



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**BALANCEAMENTO DE LINHA DE MONTAGEM: CALÇADOS COM  
IMPRECISÃO DA DEMANDA**

VICTOR GONÇALVES ARAÚJO

JOÃO PESSOA – PB

2023

VICTOR GONÇALVES ARAÚJO

**BALANCEAMENTO DE LINHA DE MONTAGEM: CALÇADOS COM  
IMPRECISÃO DA DEMANDA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba como um dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

João Pessoa – PB

2023

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

A663b Araujo, Victor Goncalves.

BALANCEAMENTO DE LINHA DE MONTAGEM: CALÇADOS COM  
IMPRECISÃO DA DEMANDA / Victor Goncalves Araujo. - João  
Pessoa, 2023.

41 f.

Orientação: Paulo Rotella Júnior.

TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Balanceamento. 2. Eficiência. 3. GBO. 4.  
Processo. 5. Takt time. I. Rotella Júnior, Paulo. II.  
Título.

UFPB/BSCT

CDU 658.566(043.2)



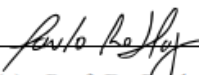
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

## FOLHA DE APROVAÇÃO


Aluno(a): Victor Gonçalves Araújo

Título do trabalho: Balanceamento de linha de montagem: calçados com imprecisão da demanda

Trabalho de Conclusão do Curso defendido e aprovado em 01/06/2023 pela banca examinadora:

  
Orientador(a) - Prof. Dr. Paulo Rotella Junior

Examinador(a) interno - Prof. Dr. Rogério Santana Peruchi

  
Examinador(a) externo - Prof. MSc. Arthur Leandro Guerra Pires (Unifei)

## RESUMO

O balanceamento de linha busca otimizar e sincronizar o processamento de um produto de forma que seja possível atender a demanda na quantidade e data prevista. Em uma célula de montagem de calçado observou-se uma demanda de 420 pares por dia contra uma capacidade de célula de 815 pares por dia, trazendo assim uma eficiência de 45,3% para o processo produtivo. Buscando o aumento de eficiência de seus processos muitas empresas aplicam técnicas de balanceamento de linha, assim como é o objeto de estudo desta pesquisa. A partir de um estudo de caso, foi desenvolvido um estudo de balanceamento de uma célula de montagem em uma empresa calçadista onde foi feito o redimensionamento da capacidade da célula de montagem através do Gráfico de balanceamento operacional (GBO), buscando o alinhamento da capacidade linha de montagem com a demanda proposta para o calçado. Após a comprovação de que o balanceamento proposto possibilitava melhores resultados, este foi validado, apresentado e implementado no processo produtivo. Com a implementação do novo GBO a eficiência saltou para 61,6%, onde este representa um ganho de 16,3%. Dessa forma, a melhoria gerou ganhos estimados anuais de aproximadamente R\$ 197.362.

**Palavras chave:** Balanceamento, Eficiência, GBO, Processo, *Takt time*.

## **ABSTRACT**

*Line balancing aims to optimize and synchronize the processing of a product in order to meet the demand in the expected quantity and timeframe. In an assembly cell for footwear, a demand of 420 pairs per day was observed against a cell capacity of 815 pairs per day, resulting in a production process efficiency of 45.3%. Many companies apply line balancing techniques to increase the efficiency of their processes, which is the subject of this research. Based on a case study, a balancing study was developed for an assembly cell in a footwear company, where the resizing of the assembly cell capacity was done using OBC aiming to align the assembly line capacity with the proposed footwear demand. After confirming that the proposed balancing enabled better results, it was validated, presented, and implemented in the production process. With the implementation of the new OBC the efficiency jumped to 61.6%, representing a gain of 16.3%. As a result, the improvement generated estimated annual gains of approximately R\$ 197,362.*

**Keywords:** *Line balancing, Efficiency, OBC, Process, Takt time.*

## **LISTA DE SIGLAS**

GBO – Gráfico de balanceamento operacional

TT – *Takt Time*

STP – Sistema Toyota de Produção

MTM - *Methods Times Measurement*

MOD – Mão de obra

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação de linha de montagem .....	16
Figura 2 – Tempo das operações de linha de montagem.....	17
Figura 3 – Representação de gráfico de balanceamento operacional .....	21
Figura 4 – Gráfico GBO de linha de montagem.....	29
Figura 5 – Gráfico GBO redimensionado .....	35
Figura 6 – GBO Antes x Depois.....	37

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Classificação de pesquisa .....	22
Quadro 2 – Procedimento de coleta de dados.....	23

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Postos de trabalho balanceados .....	18
Tabela 2 – Jornada de trabalho por turno .....	25
Tabela 3 – Descrição de tempo e MOD alocada em linha de montagem.....	26
Tabela 4 – Capacidade produtiva por operador.....	27
Tabela 5 – Capacidade produtiva de linha de montagem.....	28
Tabela 6 – Soma dos tempos ociosos .....	30
Tabela 7 – Tempo operacional de GBO redimensionado.....	31
Tabela 8 – Diferença no tempo operacional.....	33
Tabela 9 – Capacidades produtivas redimensionadas .....	34
Tabela 10 – Tempo ocioso de GBO redimensionado.....	36
Tabela 11 - Comparativo de mão de obra antes x depois.....	38
Tabela 12 – Comparativo de indicadores de GBO .....	38
Tabela 13 – Comparativo de eficiência .....	39
Tabela 14 – Ganhos estimados de melhoria .....	39

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	12
1.1. Delimitação do problema.....	12
1.2. Objetivos.....	14
1.2.1. Objetivo geral .....	14
1.2.2. Objetivos específicos .....	15
2. Referencial teórico .....	15
2.1. Balanceamento.....	15
2.1.1. Tempo de ciclo.....	17
2.2. <i>Takt Time</i> .....	18
2.3. <i>MTM – Methods Times Measurement</i> .....	19
2.4. Grafico de balanceamento operacional GBO .....	20
3. Metodologia .....	22
3.1. Abordagem metodológica.....	22
3.2. Método de coleta e análise de dados .....	23
3.3. Contexto da pesquisa.....	24
4. Resultados e discussões.....	25
4.1. Descrição do processo .....	25
4.2. Propor melhoria para dimensionamento de GBO .....	31
4.3. Comparativo entre GBO anterior e GBO redimensionado.....	37
5. Considerações finais.....	40
6. Referências bibliográficas .....	41

## **1. Introdução**

O presente estudo trata-se de um Trabalho de Conclusão de Curso de graduação de Engenharia de Produção da UFPB. Este consiste em uma proposta de melhoria de balanceamento de uma linha de montagem de calçados localizada no nordeste brasileiro. O estudo tem natureza quantitativa e qualitativa e aborda indicadores de eficiência de balanceamento visando um melhor custo de produção.

### **1.1. Delimitação do problema**

Considerando o ambiente industrial cada vez mais competitivo, as empresas necessitam fazer uma boa gestão de seus recursos, a fim de alcançar menores custos, e assim se manterem competitivas frente aos seus concorrentes. Uma forma de fazer essa gestão é através da análise de balanceamento dos processos produtivos.

Na empresa onde esta pesquisa se desenvolveu, utiliza-se como indicador de medida para verificação do balanceamento, a análise de eficiência do gráfico de balanceamento operacional (GBO), que sinaliza a eficiência do balanceamento que a linha de montagem opera. Esta empresa fabrica calçados abertos, do tipo sandália de borracha, com etapas de colagem. Uma característica deste processo é o uso intensivo de mão de obra, o que traz maior necessidade de acompanhamento por parte da engenharia industrial, que por sua vez, faz acompanhamento sistemático das rotinas operacionais, tempos de produção e balanceamento de produção.

Segundo dados da Federação das Indústrias do Estado da Paraíba (2022), o setor calçadista é importante dentro do estado da Paraíba, pois gera, diretamente e indiretamente, mais de 10.000 postos de trabalho, sendo de extrema importância para a movimentação da economia. Ainda, até o mês de setembro de 2022, o setor calçadista exportou mais de 42 milhões de pares de calçados, sendo o setor com maior representatividade na balança de exportações do estado.

O balanceamento da produção é uma atividade de extrema importância dentro de sistemas produtivos, onde este engloba todas as atividades sequenciais de um processo (SILVA; PORTO, 2008). Assim, este busca mapear e equalizar as capacidades produtivas das operações, buscando torna-lo mais eficiente.

Silva e Porto (2008) ainda comentam que o processo de fabricação de calçados se trata de um processo onde existem um grande número de operações manuais, e por isso,

o balanceamento é uma importante ferramenta para equalização das operações, assim como a alocação equilibrada entre os setores produtivos.

Como indicado, na empresa foco desta pesquisa, a análise de balanceamento é de responsabilidade da engenharia industrial. O setor é o responsável pela definição do método a ser seguido por parte da produção. Através da definição do método é possível mapear e sequenciar todas as atividades ligadas a fabricação dos calçados. Por meio de melhorias no balanceamento de uma linha produtiva, é possível tornar o processo mais eficiente através da redução de custos, e isso é feito por meio da medida do GBO.

