído.



Fonte: A Autora (2021).

4.5 Validação

Esta etapa visa a verificação pós melhoria, ou seja, novamente verificou-se o processo, posto a postos. Fez o *LOB* e o *VSM* para validação se houve efetividade nas aplicações, assim como abertura para novas propostas (que devem ser contínuas).

A tabela 7 apresenta as quantidades mensais produzidas no ano de 2021, avaliando que produção máxima neste período foi de 2540 unidades diárias (do modelo de menor BTUs, superando a expectativa inicial do projeto que era de 2450 unidades/dia). Considerando a produção de 1 dia de 8,47 horas trabalhadas. A média de *Takt Time* apresentada refere-se ao resultado considerando o mix de produção adotada neste período. Dessa forma a tabela 7 apresenta o histórico de produção, média de *takt time*, dias trabalhados e tempo de produção, durante o ano de 2021. Adicionado as colunas de Mínimo *Takt Time* e $CAPA_{Máx}$ para melhor vislumbrar a Capacidade Máxima alcançada no 1º semestre (mês de fevereiro) e por 3 meses seguidos no 2º semestre (Setembro, Outubro e Novembro).

Tabela 7 – Histórico de Produção de 2021

Mês (2021)	Total de Produção (mensal)	Média de <i>Takt Time</i>	Dias trabalhados	Tempo de operação (diária)	Mínimo <i>Takt Time</i>	$CAPA_{Máx}$
JAN	11028	18,58	13	508 minutos	24,60	1239
FEV	14774	24,96	15	508 minutos	18,58	1640
MAR	16116	36,17	19	508 minutos	31,38	971
ABR	16633	25,38	23	508 minutos	36,44	836
MAI	5735	28,59	8	508 minutos	37,20	819
JUN	14230	31,21	19	508 minutos	37,20	819

JUL	23966	20,56	23	508 minutos	22,90	1331
AUG	29368	11,89	21	508 minutos	14,90	2046
SEP	54320	12,18	25	508 minutos	12,00	2540
OCT	43262	12,08	20	508 minutos	12,00	2540
NOV	30977	15,39	18	508 minutos	12,00	2540
DEC	8904	22,9	14	508 minutos	39,92	764

Fonte: A Autora (2021)

O processo continua dividido em 10 estações de trabalho, porém agora operando com 39 processos, onde foi feito o estudo de tempo para a análise se após as alterações aplicadas o processo atende a nova demanda estabelecida. A tabela 8 e a figura 23 apresentam, respectivamente, a coleta de dados processo a processo e seus resultados e o layout com a distribuição dos processos.

É possível observar que o processo de Montagem continua se apresentando com limitador de capacidade, ainda assim é compreensível que pode ser visto por outro prisma, mais positivo, uma vez que apenas 1 célula apresenta essa característica limitante. De tal modo possibilidades podem ser elencadas, tais como: treinamento individual para o aumento de *skill* do colaborador, padronização do trabalho do colaborador ou até uma reorganização do ambiente de trabalho, a fim de facilitar a realização da atividade.

Tabela 8 – Análise de balanceamento de linha (LOB) pós melhorias

Nº	Processos	Média Tempo	Down Town 10%	Tempo Padrão	Taxa de Ocupação	Perda de Balanceamento
1	Cortar Fita	9,20	0,9	10,2	50%	50%
2	Retirada <i>Cushions e Bag</i>	8,03	0,8	8,9	44%	56%
3	Retirada do <i>Cover Panel</i>	6,47	0,6	7,2	35%	65%
4	Fixar <i>Label Diagram</i>	7,05	0,7	7,8	38%	62%
5	Desmontagem <i>Panel</i>	11,81	1,2	13,1	64%	36%
6	Desmontagem <i>Holder Evap</i>	8,98	0,9	10,0	49%	51%
7	Retirar <i>T/Drain e Case C/Box</i>	8,73	0,9	9,7	47%	53%
8	Retirar <i>Holder Evap</i>	6,96	0,7	7,7	38%	
9	Mont. da <i>PCB na Case C/Box</i>	9,75	1,0	10,8	53%	47%

10	Conexões do <i>Control Box</i>	10,13	1,0	11,3	55%	45%
11	Conexões do cabo <i>Display</i>	9,55	1,0	10,6	52%	48%
12	Amarração dos cabos	9,58	1,0	10,6	52%	48%
13	Montagem <i>Step motors</i>	7,82	0,8	8,7	42%	58%
14	Mont. <i>T/D</i> (<i>Step motor</i>)	10,27	1,0	11,4	56%	44%
15	Mont. da <i>T/D</i> (2° <i>Step</i> <i>motor</i>)	10,09	1,0	11,2	55%	45%
16	Montagem do Evaporador	5,94	0,6	6,6	32%	68%
17	Fixação do Evaporador	5,46	0,5	6,1	30%	70%
18	Montagem do <i>Hanger Pipe</i>	6,16	0,6	6,8	33%	67%
19	Montagem do <i>Train Drain</i>	7,95	0,8	8,8	43%	57%
20	Montagem do <i>Control Box</i>	9,10	0,9	10,1	49%	51%
21	Célula de Montagem 1	11,97	1,2	13,3	65%	35%
22	Célula de Montagem 2	11,79	1,2	13,1	64%	36%
23	Célula de Montagem 3	12,18	1,2	13,5	66%	34%
24	Célula de Montagem 4	11,70	1,2	13,0	64%	36%
25	Célula de Montagem 5	10,19	1,0	11,3	55%	45%
26	Célula de Montagem 6	7,06	0,7	7,8	38%	62%
27	Célula de Montagem 7	9,41	0,9	10,5	51%	49%
28	Célula de Teste 1	8,91	0,9	9,9	48%	52%
29	Célula de Teste 2	9,02	0,9	10,0	49%	51%
30	Célula de Teste 3	9,39	0,9	10,4	51%	49%
31	Célula de Teste 4	8,21	0,8	9,1	45%	55%
32	Célula de Teste Ruído 1	6,36	0,6	7,1	35%	65%
33	Célula de Teste Ruído 2	6,80	0,7	7,6	37%	63%
34	Fechamento (<i>Cover Panel</i>)	9,39	0,9	10,4	51%	49%
35	<i>Epass Manual</i>	8,97	0,9	10,0	49%	51%
36	Fechamento (<i>Tapes</i>)	6,73	0,7	7,5	37%	63%
37	<i>Labels</i>	8,28	0,8	9,2	45%	55%
38	<i>Embalagem</i> (<i>Cushions e</i> <i>Labels</i>)	7,87	0,8	8,7	43%	57%

