

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THAYNÁ RIBEIRO DE FONTES

BALANCEAMENTO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA
ELETROMECCÂNICA

JANDAIA DO SUL

2023

THAYNÁ RIBEIRO DE FONTES

BALANCEAMENTO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA
ELETROMECCÂNICA

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao curso de Graduação em Engenharia de Produção, Campus Jandaia do Sul, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Reis dos Santos

JANDAIA DO SUL

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA JANDAIA DO SUL

Fontes, Thayná Ribeiro de

Balanceamento de uma linha de produção em uma indústria eletromecânica. / Thayná Ribeiro de Fontes. – Jandaia do Sul, 2023.

1 recurso on-line : PDF.

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Paraná, Campus Jandaia do Sul, Graduação em Engenharia de Produção. Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Reis dos Santos.

1. Balanceamento de linha. 2. Tempo de ciclo. 3. Otimização. 4. Linhas de produção. I. Santos, Marco Aurélio Reis dos. II. Universidade Federal do Paraná. III. Título.

CDD: 658.5

Bibliotecário: César A. Galvão F. Conde - CRB-9/1747



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PARECER Nº 96-/2023/UFPR/R/JA
PROCESSO Nº 23075.079917/2019-87
INTERESSADO: THAYNÁ RIBEIRO DE FONTES

**TERMO DE APROVAÇÃO DE
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

TÍTULO: BALANCEAMENTO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA
ELETROMECAÂNICA

Autor(a): THAYNÁ RIBEIRO DE FONTES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau no curso de Engenharia de Produção, aprovado pela seguinte banca examinadora.

Dr. MARCO AURÉLIO REIS DOS SANTOS (Orientador)

Dr. RAFAEL GERMANO DAL MOLIN FILHO

Dr. ANDRÉ LUIZ GAZOLI DE OLIVEIRA



Documento assinado eletronicamente por **ANDRE LUIZ GAZOLI DE OLIVEIRA, VICE-DIRETOR(A) DO CAMPUS AVANÇADO DE JANDAIA DO SUL - JA**, em 07/07/2023, às 19:46, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **MARCO AURELIO REIS DOS SANTOS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/07/2023, às 15:01, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **RAFAEL GERMANO DAL MOLIN FILHO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/07/2023, às 15:09, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **5729876** e o código CRC **B6BDB2A8**.

Dedico este trabalho aos meus pais, Benedito e Beatriz que não mediram esforços ao longo desses anos, me encorajando a sempre dar o meu melhor em todas as situações. A minha irmã Arielly, por todo apoio e aconchego. A minha avó Izabel por todo amor e exemplo de força. E ao meu avô Benedicto, que não se encontra mais presente na vida terrestre, mas será sempre o meu exemplo de sabedoria e fé.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me permitido realizar este sonho e por ter me sustentado com fé, saúde e sabedoria ao longo desta jornada.

A minha família, a qual sinto-me honrada em dedicar este trabalho, como uma forma de expressar a minha eterna gratidão e lembrá-los de que serão sempre uma parte essencial de quem sou. Em especial meus pais Benedito e Beatriz, minha irmã Arielly, minha avó Izabel e com muita saudade no coração meu avô Benedicto.

Aos meus amigos e colegas, por sempre estarem ao meu lado, os quais compartilhei momentos de alegrias e angústias. Agradeço por todo o apoio, incentivo e encorajamento ao longo desses anos.

Aos professores da UFPR Campus Avançado Jandaia do Sul, por todo conhecimento, zelo e que contribuíram para a minha formação profissional e crescimento pessoal.

Ao meu orientador Marco Aurélio pela confiança e encorajamento.

A empresa do setor eletromecânico, que possibilitou o estudo e disponibilizou os dados necessários.

E a todos que contribuíram para que esse momento chegasse, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A agilidade nos processos é um elemento que se correlaciona diretamente com o aumento de produtividade, e se baseia em ter-se um fluxo de trabalho mais direcionado, o qual é possível ser mapeado a fim de identificar oportunidades de melhorias. Com isso, nota-se que a forma em que é gerida e organizada as linhas de produção são fundamentais para alcançar a excelência operacional, a qual indica a aptidão de qualidade e produtividade em seus processos para a empresa. Visto que, no âmbito industrial, conter qualidade e produtividade são requisitos que muito se destacam para se manter no mercado competitivo, em vista disso as empresas possuem o foco em reduzir os gastos de modo a elevar a produtividade, por meio da eliminação de quaisquer ineficiências e gargalos produtivos. Uma estratégia de produção que atua por meio da otimização do fluxo de trabalho na busca de melhorar a produtividade e consequentemente a eficiência dos processos é o balanceamento de linha, o qual organiza a produção e desenvolve ações eficazes que garantam que a produção seja realizada de forma contínua. Para isso, alguns métodos de otimização serão estudados e aplicados no presente trabalho para a melhoria dos seus meios produtivos, particularmente aplicados na área de balanceamento de linhas. Estando inserido nesse âmbito o presente trabalho, com a estimativa de propor um método de balanceamento de linha à empresa analisada. Concentrado na aplicação de métodos de otimização, os resultados obtidos demonstram que as melhorias propostas no presente trabalho resultaram em um aumento de 4,6% na produtividade do setor estudado, e uma redução de 73,29% no *lead time*. Essas melhorias destacam o impacto positivo do estudo no desempenho geral da linha de produção, resultando em benefícios concretos para a empresa.

Palavras-chave: Balanceamento de linha. Tempo de ciclo. Otimização. Linhas de produção.

ABSTRACT

Agility in processes is an element that is directly correlated with increased productivity, and is based on having a more targeted workflow, which can be mapped in order to identify opportunities for improvement. With this, it is noted that the way in which the production lines are managed and organized are fundamental to achieve operational excellence, which indicates the aptitude for quality and productivity in its processes for the company. Since, in the industrial scope, containing quality and productivity are requirements that stand out to remain in the competitive market, in view of this, companies are focused on reducing expenses in order to increase productivity, by eliminating any inefficiencies and productive bottlenecks. A production strategy that operates by optimizing the workflow in the quest to improve productivity and consequently the efficiency of processes is line balancing, which organizes production and develops effective actions to ensure that production is carried out in a safe and efficient manner. to be continued. For this, some optimization methods will be studied and applied in the present work for the improvement of its productive means, particularly applied in the line balancing area. Being inserted in this scope the present work, with the estimate of proposing a line balancing method to the analyzed company. Focused on the application of optimization methods, the results obtained demonstrate that the improvements proposed in this work resulted in a 4.6% increase in productivity in the sector studied, and a 73.29% reduction in lead time. These improvements highlight the positive impact of the study on the overall performance of the production line, resulting in concrete benefits for the company.

Keywords: *Line balancing. Cycle time. Optimization. Production lines.*

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO (1) – <i>TAKT TIME</i>	26
EQUAÇÃO (2) – <i>TAKT TIME</i>	48

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – RELAÇÃO ENTRE O TEMPO DE CICLO E <i>TAKT-TIME</i>	27
FIGURA 2 – EXEMPLO DE LINHA DE PRODUÇÃO DESBALANCEADA E DA RELAÇÃO DO TEMPO DE CICLO COM O <i>TAKT-TIME</i>	28
FIGURA 3 – GESTÃO COM BASE NO <i>TAKT-TIME</i> : OS CICLOS DE ROTINA E DE MELHORIAS.....	29
FIGURA 4 – ENQUADRAMENTO DE PESQUISA CIENTÍFICA.....	38
FIGURA 5 – FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO GERAL.....	39
FIGURA 6 – PROCESSO PRODUTIVO DO SETOR ESCOLHIDO.....	39
FIGURA 7 – FLUXOGRAMA: ETAPAS DE PESQUISA.....	41
FIGURA 8 – SIMULAÇÃO DA LINHA PRODUTIVA DESBALANCEADA.....	42
FIGURA 9 – SEQUÊNCIA DAS ATIVIDADES E O TEMPO DE CICLO.....	47
FIGURA 10 – SIMULAÇÃO DA LINHA PRODUTIVA BALANCEADA	52
FIGURA 11 – PROCESSO OPERACIONAL PADRÃO DA LINHA ESTUDADA.....	53

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – MAPEAMENTO PRODUTIVO ATUAL E O LEVANTAMENTO DO TEMPO DE CICLO	47
QUADRO 2 – GRÁFICO DE BALANCEAMENTO OPERACIONAL DO SETOR ANTES DA APLICAÇÃO.....	49
QUADRO 3 – GRÁFICO DE BALANCEAMENTO OPERACIONAL OBTIDO	51

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – TABULAÇÃO DE DADOS.....	45
TABELA 2 – TABELA DINÂMICA.....	46
TABELA 3 – PARÂMETROS PARA O CÁLCULO DO <i>TAKT-TIME</i>	48

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ALB	- <i>Assembly Line Balancing</i>
GBO	- Gráfico de balanceamento de operadores
LT	- <i>Lead Time</i>
POP	- Processo Operacional Padrão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	15
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	16
1.3 JUSTIFICATIVA	17
1.4 OBJETIVOS	19
1.4.1 Objetivo geral	19
1.4.1.1 Objetivos específicos	19
1.5 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO	21
2.1.1 Indicadores de Desempenho	21
2.2 ANÁLISE DO RITMO DE PRODUÇÃO	22
2.2.1 Tempo de Ciclo	23
2.2.1.1 Tempo Normal	24
2.2.1.2 Tempo Padrão	24
2.2.2 <i>Lead Time</i>	25
2.2.3 <i>Takt-Time</i>	26
2.2.4 Gargalo	29
2.3 BALANCEAMENTO DE LINHAS DE PRODUÇÃO	31
2.3.1 Gráfico de Balanceamento de Operadores	35
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A REVISÃO	35
3 MÉTODOS DE PESQUISA	37
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	37
3.2 A EMPRESA	38
3.2.1 Processo Produtivo	38
3.3 ETAPAS DA PESQUISA	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA LINHA DE PRODUÇÃO	42
4.2 DESCRIÇÃO DOS DADOS COLETADOS	44
4.3 APRESENTAÇÃO DO MODELO DE BALANCEAMENTO	46
4.4 PROCESSO OPERACIONAL PADRÃO	53
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	56

REFERÊNCIAS.....57

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

No início do ano de 1900, por volta de 100 anos atrás Henry Ford projetou a linha de montagem de fabricação para ser um método eficiente e produtivo, baseado em um produto específico que para sua realização há estações ou postos de trabalho que são basicamente locais em que é realizado atividades que agregam valor ao produto e são necessárias para sua transformação. Sendo, estes postos de trabalho organizados em uma sequência contínua e lógica, visando seguir um fluxo produtivo. A linha de montagem se inicia com o abastecimento de material no primeiro posto de trabalho, e diante disso após finalizado cada respectiva atividade definida na estação de trabalho, a peça ou produto segue para o próximo posto de trabalho até chegar na transformação final.

O tempo que é necessário para concluir cada operação definida nos postos de trabalho é denominado como tempo de ciclo, que analisando de forma macro se trata do tempo que demora para ser possível montar uma peça e de forma micro é o tempo necessário para cada posto de trabalho conseguir realizar as suas atividades. Atividades essas que para chegar no produto final possuem relações de precedência, que devem seguir um fluxo. E a finalidade deste sistema de produção visa equilibrar a linha de montagem de forma que a eficiência do balanceamento seja maximizada. Segundo Sassi (2012) o balanceamento de linha é uma forma de atingir esse alto padrão, visto que reduz custos e otimiza os processos. Dotto (2016) acrescenta que o balanceamento de linha tem um histórico de sucesso e de resultados positivos dentro das organizações.

Posto isso, o balanceamento de linha é um elemento crucial para se ter na estratégia de produção, dado que a gestão pelo tempo no fluxo que ocorre o processo produtivo impacta diretamente na produtividade e na eficiência da empresa. Shingo (1996) e Antunes Jr. (1998) afirmam sobre o tema que o discernimento da natureza básica da função processo e sua precedência sobre a função operação permitem a construção de um referencial conceitual robusto para o projeto de sistemas de produção de alto desempenho. Para assim ser possível determinar a melhor solução e consequentemente possibilitar um desempenho mais eficiente dentro das linhas produtivas. Eficiência essa que será regida pelo fluxo produtivo, que é determinado através do *takt-time*. De acordo com Alvarez e

Antunes Jr. (2001) uma definição adequada para o *takt-time* é tudo aquilo se baseia no ritmo de produção necessário para atender a um determinado nível considerado de demanda, dadas as restrições de capacidade da linha ou célula de produção.

O estudo para balancear uma linha produtiva não é uma tarefa simples e não é imediatamente evidente. Mesmo após o balanceamento, como consequência da presença do fator humano, variações no processo podem ocorrer, havendo a necessidade de realizar uma nova análise e um novo balanceamento para a devida linha produtiva. É possível que também essa variação do processo possa ser originada pela rotatividade de novos funcionários, alterações no *layout*, entre outros fatores que influenciam no processo.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A busca pela melhoria dos processos internos nas empresas faz com que elas almejem alcançar padrões adequados de qualidade, redução de custos, diminuição do *lead time* e consequentemente o aumento da produtividade. Fatores esses que são priorizados para se manter perante o mercado, dado que a competitividade se encontra cada vez mais elevada. É visível, devido à alta concorrência no setor e evolução constante, a demanda para otimizar cada vez mais seus recursos dentro da empresa, seja de material, custos produtivos, fluxos de processos ou humanos.

Para Dotto (2016), a realização do balanceamento, em uma linha de montagem, tem a finalidade de distribuir as tarefas de forma a aproximar a quantidade ou carga de trabalho entre os operadores, e aproximar os tempos de processo das estações para obter melhor desempenho e produtividade.