O autor desta pesquisa faz parte da engenharia industrial desta empresa, sendo responsável por analisar e balancear os processos de montagem de calçados e acompanhou a análise da proposta para implementação de balanceamento em uma linha de montagem de um calçado a ser lançado, que ainda não possui uma demanda bem definida. A falta de demanda trazia dificuldade para o dimensionamento do *Takt Time*, que é uma medida importante para a definição da capacidade da linha, pois indica o quanto deve ser o volume de produção no tempo para atendimento da demanda. Na incerteza da informação da demanda, por se tratar de um produto em lançamento, o estudo do balanceamento se mostrava de difícil execução.

Isso chamou atenção do setor de engenharia industrial, já que cabe a este a atividade de balancear as linhas e acompanhar o desempenho do balanceamento. Para exemplificar, em uma determinada célula de montagem de um calçado, a engenharia industrial observou uma medida de eficiência diária de 45,3%, isto mostrou-se crítico, chamando sua atenção, fazendo com que ela busque propor uma melhoria de eficiência do processo.

Como já dito, dentro dos parâmetros para o estudo do balanceamento está inserido o *Takt Time* (TT). Segundo Tubino (2017), este é um dos conceitos básicos da estratégia de manufatura, sendo entendido como o ritmo no qual é medido a produção. Desta forma, este auxilia a delimitar a capacidade produtiva de um processo e consequentemente a capacidade de atendimento a demanda do cliente.

De acordo com Barnes (1977), o ponto de partida para a realização de um balanceamento de uma linha de produção é através da determinação do tempo que um operador leva para realizar uma determinada atividade. Ele é definido como ritmo, onde este é utilizado para a definição do tempo padrão da operação. A partir da distribuição do

tempo das operações é determinado o tempo de ciclo, que será comparado ao *takt time* e partir daí buscar o arranjo ideal para que o tempo de ciclo esteja alinhado com o *takt time*.

É de extrema importância a capacidade da linha produtiva estar atrelada ao atendimento da necessidade do cliente, para que seja feito somente o atendimento da demanda, e este sem geração de estoques adicionais, ou seja, quanto menor o nível de estoques, mais eficiente e enxuto o processo produtivo será.

Isso é importante porque de acordo com Shingo (1996), no período anterior ao Sistema Toyota de Produção (STP), a existência dos estoques era tolerada. Entretanto o STP sinaliza que as capacidades produtivas devem ser ajustadas para que não haja produção excedente, ou seja, geração de estoques, e ao mesmo tempo atender a demanda. Este autor complementa ainda que tal conceito não visa a eliminação implacável do estoque, e sim, a da redução de custos, sendo a eliminação dos estoques um meio para o alcance do objetivo.

Tubino (2017) ressalta que os estoques são a causa ou a consequência das sete perdas combatidas pela estratégia da manufatura enxuta: superprodução, espera, transporte, processamento, estoque, movimentos desnecessários e produtos defeituosos. Além disso, Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) afirmam que a eficiência com que uma operação converte seus recursos de transformação em produtos transformados irá determinar o custo de seus produtos e serviços.

Diante deste contexto, observando a importância do estudo do balanceamento para minimização dos estoques, aumento da eficiência produtiva, redução dos custos operacionais e promoção da competitividade, associado aos problemas enfrentados pela empresa, foco desta pesquisa, em executar o balanceamento de suas linhas de montagem de calçados, para melhorar seus índices de eficiência, foi definido o balanceamento como tema deste trabalho. Com base nessas informações, fica a questão: como executar uma proposta de balanceamento de linha com imprecisão da demanda e baixa demanda, e qual o impacto do balanceamento na eficiência de uma linha de montagem de calçados?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo geral**

Demonstrar o ganho de eficiência a partir da aplicação de um balanceamento em uma linha montagem de calçados.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Mapear o processo produtivo de fabricação de calçados da empresa;
- Identificar e coletar os tempos das operações das etapas produtivas;
- Aplicar o estudo de balanceamento em uma célula de montagem da empresa;
- Demonstrar os dados de eficiência após aplicação do balanceamento.

## 2. Referencial teórico

### 2.1. Balanceamento

Conforme Tubino (2015), as linhas de montagem surgiram através do modelo de produção de Henry Ford, que naquele momento substituía a montagem artesanal. Nesse contexto, Ford conseguiu padronizar as operações, e colocar ritmo na linha produtiva.

Laugeni e Martins (2015) comentam que uma série de trabalhos comandados pelo operador e que executados em sequência, através de postos de trabalho, com ou sem auxílio de máquinas pode ser definido com linha de montagem. Ainda, dentro deste fluxo a busca pela otimização da quantidade de operadores, tempo de máquinas e operações é definido como balanceamento de linha.

Lozada, Rocha e Pires (2017) afirmam que o balanceamento de linha busca equalizar as tarefas dentro das estações de trabalho de modo que estas demandem o mesmo tempo para sua execução, de modo a reduzir a ociosidade entre os postos. De acordo com Aguiar *et al.* (2007) o tempo das operações de cada um dos operadores dentro de uma linha deve ser o mais alinhado possível, de modo que não exista atraso entre as demais e dessa forma tendo maior aproveitamento da mão-de-obra. Em adição, o autor enfatiza que a principal dificuldade de se balancear uma linha de produção está na problemática de conseguir agrupar operações para que estas tenham o mesmo tempo de duração.

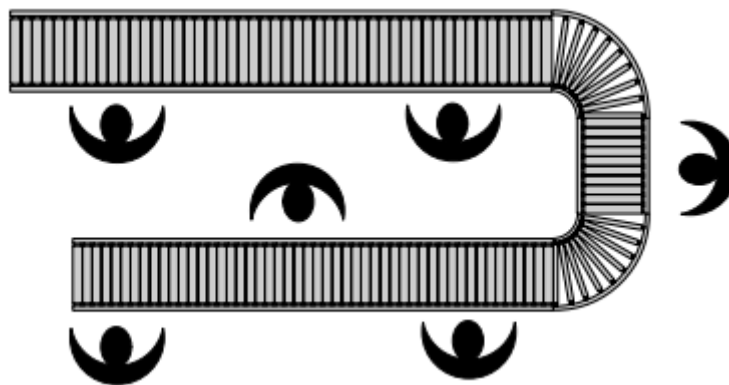
Dembogurski *et al.* (2008) afirmam que o balanceamento de uma linha de produção surge para buscar otimizar e sincronizar o processamento de um produto ou serviço de modo que este consiga atender a demanda na quantidade e data prevista. Para Almeida (2015), a melhoria de balanceamento de uma linha de produção pode aumentar a eficiência dos recursos empregados, e com isso, minimizar os custos de produção. Ainda, Aguiar *et al.* (2007) comentam que no contexto do arranjo de uma linha de

montagem, as estações de trabalho são definidas de acordo com a sequência do produto a ser montado e dentro deste fluxo, uma vez definido, o produto percorre por entre as estações. Dentro deste cenário é possível obter um rápido de fabricação bem como a padronização dos produtos fabricados.

Lozada, Rocha e Pires (2017), comentam que o lugar ideal para aplicação de balanceamento são as linhas de produção, devido ao seu tipo de arranjo e fluxo contínuo. Além disso, a sequência de atividades é preestabelecida e definida pelos sequenciamento de atividades dentro do produto a ser fabricado. Ainda, os autores enumeram alguns benefícios que podem surgir através da aplicação de um balanceamento de linha. São eles:

- 1) Melhor aproveitamento dos recursos (mão de obra, máquinas e outros);
- 2) Minimização da ociosidade dos recursos;
- 3) Redução de atrasos e esperas entre atividades;
- 4) Redução do estoque em processamento;
- 5) Aumento da capacidade.

Figura 1 – Representação de linha de montagem



Fonte: Aguiar *et al.* (2007).

A Figura 1, representa uma linha de montagem, onde é possível observar cada um dos operadores em seus postos de trabalho.

Com base na importância da aplicação de um balanceamento dentro de uma linha de produção, Lozada, Rocha e Pires (2017) apresentam 8 etapas para a implementação de um balanceamento. São elas:

- 1) Divisão das operações em elementos que permitam a execução do trabalho de modo independente;
- 2) Apuração do tempo padrão dos elementos do trabalho;
- 3) Definição da sequência adequada das tarefas;
- 4) Desenho do diagrama de precedências;
- 5) Apuração do tempo de ciclo e número mínimo de estações de trabalho;
- 6) Atribuição das tarefas às estações de trabalho, de acordo com a ordem de montagem, considerando as seguintes regras:
- 7) Revisão do balanceamento, verificando se existe possibilidade de melhorias, distribuindo uniformemente eventual tempo ocioso entre as estações;
- 8) Apuração do percentual de tempo ocioso e índice de eficiência da linha de produção.