39	Embalagem (Box)	7,60	0,8	8,4	41%	59%
----	--------------------	------	-----	-----	-----	-----

Fonte: A Autora (2022)

Para cálculo da capacidade de produção utilizou-se as referências matemáticas apresentadas nas equações 1, 2 e 3:

$$\text{Tempo de Ciclo} = \frac{\text{Capacidade Disponível}}{\text{Demanda}} = \frac{(508*60)}{2450} = 12,44 \text{ segundos (1)}$$

$$\text{Capacidade de Produção} = \frac{\text{Capacidade Disponível}}{\text{Tempo de Ciclo}} = \frac{(508*60)}{12,44} = 2450 \text{ peças/dia (2)}$$

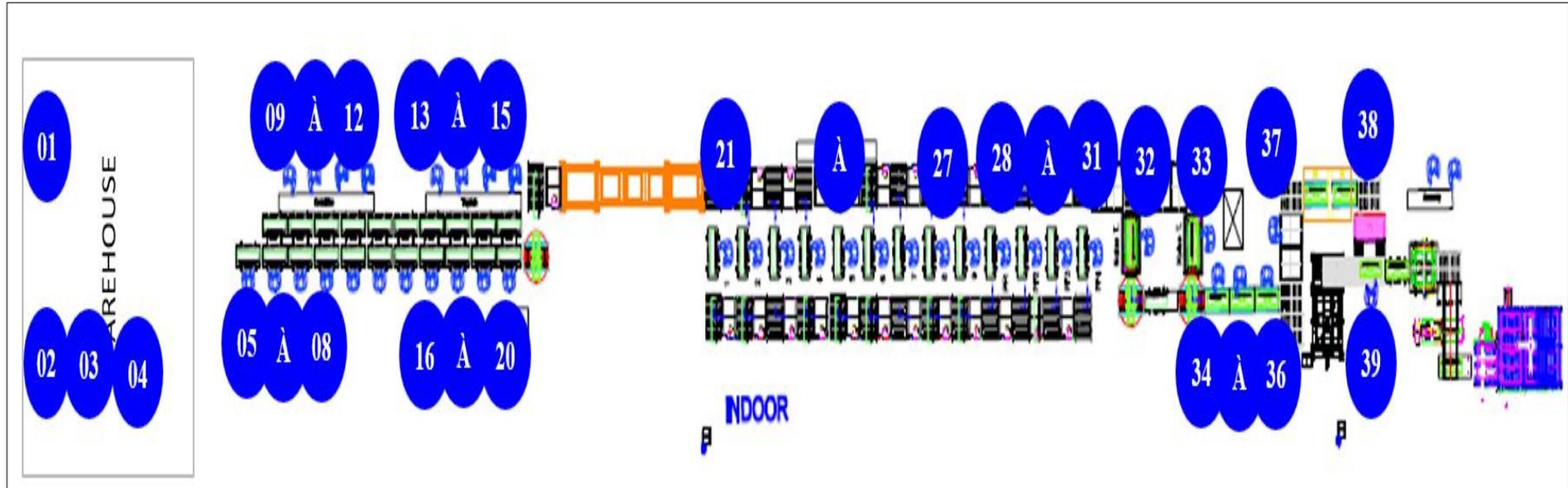
$$\text{Número de estações de trabalho} = \frac{\sum \text{Tempos individuais}}{\text{Tempo de ciclo}} = \frac{340,86}{12,44} = 27 \text{ estações (3)}$$

Dessa forma é possível afirmar que a linha está operando com 12 estações a mais que o necessário, uma vez que opera com 39 processos. Dessa forma, essa informação já abre precedente para o novo estudo de tempo. Vislumbrando melhor balanceamento de linha, utilizando menos recursos para alcançar mesma meta ou até aumento de meta.

Em seguida partimos para o uso da ferramenta VSM. As fases de aplicação da ferramenta VSM, foram:

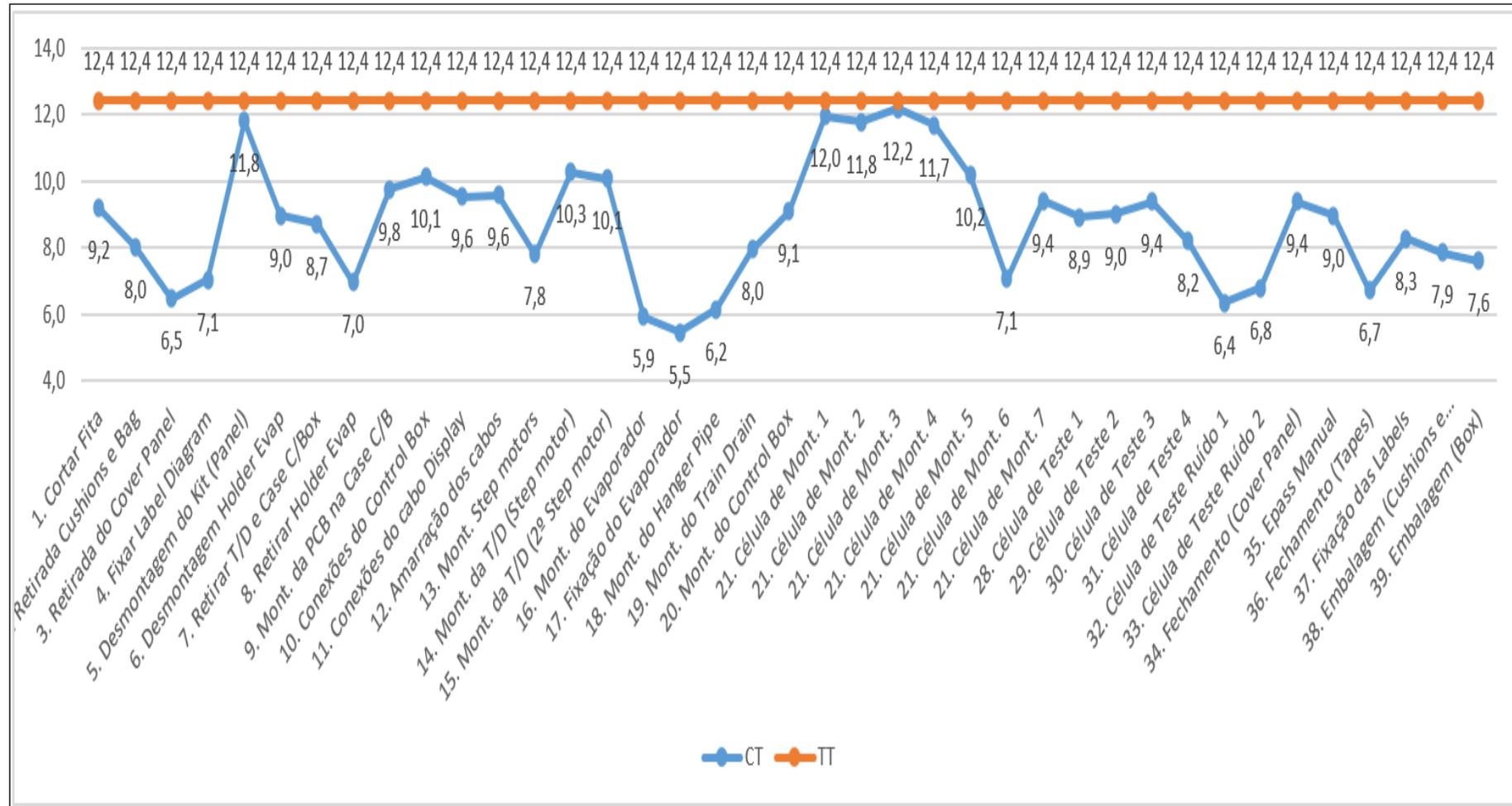
1. Apresentação do Novo Estado Atual: A partir do levantamento de tempos (LOB, Figura 24) e nomeação dos postos para melhor identificar cada ponto. Atentando que restringimos análise a linha principal da Unidade Interna. Gerando a representação na Figura 25.

Figura 23 – Layout (Depois)



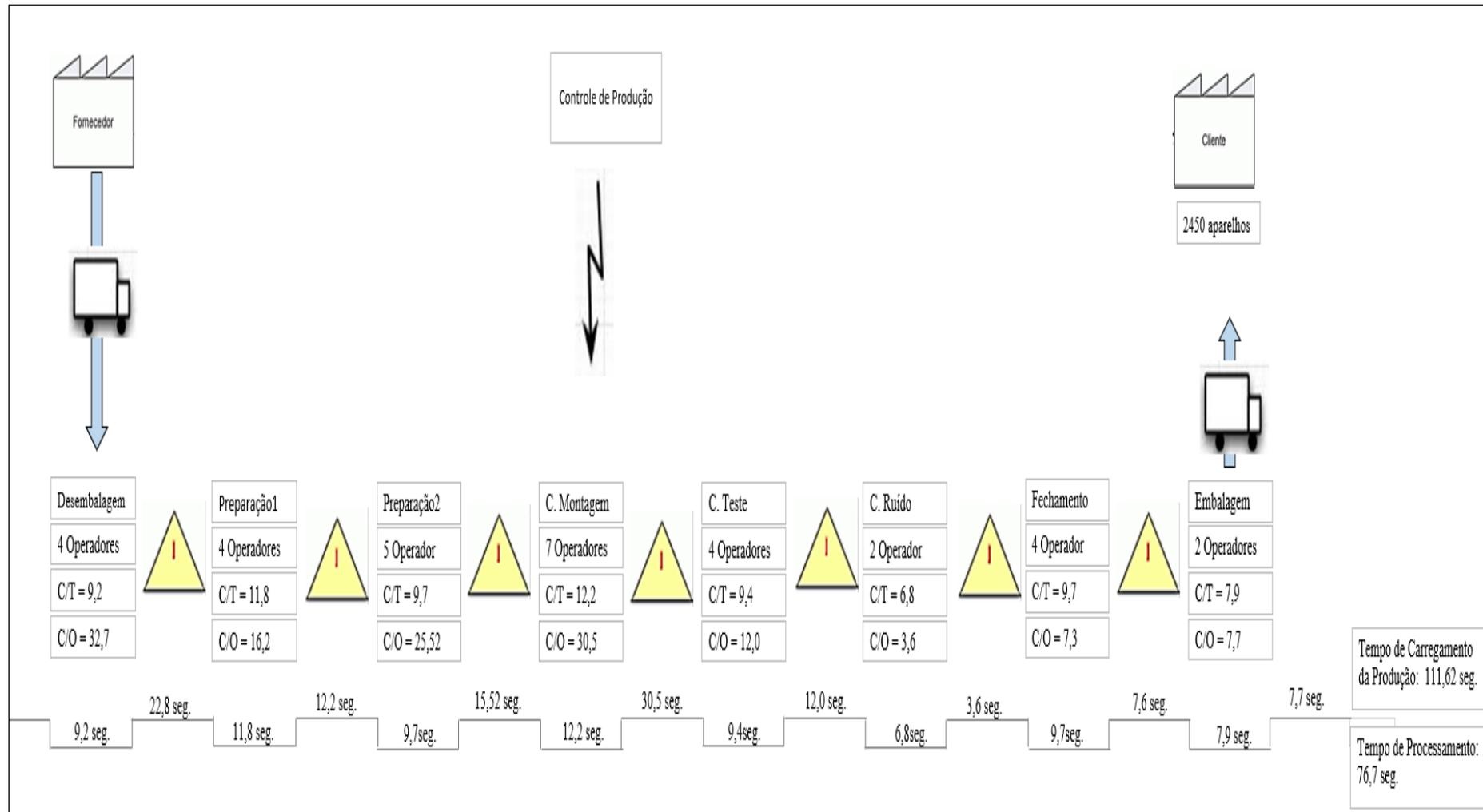
Fonte: A Autora (2021)

Figura 24 – Gráfico de LOB da linha Principal da Unidade Interna (2º semestre).