Com isso, a gestão da produção é a atividade que administra todo o processo da cadeia produtiva, de modo direto com os níveis operacionais da empresa, as quais possuem o enfoque de produzir e entregar metas. Na maioria das vezes deixando de lado critérios importantes que devem ser considerados na ação de produzir, como qualidade, segurança, meio ambiente, custo, pessoas, entre demais fatores.

Essa aproximação entre tais critérios e a ação de produzir devem estar interligadas, para melhorar o processo, a qualidade e por consequência a produtividade da empresa, a tornando mais competitiva. Uma maneira para alcançar

essa competitividade é o balanceamento de linha dos meios produtivos, que visa otimizar o processo e alcançar o número de operadores necessários para as devidas atividades no tempo calculado para se atender a demanda.

O balanceamento de linha se combinado com as concepções e ferramentas do *Lean Manufacturing* pode possibilitar que o resultado obtido seja ainda mais válido, dado que muitos dos problemas que aparecem dentro do balanceamento podem ser resolvidos utilizando tais conceitos. O estabelecimento de um fluxo de linha produtiva balanceada traz por consequência a viabilidade de melhorias tais como a redução de desperdícios provenientes de uma falta de padronização, bem como a eliminação de movimentações excessivas nos manuseios de equipamentos.

Atuando com o intuito de redução dos desperdícios e de otimizar os recursos utilizados, o balanceamento de linha colabora para que diante disso seja possível haver um controle e por consequência torne possível atuar em gargalos presentes no sistema produtivo. Visto isso, diante da problemática abordada o presente trabalho teve o intuito de desenvolver um balanceamento de linha de produção no setor 5 de uma indústria eletromecânica.

Contudo, devido à complexidade de balancear diferentes postos que compõem uma linha de produção, quando se tem um mix de produção diversificado, sendo esse o caso da empresa em questão, pois, trata-se de uma das maiores fabricantes de produtos elétricos do Brasil. Escolheu-se a que tem mais demanda de peça, denominada neste trabalho como Família 1.

1.3 JUSTIFICATIVA

Atualmente as empresas que se destacam apresentam processos bem definidos e elaborados. E no ramo empresarial estabelece-se a necessidade de diferenciais de acordo com a competitividade, podendo ser eles por meio da melhoria contínua tendenciando cada vez mais a cultura da excelência operacional que é uma maneira de alcançar tais diferenciais e se manter em constante evolução. E uma das técnicas utilizadas para alcançar uma definição, um melhor desempenho e em função disso uma melhor eficiência dentro do processo é o balanceamento de linhas de produção.

Dado que balancear uma linha de produção é adequá-la as demandas produtivas, maximizando a utilização dos seus postos ou estações de trabalho.

Rocha (2005) recorda, que administradores de produção se desdobram em cálculos para achar uma forma de proporcionar o fluxo constante de um processo através da quantidade de postos de trabalho e, ao mesmo tempo, reduzindo ociosidades na linha. Quando essa racionalização é alcançada e as perdas são evitadas ao máximo, a empresa se torna mais competitiva dentro do mercado, pois se alcança produtividade esperada e diminuição de custos.

Nota-se que o balanceamento de linhas produtivas como forma de dimensionar a capacidade de produção apresenta um melhor aproveitamento dos recursos utilizados, sendo uma ferramenta necessária. Visto, que é estudada de forma sistêmica para se realizar uma análise e possuir dados palpáveis, a fim de executar uma mudança do tempo de ciclo presente na linha produtiva, seja nas etapas estabelecidas de processo de montagem, na inclusão ou retirada de novas etapas ou operações, e até mesmo no número de operadores exigidos para a realização das atividades dentro do tempo de ciclo calculado.

Para que não ocorra ociosidade entre os operadores e nem dificuldade para realização das tarefas, o balanceamento objetiva-se a alcançar uma melhor ambientação na empresa e propor um melhor fluxo produtivo, capaz de maximizar a produção. Sinalizando a partir disso, a relevância para a empresa que o balanceamento proporciona em realizar a alteração em seu processo de produção, com o objetivo de obter uma maior excelência em seu produto. Isso ocorre porque iniciativas que buscam fortalecer a competitividade da organização e melhorar sua imagem institucional têm o potencial de gerar retornos financeiros no futuro, o que é fundamental para a visão e o sucesso contínuo da empresa (WERKEMA, 2012).

Diante disso, este trabalho justifica-se através da oportunidade de melhoria gerada de uma proposta de balanceamento de linhas produtivas dentro do setor 5 de uma indústria eletromecânica. Em razão disso, observou-se a necessidade de aplicar ferramentas da metodologia *Lean Manufacturing* ao se deparar com oportunidades de melhorias, que permita a redução de desperdícios e a implantação de utilizar os recursos de maneira rápida, contínua e organizada. Para que o processo produtivo atenda às necessidades e torne possível atingir seus objetivos e metas, objetivando-se a melhorar sua eficiência e desempenho perante a este mercado consumidor e competitivo.

1.4 OBJETIVOS

A seguir serão abordados os objetivos gerais e específicos do presente trabalho.

1.4.1 1.4.1 Objetivo geral

Este estudo visa desenvolver um Balanceamento de Linhas de Produção para uma empresa eletromecânica.

1.4.1.1 Objetivos específicos

Os principais objetivos específicos do presente trabalho são:

1. Mapear o processo;
2. Medir o tempo das atividades executadas na linha produtiva;
3. Formular um modelo de Balanceamento de Linha de Produção;
4. Analisar o resultado do balanceamento e propor possíveis melhorias com base nos resultados obtidos;
5. Avaliar a efetividade do balanceamento de linha realizado por meio de métricas que influenciam no desempenho operacional, como a produtividade e o impacto no *lead time*.

1.5 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho se encontra estruturado de acordo com os seguintes capítulos:

- **Capítulo 1:** É apresentado a contextualização do problema em razão da necessidade de embasar o estudo de balanceamento de linhas produtivas, visto a sua importância e diferencial dentro do setor produtivo. Do mesmo modo que são apresentados tópicos como a justificativa do estudo e também os objetivos, sendo eles gerais e específicos;
- **Capítulo 2:** Neste capítulo apresenta-se o referencial teórico acerca de assuntos relacionados ao tema que servirão de fundamento para o estudo e desenvolvimento do balanceamento de linha;

- **Capítulo 3:** Expõe o enquadramento da pesquisa e os procedimentos metodológicos para ser possível alcançar os objetivos apresentados. Além de apresentar a empresa e as etapas definidas para desenvolvimento do trabalho;
- **Capítulo 4:** Apresenta os resultados obtidos com o estudo e análise dos dados;
- **Capítulo 5:** Apresenta as considerações finais relacionadas ao presente trabalho e sugestões para projetos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem como objetivo realizar uma fundamentação teórica dos conceitos que envolvem o tema, a fim de proporcionar uma melhor compreensão deste projeto. Em que abordam temas como: Administração da Produção, Tempo de Ciclo, Tempo Normal, Tempo Padrão, *Lead Time*, *Takt-Time*, Gargalo, Balanceamento de Linhas, Indicadores de Desempenho e o Gráfico de Balanceamento de Operadores. Com o objetivo de que a partir de tais conceitos, permita uma análise que possa contribuir para a interpretação dos dados a serem obtidos no projeto.

2.1 ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO

Para conseguir se estabelecer entre as melhores posições competitivas do mercado, as empresas procuram gerenciar os recursos necessários para que diante disso seja possível alcançar objetivos com eficiência e eficácia. Gaither e Frazier (2005), definem a administração de produção como a administração do sistema produtivo de uma organização, que transforma seus insumos em bens e/ou serviços.

Moreira (2014) diz que, em uma definição geral, a administração da produção diz respeito as atividades que envolvem a produção de um bem ou serviço. Já na sua definição formal, Moreira (2014, p. 3) diz que a administração da produção e operações é o campo de estudo dos conceitos e técnicas aplicáveis à tomada de decisões, na função de produção para empresas industriais ou operações em empresas de serviços.

Assim, para proporcionar um fluxo produtivo constante, balanceado entre os presentes postos de trabalho e que reduza a ociosidade na linha, é utilizado a técnica aplicada de balanceamento de linha de produção no presente trabalho, visando melhorar e otimizar os processos produtivos.

2.1.1 Indicadores de Desempenho

A fim de medir os efeitos de alterações realizadas no processo produtivo, faz-se uso de indicadores. Os quais, além de permitir reforçar a parte do processo que fornece um retorno produtivo, também possibilita a oportunidade de descartar o que não contribui para o resultado almejado (Bachmann e Bachmann, 2004). Sendo possível através dos indicadores de desempenho, uma melhor tomada de decisão

com o intuito de atingir metas, e observar por meio quantitativo a performance da empresa.

O estudo e familiaridade com os tempos do processo produtivo é fundamental dentro de uma empresa, pois, é a partir da coleta de dados dos tempos que torna-se possível gerar indicadores e analisá-los. A cronoanálise é a ciência responsável pela obtenção dos dados reais da empresa, ela é feita através da medição dos tempos reais e não em tempos estimados ou obtidos através dos dados históricos (ANIS, 2010).

Os indicadores são essenciais para o planejamento e controle dos processos das organizações, o que possibilita o estabelecimento de metas e o seu desdobramento devido aos resultados serem fundamentais para a análise crítica dos desempenhos e para a tomada de decisões (TAKASHINA; FLORES, 1996). Indicadores auxiliam também na identificação de não conformidades dentro do sistema produtivo, que diante de um bom acompanhamento resulta em um processo de melhoria contínua, dado que promove a ação direta na causa da falha dentro do processo.

Dentre os principais indicadores, destacam-se em uma linha de produção o tempo de ciclo, *takt-time*, capacidade de produção, número de estações de trabalho, assim como também o índice de ociosidade. Martins e Costa Neto (1998) reforçam a tese ao enfatizarem que os indicadores de desempenho é um meio para auxiliar a gestão pela qualidade total, sendo úteis para que o sistema de gestão possa controlar e identificar necessidades, fazendo melhorar o desempenho, que está relacionado à satisfação dos *stakeholders*.

2.2 ANÁLISE DO RITMO DE PRODUÇÃO

A análise do ritmo de produção é uma etapa fundamental no processo de balanceamento de linha. Essa análise consiste em examinar a taxa de produção em cada estação de trabalho ao longo do tempo, identificando possíveis desequilíbrios que possam afetar o desempenho geral da linha.

Para efetuar essa análise, é imprescindível realizar a coleta sistemática de dados relacionados ao tempo de execução em cada posto de trabalho. Tais informações, são fundamentais para a construção de um perfil detalhado do ritmo de produção, permitindo a identificação de variações e possíveis gargalos no processo.

2.2.1 Tempo de Ciclo

A caracterização de tempo de ciclo se dá pelo “período transcorrido entre a repetição de um mesmo evento que caracteriza o início ou fim desse ciclo” (ANTUNES et al., 2001). Sendo ele, o tempo entre liberações consecutivas da montagem até o fim da linha ou o tempo total alocado para cada posto de trabalho (SIVASANKARAN; SHAHABUDEEN, 2014).

Segundo Alvarez e Antunes Jr. (2001) dentro de um sistema de produção, o tempo de ciclo é definido através das condições operativas da célula ou linha produtiva. Em que em uma linha produtiva com “n” postos de trabalho, o tempo de ciclo é determinado em função de dois elementos:

- i. Tempos unitários de processamento em cada máquina/posto (tempo-padrão);
- ii. Número de trabalhadores na célula/linha.

O tempo de ciclo trata-se de uma métrica em que tais medições são utilizadas para analisar a estruturação e divisão de atividades e a quantidade de trabalho entre os operadores, em que é através do tempo coletado que se tornará possível identificar gargalos no processo e propor melhorias. Para que, diante do seu levantamento seja capaz definir a capacidade e desempenho do processo produtivo.

Iniciando toda e qualquer análise geral da linha produtiva a partir das medições do tempo de ciclo, seja para analisar equipamentos individuais, dificuldades, gargalos no processo e até mesmo a quantidade de trabalho entre os operadores e de como está sendo feita a distribuição dessas atividades. Para que diante de tais análises seja possível calcular a capacidade da produção além de identificar e propor melhorias.

É esperado que o tempo de ciclo e o número de postos de trabalho sejam inversamente proporcionais (SIVASANKARAN; SHAHABUDEEN, 2014). Assim sendo, quanto maior o número de postos de trabalho menor será o tempo de ciclo da linha produtiva. Nota-se como o tempo de ciclo envolve a produtividade, pois segundo Yazgan (2011) a quantidade de trabalho que é feita no tempo de ciclo de um posto se traduz em uma maior produtividade. Com isso, o tempo de ciclo é uma métrica levantada para diante dela ser possível utilizar ferramentas. A fim de atingir a otimização desse tempo presente no processo produtivo e consequentemente uma melhor eficiência.

Observa-se a associação e vínculo entre o tempo de ciclo e o *takt-time*, no qual é notório a necessidade de definições desses dois importantes elementos teóricos para elucidar a sua relação e diferença. Com isso, nos demais tópicos é apresentado definições que colaborem para o entendimento final do presente trabalho.

2.2.1.1 Tempo Normal

Barnes (1999) define tempo normal como o tempo que um operador comum leva para realizar uma operação completa, sem a consideração de nenhuma eventualidade ou acréscimo de tempo. Já Slack et. Al. (2002) define tempo normal como a velocidade que o trabalhador executa uma operação em relação ao desempenho padrão.

Em que, para a análise desse tempo, o ritmo deve ser padrão sem a possibilidade de esforço, o qual gerará variação no tempo. Bem como, sem fadiga excessiva também, sendo esse tempo normal o tempo a ser mantido diariamente.