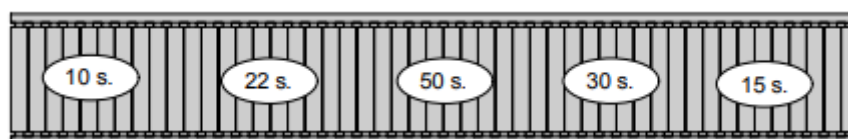
Tubino (2015) afirma que a demanda é o ponto inicial para o balanceamento de uma linha de produção. E para tal, através da definição *takt time* e tempo de ciclo, será possível dimensionar a linha, para que esta possa atender as necessidades demanda dos clientes. Estes dois temas serão discutidos nas próximas seções

### 2.1.1. Tempo de ciclo

Segundo Aguiar *et al.* (2007), o tempo de ciclo é definido como o tempo que uma linha de produção leva para um produto seja montado. Assim, esta é o tempo máximo de todas as estações nas quais o produto precisa passar para este seja finalizado, ou seja o tempo de ciclo será definido como a soma do tempo de todas as tarefas dentro da linha. Pode-se evidenciar o tempo de ciclo através da Equação 1.

$$\text{Tempo de ciclo} = \text{Soma do tempo das operações} \quad (1)$$

Figura 2 – Tempo das operações de linha de montagem



Fonte: Aguiar *et al.* (2007).

Na Figura 2 é possível observar o sequenciamento das operações e seus respectivos tempos. Pode-se observar que a atividade mais longa possui 50 segundos de duração. Assim, neste posto, uma peça será produzida a cada 50 segundos. Ainda, por ser a operação mais lenta, ela é definida como operação gargalo.

Tomando como base o exemplo da Figura 2 e assumindo um posto de trabalho A com a soma dos tempos das duas primeiras atividades  $10s + 22s = 32s$ , e o posto de trabalho C com as duas últimas atividades, sendo  $30s + 15s = 45s$ , pode-se observar a seguinte tabela.

Tabela 1 – Postos de trabalho balanceados

Estação de trabalho	Tarefas	Tempo de trabalho (segundos)	Tempo total disponível (segundos)	Tempo Ocioso (segundos)
A	1ª e 2ª operações	32	50	18
B	3ª operação	50	50	0
C	4ª e 5ª operações	45	50	5

Fonte: Aguiar *et al.* (2007)

Fica evidente que o tempo gargalo mesmo após o arranjo permanece em 50s, dessa forma, de posse dos tempos das atividades, é possível realizar diversos tipos de arranjo, que busquem maior eficiência dos recursos produtivos.

Conforme Laugeni e Martins (2015), para que seja possível realizar o balanceamento de uma linha, é necessário determinar o tempo de intervalo entre a fabricação de duas peças consecutivas dentro da linha.

## 2.2. Takt Time

De acordo com Liker e Franz (2013), *Takt* é o termo alemão para “compasso”. Na produção ele é definido como a taxa média de demanda do cliente. Assim, um *takt* de 60 segundos em uma montadora sinaliza que um produto deve ser produzido a cada 60 segundos, com base na demanda do cliente.

Dennis (2011) define a frequência de demanda, ou seja, a frequência na qual deve ser fabricado um produto. Esta é calculada conforme a equação 2.

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível}{Demanda} \quad (2)$$

Através da Equação 2, o *Takt Time* é calculado com base no tempo disponível na linha de produção.

Gussoni *et al.* (2011) afirmam que a aplicação do *takt time* para orientação do balanceamento é uma ferramenta importante para auxílio a programação da produção.

Munido dos conceitos de tempo de ciclo e *takt time*, é necessário realizar a aferição dos tempos das operações dentro de uma linha de montagem. O conceito para a construção dos tempos dentro do presente estudo será apresentado na seção a seguir.

### 2.3. MTM – *Methods Times Measurement*

De acordo com Corrêa e Corrêa (2022), o uso de padrões de tempo predeterminados busca a eliminação da necessidade de estudo de tempos. Uma forma de realizar esta análise, é através da utilização do *Methods Times Measurement* (MTM), que se baseia na utilização de padrões definidos e que utilizam de fatores de correção, de acordo com as condições do trabalho. Assim, o MTM determina o tempo necessário para a realização de uma operação através da análise dos movimentos manuais, atribuindo um valor para cada micro movimento.

Assim, de acordo com Laugeni e Martins (2015), a determinação do tempo padrão é importante para:

- 1) Estabelecer padrões para os programas de produção, a fim de permitir o planejamento da fábrica, utilizando com eficácia os recursos disponíveis e, também, avaliar a performance de fabricação em relação ao padrão existente;
- 2) Fornecer os dados para a determinação dos custos padrões, visando o levantamento de custos de fabricação, definição de orçamentos e estimativa do custo de um produto novo;
- 3) Prover fundamentos para o estudo de balanceamento de estruturas de produção, comparar roteiros de fabricação e analisar o planejamento de capacidade.

Para analisar os tempos definidos pelo MTM, a utilização do gráfico de balanceamento operacional auxilia a tomada de decisão devido a facilitação da

compreensão do resultado. Consequentemente, os conceitos de gráfico de balanceamento operacional serão apresentados na seção a seguir.

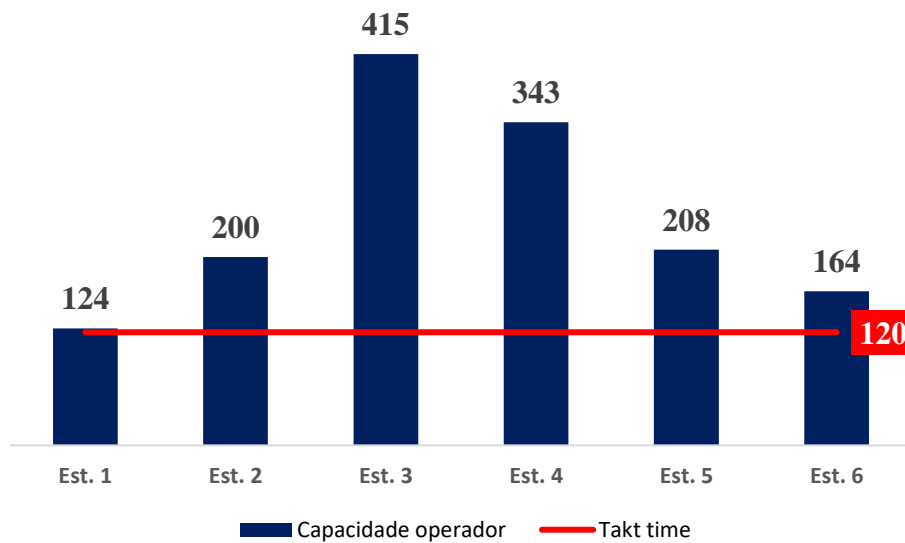
#### **2.4. Gráfico de balanceamento operacional GBO**

Almeida (2015) comenta que é possível dimensionar a capacidade produtiva de uma linha, quando se tem conhecimento do tempo da operação gargalo e do tempo disponível da célula. A equação 3 apresenta o conceito de capacidade de produção.

$$\text{Capacidade de produção} = \frac{\text{tempo disponível}}{\text{tempo do gargalo}} \quad (3)$$

Para Nito (2010), o gráfico de balanceamento do operador (GBO), conhecido como quadro Yamazumi, é uma ferramenta de auxílio a visualização do fluxo contínuo de operações com múltiplas etapas e operadores. Esta ferramenta baseia-se no *takt time* e no tempo das atividades dos operadores. O seu enfoque é o balanceamento de uma linha de produção. Através da Figura 3, pode-se observar o GBO.

Figura 3 – Representação de gráfico de balanceamento operacional



Fonte: Adaptado de Pereira Junior *et al.* (2021)

No GBO, é possível observar os postos de trabalho, e suas respectivas capacidades produtivas e por fim, é possível enxergar a capacidade do *takt time*. Rocha e Nonohay (2016), afirmam que o quanto mais próximo a capacidade de uma linha de montagem estiver de sua demanda, melhor utilizado será o recurso, assim os custos serão minimizados. Pereira Junior *et al.* (2021) afirmam que a aplicação do GBO é uma alternativa eficaz para melhor utilização da mão-de-obra, redução de estoque e superprodução.

Nito (2010), apresenta os dados necessários a construção de um GBO. Estes são apresentados abaixo:

- 1) Takt time do cliente;
- 2) Tempo de ciclo planejado;
- 3) Número de operadores na célula;
- 4) Descrição das atividades dos operadores;
- 5) Tempo total das atividades.

Através do GBO, é possível observar a ociosidade dos operadores em relação ao gargalo. Aguiar *et al.* (2007), define o nível de ociosidade da linha como a diferença de tempo que há entre o tempo da operação gargalo e as demais, dentro de uma linha. Através da Equação 4, é possível calcular o nível de ociosidade de uma linha.

$$\% \text{ de ociosidade} = \frac{\sum \text{tempos ociosos}}{\text{Número de operadores} \times \text{tempo de ciclo}} \quad (4)$$

Por consequência, é possível encontrar o índice de utilização da linha, que é dado com base na Equação 5 a seguir.

$$\% \text{ de utilização} = 1 - \% \text{ de ociosidade} \quad (5)$$

Assim, através do GBO, é possível, de forma mais intuitiva entender o estado atual da capacidade da linha produtiva e por meio desta prover *Kaizens*, isto é, desenvolver melhorias dentro do processo e que busquem a otimização da linha.

### 3. Metodologia

#### 3.1. Abordagem metodológica

Para Carvalho *et al.* (2019), a pesquisa é definida como um conjunto de ações deve seguir uma série de procedimentos previamente definidos através de um método baseado na racionalidade com a finalidade de se encontrar resultados e respostas de um problema previamente apresentado.