Fonte: A Autora (2022).

Figura 25 – VSM da linha Principal da Unidade Interna (Futuro; 2º semestre)



Fonte: A Autora (2022).

Tabela 9 – Comparação dos Cenários (Atual e Futuro)

Tempos VSM	Atual (segundos)	Depois (segundos)	Redução (%)
Tempo de Carregamento	119,32	111,62	6%
Tempo de Processamento	131,77	76,7	42%

Fonte: A Autora (2022).

Deste modo é possível verificar que ao comparar Cenário Atual (referindo-se ao 1º semestre) e o Cenário Futuro (referente ao 2º semestre) obteve-se um ganho significativo nos tempos. Principalmente no Tempo de Processamento, onde ocorreu redução de 42% deste tempo. O que corrobora para a afirmativa que foram favoráveis as mudanças realizadas.

4.6 Avaliação dos Resultados

Portanto com as aplicações das melhorias, faz-se necessário salientar alguns dados relevantes, como:

- Aumento do tamanho da linha (67,5 metros para 74 metros): ↑10%;
- Aumento do número de colaboradores (23 para 39): ↑70%;
- Redução de *Takt Time* (18,03 segundos para 12,44 segundos): ↓31%;
- Aumento de Capacidade (1690 peças/dia para 2450 peças/dia): ↑45%;
- Aumento do volume de produção entre os semestres (78516 peças para 190797 peças): ↑143%

Ou seja, 71% do volume de produção do ano de 2021 foi realizado no 2º semestre). Considerando a figura 26, é possível verificar que o maior volume mensal, obtido ao longo do ano de 2021, ocorreu no mês de setembro. E que por três meses seguidos aconteceu planejamento para os modelos de menor BTUs, cujo *Takt Time* fixado foi de 12 segundos.

A redução de volume e aumento de *Takt Time* que aconteceu em dezembro, deve-se a redução de demanda natural (sazonalidade) do produto.

Figura 26 – Gráfico de Produção Mensal Versus Takt Time Mensal (2021)



Fonte: A Autora (2022).

4 CONCLUSÕES

O objetivo geral do estudo consistiu em levantar propostas que atendessem a nova demanda de produção, cuja capacidade máxima era de 2540 peças diárias. Desse feito esta pesquisa alcançou este objetivo almejado, excedendo em 90 peças diárias essa expectativa inicial. Uma vez que por três meses seguidos atingiu o Takt Time de 12 segundos, ou seja, garantindo uma capacidade máxima de 2540 peças diárias.

Parte da coleta de dados foi realizada *in loco* junto aos colaboradores da linha de produção estudada, alguns dados foram obtidos por meios de estudo de tempo realizado por cronoanalista e algumas informações foram obtidas por meios de sistema de monitoramento de produção.

Na primeira parte do trabalho, onde estudou-se o antes, encontrou-se uma certa dificuldade em função de se tratar de período de baixa demanda e algumas vezes durante o processo de análise os colaboradores realizavam revezamento ou mesmo realizavam 2 ou mais atividades para conseguirem atender o plano. No mês de junho, que foi o mesmo usado para apresentar os dados do antes, estava-se em início de processo de contratações, haviam novos operadores em fase de treinamento, o que acabou dificultando um pouco a coleta dos dados.

No decorrer do processo de análise foram detectados aos postos com problemas ergonômicos interligados a redução de produtividade, e que foram aplicadas ou propostas melhorias que contribuíram para a melhoria da eficiência do processo.

Após a implementação do novo layout e suas melhorias foram realizadas novas medições que permitiu vislumbrar as contribuições favoráveis, destas para o objetivo da pesquisa. Como é o caso do aumento da capacidade, aumento do espaço entre os colaboradores (gerando bem estar) e aumento de postos (oportunizando redistribuição de atividades).

Como desvantagem ou oportunidade é possível citar que se fazem necessários treinamentos aos novos colaboradores e corpo técnico que garantam quem no cenário de aumento de demanda se disponha de recursos humanos qualificados para atender e colaborar para o alcance de maior produtividade com qualidade e reduzida ou zerada por equipamento.

Conforme dados supracitados no item 4.6 deste arquivo é possível se questionar, se possivelmente esses resultados foram satisfatoriamente eficientes, uma vez que se aplicou uso de mais mão de obra que os cálculos determinavam. Porém esse ponto abre oportunidade para novo estudo de aplicação do Lean e suas ferramentas, a fim de enxugar ainda mais o processo.

6 CONTRIBUIÇÕES

6.1 Contribuições Acadêmicas

Na pesquisa e aplicação na revisão da literatura, observou-se que o assunto abordado nesta pesquisa é bem amplo. Algumas vezes chegando até a ser confuso e complexo para algumas aplicações. Sendo que o *Lean* é uma terminologia “antiga”, no início da revolução Industrial, porém sua abordagem está cada vez mais atual, em função de sua ampla aplicabilidade em qualquer setor. Sendo o industrial o maior “beneficiado”. Entretanto, faz-se necessário o devido conhecimento, até um pouco mais aprofundado para que a aplicação das ferramentas seja efetivamente eficiente. Uma vez que requer a contribuição e colaboração multidisciplinar (de todos os envolvidos). Dessa forma, esta pesquisa visa auxiliar aos gestores, envolvidos e interessados, um cenário que permita uma visão de quais pontos/postos ou processos devem ser reduzidos ou melhorados dependendo da circunstância (aumento ou redução de demanda).