2.2.1.2 Tempo Padrão

A análise do tempo das operações é executada com o objetivo de determinar padrões para o processo produtivo e para os presentes gastos da empresa. A cronometragem é um dos métodos mais utilizados para medir o trabalho na indústria, a qual tem por finalidade a verificação da eficiência individual, a fim de estabelecer padrões para o processo produtivo e para os gastos industriais (MARTINS e LAUGENI, 2006).

O tempo padrão, para Barnes (1999), é o tempo efetivo de produção, ou tempo normal, acrescido de majoração, majoração essa que inclui fadiga do operador, suas necessidades fisiológicas e eventuais paradas como ajustes de máquinas, troca de informações, entre outras situações. Sendo o tempo padrão, a soma do tempo normal com o acréscimo de tolerâncias.

Na empresa estudada do presente trabalho, têm-se a definição de produtividade a ser alcançada, estando nela acrescido os tempos de paradas, fadiga, necessidades fisiológicas, entre outros fatores. Com isso, o tempo disponível para realizar as atividades, o qual será utilizado no cálculo do *takt-time* já está

definido. Barnes (1999) ressalta a importância da definição do tempo padrão, pois diante dele é possível definir metas diárias, sendo elas fundamentais para que a fábrica realize suas operações sempre com alto desempenho, utilizando sempre da melhor maneira possível seu tempo disponível.

2.2.2 Lead Time

Lead time ou tempo total de ciclo do produto (LT), é a soma dos tempos de ciclos individuais de cada etapa do processo. Trata-se do tempo atribuído para uma produção realizar todas as etapas de um processo nele imposto, do início ao fim. O tempo que o produto se movimenta desde a matéria prima até se tornar produto acabado, denominado no nível da planta esse processo também como tempo porta a porta.

Lima et. al (2003) definem *lead time* como o tempo demandado desde a entrada da matéria-prima até a saída do produto final. Já Tubino (1999), relaciona o *lead time* com a flexibilidade do sistema produtivo:

Sendo o lead time uma medida de tempo, ele está relacionado à flexibilidade do sistema produtivo em responder a uma solicitação do cliente, ou seja, quanto menor o tempo de conversão de matérias-primas em produtos acabados, menores serão os custos do sistema produtivo no atendimento das necessidades dos clientes. (TUBINO, 1999, p. 84).

Uma forma de aumentar a flexibilidade é através da redução do *lead time* do processo. Ohno (1997) relatou ser essa a busca do Sistema Toyota de Produção desde o princípio, reduzir o *lead time* de forma que elimine desperdícios no fluxo. O que também vai de acordo com a citação abaixo:

Reduzindo a linha do tempo, o tempo de matéria-prima no estoque é reduzido e o tempo entre o cliente fazer o pedido e a empresa receber o dinheiro é reduzido; esse é o benefício direto. Os benefícios indiretos quando a empresa consegue diminuir esses tempos consistem em conseguir reduzir as taxas de refugo, conseguir aumentar a produtividade, reduzir os erros de informação, reduzir área de manufatura e por si só reduzir o custo do produto. (ALVES; BERTELLI, 2009, p. 8).

Saber diferenciar o tempo de ciclo do *lead time*, permite uma maior individualidade quando se trata de analisar a produtividade da empresa. Ponto esse que envolve a capacidade competitiva da empresa perante ao mercado e

consequentemente uma melhor gestão de processos, dado a relação existente com o aumento da performance e competitividade.

2.2.3 Takt-Time

A palavra alemã “*takt*”, que significa “ritmo” ou “cadência”, refere-se à regularidade com que algo seja feito, constituindo um parâmetro de projeto amplamente usado no Sistema Toyota de Produção (FRANDSON; BERGHEDE; TOMMELEIN, 2013). É o tempo que algo deve ser produzido baseado na demanda do cliente, remete-se a utilização de um número como referência para ser possível sincronizar o ritmo de vendas com a taxa de produção.

Trata-se, portanto, de um parâmetro que algumas empresas, especialmente as de alto desempenho, utilizam como um dos pilares fundamentais de seu sistema de produção, dado que o *takt-time* é aplicado em sistemas de produção com estruturas caracterizadas pelo fluxo unitário de peças, como é o caso das linhas de montagem e das células de fabricação (ALVAREZ; ANTUNES JUNIOR, 2001). Sendo responsável com isso pela relação direta do fluxo na fábrica.

Cada posto de trabalho deve realizar a sua operação de acordo com o *takt-time*, que pode ser obtido através da Equação (1):

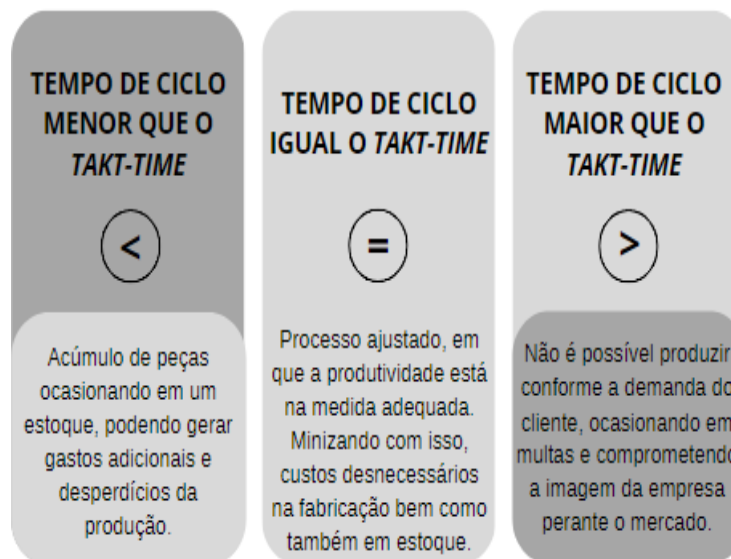
$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ Disponível\ de\ Produção}{Demanda} \quad (1)$$

Para Ohno (1996), o *takt-time* é obtido pela divisão do tempo diário de operação pelo número de peças requeridas por dia. Denominado como o tempo que a atividade leva para ser realizada para finalizar uma peça, ou o tempo necessário que o operador leva para finalizar uma etapa que fabrica essa peça, não estando incluso no tempo de ciclo o tempo de espera. Um *takt-time* menor que o tempo de ciclo indica que existe falta de produção, e os pedidos do cliente não serão cumpridos (Black & Hunter, 2003). Logo, o *takt-time* traduz o tempo de produção disponível dividido pelo número de pedidos do cliente (Meyers & Stewart, 2011).

O *takt-time* refere-se ao tempo que rege o fluxo de materiais presentes em uma linha produtiva, o qual tem relação direta com a função processo, dado que trata-se do fluxo de materiais ao longo de um espaço de tempo. Sendo uma forma de alcançar um equilíbrio entre a subprodução e a superprodução. Toyota utilizou o cálculo do *takt-time* para assegurar o balanceamento das atividades entre os trabalhadores, a sua equação formulada permite que os gestores visualizem o tempo necessário para produzir um item ou até mesmo um produto, fundamentado na demanda do cliente, ou seja, baseado no ritmo das vendas o *takt-time* calcula o ritmo em que a produção deve operar. (GHINATO, 2000).

A comparação entre o tempo de ciclo e o *takt-time* é de suma importância, pois pode sinalizar se a atividade realizada está acontecendo da maneira adequada ou se a linha produtiva não está sendo capaz de atender a demanda, assim como também pode estar ocorrendo uma superprodução. Na Figura 1, observa-se uma exemplificação entre esses dois importantes elementos e a sua relação ao ser comparada em uma análise.

FIGURA 1 – RELAÇÃO ENTRE O TEMPO DE CICLO E TAKT-TIME

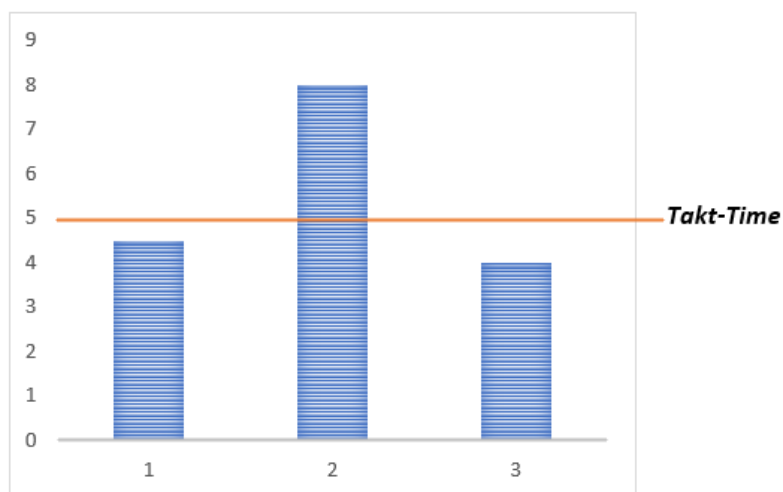


FONTE: Adaptado de Costa *et al.* (2017).

A diferença entre o tempo de ciclo e o *takt-time* é que o tempo de ciclo não precisa ser calculado, se baseia em dados de produção ocorridos de fato, é um resultado do processo ou da própria estação de trabalho. Enquanto o *takt-time* é o tempo necessário para concluir o pedido a tempo estabelecido, o tempo que precisa

estar em ciclo. Ambos, precisam estar em equilíbrio para bom funcionamento do sistema e satisfação do cliente, bem como para da própria organização também.

FIGURA 2 – EXEMPLO DE LINHA DE PRODUÇÃO DESBALANCEADA E DA RELAÇÃO DO TEMPO DE CICLO COM O *TAKT-TIME*

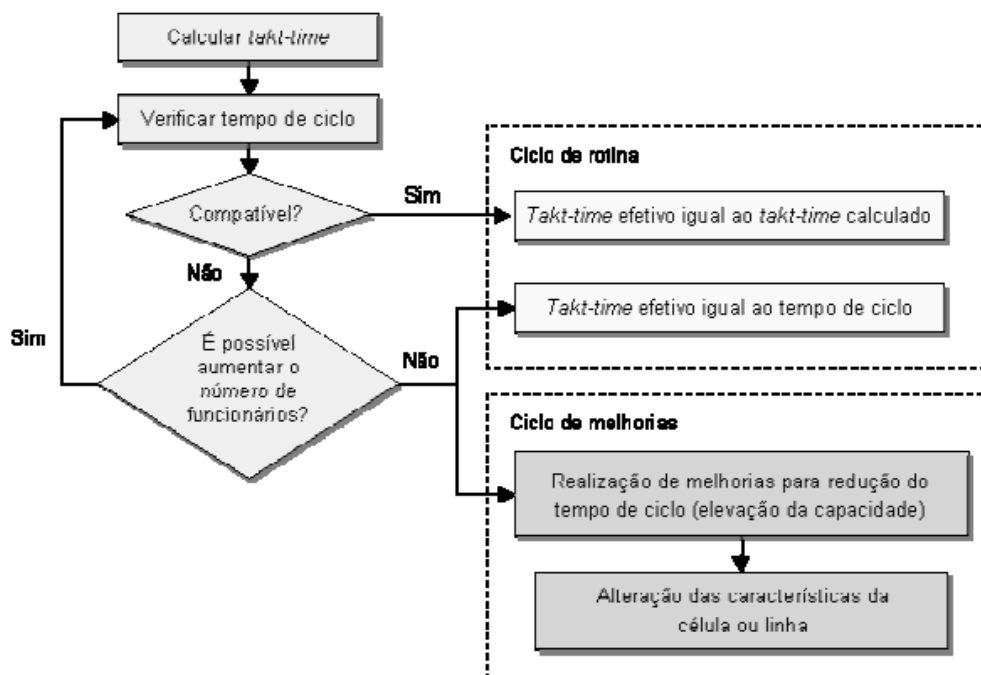


FONTE: A autora (2023).

Na Figura 2, têm-se a exemplificação de uma linha produtiva desbalanceada em função do tempo entre os três postos de trabalho, e é possível observar quais operações superam o tempo de ciclo necessário, estando elas acima da linha do *takt-time*. O ritmo de produção será ditado pelo posto de trabalho número 2, que apresenta o maior tempo de ciclo, sendo ele o gargalo dessa linha produtiva. Tal desbalanceamento ocasiona tanto na sobrecarga de atividades em determinados postos de trabalho ou operadores, como também limita a produção do próximo posto de trabalho o deixando ocioso, comprometendo o fluxo produtivo e a entrega do produto ao cliente.

Já abaixo na Figura 3, demonstra-se a partir de um fluxograma como funciona a gestão segundo o *takt-time*, em que é verificado a sua compatibilidade ao ser comparado com o tempo de ciclo e se diante disso é possível iniciar o balanceamento.

FIGURA 3 – GESTÃO COM BASE NO TAKT-TIME: OS CICLOS DE ROTINA E DE MELHORIAS



FONTE: ALVAREZ, Roberto e ANTUNES JR., José (2001).

2.2.4 Gargalo

Para Goldratt & Fox (1997), os gargalos representam restrições à saída do sistema de produção. Pelo motivo de ser a principal restrição do sistema, a forma em que ocorre sua administração é fundamental para atender à demanda, o que significa afetar cenários como filas de espera nos estágios anteriores de produção, denominado como estoque em processamento e, eventualmente, interrupções de processamento.