O quadro 1 a seguir, apresenta os tipos de pesquisa, conforme proposta de Carvalho *et al.* (2019), onde a pesquisa pode ser classificada de acordo com sua natureza, objetivos e procedimento de coleta de dados.

Quadro 1 – Classificação de pesquisa

Classificação de pesquisa	
Quanto a natureza	Qualitativa
	Quantitativa
Quanto aos objetivos	Descritivos
	Explicativos
	Exploratórios
Quanto ao procedimento de coleta de dados	Bibliográfica e documental
	Experimental

	Levantamento de estudo de corte
	Estudo de caso
	Participante
	Pesquisa-ação

Fonte: Adaptado de Carvalho *et al.* (2019).

Dessa forma, de acordo com o Quadro 1 apresentado e tomando como base as classificações apresentadas por Carvalho *et al.* (2019), a pesquisa desenvolvida neste trabalho, quanto a sua natureza, é classificada como **quantitativa**, pois baseia-se em fatos e ainda, as variáveis são determinadas e mensuradas pelo próprio método. Em complemento, a pesquisa também é classificada como **qualitativa** pois dentro do contexto, a interpretação do autor também é levada em consideração.

No que se refere a classificação quanto aos objetivos, a pesquisa pode ser classificada como **descritiva**, pois busca fazer a descrição das características de uma célula de montagem de acordo com as suas variáveis, e **explicativa**, pois aprofunda o conhecimento da realidade explicando a razão das coisas.

Por fim, a classificação da pesquisa quanto ao tipo da coleta de dados, onde nesta pesquisa, foram utilizadas três maneiras de coleta de dados: estudo de caso, onde a pesquisa volta-se para um caso específico com o objetivo de conhecer suas causas de modo abrangente e completo, e ainda, participante e pesquisa-ação, pois existe interação efetiva entre o pesquisador e o objeto de estudo e ainda volta-se para a resolução e/ ou esclarecimento da problemática observada.

### 3.2. Método de coleta e análise de dados

Abaixo é apresentado o Quadro 2, onde é evidenciado as etapas de coleta de dados, atrelando aos objetivos específicos deste trabalho.

Quadro 2 – Procedimento de coleta de dados

Etapa	Objetivo específico	Variáveis de pesquisa	Método de coleta e análise de dados

1	Descrever processo	Levantamento das informações base (quantidade de operadores, jornada de trabalho, e demanda estabelecida)	Informações obtidas e coletadas em documentos da engenharia industrial e via time de S&OP.
2	Analisar indicadores GBO atual	Estado atual do GBO	Analisar os indicadores do GBO atual da célula de montagem.
3	Propor melhoria a partir do resultado encontrado	Capacidade do GBO atual e demanda para o produto em questão	Propor ajuste de capacidade através da redução de mão-de-obra.
		Análise comparativa com o resultado encontrado no novo GBO	Comparação dos indicadores encontrados no GBO, contra o atualmente utilizado.
4	Validar e implementar GBO	Validação e implementação	Validado e apresentado ao líder e supervisor do setor da área e implementado posteriormente.

### 3.3. Contexto da pesquisa

O presente trabalho foi realizado em uma indústria do setor calçadista, localizada no estado da Paraíba, no segundo semestre de 2022. A partir do monitoramento do lançamento de um novo produto, as análises aqui desenvolvidas se desenvolveram com a busca da maximização dos lucros da empresa.

O aumento da eficiência produtiva de uma célula de montagem é o objetivo principal do estudo.

## 4. Resultados e discussões

Este capítulo objetiva analisar as ferramentas utilizadas dentro da pesquisa e dessa forma medir os impactos da proposta da revisão de balanceamento da linha de montagem de calçados.

### 4.1. Descrição do processo

Uma linha de montagem foi desenvolvida com objetivo de atingir a maior eficiência possível dentro da célula. Entretanto, devido a mudança repentina de demanda para o produto específico, a linha precisou de uma nova avaliação, devido a baixa ocupação da linha em relação a sua capacidade produtiva. No momento da revisão de capacidade, a demanda para o produto estava no patamar de 420 pares por dia.

Dessa forma, foi observado o fluxo do calçado dentro do processo de montagem, com seus respectivos tempos de operação. Vale ressaltar que as atividades estão com tempos já definidos com base no MTM. Dentro da empresa, existe equipe direcionada a construção e mensuração do tempo das atividades.

Inicialmente, é importante observar as horas disponíveis de produção dentro de cada um dos turnos disponíveis. A Tabela 2 abaixo apresenta dos dados referentes as horas disponíveis por turno dentro do processo de montagem.

Tabela 2 – Jornada de trabalho por turno

<b>Jornada de trabalho</b>	<b>1T</b>	<b>2T</b>	<b>3T</b>
Entrada	05:30	14:00	22:30
Almoço	01:00	01:00	01:00
Saída	14:00	22:30	05:30
Horas disponíveis	07:30	07:30	06:00
<b>Horas numéricas</b>	<b>7,5</b>	<b>7,5</b>	<b>6,0</b>

Com base na Figura 4, é possível observar que o primeiro e segundo turnos possuem 7,5 horas de produção. Já o terceiro turno possui jornada de trabalho reduzida, com apenas 6,0 horas de trabalho. Para esta análise, estará sendo considerado somente como opção, o primeiro turno de produção, pois é onde a mão-de-obra já está alocada e treinada para as operações de fabricação do calçado. Assim, para as análises a seguir, serão consideradas 7,5 horas disponíveis de produção.

No que se refere a produção, o calçado analisado possui maior complexidade dentro da carteira de produtos oferecidos pela empresa, visto que possui a colagem de quatro componentes seguidamente. Os processos de colagem são tidos como complexos devido a questões químicas que determinam que a colagem deve ser feita em operações com tempo inferior a 45 segundos.

A Tabela 3 a seguir apresenta os postos de trabalho, assim como o tempo das operações, descrição e mão-de-obra alocada na linha.

Tabela 3– Descrição de tempo e MOD alocada em linha de montagem

<b>Tempo (s)</b>	<b>Operação</b>	<b>Equipamento</b>	<b>MOD</b>	
4,5s	LIXAR SOLETA	LIXADEIRA	1	
21,9s	REMOVER EXCESSO DE PÓ – SOLETA	LIXADEIRA / ESCOVA DE PÊLO	1	
21,0s	HALOGENAR SOLETA	CABINE	2	3
24,3s	HALOGENAR PALMILHA	CABINE	2	3
16,6s	APLICAR ADESIVO NA SOLETA (Coleiro)	CABINE	4	
16,6s	APLICAR ADESIVO NO EVA SUPERIOR (Coleiro)	CABINE	4	
16,6s	APLICAR ADESIVO NA PALMILHA (Coleiro)	CABINE	5	
16,6s	APLICAR ADESIVO NA ENTRESSOLA EVA(Coleiro)	CABINE	5	
39,5s	POSICIONAR ENTRESSOLA EVA NA PALMILHA	BANCADA	6	7
28,7s	PRENSAR ENTRESSOLA EVA NA PALMILHA	PRENSA BASE	8	9
26,5s	POSICIONAR ENTRESSOLA RECICLADA NA SOLETA	BANCADA	6	7
28,7s	PRENSAR ENTRESSOLA RECICLADA NA SOLETA	PRENSA BASE	8	9
30,4s	RISCAR PALMILHA	BANCADA	10	
62,0s	POSICIONAR DEDEIRA	MONTADEIRA	11	12
20,7s	APLICAR ADESIVO NA DEDEIRA	CABINE	13	
35,8s	COLAR DEDEIRA NA PALMILHA	BANCADA	14	15
30,0s	PRENSAR DEDEIRA NA PALMILHA	PRENSA BASE	14	15
16,6s	APLICAR ADESIVO NA PALMILHA	COLEIRO	16	
16,6s	APLICAR ADESIVO NA SOLETA	COLEIRO	16	

26,2s	POSICIONAR PALMILHA NA SOLETA	BANCADA	17	18
28,1s	PRENSAR SANDÁLIA	SORVETEIRA	17	18
59,8s	FRESAR SANDÁLIA	MÁQUINA FRESA	19	19
24,0s	LIMPEZA SOLA COM ESCOVA DE PÊLO	ESCOVA DE PÊLO	20	
62,2s	INSPEÇÃO / EMBALAGEM	BANCADA	21	22

Através da Tabela 3 é possível observar os postos de trabalho, descrição da operação, equipamento ou ferramental utilizado para realizar a operação e a quantidade de operadores que executam a operação. O número relacionado a MOD representa o operador em questão. É importante notar que, quando o número é repetido seguidamente, este significa que o operador executa 2 operações seguidas. Ainda, quando existem 2 operadores na mesma descrição isto implica dizer que ambos realizam a mesma atividade. Com base nessas informações é possível observar o denominado tempo operacional, onde é apresentado o tempo revisado da operação quando levada em consideração a quantidade de operadores realizando atividade.

Com base nas informações de tempo e quantidade de operadores que executam a operação, é possível determinar a capacidade produtiva de cada um dos operadores, através da soma dos tempos das operações que cada operador executa. A Tabela 4 apresenta o tempo de ciclo de cada operador, e ainda as suas respectivas capacidades produtivas.