6.2 Contribuições Econômicas

Com a efetiva aplicação deste estudo, assim como de seus antecessores, respaldados pela literatura assim como a apresentação de mais e novos estudos em amplos mercados. É possível alcançar contribuições econômicas como resultado. Uma vez que toda ação gera uma reação. Assim, se bem aplicado, acompanhado e monitorado, esse estudo de caso pode ser enriquecido com dados monetários que representem em números (valores) o benefício de sua aplicação. De tal maneira é que estudo de adaptação da linha e seu balanceamento permite aumento de produtividade e lucratividade da empresa, uma vez que o aumento de capacidade foi alcançado.

6.3 Contribuições Sociais

A principal finalidade desse estudo foi levantar propostas, meios, que viabilizassem o atendimento do aumento de demanda. Porém como consequência deste ponto, há o prisma social, que resulta na ampliação da necessidade de mão de obra local, aperfeiçoamento dos recursos humanos, assim como benefícios a toda sociedade que é favorecida com os recursos gerados e benfeitorias realizadas por essa empresa. Assim sendo garantindo a geração de emprego e renda, novos postos de trabalho e produtos com melhor qualidade.

REFERÊNCIAS

ABDULMOUTI, H., 2015, “The Role of Kaizen (Continuous Improvement) in Improving Companies’ Performance: A Case Study”, Proceedings of the 2015 **International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**, Dubai, UAE, 3-5 March.

ABERCROMBIE, Nicolas; HILL, Stephen and TURNER, Bryan S. Dictionary of Sociology. Harmondsworth: Penguin, 1984.

ADNAN, Ahmad Naufal; ARBAAI, Nurul Ain; ISMAIL, Azianti. Improvement of overall efficiency of production line by using line balancing. **ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 11, n. 2, p. 7752-7758, 2016.

ALMEIDA, Polyana Almeida. Management Proposal for Consumable Item Control in an Electronic Company Using Concept of Human Reliability and Quality Tools. **European Journal of Engineering and Technology Research**, v. 6, n. 6, p. 145-153, 2021.

AL-SUDAIRI, Abdulsalam A. Evaluating the effect of construction process characteristics to the applicability of lean principles. **Construction Innovation**, v. 7, n. 1, p. 99-121, 2007.

ALVES, Igor. Pesquisa Bibliográfica. Significados. 2021. Disponível e: < <https://www.significados.com.br/pesquisa-bibliografica/#:~:text=Pesquisa%20bibliogr%C3%A1fica%20consiste%20na%20etapa,a%20partir%20de%20determinado%20tema.>> Acesso em 21.06.20233.

ANDRADE, M. M. Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos da graduação. São Paulo, SP: **Atlas**, p. 25, 2010.

ASHIF, Mohammad; GOYAL, Sanjay; SHASTRI, Ashish. Implementation of lean tools-value stream mapping & SMED for lead time reduction in Industrial Valve Manufacturing Company. **Applied Mechanics and Materials**, v. 813, p. 1170-1175, 2015.

AUDENINO, Alain, 2012, “Kaizen and Lean Management Autonomy and Self-Orientation, Potentiality and Reality ...”, **Communications, Computing and Control Applications (CCCA), IEEE Conference publications**, pp. 1-6.

AZIZ, Remon Fayek; HAFEZ, Sherif Mohamed. Applying lean thinking in construction and performance improvement. **Alexandria engineering journal**, v. 52, n. 4, p. 679-695, 2013.

BARROS, Aidil J. da Silveira, LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. Fundamentos de Metodologia científica. 3. ed. São Paulo: **Pearson Prentice Hall**, 2007.

BAI, Chunguang; SATIR, Ahmet; SARKIS, Joseph. Investing in lean manufacturing practices: an environmental and operational perspective. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 4, p. 1037-1051, 2019.

BALLARD, G., TOMMELEIN, I., KOSKELA, L., HOWELL, G.. Lean construction tools and techniques. Des. Constr. – Build. Value. 2002. P. 504.

BAUER, Martin W., GASKELL, George. 2008. Pesquisa qualitativa com texto: imagem e som:

um manual prático. Gareschi, P. A. (trad.), 7ª edição, Petrópolis, RJ: **Vozes**, 2008.

BEHROUZI, Farzad; WONG, Kuan Yew. An integrated stochastic-fuzzy modeling approach for supply chain leanness evaluation. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 68, p. 1677-1696, 2013.

BJÖRNFOT A, SARDÉN Y. Prefabrication a lean strategy for value generation in construction. **Proc 14th Int Gr Lean Constr** 2006;265–277..

BRIOSO, Xavier. Teaching lean construction: Pontifical Catholic University of Peru training course in lean project & construction management. **Procedia Engineering**, v. 123, p. 85-93, 2015.

CARVALHO, Antony Gonçalves. Interface no integrada a banco relacional para gerenciamento de dados em nuvem privada. **Monografia bacharelado em engenharia da computação, Centro Universitário de Brasília Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas**, 2014.

CINTRA, Gisele Amaral. Aplicação de ferramentas *lean manufacturing* no processo produtivo: estudo de casos múltiplos em empresas do segundo setor. 1. Ed. Curitiba: **Appris**, 2021.

CHERRAFI, Anass et al. A framework for the integration of Green and Lean Six Sigma for superior sustainability performance. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 15, p. 4481-4515, 2017.

COSTA, Ivan Junio Silva; GONÇALVES JÚNIOR, Elias Rocha; GONÇALVES, Virgínia Siqueira; GONÇALVES JÚNIOR, Elias Rocha; PACHECO; Alan Teixeira; COSTA, Maurício Cordeiro. Brazilian Journal of Development. **Aplicação de fluxo contínuo no processo de produção: um estudo de campo na fábrica de massas**. Scayners Ltda. Enegep. 2012.