Há diferença entre onde está localizada o gargalo na linha produtiva, se localizado no início da produção, será prejudicial devido todas as etapas seguintes estarem dependentes, sendo as mesmas prejudicadas e acarretando no problema de trabalharem em uma velocidade menor que a capacidade da fábrica. O gargalo localizado no meio da linha produtiva, irá fazer com que as etapas de produção anteriores ao gargalo produzam em excesso para conseguirem abastecer o processo seguinte, enquanto as etapas após o gargalo ocorrerão em uma velocidade mais lenta, visto que produzem conforme o gargalo produz. E o gargalo localizado do fim da linha produtiva, gera estoques tanto de produtos como de

processos, atrapalhando o escoamento de produção, gerando dificuldades para gerir esse material.

Maroueli (2008), define gargalo como todos os pontos dentro de um sistema industrial que limitam a capacidade final de produção. E evidencia a seguinte circunstância:

O maior nível de ociosidade ocorre quando o gargalo se localiza próximo ao input, ou seja, no início da produção, pois todas as fases seguintes do sistema ficam comprometidas. Por outro lado, a ociosidade do sistema pode não ser o mais grave. Na verdade, quanto mais próximo ao output (saída), mais prejudicial ela será. Isto porque, avançando dentro do sistema produtivo, teremos também a agregação dos custos variáveis, ou seja, aqueles que só existem com a produção. Neste caso, o bem foi produzido, houve gasto de matéria prima, adição de mão-de-obra e outros recursos, mas, devido ao gargalo na saída, não houve geração de receita com a venda. (MAROUELI, 2008, p. 21).

Para uma melhora, em termos de eficiência, do sistema produtivo, o gargalo da produção deve ter sua administração destacada em relação aos demais estágios, pois as perdas geradas pelo gargalo significam perdas diretas em todo o sistema, enquanto perdas ocorridas em outros estágios podem ser mais facilmente recuperadas e diluídas no tempo da produção (BARROS e MOCCELLIN, 2004).

Excesso de operadores não significa a isenção de gargalos no sistema, pois em muitas empresas ocorrem gargalos mesmo com um número grande de funcionários. Gargalo esse que impede que o fluxo produtivo ocorra de maneira eficiente. O Engenheiro de Produção é apto para analisar de forma sólida e responsável os processos produtivos fabris, buscando a eliminação de todos os desperdícios e garantindo a qualidade presente nos produtos e no processo produtivo.

Para Paranhos (2007), a máquina, equipamento ou posto de trabalho com a menor capacidade de um sistema produtivo será o gargalo no qual determinará a capacidade total do processo produtivo ou de uma linha de produção.

Ficando evidente, o quanto o gargalo afeta diretamente a produtividade. Causando queda da produtividade nas empresas em que podem acontecer de forma leve ou mais significativa, se tornando perceptível o problema em processo. Os quais são decorrentes de gargalos que limitam a capacidade da produção. Por isso, é fundamental a familiaridade com todo o sistema para que, a identificação e a

análise do gargalo ou processo que restringe o fluxo produtivo, ocorram de maneira mais fácil.

2.3 BALANCEAMENTO DE LINHAS DE PRODUÇÃO

Retratando uma visão voltada para a ótica da indústria, o balanceamento de linhas produtivas foi introduzido na área de pesquisa em 1954 por Bryton, e a publicação do primeiro estudo científico foi feita posteriormente por Salveson em 1955, o qual dissertou sobre a ciência do balanceamento de linhas de montagem, ou *Assembly Line Balancing* (ALB).

Balancear uma linha produtiva é ajustá-la as necessidades da demanda, proporcionando uma melhor distribuição de tarefas e o aumento da capacidade produtiva. Permitindo que os recursos produtivos, sejam utilizados de forma satisfatória, possibilitando a minimização ou eliminação de desperdícios dos mesmos. O balanceamento, consiste em adequar os processos produtivos, em alguns casos pode-se ocorrer mudanças no tempo de processamento das tarefas, bem como a inclusão ou exclusão de tarefas. Se baseando, em uma estratégia de produção que tem como finalidade melhorar a produtividade e a eficiência dos processos produtivos, através da otimização do fluxo de trabalho estabelecido.

Segundo Tubino (2007), balancear uma linha de produção é definir todas as atividades que serão executadas, com o intuito de garantir um tempo de processamento semelhante entre os postos de trabalho. Dado que, as linhas produtivas são compostas por postos de trabalho, que são organizados a partir de um fluxo produtivo, fazendo com que o produto percorra de posto a posto até alcançar sua versão final como produto acabado.

Tendo a mesma visão sobre o balanceamento de linha, Abdullah (2003) afirma que o balanceamento de uma linha de produção é caracterizado para que cada estação de trabalho produza de forma sincronizada, com um fluxo contínuo, sem gargalos ou ociosidades em toda linha produtiva e produzindo na quantidade adequada. Considerando essa uma excelente ferramenta na área de produção, o balanceamento de linha, pois pode reduzir tempos ociosos dos operadores reduzindo desperdícios no processo produtivo.

Uma vez que, o balanceamento tem a finalidade de identificar gargalos e removê-los, possibilitando diante da presente análise, uma melhor distribuição de

atividades e a oportunidade de realocar força de trabalho onde seja necessário. Assim como, também tem o intuito de melhorar a eficiência da linha de produção, agrupando os postos de trabalho de maneira equilibrada e permitindo o estabelecimento de um fluxo para o processo (BATALHA, 2001).

Portanto, o balanceamento de linha é utilizado para ajustar a produção às necessidades da demanda, em uma tentativa de unificar o tempo de execução do produto em cada uma de suas operações sucessivas (ROCHA E OLIVEIRA, 2007).

Davis, Aquilano e Chase (2001) descrevem algumas etapas necessárias para ser possível balancear uma linha produtiva:

1. Especificar a relação sequencial entre as tarefas, utilizando um diagrama de precedência;
2. Determinar o tempo de ciclo necessário;
3. Determinar o número teórico de estações de trabalho;
4. Selecionar uma regra básica na qual as tarefas têm de ser alocadas às estações de trabalho e uma regra secundária para desempatar;
5. Delegar tarefas, uma de cada vez, à primeira estação, até que a soma dos tempos seja igual ao tempo de ciclo. Repetir o processo nas estações seguintes;
6. Avaliar a eficiência da linha.

Abordagem essa que evidencia o quanto a montagem de um produto corresponde a uma atividade com valor estratégico para a empresa. Em razão disso, enxerga-se a necessidade de desenvolver e contar com uma linha produtiva com a sua máxima eficiência. Para Dembogurski et al. (2008), as empresas precisam buscar diferenciais através da melhoria contínua de processos e uma das técnicas mais aplicáveis nessa visão, buscando melhorar o desempenho e a gestão é o balanceamento de linha de produção.

Sendo o balanceamento, uma ferramenta utilizada para auxiliar na gestão de uma linha de montagem eficiente. Sivasankaran e Shahabudeen (2014) complementam que o balanceamento ajuda a empresa a utilizar melhor suas instalações e a produzir produtos de acordo com a demanda. Muitas vezes, modelos matemáticos são utilizados para auxiliar na alocação das tarefas visando diminuir a ociosidade, e por consequência, melhorar a eficiência do sistema de produção (BOYSEN et al., 2007). Sempre buscando uma melhor solução que proporcione mais eficiência nas linhas produtivas, notando diante disso, que o balanceamento de

linha como método de dimensionamento de capacidade de produção proporciona um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, se estudado de maneira sistemática.

Assim, o problema do balanceamento de linha consiste em definir o número de estações de trabalho e quais tarefas cada uma realiza, sendo que todas as tarefas devem obedecer a uma determinada ordem de precedência e sem exceder o *takt-time* (KUMAR, MAHTO, 2013). Sendo essa atribuição de tarefas dividida entre os operadores da linha de produção, de modo a atender o *takt-time*, assim cada operação do processo produz de maneira sincronizada e na quantidade adequada mantendo um fluxo contínuo em toda a linha (TAPPING et al 2002). Pois, as linhas de montagem necessitam de constantes ajustes para atender à novos produtos, buscando sempre reduzir o custo do sistema de produção.

Em razão de que, o planejamento de uma linha de montagem envolve decisões relacionadas à capacidade do sistema de produção como equipamentos, número de postos, tempo de ciclo e à alocação das tarefas nos postos de trabalho de acordo com as restrições de precedência (SCHOLL; BECKER, 2006; SIHOMBING et al.,2012). Dentre as principais vantagens do balanceamento de linhas produtivas, está presente a redução de tempos ociosos, podendo ser ele de uma determinada máquina, equipamento ou mão de obra. O qual, impede o fluxo produtivo sendo identificado como um gargalo.

Contribuindo então o balanceamento de linha, com a melhoria contínua do processo e eliminação de desperdícios. Nota-se que traz o nivelamento e equilíbrio dentro dos processos e estações de trabalho, permitindo que os operadores realizem a sua atividade sem ficarem sobrecarregados ou até mesmo ociosos, reduzindo o desperdício de espera, o qual ocorre quando as operações não estão sincronizadas. Pois, caso a linha não esteja balanceada, é necessário a reorganização dos processos e a realocação de recursos para que seja possível atender a taxa de produção ideal, revendo diante disso a quantidade de trabalhadores e máquinas empenhados em cada tarefa produtiva.

O principal objetivo do balanceamento de linha é alocar as tarefas nas estações de trabalho para minimizar tempos ociosos e os gargalos da linha. Para isso, é necessário desenvolver uma série de ações eficazes no posto de trabalho a fim de assegurar que a produção seja realizada de forma contínua e nivelada, sem desperdícios causados por estoques entre as operações, ociosidade causada por espera de material, e movimentos desnecessários dos operadores por falta de padronização na execução das tarefas. (GALVÃO, 2018, p. 67)

Com isso, é notório que o balanceamento de linhas é uma ferramenta que auxilia na eficiência das linhas produtivas, reduzindo custos e aumentando a produtividade e lucros. Assim, as análises e levantamento de tempos de cada linha produtiva são cruciais para ser possível realizar o balanceamento, pois é necessário definir os limites da capacidade de produção e o tempo de ciclo referente a cada posto de trabalho da linha produtiva. Alcançando após isso, o *takt-time* da empresa, que torna possível a realização de um balanceamento de linha mais preciso, trazendo benefícios como redução das perdas e aumento de produtividade em relação ao recurso humano aplicado (AGOSTINHO, 2015).

A vista disso, uma maneira de equilibrar os tempos de cada estação da linha de montagem e ritmar a produção acontece por meio do balanceamento de linha. O processo que visa distribuir a carga de trabalho de forma uniforme entre as estações de trabalho, fazendo com que um processo produza uma quantidade igual ao processo antecessor (SHINGO, 2007). Uma vez que, as cargas estão equilibradas entre os trabalhadores, reduziria a ociosidade na atividade. De maneira oposta do que é interpretado por algumas organizações, tornar as atividades balanceadas não se trata da eliminação de colaboradores, demissões, mas sim de redistribuir os recursos empregados e tornar mais justo as cargas entre os funcionários (TAPPING; SHUKER, 2010).

Para isso, como método de otimização, o balanceamento de linhas produtivas será aplicado visando a melhoria dos meios produtivos da empresa estudada. Estando inserido nesse contexto o presente trabalho, propondo uma metodologia de balanceamento de linha à empresa citada. Portanto, a otimização será utilizada no sentido de maximizar a utilização dos recursos fazendo que com os processos ocorram de maneira nivelada.

2.3.1 Gráfico de Balanceamento de Operadores

O gráfico de balanceamento de operadores (GBO), ou quadro Yamazumi que em japonês significa “empilhar”, é um gráfico que demonstra a divisão de trabalhos entre os operadores dentro da linha produtiva, através de um gráfico de colunas empilhadas. A finalidade é balancear a carga dos operadores em relação ao *takt-time* obtido, no gráfico é mostrado o tempo de ciclo de um determinado processo, sendo o mesmo representado graficamente para fins de otimização.

Rother e Harris (2002), destacam que o gráfico de balanceamento de operadores é uma eficaz ferramenta que ajuda a gerenciar e melhorar o fluxo contínuo, além de auxiliar na correta distribuição de tarefas, diminuindo o número de operadores e elevando eficiência da linha.

Com a implementação dessa ferramenta, é possível encontrar onde o tempo é desperdiçado em determinado processo e, com o resultado, reorganizar a atividade/produção, gerando um equilíbrio no sistema analisado (GORI, 2012). Para ser possível construir o GBO, é necessário a cronometragem de toda sequência executada pelo operador, e com base nesse tempo de ciclo levantado é possível compará-lo ao *takt-time*.

Com a necessidade de reduzir custos operacionais, e estoques intermediários, a empresa precisa utilizar algumas ferramentas e técnicas do STP como suporte a produção (BONATO et al., 2020). Uma dessas ferramentas é o Gráfico de Balanceamento de Operador (GBO).

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A REVISÃO

Neste capítulo foram apresentados os principais conceitos relacionados ao tema, para uma melhor compreensão sobre o balanceamento de linhas produtivas. O qual, é utilizado para ajustar a produção às necessidades da demanda, se baseando na tentativa de nivelar os tempos de ciclos de cada estação de trabalho, fundamentando o ritmo da produção com base no *takt-time*. Dentre os conceitos apresentados, foram eles:

- Administração da Produção: para demonstrar a importância de conceitos e técnicas que são necessários para a tomadas de decisões, se responsabilizando pelo desempenho da gestão da produção, podendo ser ele de bens ou serviços;

- Indicadores de desempenho: para demonstrar a sua importância dentro do planejamento, organização e controle dos processos, apresentou-se indicadores que se destacam dentro de uma linha produtiva, os quais são necessários para garantir uma boa gestão;
- Análise do ritmo de produção: que abordou conceitos como tempo de ciclo, *lead time*, *takt-time* e gargalo. Cruciais para otimizar a eficiência e o escoamento dos processos produtivos;
- Balanceamento de linhas de produção: após apresentado os principais temas correlatos, foi apresentado o que é o balanceamento e o seu potencial como ferramenta na área de produção. Pois, trata-se da adequação dos processos produtivos através da otimização que possibilitam a eliminação ou minimização de desperdícios, uma melhor eficiência e garante um tempo de processamento equilibrado entre os postos de trabalho eliminando gargalos;
- Gráfico de Balanceamento de Operadores: gráfico utilizado para fins de otimização, em que é possível reorganizar atividades, e neste gráfico é demonstrado a divisão e o tempo de ciclo referente a cada posto de trabalho. Ao inserir o valor do *takt-time*, é possível analisar individualmente cada posto e equilibrar a carga de trabalho entre os operadores, obtendo um balanceamento adequado e suporte à produção com base nos indicadores e temas abordados.