Tabela 4 – Capacidade produtiva por operador

<b>Operador</b>	<b>Tempo Operação (s)</b>	<b>Capacidade Hora</b>
1	26,4s	137
2	22,7s	159
3	22,7s	159
4	33,1s	109
5	33,1s	109
6	33,0s	109
7	33,0s	109
8	28,7s	125
9	28,7s	125
10	30,4s	118
11	31,0s	116

12	31,0s	116
13	20,7s	174
14	32,9s	110
15	32,9s	110
16	33,1s	109
17	27,1s	133
18	27,1s	133
19	29,9s	120
20	24,0s	150
21	31,1s	116
22	31,1s	116

Ainda com base na Tabela 4, é possível enxergar o gargalo de capacidade produtiva da célula, sendo o operador com maior tempo de operação, e consequentemente, o de menor capacidade produtiva. Assim, os operadores 4, 5, 6, 7 e 16 são os gargalos da célula, limitando a capacidade da linha em 109 pares por hora.

Através da definição do tempo gargalo, é possível calcular a capacidade, considerando a jornada no primeiro turno de produção.

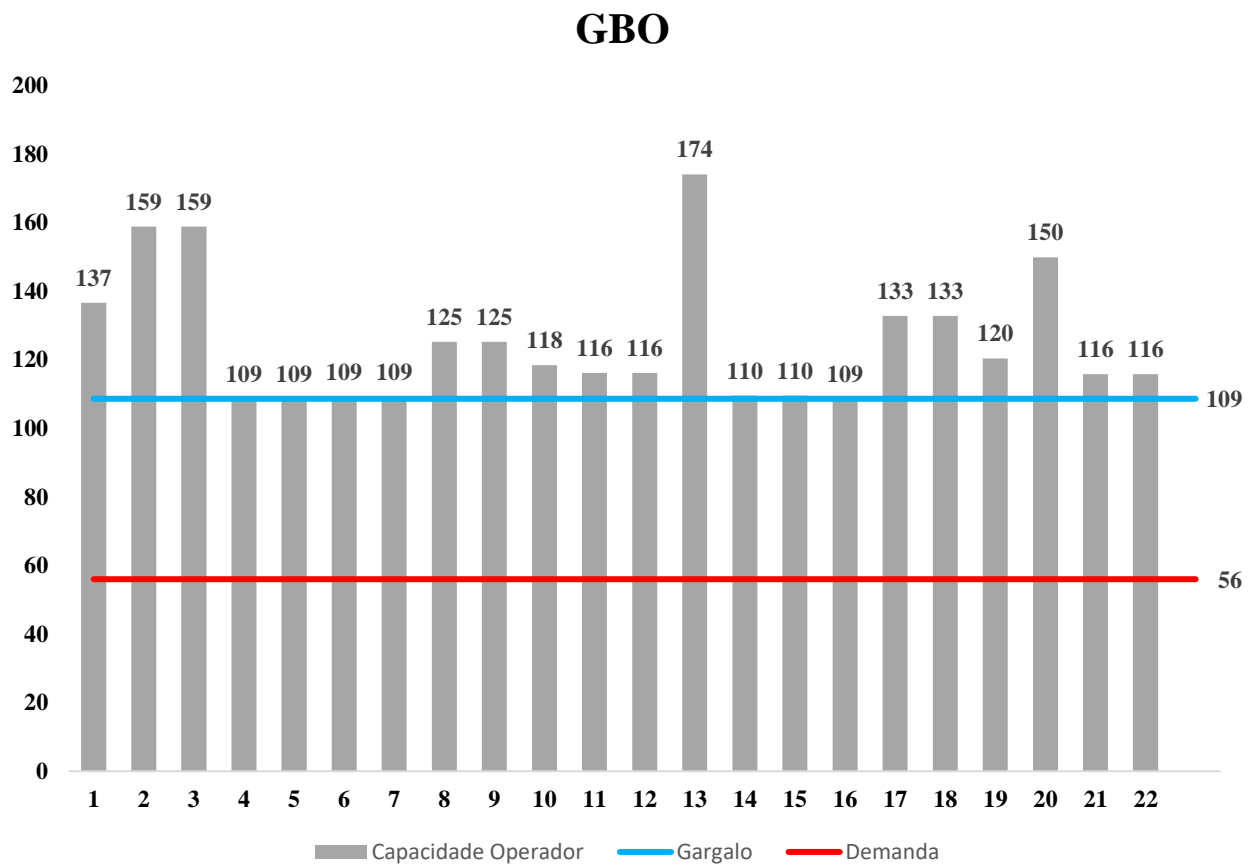
Tabela 5 – Capacidade produtiva de linha de montagem

	1ºT
<b>Capacidade gargalo</b>	109
<b>Horas disponíveis</b>	7,5
<b>Produção turno</b>	<b>815</b>

Através da Tabela 5, é calculado a capacidade produtiva realizando o produto entre as horas disponíveis e a capacidade hora do gargalo, onde assim, é encontrada uma capacidade de célula de 815 pares por turno.

De forma mais intuitiva, foi plotado o gráfico GBO, visto na Figura 8, onde são apresentados os tempos consolidados das operações, por operador, onde para cada operador é mostrado sua capacidade produtiva em função do seu tempo consolidado de operação. Ainda, é traçada a linha que sinaliza a capacidade do gargalo da célula, e por fim é traçada a linha que sinaliza a capacidade hora necessária para atender a demanda.

Figura 4 –Gráfico GBO de linha de montagem



Na Figura 4, fica evidente a diferença entre a capacidade produtiva da célula e a demanda para o produto. Sendo assim considerando estas informações, é possível encontrar a ocupação da linha, com base na demanda, conforme equação 6.

$$Ocupação \% = \frac{Demanda}{Capacidade} \quad (6)$$

Logo, tem-se a equação 7:

$$Ocupação \% = \frac{420}{818} = 51,3\% \quad (7)$$

Para obter o índice de utilização, é possível extrair realizando a soma dos tempos ociosos frente ao gargalo encontrado, de 33,1 segundos. Assim, a soma dos tempos ociosos encontrado foi de 85,3 segundos para 22 operadores dentro da célula. A Tabela 6 abaixo apresenta a soma dos tempos ociosos encontrados.

Tabela 6 – Soma dos tempos ociosos

Operador	Tempo Operação	Tempo Ocioso
1	26,4s	6,8s
2	22,7s	10,5s
3	22,7s	10,5s
4	33,1s	0,0s
5	33,1s	0,0s
6	33,0s	0,1s
7	33,0s	0,1s
8	28,7s	4,4s
9	28,7s	4,4s
10	30,4s	2,7s
11	31,0s	2,1s
12	31,0s	2,1s
13	20,7s	12,5s
14	32,9s	0,3s
15	32,9s	0,3s
16	33,1s	0,0s
17	27,1s	6,0s
18	27,1s	6,0s
19	29,9	3,2s
20	24,0s	9,1s
21	31,1s	2,0s
22	31,1s	2,0s
<b>Total</b>		<b>85,3s</b>

Assim, é possível encontrar o nível de ociosidade da linha, conforme equação 8:

$$\% \text{ de ociosidade} = \frac{85,3}{22 \times 33,1} = 11,7\% \quad (8)$$

Logo, o índice de eficiência encontrado é de 88,3%.

Por fim, calculando-se a relação entre a eficiência encontrada no GBO, *versus* a ocupação da linha de montagem, é possível encontrar a eficiência global da célula, que pode ser encontrada através da seguinte equação 9:

$$\text{Eficiência Global} = \text{Eficiência GBO} \times \text{Ocupação \%} \quad (9)$$

Assim, tem-se (10):

$$Eficiência\ Global = 88,3\% \times 51,3\% = 45,3\% \quad (10)$$

Desta forma, a eficiência da célula é de 45,3%, quando considerada o índice de ocupação da linha atrelado a demanda de produção em detrimento de sua capacidade produtiva.

Analisando os resultados obtidos através a configuração inicial da célula, é possível observar que o percentual de ociosidade da linha é satisfatório. Entretanto quando se observa a demanda para o produto em questão, a linha necessita de apenas 51,3% do tempo disponível dentro do turno. Dessa forma, a linha poderá gerar superprodução. Ainda, o percentil de eficiência global de 45,3% conclui que a linha precisa ser revista, e se faz necessária a revisão do balanceamento de mão-de-obra da linha de montagem.

#### 4.2. Propor melhoria para dimensionamento de GBO

Após o resultado da análise de capacidade e eficiência da célula, o analista de balanceamento em conjunto com o analista residente da área se reuniram para que fosse possível propor uma solução de GBO que estivesse atrelada a demanda, que neste momento está no patamar de 420 pares por dia de necessidade.

Com base nesta premissa, foi decidido que o novo GBO seria dimensionado de forma com que o gargalo estivesse alinhado com a demanda. Era ciente dentro da equipe que, devido à grande quantidade de postos de trabalho dentro do *layout*, haveria chances de que a taxa de ociosidade da célula aumentasse em relação ao cenário atual. Porém ficou acordado que deveria ser definido o GBO que possuísse a maior eficiência global.

Com base nos pontos mencionados no parágrafo anterior, foi evidenciado o novo balanceamento de linha. A Tabela 7, abaixo apresenta a nova configuração de tempos operacionais do novo GBO.