DA SILVA, Camila Maria Costa et al. Application of VSM to Improve a Television Productive Process of a Company in the Manaus Industrial Pole. **European Journal of Engineering and Technology Research**, v. 6, n. 6, p. 132-138, 2021.

DOMBROWSKI, U., GROLLMANN. T., ZAHN, T., 2009. “Roadmap for the implementation of a Lean Production System”, **Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF)**, v. 12, pp. 1120-1125.

DOMBROWSKI, U.; EBENTREICH, D.; KRENKEL, P. Impact analyses of lean production systems. **Procedia CIRP**, v. 57, p. 607-612, 2016.

FONSECA, Bruna Grassetti, VALENTE, Carlos Magno de Oliveira. Estudo sobre as adaptações do Lean Manufacturing utilizando a ferramenta do Mapeamento de fluxo de valor em uma indústria de alimentos. 2017. 280 p. **Coletânea Nacional Sobre Engenharia de Produção 3: Gestão da Produção**. Editora Atena. 2017.

FORTE, Gilmar dos Santos, 2017. Melhoria de produtividade em uma linha branca do PIM com aplicação do Lean Manufacturing: Estudo de caso.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. Editora Atlas SA, 2019.

GERMANES, Jennyvie S. et al. Improving Efficiency of Shoe Manufacturer through the Use of Time and Motion Study and Line Balancing. **Journal of industrial and Intelligent Information** Vol, v. 5, n. 1, 2017.

GLOVER, W. J., FARRIS, J. A., AKEN, E. M. V., et al., 2011, “Critical success factors for the sustainability of Kaizen event human resource outcomes: An empirical study”, **International Journal of Production Economics**, v. 132, issue 2, pp.197–213.

GOSLING, J., NAIM, M., FEARNE, A., FOWLER, N. **Defining the lean and agile characteristics of engineer-to-order construction projects 2007:1**(July).

GREWAL, Chandandeep. An initiative to implement lean manufacturing using value stream mapping in a small company. **International Journal of Manufacturing Technology and Management**, v. 15, n. 3-4, p. 404-417, 2008.

GROUT, J. R., TOUSSAINT, J. S., 2010, “Mistake-proofing healthcare: Why stopping processes may be a good start”, **Business Horizons**, v. 53, issue 2, pp. 149-156.

HAWI, Iman Asker. Improving Production Line Efficiency By Using Production Line Balancing a case study in the state company for south gas production. **Multicultural Education**, v. 6, n. 4, 2020.

HOLWEG, M. The Genealogy of Lean Production, **Journal of Operations Management**. 2006 Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272696306000313>. Acessado em dezembro de 2018.

IFPA, ANEXO II – ROTEIRO DO PRÉ-PROJETO DE PESQUISA APLICADA. Disponível em: <https://ifpa.edu.br/documentos-institucionais/0000/3056-anexo-ii-roteiro/file>

INTRA, C., ZAHN, T., 2014 “Transformation-Waves – A Brick for a Powerful and Holistic Continuous Improvement Process of a Lean Production System”, **Procedia CIRP**, v. 17, pp 582-587.

ISLAM, Md Sadekul et al. Production efficiency improvement by using tecnomatix simulation software and RPWM line balancing technique: A case study. **American Journal of Industrial and Business Management**, v. 9, n. 04, p. 809, 2019.

ISSA, Usama Hamed. Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time. **Alexandria Engineering Journal**, v. 52, n. 4, p. 697-704, 2013.

JAMIL AHA, FATHI, MS. The integration of lean construction and sustainable construction: a stakeholder perspective in analyzing sustainable lean construction strategies in Malaysia. **Procedia Comput. Sci.** v. 100, p. 634-643, 2016

KHODEIR, Laila M.; OTHMAN, Reem. Examining the interaction between lean and sustainability principles in the management process of AEC industry. **Ain Shams Engineering Journal**, v. 9, n. 4, p. 1627-1634, 2018.

KOSKELA L, BALLARD G, HOWELL G, TOMMELEIN I. The foundations of lean construction. **Des Constr Build Value** 2015:211–226.

KUMAR, Ravinder. Kaizen a Tool for Continuous Quality Improvement in Indian Manufacturing Organization. **Internacional Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences**. Vol. 4, No. 2, p. 452-459, 2019. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.33889/IJMEMS.2019.4.2-037>.

LACERDA, António Pedro; XAMBRE, Ana Raquel; ALVELOS, Helena Maria. Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: A case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 54, n. 6, p. 1708–1720, 2016.

L. D. Puche and S. Contrim, Application of Value Stream Mapping in a Mechanical Metal Industry. *Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP, Maringá: Paraná*, v. 13, n. 1, apr. 2018. Available: <http://www.dep.uem.br/gdct/index.php/dep_tcc/article/view/399>.

Lean Institute Basil. Sistema Toyota de Produção (Toyota Production System - TPS), 2022. Disponível em: <<https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-%28toyota-production-system---tps%29.aspx>> Acesso em 12.03.2022.

LI, J.; BLUMENFELD, D. Implementing an Andon. **Industrial Engineer**, v. 38, n. 10, p. 52-53, 2006.

LIKER, Jeffrey K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Bookman Editora, 2021.

LIKER, J.K., The 14 Principles of the Toyota Way: Na Executive Summary. 14 Princ. Toyota W. **An Exec. Summ.** 2003. P. 35-41.

LOGANATHAN S, KALIDINDI S. Masonry Labor Construction Productivity **Variation: an Indian Case. 2015;1–9.**

LÜDKE, M., ANDRE, M.E.D.A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo. EPU, 1986.

MARTÍNEZ-JURADO, P. J., MOYANO-FUENTES, J., JEREZ-GÓMEZ, P., 2014, “Human resource management in Lean Production adoption and implementation processes: Success factors in the aeronautics industry”, **Business Research Quarterly**, v. 17, pp. 47-68.