3 MÉTODOS DE PESQUISA

A metodologia é considerada como a ciência que combina métodos, técnicas e também ferramentas. Podendo ela, ser estabelecida através de uma sistematização para ser possível conduzir o trabalho e alcançar o resultado pretendido. Estando presente na metodologia, a contar da escolha do tema de pesquisa até o seu desenvolvimento, aplicação e conclusão.

Desse modo, essa sessão apresentará o enquadramento metodológico da pesquisa, a classificação da pesquisa do presente trabalho sendo ela embasada na literatura, as etapas de desenvolvimento, os procedimentos de coleta de dados e o cronograma de realização da pesquisa.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Segundo Ruiz (1996), a pesquisa científica é a realização concreta de uma investigação planejada, desenvolvida e redigida de acordo com as normas da metodologia consagradas pela ciência. Deste modo, para o seu desenvolvimento é fundamental o estabelecimento do caráter da pesquisa e as etapas a serem desenvolvidas para ser possível ter êxito no trabalho.

A natureza desta pesquisa, enquadra-se como aplicada, pois, gera conhecimentos para solução de problemas particulares, tendo aplicação prática em situação específica com proposição de planos e soluções (NASCIMENTO; SOUSA, 2016). Dado que a mesma ocorre na realidade da empresa estudada, e tem como propósito solucionar problemas reais.

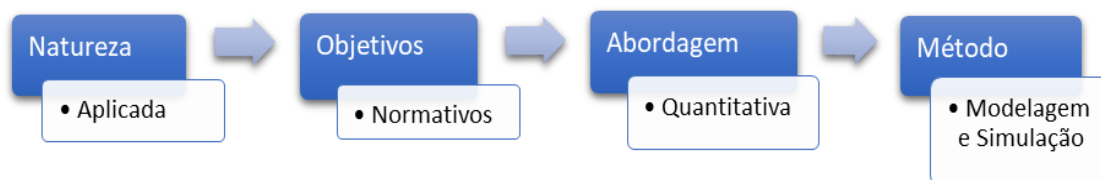
Já com relação aos objetivos da pesquisa, enquadra-se em uma pesquisa normativa, em virtude de que está primariamente interessada no desenvolvimento de políticas, estratégias e ações para aperfeiçoar os resultados disponíveis na literatura existente. Visando encontrar uma solução ótima para novas definições de problemas ou para comparar várias estratégias relativas a um problema específico (BERTRAND e FRANSOO, 2002).

Trata-se de uma pesquisa com abordagem quantitativa, dado que as informações do presente trabalho podem ser quantificáveis, se traduzindo a um número. E pelo fato, de que para analisá-las dependem de técnicas matemáticas, no presente trabalho se calculará a média do tempo de ciclo referente a cada posto de

trabalho e o *takt-time*, para que com isso seja possível gerar o gráfico de análise de operadores e balancear a linha produtiva.

Quanto aos métodos e procedimentos, que se trata da maneira que os dados serão levantados para realizar a pesquisa, é definido como modelagem e simulação. Que visa encontrar e desenvolver uma nova política dentro da empresa com o intuito de balancear a linha de produção.

FIGURA 4 – ENQUADRAMENTO DE PESQUISA CIENTÍFICA



FONTE: A autora (2023).

3.2 A EMPRESA

O presente trabalho foi realizado em uma empresa de grande porte que atua no setor eletromecânico, sendo considerada uma das maiores fabricantes do Brasil e que está consolidada no mercado há 60 anos.

A empresa possui várias unidades e um mix de produção diversificado que abrange transformadores de força e distribuição, bem como também reguladores de tensão, religadores, postes, ferragens, cabines de entrada, entre outros produtos presentes nas demais unidades. Tendo a presença na exportação para diversos países difundido em continentes como a América, Ásia, África e também na Europa.

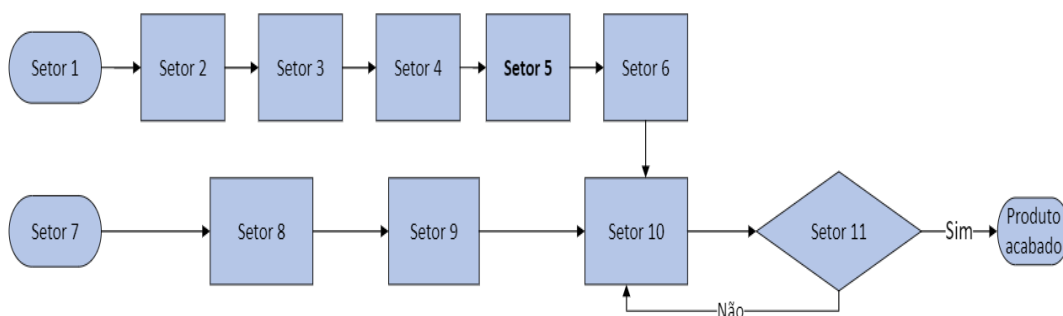
Diante disso para realizar um balanceamento efetivo na unidade estudada, optou-se pelo produto que tem mais demanda de peça, sendo denominado neste trabalho como Família 1.

3.2.1 Processo Produtivo

Para alcançar o produto final na empresa estudada, é necessário o envolvimento de 11 setores, e a colaboração entre esses setores desempenha um papel fundamental para garantir a qualidade no produto e a sua entrega, dado que

como há dependência entre setores, isso impacta diretamente no *lead time*, que diz respeito ao tempo necessário para produzir o produto.

FIGURA 5 – FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO GERAL

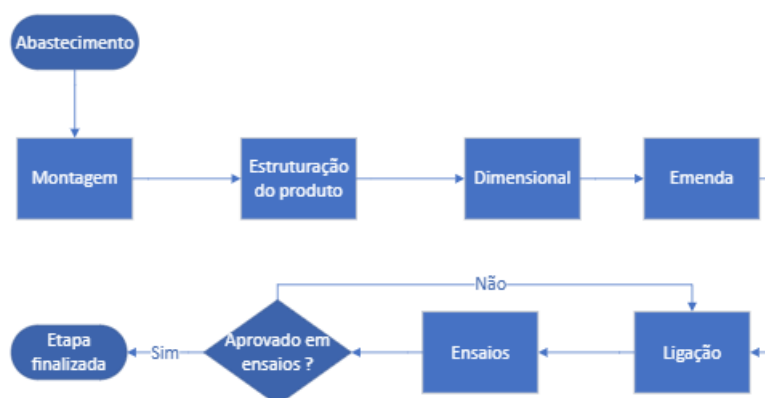


FONTE: A autora (2023).

Como mostra na Figura 5, o setor produtivo escolhido para realizar o estudo de balanceamento de linha foi o Setor 5. Sendo esse o setor escolhido, por se tratar de um *layout* linear, ou seja, uma configuração de linha produtiva organizada em uma sequência contínua. A qual, possibilitou a evidente visualização da presença de gargalos no processo do setor escolhido, devido ao acúmulo de peças entre postos de trabalho e a ociosidade entre outros postos de trabalho da presente linha produtiva.

A seguir, na Figura 6 será demonstrado o processo produtivo correspondente ao setor.

FIGURA 6 – PROCESSO PRODUTIVO DO SETOR ESCOLHIDO



FONTE: A autora (2023).

O processo produtivo da Família 1, passa por algumas etapas até chegar na fase de produto final, acontecendo essas etapas desde abastecimento até a fase de ensaios, em que ocorre a validação do produto para liberar a peça.

Com o objetivo de evitar movimentações excessivas, evitando que o operador não saia do seu posto de trabalho para buscar materiais que serão utilizados durante o processo produtivo, a etapa de abastecimento é fundamental para que a produção aconteça e que sejam realizadas em cada posto de trabalho apenas atividades que agregam valor ao produto.

Com isso, após abastecido o primeiro posto de trabalho, é possível iniciar o processo produtivo, sendo ele a montagem e seguir para as demais etapas produtivas do setor até alcançar o produto final.

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

Com o objetivo de que o presente estudo seja alcançado, sendo ele a elaboração de um modelo de balanceamento de linha produtiva, foram definidas algumas etapas para possibilitar o avanço e alinhamento deste trabalho, a fim de garantir uma execução dentro do prazo e um estudo direcionado. Dentre elas, foram definidas as etapas a seguir:

Etapa 1: desdobramento da revisão bibliográfica dos assuntos relacionados ao tema, para que possibilite um bom desenvolvimento do presente trabalho e que contribua ao mesmo tempo com uma boa compreensão sobre o tema ao leitor;

Etapa 2: designação do setor em que será realizado o balanceamento e levantamento de dados referente a qual produto há mais demanda, para que com isso seja realizado um balanceamento efetivo;

Etapa 3: definição de critérios e parâmetros para ser possível estabelecer as características referente ao produto escolhido;

Etapa 4: levantamento de dados do processo produtivo atual em que o setor se encontra, estando nela presente a cronoanálise, em que é realizada a coleta de tempos referente a cada etapa produtiva;

Etapa 5: análise da coleta de dados e o cálculo da média, tempo máximo e mínimo referente a cada posto de trabalho, para que com isso seja obtido o valor do tempo de ciclo;

Etapa 6: realização do cálculo referente ao *takt-time*, com o intuito de ser possível analisar o tempo de ciclo obtido em cada posto de trabalho e iniciar o balanceamento. Para a partir disso, ser possível elaborar o gráfico de balanceamento de operadores (GBO) e inserir os parâmetros referente a cada processo produtivo;

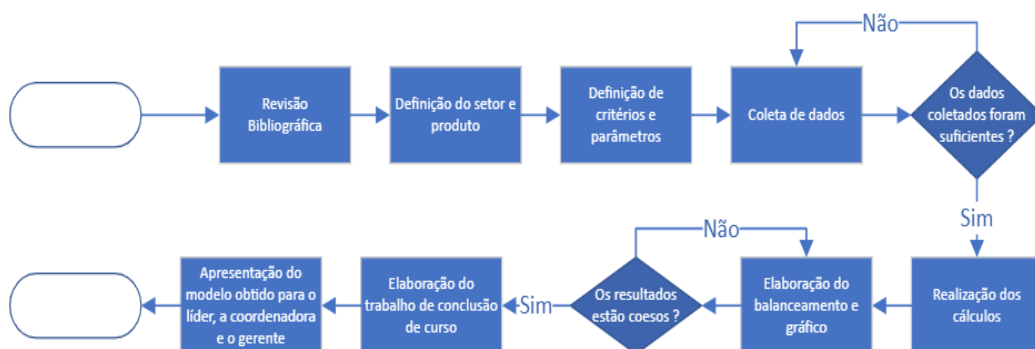
Etapa 7: avaliar o modelo obtido e cálculos realizados;

Etapa 8: formulação do trabalho de conclusão de curso, com o resultado final alcançado;

Etapa 9: a partir do resultado obtido, realizou-se a validação do balanceamento de linha junto ao gerente, a coordenadora e o líder do setor escolhido, comparando com a situação atual da empresa e propondo a possível implementação.

Levando em consideração que o processo não é apenas linear, a Figura 7 mostra todas as etapas definidas na pesquisa, bem como também evidencia as etapas que possuem tomadas de decisão, sendo fases determinantes para a obtenção do resultado final.

FIGURA 7 – FLUXOGRAMA: ETAPAS DE PESQUISA



FONTE: A autora (2023).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

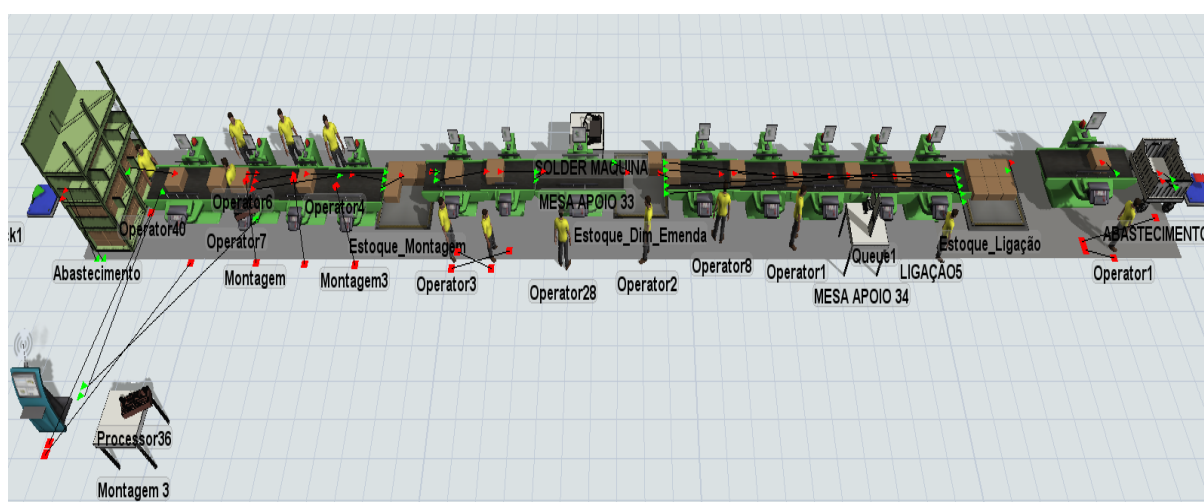
Para um balanceamento de linha efetivo, considerando o alto mix de produção que a empresa possui, optou-se pelo produto que tem mais demanda de peça, denominado neste trabalho como família 1. Havendo na família 1, dois padrões construtivos diferentes, sendo escolhido o padrão construtivo A2 que possui a maior demanda de peça para atuar.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA LINHA DE PRODUÇÃO

O presente trabalho foi aplicado no setor 5 de uma linha de produção de indústria eletromecânica. A linha de montagem para realização desse produto, é composta por postos de trabalho, havendo em cada posto de trabalho um ou mais operadores.

