



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Proposta de balanceamento para aumento de produtividade de uma
fábrica do setor moveleiro**

Italo Palma Barbosa

JOÃO PESSOA – PB

2024

ITALO PALMA BARBOSA

**PROPOSTA DE BALANCEAMENTO PARA AUMENTO DE
PRODUTIVIDADE DE UMA FÁBRICA DO SETOR MOVELEIRO**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Engenharia de Produção Mecânica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª Liane Marcia Freitas e Silva

JOÃO PESSOA – PB

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

B238p Barbosa, Italo Palma.

Proposta de balanceamento para aumento de
produtividade de uma fábrica do setor moveleiro / Italo
Palma Barbosa. - João Pessoa, 2024.
60 f. : il.

Orientação: Prof^a Dr^a Liane Marcia Freitas e Silva.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. balanceamento. 2. lead time. 3. tempo de ciclo.
4. capacidade produtiva. 5. takt time. I. Silva, Prof^a
Dr^a Liane Marcia Freitas e. II. Título.

UFPB/CT/BSCT

CDU 658.52:621(043.2)



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

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluna: ITALO PALMA BARBOSA

Título do trabalho: PROPOSTA DE BALANCEAMENTO PARA AUMENTO DE
PRODUTIVIDADE DE UMA FÁBRICA DO SETOR MOVELEIRO

Trabalho de Conclusão do Curso defendido e aprovado em 07/05/24 pela banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br LIANE MARCIA FREITAS E SILVA
Data: 08/05/2024 14:00:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientadora - Profa. Dr. LIANE MÁRCIA FREITAS E SILVA

Documento assinado digitalmente
gov.br JONAS ALVES DE PAIVA
Data: 08/05/2024 12:36:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Examinador interno - Prof. Dr. JONAS ALVES DE PAIVA

Documento assinado digitalmente
gov.br LUCIANO CARLOS AZEVEDO DA COSTA
Data: 08/05/2024 12:04:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Examinador interno - Profa. Dr. LUCIANO CARLOS AZEVEDO DA COSTA

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Exemplo ilustrativo de uma linha de montagem | 15 |
| Figura 2 - Configuração de uma linha de produção | 17 |
| Figura 3 - Balanço | 25 |
| Figura 4 - Cadeiras sem e com braço | 25 |
| Figura 5 - Fluxograma de processos de um produto | 28 |
| Figura 6 - Lead time em dias geral por setor | 38 |
| Figura 7 - Lead time dos produtos em dias com nova configuração após estudo de balanceamento | 47 |
| Figura 8 - Lead time dos produtos com nova configuração | 48 |
| Figura 9 - Comparativo das propostas de balanceamento | 52 |
| Figura 10 - Variação do lead time na etapa de lixa em dias | 53 |
| Figura 11 - Quantidade de funcionários do setor de lixa..... | 55 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Montagem de estações de trabalho..... | 18 |
| Tabela 2 - Quantidade de operadores por setor | 29 |
| Tabela 3 - Jornada de trabalho da etapa de lixa..... | 30 |
| Tabela 4 - Nova configuração setor de lixa..... | 42 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Classificação e subclassificação de pesquisa | 23 |
| Quadro 2 - Procedimentos metodológicos para coleta de dados da pesquisa | 26 |
| Quadro 3 - Tempos de ciclo do processo produtivo da empresa..... | 31 |
| Quadro 4 - Quantidade dos produtos por setor na produção | 33 |
| Quadro 5 - Takt time x Tempo de ciclo da lixa..... | 35 |
| Quadro 6 - Quantidade de dias necessários de produção por setor | 37 |
| Quadro 7 - Capacidades produtivas do setor de lixa para cenário inicial com 7 funcionários | 39 |
| Quadro 8 - Comparação de jornada de trabalho antes e depois do estudo de balanceamento na empresa | 42 |
| Quadro 9 - Nova formatação proposta de funcionários por setor..... | 43 |
| Quadro 10 - Capacidade produtiva do setor de lixa para 11 funcionários | 43 |
| Quadro 11 - Comparativo de capacidades produtivas para cenário com 11 operadores | 45 |
| Quadro 12 - Comparativo de capacidade produtiva do setor para caso de 9 funcionários | 49 |
| Quadro 13 - Comparativo de quantidades de cenário inicial x novo cenário..... | 54 |