Tabela 7 – Tempo operacional de GBO redimensionado

Tempos (s)	Tempo operacional (s)	Operação	Equipamento	MOD
4,5s	4,5s	LIXAR SOLETA	LIXADEIRA	1

21,9s	21,9s	REMOVER EXCESSO DE PÓ - SOLETA	LIXADEIRA / ESCOVA DE PÊLO	1
21,0s	21,0s	HALOGENAR SOLETA	CABINE	2
24,3s	24,3s	HALOGENAR PALMILHA	CABINE	2
16,6s	16,6s	APLICAR ADESIVO NA SOLETA (Coleiro)	CABINE	3
16,6s	16,6s	APLICAR ADESIVO NO EVA SUPERIOR (Coleiro)	CABINE	3
16,6s	16,6s	APLICAR ADESIVO NA PALMILHA (Coleiro)	CABINE	4
16,6s	16,6s	APLICAR ADESIVO NA ENTRESSOLA EVA(Coleiro)	CABINE	4
39,5s	39,5s	POSICIONAR ENTRESSOLA EVA NA PALMILHA	BANCADA	5
28,7s	28,7s	PRENSAR ENTRESSOLA EVA NA PALMILHA	PRENSA BASE	6
26,5s	26,5s	POSICIONAR ENTRESSOLA RECICLADA NA SOLETA	BANCADA	6
28,7s	28,7s	PRENSAR ENTRESSOLA RECICLADA NA SOLETA	PRENSA BASE	7
30,4s	30,4s	RISCAR PALMILHA	BANCADA	8
62,0s	62,0s	POSICIONAR DEDEIRA	MONTADEIRA	9
20,7s	20,7s	APLICAR ADESIVO NA DEDEIRA	CABINE	10
35,8s	35,8s	COLAR DEDEIRA NA PALMILHA	BANCADA	11
30,0s	30,0s	PRENSAR DEDEIRA NA PALMILHA	PRENSA BASE	12
16,6s	16,6s	APLICAR ADESIVO NA PALMILHA	COLEIRO	13
16,6s	16,6s	APLICAR ADESIVO NA SOLETA	COLEIRO	13
26,2s	26,2s	POSICIONAR PALMILHA NA SOLETA	BANCADA	14
28,1s	28,1s	PRENSAR SANDÁLIA	SORVETEIRA	14
59,8s	59,8s	FRESAR SANDÁLIA	MÁQUINA FRESA	15
24,0s	24,0s	LIMPEZA SOLA COM ESCOVA DE PÊLO	ESCOVA DE PÊLO	16
62,2s	62,2s	INSPEÇÃO / EMBALAGEM	BANCADA	17

Com o novo dimensionamento do GBO, o quantitativo de mão-de-obra foi alterado, passando a ser o possuir 17 operadores por célula.

Dentro do novo GBO, algumas operações tiveram redução de operadores para sua execução, e com isso, o tempo operacional foi modificado. Abaixo, é apresentado através da Tabela 8, a lista de operações que sofreram modificação em seu tempo operacional.

Tabela 8 – Diferença no tempo operacional

Operação	De	Para	Diferença
	Tempo operacional (s)		
LIXAR SOLETA	4,5s	4,5s	0,0s
REMOVER EXCESSO DE PÓ - SOLETA	21,9s	21,9s	0,0s
HALOGENAR SOLETA	10,5s	21,0s	10,5s
HALOGENAR PALMILHA	12,2s	24,3s	12,2s
APLICAR ADESIVO NA SOLETA (Coleiro)	16,6s	16,6s	0,0s
APLICAR ADESIVO NO EVA SUPERIOR (Coleiro)	16,6s	16,6s	0,0s
APLICAR ADESIVO NA PALMILHA (Coleiro)	16,6s	16,6s	0,0s
APLICAR ADESIVO NA ENTRESSOLA EVA(Coleiro)	16,6s	16,6s	0,0s
POSICIONAR ENTRESSOLA EVA NA PALMILHA	19,8s	39,5	19,8s
PRENSAR ENTRESSOLA EVA NA PALMILHA	14,4s	28,7s	14,4s
POSICIONAR ENTRESSOLA RECICLADA NA SOLETA	13,2s	26,5s	13,2s
PRENSAR ENTRESSOLA RECICLADA NA SOLETA	14,4s	28,7s	14,4s
RISCAR PALMILHA	30,4s	30,4s	0,0s
POSICIONAR DEDEIRA	31,0s	62,0s	31,0s
APLICAR ADESIVO NA DEDEIRA	20,7s	20,7s	0,0s
COLAR DEDEIRA NA PALMILHA	17,9s	35,8s	17,9s
PRENSAR DEDEIRA NA PALMILHA	15,0s	30,0s	15,0s
APLICAR ADESIVO NA PALMILHA	16,6s	16,6s	0,0s
APLICAR ADESIVO NA SOLETA	16,6s	16,6s	0,0s
POSICIONAR PALMILHA NA SOLETA	13,1s	26,2s	13,1s
PRENSAR SANDÁLIA	14,0s	28,1s	14,0s
FRESAR SANDÁLIA	29,9s	59,8s	29,9s
LIMPEZA SOLA COM ESCOVA DE PÊLO	24,0s	24,0s	0,0s
INSPEÇÃO / EMBALAGEM	31,1s	62,2s	31,1s

Todas as operações apresentadas acima, que sofreram modificações no tempo antes possuíam 2 operadores executando a atividade. A partir do novo arranjo, estas operações passaram a ter apenas 1 operador. Dessa forma, as capacidades produtivas por operação foram modificadas, e assim, é apresentada a Tabela 9.

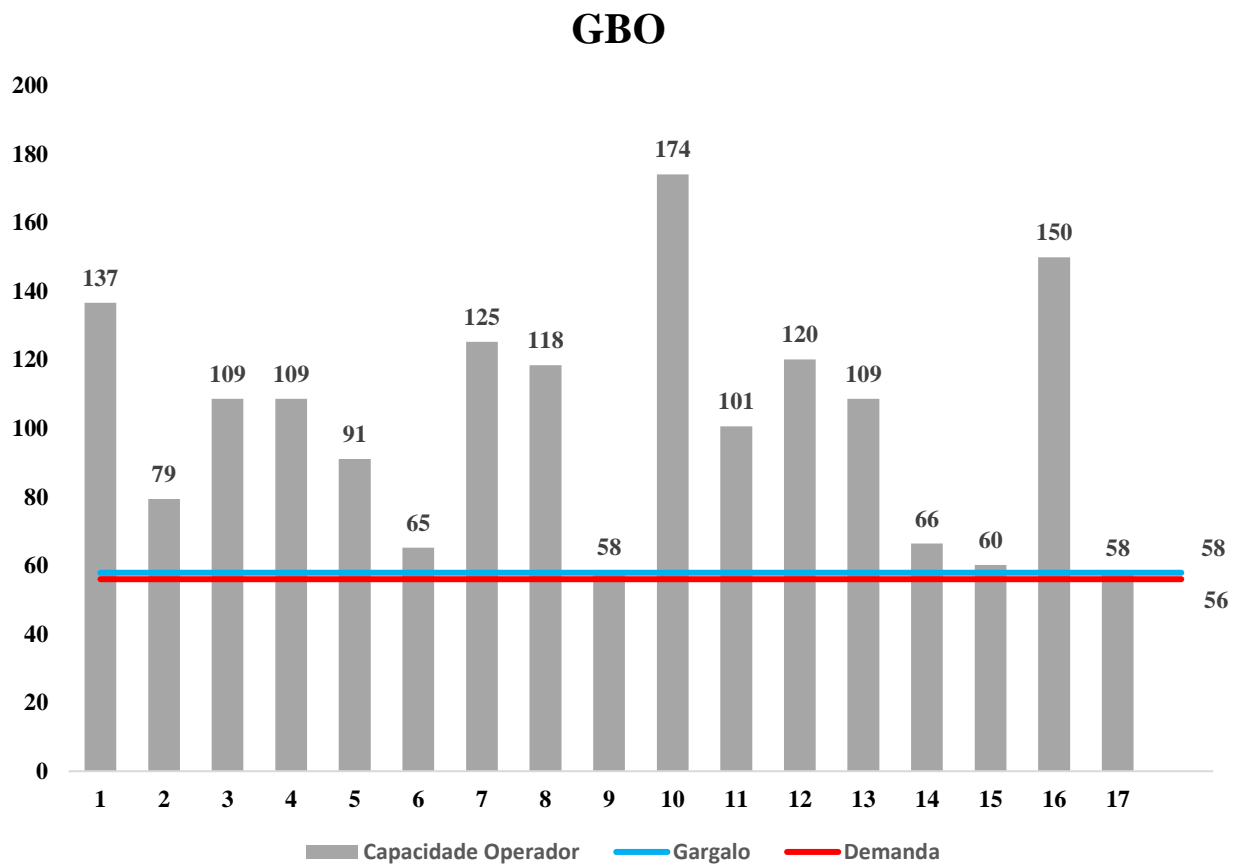
Tabela 9 – Capacidades produtivas redimensionadas

<b>Operador</b>	<b>Tempo Operação (s)</b>	<b>Capacidade Hora</b>
1	26,4s	137
2	45,3s	79
3	33,1s	109
4	33,1s	109
5	39,5s	91
6	55,2s	65
7	28,7s	125
8	30,4s	118
9	62,0s	58
10	20,7s	174
11	35,8s	101
12	30,0s	120
13	33,1s	109
14	54,2s	66
15	59,8s	60
16	24,0s	150
17	62,2s	58

Dentro do novo arranjo, o operador 17 passou a ser o gargalo, com o seu tempo de ciclo delimitado em 62,2 segundos por par. Este passou a limitar a capacidade da linha em 58 pares por hora, ou 434 pares por turno. Vale ressaltar, que a nova capacidade ainda é superior à demanda. Logo, a nova configuração atende a demanda de volume solicitada.