No contexto do ambiente produtivo, o processo de fabricação é organizado em uma configuração em linha, onde as etapas de produção são sequenciais e interligadas. No entanto, apesar dessa estrutura, observou-se que o fluxo de trabalho não ocorre de forma contínua e suave. Como resultado, ocorrem gargalos, que são pontos de estrangulamento que limitam a capacidade de produção, nota-se na Figura 8 a simulação do estado encontrado da presente linha estudada.

FIGURA 8 – SIMULAÇÃO DA LINHA PRODUTIVA DESBALANCEADA



FONTE: A autora (2023).

Conforme apresentado na Figura 8, a linha é alimentada através do abastecimento, sendo esse considerado o primeiro posto de trabalho, seguindo para os demais postos até chegar no último quando se obtém a etapa finalizada do seguinte setor estudado. Entre o posto de trabalho que realiza a montagem e o posto de trabalho que faz a estruturação do produto observa-se um gargalo, sendo identificado outro gargalo existente entre o posto de ligação e o de ensaios, gerando em média um acúmulo de 6 a 8 peças por gargalo, ocasionando em um desequilíbrio no sistema produtivo.

Outra interrupção existente no fluxo produtivo observado, foi a busca de materiais ou componentes, pelos próprios operadores da linha, que deixam as suas posições na linha de produção, prejudicando essa interrupção no fluxo do trabalho, eficiência do processo, além de impactar negativamente a produtividade e aumentar o *lead time*, aumentando o tempo de entrega do produto.

Nesse cenário, torna-se evidente a necessidade de realizar melhorias no processo produtivo, a partir da identificação e eliminação de gargalos, otimização do fluxo de trabalho e da minimização de interrupções dos operadores, essas são medidas essenciais para aprimorar a eficiência e a produtividade da linha de produção. Sendo que, para estabelecer uma distribuição adequada da carga de trabalho entre os operadores e das atividades ao longo da linha produtiva, é fundamental realizar o mapeamento produtivo, para compreender o processo produtivo como todo e suas interdependências.

Um equilíbrio adequado da linha produtiva maximiza a eficiência do processo, reduzindo tempos ociosos dos operadores e gargalos existentes. Sendo fundamental a divisão de postos de trabalho para que as tarefas ocorram de maneira simultânea e com uma distribuição equilibrada, tornando-se possível a agregação de valor no produto com qualidade, eficiência e melhora na produtividade da linha produtiva.

4.2 DESCRIÇÃO DOS DADOS COLETADOS

Para a coleta de dados foram realizados acompanhamentos fabris iniciados no mês de outubro de 2022 e finalizados em maio de 2023, com o intuito de mapear o processo produtivo, tal como cada atividade realizada nos postos de trabalho a fim de possibilitar a análise de tempos das respectivas atividades adotadas na linha produtiva. Envolvendo no mapeamento do processo, a identificação de cada etapa necessária para fabricação do produto, a dependência entre elas e sua sequência, possibilitando o conhecimento de cada tarefa envolvida nos postos de trabalho e o seu fluxo produtivo.

Dessa forma, foi realizado a cronoanálise em cada posto de trabalho da linha estudada, para obtenção precisa do tempo necessário para concluir cada atividade, medições essas que aconteceram de forma direta com acompanhamentos fabris no decorrer de 7 meses. Tendo adotado como regra, que a média dos tempos de ciclos obtidos foram tomadas como padrão, sendo levado em consideração no decorrer da implantação do balanceamento, o menor tempo de ciclo também para execução das atividades.

Vale ressaltar, que a cronoanálise é uma técnica que visa proporcionar a análise do tempo necessário para realização de uma atividade ou processo produtivo, bem como otimizá-lo. Estabelecendo tempos padrões que apoiam a tomada de decisões na busca de melhorias no processo.

Neste sentido, a cronoanálise é de suma importância para determinar o tempo de ciclo de produção e a partir disso realizar o cálculo do *takt-time*, para só assim ser possível balancear a linha produtiva, dado que o balanceamento é uma técnica que visa ajustar e distribuir de maneira nivelada as atividades, levando em consideração o tempo de ciclo de cada atividade, a fim de atender o *takt-time* e alcançar uma produção eficiente.

Na Tabela 1, observa-se o método de tabulação de dados. Por motivos de confiabilidade, para estar de acordo com a política da empresa e preservar o sigilo das informações, os dados de tempo foram todos adaptados sem perder a sua veracidade, assim como o dado referente a demanda que será apresentado no capítulo 4.3

TABELA 1 – TABULAÇÃO DE DADOS

Padrão Construtivo	Característica de Tempo	Tempo Unitário(s)	Característica Modelo Estrutura	Projeto
A2	ESTRUTURAS	72	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	66	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	66	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	66	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	68	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	66	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	66	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	66	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	72,5	Estrutura 1	x
A2	ESTRUTURAS	67,9	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	66	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	66	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	70	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	67,13	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	72	Estrutura 1	x
A2	ESTRUTURAS	71,88	Estrutura 1	x
A2	ESTRUTURAS	66,25	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	70	Estrutura 1	x
A2	ESTRUTURAS	67,5	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	66	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	73,125	Estrutura 1	x
A2	ESTRUTURAS	66,25	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	66	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	67,5	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	66	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	66	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	66,69	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	66,25	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	118	Estrutura 1	x
A2	ESTRUTURAS	115,2	Estrutura 1	x
A2	ESTRUTURAS	115,2	Estrutura 1	x
A2	ESTRUTURAS	116	Estrutura 1	x
A2	ESTRUTURAS	115,2	Estrutura 1	x
A2	ESTRUTURAS	141,6	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	105,6	Estrutura 2	x
A2	ESTRUTURAS	115,2	Estrutura 1	x
A2	ESTRUTURAS	115,2	Estrutura 1	x
A2	ESTRUTURAS	1056	COM CAI CO	

FONTE: A autora (2023).

Ao realizar um acompanhamento direto na linha, foi possível alcançar o mapeamento do processo produtivo de todas as etapas e cada respectivo tempo de ciclo. Todos os dados coletados foram registrados por meio de planilhas eletrônicas, como apresentado anteriormente.

Ademais, para alcançar as características do produto com maior demanda de peça e obter as especificações do produto referente a cada posto de trabalho que são necessárias para construí-lo, e a partir disso alcançar um modelo de balanceamento para esse produto escolhido dentro do alto mix de produtos que a empresa possui. Foi realizado uma planilha dinâmica referente a cada posto de trabalho, para ser possível analisar qual a característica do produto executada nas atividades presentes nos postos de trabalho tem mais demanda de peça, como mostra a Tabela 2 um exemplo a fim de gerar um balanceamento efetivo.

TABELA 2 – TABELA DINÂMICA

Rótulos de Linha	Média de Tempo Unitário(s)	Contagem de Característica de Tempo
Família 1	75,5	943
Estrutura 1	72	609
Estrutura 2	88,5	322
Estrutura 3	66	12
Total Geral	75,5	943

FONTE: A autora (2023).

Assim sendo, a planilha dinâmica possibilitou uma organização dos dados coletados de maneira estruturada, e a análise de métricas como o tempo de ciclo, carga de trabalho atual por posto de trabalho e o giro rotativo no mercado de cada característica do produto. Possibilitando a partir dessa análise aprofundada dos dados, diferentes cenários para otimizar a eficiência da linha e uma maior assertividade na tomada de decisão.

No decorrer de todo o desenvolvimento do estudo, prezou-se por adquirir um bom entendimento do estado atual da linha produtiva estudada. Desta forma, a coleta e validações dos dados se deu de forma qualitativa e quantitativa.

4.3 APRESENTAÇÃO DO MODELO DE BALANCEAMENTO

Observa-se no Quadro 1, o quadro representativo do mapeamento produtivo do setor estudado com a presença de 13 colunas e as características do produto escolhidas devido a maior demanda de peça, estando as mesmas destacadas em negrito. As devidas informações presentes nas subdivisões, são características que compõe o produto, e foram necessárias neste estudo para realização do balanceamento de linha.

QUADRO 1 – MAPEAMENTO PRODUTIVO ATUAL E O LEVANTAMENTO DO TEMPO DE CICLO

Ordem	Postos de trabalho	Subdivisões									Tempo de Ciclo (s)	
		Família	Padrão construtivo	1	2	3	4	5	6	7		8
1	Abastecimento	1 2 3	A1 A2									27,70
2	Montagem	1 2 3	A1 A2	Tipo 1 Tipo 2 Tipo 3	Tipo 4 Tipo 5 Tipo 6							96,40
3	Estruturação do produto	1 2 3	A1 A2			Estrutura 1 Estrutura 2 Estrutura 3						72,00
4	Dimensional e Emenda	1 2 3	A1 A2				Tipo 7 Tipo 8	Tipo 9 Tipo 10	Tipo 11 Tipo 12			42,00
5	Ligação	1 2 3	A1 A2							Tipo 13 Grupo 1 Grupo 2 Grupo 3	Tipo 14 Grupo 1 Grupo 2 Grupo 3	76,00
6	Ensaio	1 2 3	A1 A2								Tipo 15 Tipo 16	22,50

FONTE: A autora (2023).

A primeira coluna descreve a ordem das atividades, uma vez que é necessário seguir uma sequência devido à natureza contínua da linha de produção. Na segunda coluna, são apresentadas as diferentes estações de trabalho, enquanto as colunas 3 a 12 representam as subdivisões necessárias para alcançar o produto final de maior demanda. A decisão de equilibrar efetivamente o processo de produção foi baseada na escolha de um produto com maior rotação no mercado, levando em consideração o amplo mix de produtos da empresa.

Sucintamente, na coluna 13 e na Figura 9 está ilustrado a sequência das atividades, bem como os tempos de ciclo referente a cada posto de trabalho.

FIGURA 9 – SEQUÊNCIA DAS ATIVIDADES E O TEMPO DE CICLO



FONTE: A autora (2023).

O setor analisado consta com um ritmo de trabalho que é dividido em dois turnos de oito horas, trabalhando todos na produção. A empresa adota como produtividade mensal uma meta de 86,50%, levando em consideração essas informações têm-se o tempo disponível de produção do setor.

Com base no tempo disponível de produção e a demanda mensal de 29.720, sendo ela a média dos 7 meses de acompanhamento, fornecida pelo Planejamento e Controle da Produção. Obteve-se o pulso da linha estudada, através do cálculo do *takt-time* exposto na Equação (2). Observa-se a seguir na Tabela 3 os dados obtidos de tempo disponível de produção e a demanda mensal, necessários para alcançar o valor do *takt-time* da linha estudada.

TABELA 3 – PARÂMETROS PARA O CÁLCULO DO *TAKT-TIME*

Tempo disponível	Mês	Dias	horas	minutos	Segundos
	1	21	8	480	28800
Turno	2				
Produtividade	86,50%				
Total de tempo disponível no mês	1.046.304				
Demanda mensal	29720				
Takt-time (s)	35,2				

FONTE: A autora (2023).