MATHIAS, Lucas. 2022. Pesquisa qualitativa e quantitativa: qual é a melhor opção? Disponível em: <<https://mindminers.com/blog/pesquisa-qualitativa-quantitativa/#:~:text=Como%20funciona%20a%20pesquisa%20quantitativa,M%C3%BAltipla%20escolha>> Acesso em 11.06.2023.

MEILING, John; BACKLUND, Fredrik; JOHNSSON, Helena. Managing for continuous improvement in off-site construction: Evaluation of lean management principles. **Engineering, construction and architectural management**, v. 19, n. 2, p. 141-158, 2012.

MELIN, Martin; BARTH, Henrik. Value stream mapping for sustainable change at a Swedish dairy farm. **International Journal of Environment and Waste Management**, v. 25, n. 1, p. 130-140, 2020.

MILBERG, Colin et al. Exploring lean construction practice, research, and education. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 19, n. 5, p. 512-525, 2012.

MICHEL, M. H. Metodologia e Pesquisa Científica: um guia prático para acompanhamento da disciplina e elaboração de trabalhos monográficos. São Paulo: **Atlas**, 2005.

MINAYO, M. C. de S. (Org.). O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. 14ª ed. Rio de Janeiro: **Hucitec**, 2014. 408 p.

MISHAN, Nurul Nazeerah; TAP, Masine Md. Increasing line efficiency by using time study and line balancing in a food manufacturing company. **Jurnal Mekanikal**, 2015.

MOREIRA, Sonia Patrícia da Silva. Aplicação da Ferramenta Lean. Disponível em <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/1167/1/Dissertação.pdf>. Acessado em 12.06.2023.

MOREIRA, Marcos et al. Aplicação da metodologia Kaizen para uma manutenção mais eficiente: estudo de caso em indústria cervejeira. 2022.

MOMOLLI, Matheus; DE LIMA, Kawe Allan da Conceição; OLIVEIRA, Alexandre Silva. Organização do fluxo de projetos de uma startup com base do guia de gestão de projetos PMBoK. **Revista Gestão Industrial**, v. 15, n. 2, 2019.

MOSTAFA, Sherif; CHILESHE, Nicholas; ABDELHAMID, Tariq. Lean and agile integration within offsite construction using discrete event simulation: A systematic literature review. **Construction Innovation**, v. 16, n. 4, p. 483-525, 2016.

NAEEMAH, Ali Jaber; WONG, Kuan Yew. Positive impacts of lean manufacturing tools on sustainability aspects: a systematic review. **Journal of Industrial and Production Engineering**, v. 39, n. 7, p. 552-571, 2022.

NAEEMAH, Ali Jaber; WONG, Kuan Yew. Sustainability metrics and a hybrid decision-making model for selecting lean manufacturing tools. **Resources, Environment and Sustainability**, v. 13, p. 100120, 2023.

OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção – além da produção em larga escala. Porto Alegre: **Bookman**, 1997.

OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção – além da produção em larga escala. Porto Alegre: **Artes Médicas**, 1997.

OHNO, T. Gestão dos Postos de Trabalho. Guarulhos, SP: **Bookman cia. Editora Ltda**, 2015.

OLIVEIRA, Diogo Cassin de Carvalho, et al. Abordagem Quantitativa aplicadas ao Balanceamento de Montagem. 2017. 34 p. **Coletânea Nacional Sobre Engenharia de Produção 5: Pesquisa Operacional**. Editora Atena. 2017.

OLIVEIRA, J.; SÁ, J. C.; FERNANDES, A. Continuous improvement through "Lean Tools": An application in a mechanical company. **Procedia Manufacturing**, v. 13, p. 1082-1089, 2017.

PEROVANO, Dalton Gean. Manual de Metodologia Científica. 1. ed. **Jurua**, 2014.

PRADO, Darci; LADEIRA, Fernando. **Planejamento e controle de projetos**. Falconi Editora, 2014.

PINTO, João P. (2008). **Lean thinking**: Introdução ao pensamento magroll. Disponível em <http://molar.crb.ucp.pt/>. Acessado em 12.06.2023.

PRODANOV, Cleber Cristiano, FREITAS, Ernani Cesar. Metodologia do trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2. Edição. Novo Hamburgo: **Feevale**, 2013.

PROETTI, Sidney. Metodologia do trabalho científico: abordagens para a construção de trabalhos acadêmicos. 4. ed. São Paulo: Edicon, 2005. 126 p. _____. Praticando a metodologia do trabalho científico. 2. ed. São Paulo: **Edicon**, 2005. 96 p.

POLIT, D. F.; BECK, C. T.; HUNGLER, B. P. Fundamentos de pesquisa em enfermagem: métodos, avaliação e utilização. Trad. de Ana Thorell. 5. ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2004.

QUEIROZ, G.A., Alves Junior, P.N., Costa Melo, I., 2022. Digitalization as an enabler to SMEs implementing lean-green? A systematic review through the topic modelling approach. **Sustain** 14 (14089), <http://dx.doi.org/10.3390/su142114089>.

RADNOR, Z. J., HOLWEG, M., WARING, J., 2011, "Lean in healthcare: The unfilled promise?", **Social Science & Medicine**, v. 74, pp. 364-371.

RIANI, A. M. Estudo de Caso: O Lean Manufacturing Aplicado na Becton Dickinson. Tese de Engenharia de Produção - Universidade Federal de Juiz de Fora, **UFJF / Minas Gerais**. 2006.

ROCHA, Alexandre Varanda; MOTA, Edmarson Bacelar; MARSHALL JUNIOR, Isnard; QUINTELLA, Odair Mesquita. Gestão da qualidade e processos. São Paulo: **FGV**, 2012.

RIYANTO, Aloisius Genza Pratama; FUADI, Azam Zamhuri; MURTI, Muhammad Ary. Andon System using Industrial IoT for Controlled Production Line by conventional PLC. **International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)**, v. 9, n. 9, p. 95-99, 2020.