Foi construído o novo GBO, de acordo com as informações obtidas na Tabela 7. Com base na Figura 5, é apresentado a novo GBO da configuração da célula.

Figura 5 – Gráfico GBO redimensionado



Por meio do novo cenário é possível observar a linha de demanda alinhada com a da capacidade produtiva do gargalo. Consequentemente, é entendido que o novo GBO está alinhado com a demanda a ser produzida.

Ainda, é calculada a ocupação da célula com o novo arranjo.

Logo, tem-se (11):

$$\text{Ocupação \%} = \frac{420}{434} = 96,7\% \quad (11)$$

Sendo, 420 a demanda solicitada, e 434 pares por turno a capacidade por turno.

Através da observação do GBO, é possível perceber uma maior discrepância entre as capacidades produtivas, o que mostra um possível maior índice de ociosidade. Vale ressaltar que, algumas atividades não podem ser agrupadas devido a premissas dentro do *layout* produtivo.

Dessa forma, é apresentada a Tabela 10 com os tempos ociosos por operador, para que posteriormente seja possível calcular o percentual de ociosidade da célula. Neste cenário o gargalo é de 62,2 segundos.

Tabela 10 – Tempo ocioso de GBO redimensionado

<b>Operador</b>	<b>Tempo Operação (s)</b>	<b>Tempo Ocioso (s)</b>
1	26,4s	35,8s
2	45,3s	16,9s
3	33,1s	29,1s
4	33,1s	29,1s
5	39,5s	22,7s
6	55,2s	7,0s
7	28,7s	33,5s
8	30,4s	31,8s
9	62,0s	0,2s
10	20,7s	41,5s
11	35,8s	26,4s
12	30,0s	32,2s
13	33,1s	29,1s
14	54,2s	8,0s
15	59,8s	2,4s
16	24,0s	38,2s
17	62,2s	0,0s
	<b>Total</b>	<b>383,6s</b>

Abaixo é realizado o cálculo para determinação do nível de ociosidade da célula, conforme equação (12).

$$\% \text{ de ociosidade} = \frac{383,6}{17 \times 62,2} = 36,3\% \quad (12)$$

Sendo, 383,6 os tempos ociosos, 17 a quantidade de operadores na célula e por fim, 62,2 o tempo de ciclo da operação gargalo.

A partir do percentual de ociosidade, foi encontrada a eficiência da célula, conforme (13):

$$\% \text{ de eficiência} = 1 - 36,3\% = 63,7\% \quad (13)$$

Ao fim da análise, é novamente calculada a eficiência global da célula, que considera a ocupação da célula frente a sua eficiência de produção, e obtém-se (14):

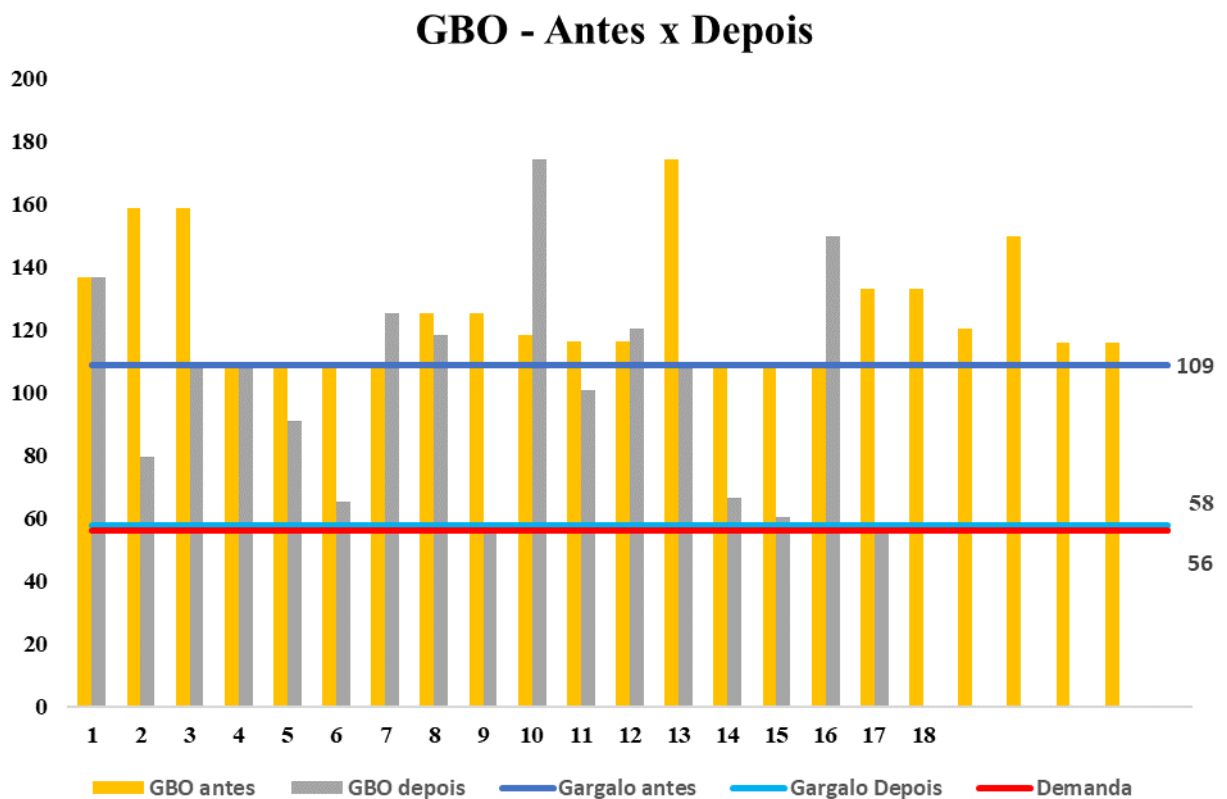
$$Eficiência\ Global = 63,7\% \times 96,7\% = 61,6\% \quad (14)$$

Considerando o aumento do nível de eficiência da célula, pode-se concluir que o novo arranjo de mão-de-obra atende a demanda e ainda, possui maior eficiência, quando comparado ao GBO inicial.

### 4.3. Comparativo entre GBO anterior e GBO redimensionado

Após a criação de nova proposta de dimensionamento de célula, foi feito um comparativo entre os dois GBO's construídos para que assim, ficasse evidente qual opção se torna mais viável levando em consideração a que possua capacidade de atender a demanda e com menores custos. Através da Figura 6, é possível observar o comparativo entre as duas configurações de GBO existentes.

Figura 6 – Gráfico GBO Antes x Depois



Analisando a Figura 6, é possível observar que na nova configuração o GBO teve sua capacidade reduzida de 109 para 58 pares por hora. Porém, mesmo com o novo arranjo, este ainda possui capacidade superior e a necessidade de demanda.

Nota-se que a capacidade reduziu devido a redução de operadores dentro da linha onde esta passou de 22, para 17. Sendo assim, foi reduzida a mão de obra em 5 pessoas. A Tabela 11 apresenta os dados listados.

Tabela 11 - Comparativo de mão de obra antes x depois

	<b>Antes</b>	<b>Depois</b>	<b>Diferença</b>
<b>Mão-de-obra</b>	<b>22</b>	<b>17</b>	<b>-5</b>

Ainda, foi feito comparativo levando em consideração as capacidades produtivas em função da demanda, bem como índice de ocupação dos operadores e a ocupação da célula produtiva. A seguir a Tabela 12 apresenta os dados mencionados neste parágrafo.

Tabela 12 – Comparativo de indicadores de GBO

	<b>Antes</b>	<b>Depois</b>	<b>Diferença</b>
<b>Tempo Ciclo</b>	<b>33</b>	<b>62,2</b>	<b>29,2</b>
<b>Capacidade por hora</b>	<b>109</b>	<b>58</b>	<b>-51</b>
<b>Horas disponíveis</b>	<b>7,5</b>	<b>7,5</b>	<b>0</b>
<b>Capacidade por Turno</b>	<b>818</b>	<b>434</b>	<b>-384</b>
<b>Demanda</b>	<b>420</b>	<b>420</b>	<b>0</b>
<b>Ocupação de célula</b>	<b>51,3%</b>	<b>96,7%</b>	<b>45,4%</b>
<b>% de ocupação GBO</b>	<b>88,3%</b>	<b>63,7%</b>	<b>-24,6%</b>

Com base nas informações, é possível observar que após a redução da mão de obra apresentada no quadro anterior, o novo GBO sofreu modificações em seu arranjo, e com isso teve sua capacidade reduzida para 58 pares por hora. Entretanto a célula ainda atende a demanda solicitada.