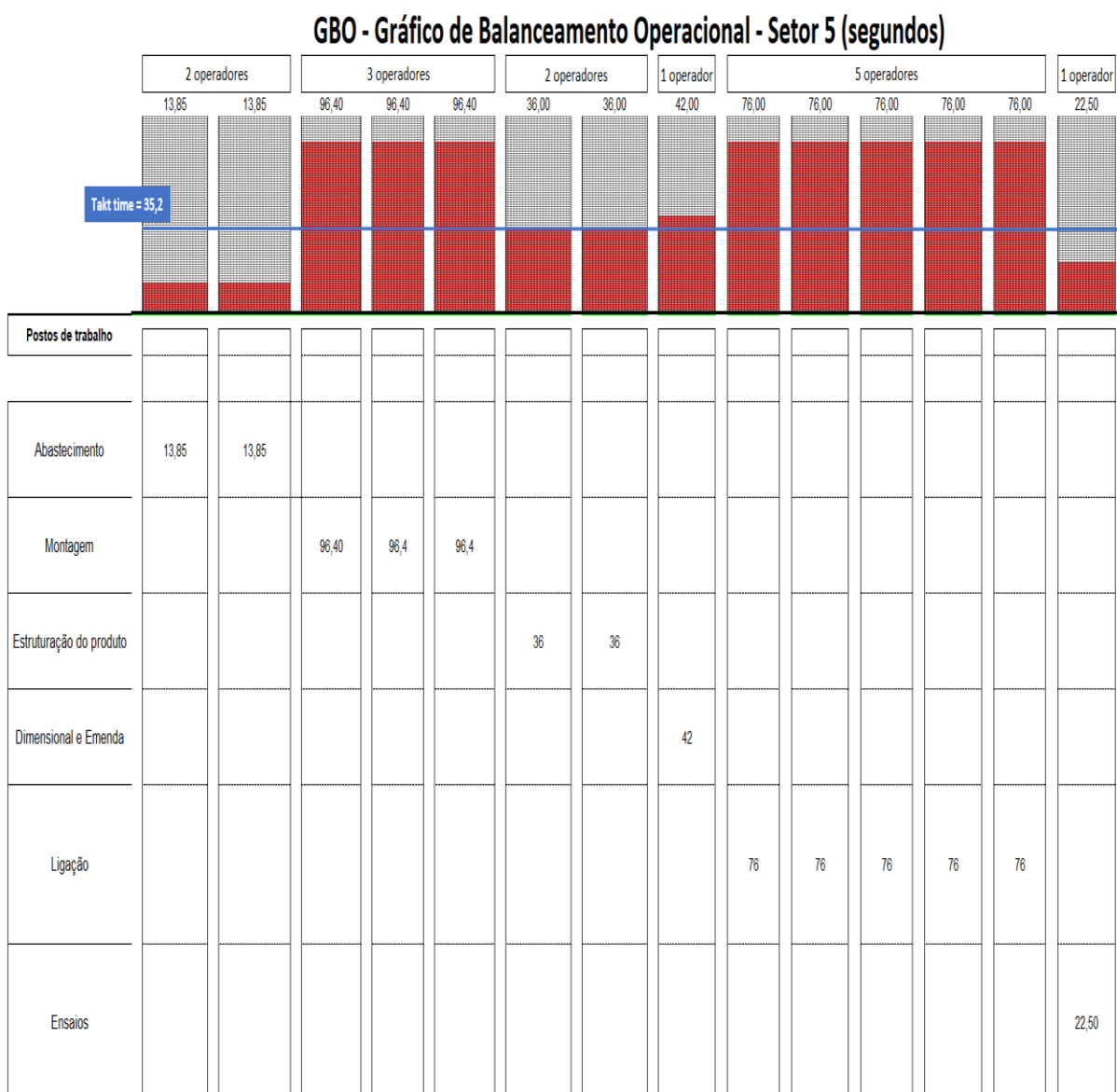
$$Takt\ Time = \frac{21 * 2 * 28.800 * 0,8650}{29.720} = 35,20 \quad (2)$$

O *takt-time* é fundamental no balanceamento de linha para possibilitar a sincronização da produção com a demanda do cliente. Necessário além disso, para a distribuição de tarefas, identificação de gargalos e oportunidades de melhorias. Quando utilizado o *takt-time* como referência é possível alinhar a produção com a demanda e otimizá-la.

A partir do *takt-time* da linha obtido e o levantamento do tempo de ciclo de cada posto de trabalho, foi possível elaborar o Gráfico de Balanceamento de Operadores (GBO), ferramenta essa que visa de forma visual, auxiliar no processo de balanceamento de linha e distribuir as tarefas entre os operadores de uma linha de produção de maneira equilibrada, tudo com base na comparação do tempo de ciclo coletado do posto de trabalho e do *takt-time* da linha.

O Quadro 2 ilustra claramente a capacidade do GBO (Gráfico de Balanceamento de Operações) de proporcionar uma visualização comparativa da carga de trabalho em toda a linha produtiva. Cada barra representada no gráfico corresponde ao tempo necessário que um operador leva para concluir a atividade atribuída ao seu posto de trabalho. Com base nisso e considerando o estado atual da linha produtiva em estudo, a Figura 13 apresenta a disposição dos operadores em cada posto de trabalho, juntamente com seus respectivos tempos de ciclo.

QUADRO 2 – GRÁFICO DE BALANCEAMENTO OPERACIONAL DO SETOR ANTES DA APLICAÇÃO



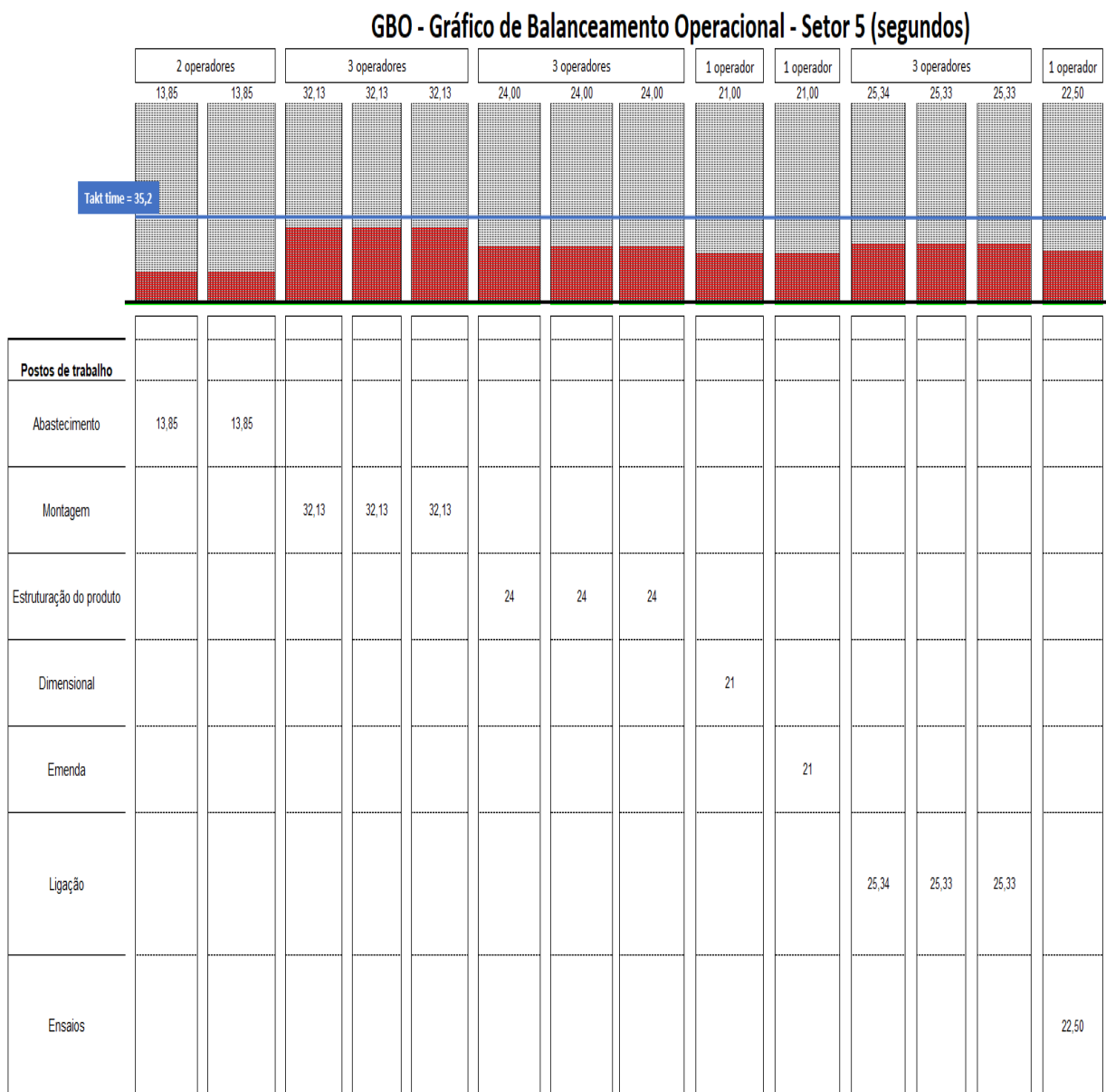
FONTE: A autora (2023).

Observa-se que a linha se encontra desbalanceada, ocasionando em gargalos. As atividades entre os postos de trabalho não se encontram distribuídas de forma equilibrada em termos de carga de trabalho, fazendo que o posto de trabalho 2, 4 e 5 lidem com um volume excessivo de trabalho, enquanto outros acabam tendo um volume menor, gerando ociosidade no posto de trabalho.

Durante o estudo, observou-se que as atividades apresentavam uma disposição centralizada entre os operadores. Isso significa que um único operador era responsável por executar todo o processo do início ao fim, assim como os demais operadores que ocupavam o mesmo posto de trabalho, resultando em um escoamento de peças em lotes para o próximo posto de trabalho, e desencadeando gargalos.

Essa configuração resultou em um desequilíbrio na linha produtiva, levando em consideração a evidente disparidade na distribuição das atividades na linha de produção do setor estudado, e mediante a obtenção completa dos dados necessários, foi desenvolvido o modelo de balanceamento proposto de acordo com as intenções do presente trabalho, conforme representado no Quadro 3.

QUADRO 3 – GRÁFICO DE BALANCEAMENTO OPERACIONAL OBTIDO



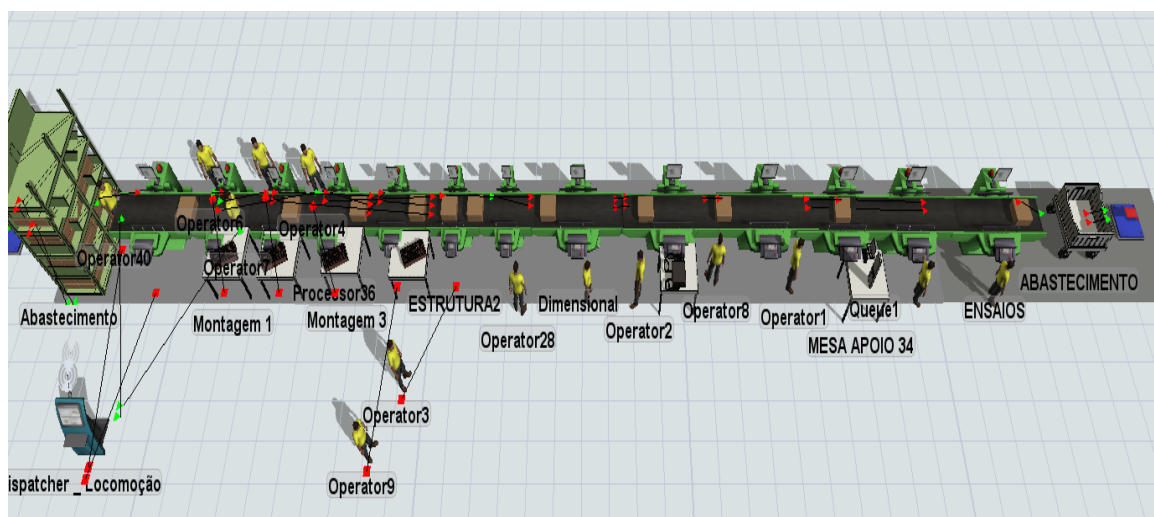
FONTE: A autora (2023).

Após a análise constatou-se que os postos de trabalho que excediam o *takt-time* não estavam operando em um fluxo contínuo, conforme evidenciado no Quadro 3. Além disso, o processo de produção empregado envolvia o envio de peças em lotes, com cada operador sendo responsável por executar todas as atividades em um determinado posto de trabalho, mesmo nos casos em que havia mais de um operador no posto de trabalho.

No entanto, com a implementação do modelo de balanceamento obtido, ocorreu uma transformação no sistema de trabalho, estabelecendo um fluxo contínuo e ritmado, havendo a distribuição das atividades entre os operadores. Esse novo modelo resultou na produção e movimentação de peças de forma unitária entre os postos de trabalho, em vez de em lotes.

Durante a análise, foi identificado a necessidade de dividir o posto de trabalho denominado anteriormente como “Dimensional e Emenda” em dois postos separados. Essa divisão foi estabelecida para melhorar a eficiência do processo produtivo, a fim de estabelecer um ritmo de produção e estabelecimento de processos. Na Figura 15, consta a simulação da linha produtiva balanceada.

FIGURA 10 – SIMULAÇÃO DA LINHA PRODUTIVA BALANCEADA



FONTE: A autora (2023).

Ao analisar o balanceamento obtido na Figura 10, é possível observar que no primeiro posto de trabalho, chamado de abastecimento, o tempo de ciclo necessário para realizar as atividades desse posto poderia ser alocado a um único operador. No entanto, considerando o contexto real da linha de produção, mesmo que o tempo necessário não ultrapasse o *takt-time* estabelecido, é requerido o trabalho de dois operadores para alimentar a linha. Detalhes adicionais sobre essa necessidade serão abordados no capítulo 4.4, através do Processo Operacional Padrão (POP).