SANCHEZ, A.M; SCIENCEDIRECT. Mirages of Lean Manufacturing in Practice. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817313371>. Acessado em: 12.06.2023.

SAMPAIO, Tuane B. Metodologia da Pesquisa. 1. Ed. – Santa Maria, RS : **UFSM**, CTE, UAB. 1 e-book, 2022.

SÁ- SILVA, Jackson Ronie, ALMEIDA, Cristóvão Domingo de, GUINDANI, Joel Felipe.

Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. **Revista de História & Ciências Sociais**. Ano I – Número I – Julho de 2009.

SCHULZ, Jean. **Cultura Lean**. Bookman, 2015.

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

SISSON, Julie; ELSHENNAWY, Ahmad. Achieving success with Lean: An analysis of key factors in Lean transformation at Toyota and beyond. **International Journal of Lean six sigma**, v. 6, n. 3, p. 263-280, 2015.

SILVA, Arielton F. da, et al. Value Stream Mapping: Uma Importante Ferramenta na Implementação da Manufatura Enxuta, Um Estudo de Caso em uma Indústria Têxtil de Moda Praia. **XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. 2012.

SILVA, Camila Maria Costa da, et al. Application of VSM to Improve a Television Productive Process of a Company in the Manaus Industrial Pole. **European Journal of Engineering and Technology Research**, Vol. 6, Issue 6, October. 2021. P. 132 – 138. 2021.

SILVA, Franklin Carlos da, SILVA, Maria Valesca Damásio de Carvalho, SOUZA, Rodrigo Silda de. O método de estudo de caso: o sim e o não, talvez. A controvérsia da utilização do método de estudo de caso nas pesquisas em contabilidade e administração. **XVI Congresso Brasileiro de Custos** – Fortaleza – Ceará, Brasil, 03 a 05 de novembro de 2009.

SILVA, Luiz Inácio Lula da, 2006. Decreto 5.798. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2006/decreto/d5798.htm

SILVEIRA. Cristiano Bertulucci. Mapeamento de Fluxo de Valor. Disponível em <https://www.citisystems.com.br/mapeamento-fluxo-valor-1/>. Acessado em 12.06.2023.

SINGH, Subhav; KUMAR, Kaushal. A study of lean construction and visual management tools through clusters analysis. **Ain Shams Engineering Journal** 12 (2021) 1153-1162.

SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R., Administração da Produção, 3. ed. São Paulo, Atlas. 2009

SOUSA, Jordana Ramalho de et al. A efetividade de um novo sistema de Produção baseado no sistema Toyota de Produção: Um estudo de caso em uma indústria de eletrodomésticos. 27 p. **Coletânea Nacional Sobre Engenharia de Produção 3: Gestão da Produção**. Editora Atena. 2017.

SOUZA, Àcsa Liliane Carvalho Brito. Estudo da aplicabilidade da teoria das restrições e o Mapeamento de Fluxo de Valor na gestão de processos do Núcleo de Prática Jurídica da Faculdade de Rondônia-Faro. Dissertação (Mestrado) Engenharia de Produção - Universidade Federal do Amazonas, 2020. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/7913>. Acesso em: 12 06. 2023.

SOUZA, J.P.E., ALVES, J.M., 2018. Lean-integrated management system: A model for sustainability improvement. **J. Clean. Prod.** 172, 2667–2682. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.144>.

SWEIS, Ghaleb J.; HIYASSAT, Mohammad; AL-HROUB, Fares F. Assessing lean conformance by first-grade contractors in the Jordanian construction industry. **Construction Innovation**, v. 16, n. 4, p. 446-459, 2016.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. (1993). TPM / MPT: Manutenção produtiva total. São Paulo: **Instituto IMAM**, 322p.

TASDEMIR, C., GAZO, R. Validation of sustainability benchmarking tool in the context of value-added wood products manufacturing activities. **Sustain**, 11 (2361) (2019), 10.3390/su11082361

TEZEL A., AZIZ Z. Benefits of visual management in construction: Cases from the transportation sector in England 2017; 17(2).

TEZEL A, KOSKELA LL, TZORTZOPOULOS P. Visual management in construction: study report on Brazilian cases. *SCRI Res. Rep.*, no. March; 2010. p. 36.

UHLMANN, Iracyanne Retto, 2015. Aplicação de ferramentas lean manufacturing em um processo de SMT: Estudo de caso.

VERGARA, Sylvia Constant. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. 12. Ed. São Paulo: **Atlas**, 2010.

WANG, F.K., Rahardjo, B., Rovira, P.R., 2022. Lean six sigma with value stream mapping in industry 4.0 for human-centered workstation design. **Sustain** 14 (11020), <http://dx.doi.org/10.3390/su141711020>.

WICKRAMASINGHE, Vathsala; WICKRAMASINGHE, G. L. D. Autonomy support, need fulfilment and job performance in lean implemented textile and apparel firms. **Research Journal of Textile and Apparel**, v. 21, n. 4, p. 323-341, 2017.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. (2003). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. Free Press, New York, 2003.

YUSUP, M.Z., Mahmood, W.H.W., Salleh, M.R., Yusof, A.S.M., 2015. Review the influence of Lean tools and its performance against the index of manufacturing sustainability. **Int. J. Agil. Syst. Manag.** 8, 116–131. <http://dx.doi.org/10.1504/IJASM.2015.070605>.

ZAHRAEE, Seyed M.; TOLOOIE, Ali.; ABRISHAMI, Salman J.; SHIWAKOTI, Nirajan; STASINOPOULOS, Peter. Lean manufacturing analysis of a Heater industry based on value stream mapping and computer simulation. **Procedia Manufacturing** 51, p. 1379-1386, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.192>.

ZYWICKI, Krzysztof *et al.* The impact of task balancing and sequencing on production efficiency. **Lecture Notes in Mechanical Engineering**, [s. l.], n. 201519, p. 67–77, 2018.