Quando observada a ocupação de célula, o cenário anterior gera uma capacidade quase 2 vezes maior que a demanda, 818 pares por dia, fazendo com que a célula possua 51,3% de ocupação. Em contrapartida, o novo arranjo possui capacidade de 434 pares por dia, versus sua demanda que possui 420 pares por dia. Desta forma o novo arranjo possui uma ocupação alinhada com a demanda, de 96,7%.

Os ajustes no GBO, para que este fosse dimensionado de acordo com a demanda, geraram um maior índice de ociosidade entre os operadores, onde o novo GBO possui índice de ocupação de 63,7%, contra o GBO anterior de 88,3%.

Por fim, considerando estes indicadores, através da Tabela 13, é avaliado as eficiências globais de cada um dos GBO's, onde neste cenário fica evidente o ganho de eficiência, quando é feita a correlação entre os indicadores da célula.

Tabela 13 – Comparativo de eficiência

	<b>Antes</b>	<b>Depois</b>	<b>Diferença</b>
<b>Ocupação de célula</b>	51,3%	96,7%	45,4%
<b>% de ocupação GBO</b>	88,3%	63,7%	-24,6%
<b>Eficiência Global</b>	<b>45,3%</b>	<b>61,6%</b>	<b>-16,3%</b>

Através da Tabela 13, observa-se uma eficiência de 61,6% do novo GBO, frente a eficiência de 45,3% do cenário antigo. Dessa forma é observado um ganho de 16,3% de eficiência, o que conclui que o novo GBO é mais eficiente quando é levado em consideração a demanda na qual o GBO irá atender.

Ainda conforme informação repassada pelo setor de controladoria, cada 1% representa R\$0,10 no custo par, ou seja, cada par sofreu uma redução de R\$ 1,63 em seu custo. A melhoria de GBO é apresentada considerando o custo dia, mês e ano.

Tabela 14 – Ganhos estimados de melhoria

	<b>Dia</b>	<b>Mês</b>	<b>Ano</b>
<b>Ganhos</b>	-R\$ 685,29	-R\$ 16.446,88	-R\$ 197.362,60

Após os resultados satisfatórios obtidos, a nova configuração de GBO foi apresentada ao supervisor e o líder da célula, onde ambos aprovaram as modificações. Vale ressaltar que, devido ao novo arranjo do processo estar bem ajustado a demanda, há a possibilidade de em algum momento do turno, a célula não entregar a capacidade estabelecida. Com isso, ficou determinado que os operadores 10 e 16 podem dar suporte ao operador gargalo, por estes possuírem mais tempo ocioso.

Após a virada do mês, o novo GBO foi implementado na célula onde este segue como arranjo para o atual atendimento da demanda, que ainda segue no patamar de 420 pares por dia.

## 5. Considerações finais

O estudo de balanceamento dentro da célula de montagem foi realizado quando verificou-se a baixa ocupação da mão-de-obra dentro da célula, a partir da necessidade de atendimento da demanda de 420 pares por dia. Para atender esta demanda, a célula apresentava ocupação de 51,3%.

Neste estudo foi apresentada uma proposta de balanceamento para uma célula de montagem de uma fábrica de calçados. Para isso, foram seguidas as seguintes etapas: descrição das atividades do processo, análise do GBO atual, construção de proposta de GBO e por fim, comparativo entre os GBO's. Após a comprovação da melhora de eficiência do GBO proposto, este foi validado, apresentado e em seguida implementado na célula.

Durante o presente estudo foram avaliadas as melhorias para atender os objetivos do novo arranjo, onde neste caso, a premissa básica é atender a demanda. Para isso, foram feitos arranjos necessários com os operadores dentro da célula, de forma que a capacidade da célula fosse reduzida e ao fim ficar alinhada com a demanda.

O novo estudo apresentou uma melhora no balanceamento da célula, de forma que houve um ganho significativo de eficiência, onde inicialmente a célula apresentava uma eficiência global de 45,3%. Após a melhoria proposta, a célula apresentou um resultado de 61,6%. Dessa forma, gerando um ganho de 16,3% de eficiência. Através do indicador de eficiência, ficou comprovado o ganho com a nova proposta, onde este gera ganhos financeiros anuais estimados em R\$ 197.362,60.

## 6. Referências bibliográficas

- AGUIAR, Giancarlo F.; PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre R. **Simulações de arranjos físicos por produto e balanceamento de linha de produção: o estudo de um caso real no ensino para estudantes de engenharia**. Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Curitiba, 2007. Disponível em: <https://pessoal.dainf.ct.utfpr.edu.br/graeml/ParticipacaoEventos/Cobenge/cobenge2007.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2023
- ALMEIDA, R. E. H. de. **Balanceamento de Linhas de Produção**, 2015. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Aveiro, Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, 2015. Disponível em: <https://ria.ua.pt/bitstream/10773/15642/1/Balanceamento%20de%20linhas%20de%20pr%20du%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em 12 de mar. 2023
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6. ed. São Paulo: Blucher, 1977.
- CARVALHO, L. O. R. et al. **Metodologia científica: teoria e aplicação na educação à distância**. Petrolina: UNIVASF, 2019.
- CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços: Uma Abordagem Estratégica**. Grupo GEN, 2022. *E-book*. ISBN 9786559773268. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559773268/>. Acesso em: 08 mar. 2023.
- DEMBOGURSKI, R. A.; OLIVEIRA M.; NEUMANN, C. **Balanceamento de Linha de Produção**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 28., Rio de Janeiro, 13 a 16 out. 2008. Anais... XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008. Disponível em: [https://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STO\\_069\\_490\\_11644.pdf](https://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_069_490_11644.pdf). Acesso em: 03 mar. 2023.
- DENNIS, Pascal. **Produção Lean Simplificada**. Grupo A, 2011. *E-book*. ISBN 9788577802913. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788577802913/>. Acesso em: 08 mar. 2023.

GUSSONI, Rafael; GIACÁGLIA, Giorgio Eugenio Oscare; CAMARGO, José Rubens de. **Balanceamento da produção em uma célula de manufatura de autopeças tubulares de uma indústria metalúrgica.** Revista Ciência Exatas, Sem Local, v. 17, n. 1, p. 45-53, 24 nov. 2011. Anual. Disponível em: <http://periodicos.unitau.br/ojs/index.php/exatas/article/view/1300>. Acesso em: 15 mar. 2023.

LAUGENI, Fernando P.; Petrônio Garcia. **Administração da produção.** [Digite o Local da Editora]: Editora Saraiva, 2015. E-book. ISBN 9788502618367. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788502618367/>. Acesso em: 26 set. 2022.

LIKER, Jeffrey K.; FRANZ, James K. **O Modelo Toyota de Melhoria Contínua.** Grupo A, 2013. *E-book*. ISBN 9788540701953. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788540701953/>. Acesso em: 08 mar. 2023.

LOZADA, Gisele; ROCHA, Henrique M.; PIRES, Marcelo Ribas S. **Planejamento e Controle de Produção.** Grupo A, 2017. *E-book*. ISBN 9788595020719. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595020719/>. Acesso em: 06 mar. 2023.

NITO, L. C. **Aplicação do trabalho padronizado com foco na produtividade: um estudo de caso em uma empresa do setor automotivo.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/93854>. Acesso em: 12 mar. 2023.

PEREIRA JUNIOR, Errol Fernando Zepka; ZIMMER, Rafael; BONATO, Samuel Vinicius; MEDEIROS, Jorge Luis Braz; GIBBON, Artur Roberto de Oliveira; D'AVILA, Livia Castro; LEITE, Felipe Kopp. **Sistema de produção de lixeiras: definindo o layout e melhorando o takt time de uma linha de montagem.** Engenharia de Produção: Planejamento e Controle da Produção em Foco - Volume 2,

[S.L.], p. 145-161, 2021. Editora Científica Digital.

<http://dx.doi.org/10.37885/210304043>.

ROCHA, Henrique M.; NONOHAY, Roberto Guedes de. **Administração da Produção**. Grupo A, 2016. *E-book*. ISBN 9788569726654. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788569726654/>. Acesso em: 02 mar. 2023.

SHINGO, Shigeo. **O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Grupo A, 1996. *E-book*. 9788577800995. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788577800995/>. Acesso em: 04 set. 2022.

Silva, Liane M. F. e Porto, Elisângela S. **O balanceamento do fluxo produtivo à luz da toc: caso prático no processo de montagem de calçados autoclavados**. Anais do XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 2008

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**, 8ª edição. Grupo GEN, 2018. *E-book*. 9788597015386. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597015386/>. Acesso em: 04 set. 2022.

TUBINO, Dalvio F. **Planejamento e Controle da Produção - Teoria e Prática**, 3ª edição. Grupo GEN, 2017. *E-book*. 9788597013726. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597013726/>. Acesso em: 04 set. 2022.

TUBINO, Dalvio F. **Manufatura Enxuta como Estratégia de Produção: A Chave para a Produtividade Industrial**. Grupo GEN, 2015. *E-book*. ISBN 9788597001402