Em suma, ao examinar o gráfico de balanceamento obtido, é possível observar uma distribuição mais equilibrada das tarefas ao longo da linha produtiva. Essa distribuição nivelada resultou em um fluxo de produção mais eficiente e

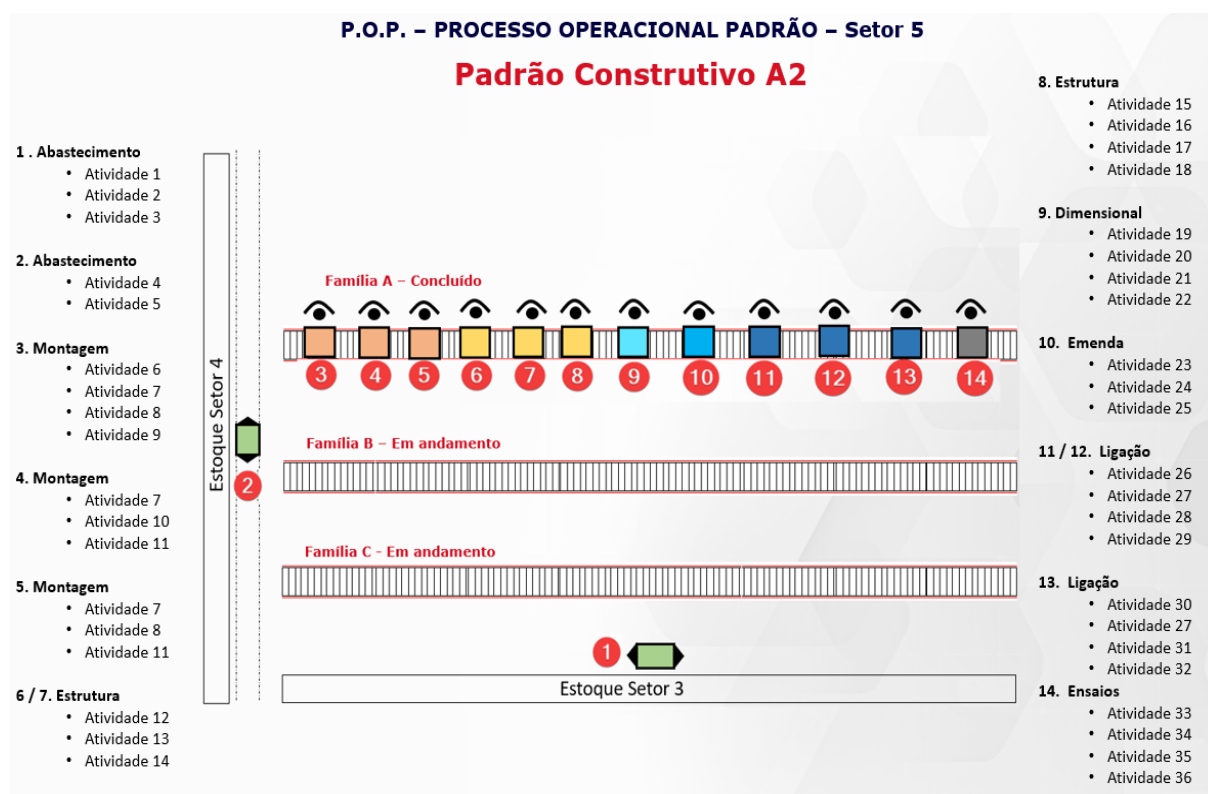
otimizado. Essa melhoria no fluxo de trabalho foi alcançada por meio da implementação de um processo que equilibra a carga de trabalho entre os operadores, evitando gargalos e maximizando a utilização dos recursos disponíveis.

4.4 PROCESSO OPERACIONAL PADRÃO

Visto a realização do mapeamento produtivo, observou-se a oportunidade de elaborar o Processo Operacional Padrão (POP) do setor produtivo, a fim de disponibilizar ao setor estudado a disposição de operadores em cada respectivo posto de trabalho e as atividades a serem realizadas.

Dessa forma, as atividades abaixo foram empregadas para cada operador, com o objetivo de padronizar os processos operacionais de forma que contribua com a eficiência, qualidade e consistência do balanceamento realizado.

FIGURA 11 – PROCESSO OPERACIONAL PADRÃO DA LINHA ESTUDADA



FONTE: A autora (2023).

Conforme mostra a Figura 11, a partir do modelo de balanceamento obtido, foi possível analisar e alocar as atividades de maneira eficiente, dado que o POP desempenha um papel importante na melhoria contínua do balanceamento de linha.

No decorrer da implantação, os operadores receberam treinamento de acordo com as novas adequações de atividades, o que resultou em um processo de produção mais estável e padronizado, garantindo que os operadores trabalhassem em um ritmo constante, fazendo que a movimentação de peças se desse de forma unitária.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, as evidências apresentadas no presente trabalho, evidenciam que os resultados obtidos neste estudo foram positivos, apresentando um impacto significativo no desempenho do processo produtivo. Foi constatado um aumento de 4,6% na produtividade, cuja observação se estendeu ao longo de um intervalo de duas semanas durante a execução do modelo de balanceamento desenvolvido no presente trabalho. Esse resultado foi comparado com a produtividade do setor de semanas anteriores, demonstrando a eficácia das medidas implementadas.

Além disso, houve uma redução significativa no *lead time*, dado que a média do *lead time* antes do balanceamento era de 1.260 segundos, e após o balanceamento a média do *lead time* passou a ser 336,59 segundos, uma redução de 923,41 segundos que representa um percentual de redução de 73,29%, que impacta diretamente na eficiência operacional, custos, flexibilidade, satisfação do cliente, entre outros aspectos que contribuem para a agilidade e eficiência do sistema.

No entanto, é importante mencionar que a implementação dessas melhorias foi concretizada por meio da adoção do balanceamento de linha, o qual proporcionou a instauração de um ritmo de trabalho mais eficaz e favoreceu a diminuição de gargalos, embora não sendo isenta de desafios. Dentre as principais dificuldades encontradas durante o presente estudo, destaca-se a resistência de alguns operadores diante das alterações propostas.

A introdução de um novo ritmo de trabalho, a realocação de tarefas e a adoção de novos processos podem gerar insegurança e resistência por parte dos colaboradores. A qual, foram necessárias estratégias e a demonstração dos benefícios das melhorias para superar essa resistência e obter a adesão dos colaboradores às mudanças propostas.

Em virtude do exposto, os resultados alcançados demonstram a importância e os benefícios das melhorias implementadas. Além disso, é importante mencionar a necessidade de um acompanhamento contínuo a fim de manter o balanceamento da linha produtiva e estar em constante melhoria contínua realizando ajustes que venham a somar, visto a necessidade de um gerenciamento de perto na linha de produção dando constância ao trabalho e criando a cultura do novo modelo obtido para a devida linha produtiva.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nos resultados e nas melhorias alcançadas neste estudo, observa-se diversas oportunidades para pesquisas futuras que possam contribuir ainda mais para o aprimoramento do sistema produtivo da empresa. Um aspecto a ser explorado é o balanceamento para os demais produtos existentes no mix produtivo, dado que no presente trabalho de três famílias de produtos, foi balanceado apenas 1, com um padrão construtivo específico.

Com base nessas análises, é possível identificar ainda mais oportunidades de melhoria no balanceamento dos postos de trabalho e na alocação de recursos, visando sempre um fluxo contínuo e otimizado. Em suma, explorar o balanceamento dos demais produtos existentes no mix produtivo representa uma área promissora para futuras pesquisas. Essa abordagem permitirá uma visão mais abrangente e aprofundada do sistema produtivo, contribuindo para a busca contínua de eficiência, produtividade e excelência operacional.

REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, F. M. **Lean Manufacturing tools and techniques in the process industry with a focus on steel**. University of Pittsburgh, 2003.
- AGOSTINHO, D. **Tempos e métodos aplicados à produção de bens**. Curitiba: Intersaberes, 2015.
- ALVAREZ, Roberto; ANTUNES JR. **Takt-time: Conceitos e Contextualização DDentro do Sistema Toyota de Produção**. GESTÃO & PRODUÇÃO v.8, n.1, p.1-18, abr. 2001.
- ALVES, J. M.; BERTELLI, C. R. **Redução do tempo de ciclo de Importação de Materiais através da aplicação do mapeamento do fluxo de valor**. SIMPÓSIO - SIMPOI, 2009.
- ANIS, G. C. **A importância dos estudos de tempos e métodos para o Controle da Produtividade e Qualidade**. MBA em qualidade e produtividade, 2010.
- ANTUNES JR., J.: **Em Direção a uma Teoria Geral do Processo na Administração da Produção: uma Discussão Sobre a Possibilidade de Unificação da Teoria das Restrições e a Teoria que Sustenta a Construção dos Sistemas de Produção com Estoque Zero**. Tese de doutorado em Administração de Empresas, Programa de Pós-Graduação em Administração da UFRGS, Porto Alegre, RS, 1998.
- BACHMANN, D. L.; BACHMANN, C. L. **O uso de Indicadores de Desempenho na Produção de Materiais Cerâmicos**. Curitiba, 2004.
- BARNES, R. M. **Estudos de movimentos e de tempos: Projeto e medida do trabalho**. 6.ed. São Paulo: Blucher, 1999.
- BARROS, A. D.; MOCCELLIN, J. V. **Análise da flutuação do gargalo em flow shop permutacional com tempos de setup assimétricos e dependentes da sequência**. Gestão & Produção, vol. 11, p. 101-108, 2004.
- BATALHA, M.O. **Gestão agroindustrial**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. **Operations management research methodologies using quantitative modeling**. International Journal of Operations & Production Management, v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002.
- BLACK, J. T.; HUNTER, S. L. **Lean manufacturing system and cell design**. 2003.
- BONATO, S. V.; MEDEIROS, J. L. B.; PEREIRA JUNIOR, E. F. Z.; AMARAL, I. **Reduzindo Custos e Otimizando Rotas no Transporte Através do Método Milk Run: Um Estudo de Caso**. Revista FSA (Centro Universitário Santo Agostinho), v. 17, n. 10, p. 31-51, 2020.
- BOYSEN, N.; FLIEDNER, M.; SCHOLL, A. **A classification of assembly line balancing problems**. European Journal of Operational Research. V. 183, p. 674-693. 2007.
- BRYTON, B. **Balancing of a continuous production line**. Management Science thesis, North-Western University, 1954.
- DAVIS, M.; AQUILANO, N.; CHASE R. **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

- DEMBOGURSKI, R. **Balanceamento de linha de produção**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção-ENEGEP. Rio de Janeiro, 2008.
- DOTTO, Ariel Rugiéri. **Proposta de balanceamento de uma linha de montagem em uma empresa do ramo Metal Mecânico**. Horizontina, 2016.
- FRANDSON, A.; BERGHEDE, K.; TOMMELEIN, I. D. **Takt Time Planning for Construction of Exterior Cladding**. 21TH ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, Fortaleza, 2013.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo, 2005.
- GALVÃO, D. **Projeto de Instalações Industriais**. 1. ed. Mogi das Cruzes, 2018.
- GHINATO, P. **Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção**. 2000.
- GOLDRATT, E.; FOX, J. **A meta: um processo de aprimoramento contínuo**. São Paulo: Educador, 1997.
- GORI, R. M. **O balanceamento de uma linha de montagem seguindo a abordagem lean manufacturing**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2012.
- KUMAR, N.; MAHTO, D. **Assembly Line Balancing: A Review of Developments and Trends in Approach to Industrial Application**. Global Journal of Researches in Engineering, Industrial Engineering, Vol. 3 Iss. 2, 2013.
- LIMA, M. L. S. C.; ZAWISLAK, P. A. **A produção enxuta como fator diferencial na capacidade de fornecimento de PMEs**. Revista da Produção, 2003.
- MARQUELI, C. A. **Gargalos da Produção**. 2008.
- MARTINS, R. A.; COSTA NETO, P.L. **Indicadores de Desempenho para a Gestão da Qualidade Total: Uma Proposta de Sistematização**. Revista Gestão & Produção. Vol. 5, n. 3, p. 298-311, 1998.
- MARTINS, P.; LAUGENI, F. **Administração da produção**. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2006.
- MEYERS, F. E.; STEWART, J. R. **Motion and Time study for Lean Manufacturing**. 2011.
- MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage, 2014.
- NASCIMENTO, F. P.; SOUSA, F.L.L. **Metodologia da pesquisa científica teoria e prática: como elaborar TCC**. Fortaleza: INESP, 2016.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. 1ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PARANHOS FILHO, M. **Gestão da Produção Industrial**. Curitiba: Ibplex, 2007.
- ROCHA, D.R. **Balanceamento de linha – Um enfoque simplificado**. 2005.
- ROCHA, R.P.; OLIVEIRA, C.C. **Balanceamento de Linha: Estudo de caso na produção de Boneless Leg (BL) em um frigorífico de aves**. XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 2007, Foz Iguaçu/PR.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando o Fluxo Contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.

RUIZ, J. A. **Metodologia científica: guia para eficiência nos estudos**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

SALVESSON, M.E. **The assembly line balancing problem**. Journal of Industrial Engineering, vol. 6 N° 3, 1955.

SASSI, Ilson Antonio. **Balanceamento de linha: estudo de caso para otimização de recursos em uma linha de produção**. UTFPR, Medianeira, PR, 2012.

SCHOLL, A.; BECKER, C. **State-of-the-art exact and heuristic solution procedures for simple assembly line balancing**. European Journal of Operation Research. V. 168, p. 666-693. 2006.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

SIHOMBING, H.; AKBAR, H.; PERUMAL, P.; YAAKOB, M. Y.; RAZAK, J. A. **Real of simply assembly line balancing using fact-model**. International Journal of Computer and Electrical Engineering. V. 4, n. 6. 2012.

SIVASANKARAN, P.; SHAHABUDEEN, P. **Literature review of assembly line balancing problems**. Int. J. Adv. Manuf. Technol. V. 73, p. 1665-1694. 2014.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

TAKASHINA, N. T.; FLORES, M. C. X. **Indicadores da qualidade e do desempenho: como estabelecer metas e medir resultados**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.

TAPPING, D.; LUYSTER, T.; SHUKER, T. **Value Stream Management: eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements**. New York: Productivity Press. 2002.

TAPPING, D.; SHUKER, T. **Lean Office: Gerenciamento do Fluxo de Valor para áreas Administrativas**. 1. ed. São Paulo: Leopardo Editora, 2010.

TUBINO, D.F. **Planejamento e Controle da Produção – Teoria e Prática**. São Paulo: Atlas, 2007.

TUBINO, D. F. **Sistemas de Produção: a produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre: Bookman, 1999.

WERKEMA, Cristina. **Criando a Cultura Lean Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2012. 2 v.

YAZGAN, H. R.; BEYPINAR, I.; BORAN, S.; OCAK, C. **A new algorithm and multiresponse Taguchi method to solve line balancing problem in an automotive industry**. Int. J. Adv. Manuf. Technol. V. 57, p. 379-392. 2011.