SUMÁRIO

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 | FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA | 10 |
| 1.2 | OBJETIVO GERAL | 12 |
| 1.3 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 12 |
| 2. | REFERENCIAL TEÓRICO | 13 |
| 2.1 | CAPACIDADE DE PRODUÇÃO | 13 |
| 2.2 | BALANCEAMENTO DE LINHA..... | 14 |
| 2.3 | TEMPO DE CICLO..... | 17 |
| 2.4 | TAKT TIME | 18 |
| 2.5 | CRONOANÁLISE | 20 |
| 3. | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS..... | 23 |
| 3.1 | CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA | 23 |
| 3.2 | AMBIENTE DE PESQUISA | 24 |
| 3.3 | MÉTODO DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS..... | 26 |
| 4. | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 27 |
| 4.1 | DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DO SETOR GARGALO..... | 27 |
| 4.2 | LEVANTAMENTO DE DADOS DE NÍVEL DE ESTOQUE E TEMPOS | 30 |
| 4.3 | PROPOR UMA NOVA CONFIGURAÇÃO PRODUTIVA CONSIDERANDO ASPECTOS DE BALANCEAMENTO DE LINHA | 41 |
| 4.4 | AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DENTRO DO PROCESSO APÓS ESTUDO DE BALANCEAMENTO | 51 |
| 4.5 | VALIDAÇÃO E PADRONIZAÇÃO DE NOVA CONFIGURAÇÃO | 52 |
| 5. | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 56 |
| 6. | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 58 |

RESUMO

O balanceamento de linha é abordado dentro da engenharia de métodos, que utiliza métodos sistemáticos para analisar e compreender o trabalho, com o objetivo de desenvolver modelos mais eficazes para padronizar as tarefas e elevar a produtividade. Foi constatado na empresa foco desse trabalho, uma diferença significativa na entrega dos produtos por setor, foi levantado que o setor de lixa estava com um prazo de entrega de cerca de 15,74 dias de atraso em relação aos outros setores produtivos, o que caracteriza um desequilíbrio entre os setores produtivos. Com o objetivo de impulsionar a produtividade, várias organizações adotam as práticas de balanceamento de linha, tal como a empresa que é o centro de interesse desta investigação. A partir de um estudo de caso, foi desenvolvido um estudo de balanceamento para fabricações de móveis em uma indústria do setor moveleiro, seguindo as seguintes etapas: descrever o processo produtivo do setor gargalo, levantar dados de nível de estoque em linha e aferir os tempos de produção para balanceamento, propor uma nova configuração produtiva considerando aspectos de balanceamento de linha, avaliar os impactos dentro do processo e validar e padronizar nova configuração. Com a implementação dessa proposta foi obtido com resultados uma redução de cerca de 54% no *lead time* do setor da lixa, saindo de 15,74 dias para 8,45 dias e um aumento de cerca de 85% na capacidade produtiva desse mesmo setor, aumentando de 21 produtos por dia para 39 produtos por, em um determinado produto fabricado na organização.

Palavras-chaves: balanceamento, lead time, tempo de ciclo, capacidade produtiva, takt time

ABSTRACT

Line balancing is addressed within methods engineering, which utilizes systematic methods to analyze and understand work, aiming to develop more effective models to standardize tasks and increase productivity. It was observed in the company focused on in this paper a significant difference in product delivery by sector. It was found that the sanding sector had a delivery lead time of about 15.74 days behind other productive sectors, indicating an imbalance between them. In order to boost productivity, many organizations adopt line balancing practices, such as the company at the center of this investigation. Through a case study, a line balancing study was developed for furniture manufacturing in a sector-specific industry, following these steps: describing the production process of the bottleneck sector, collecting inventory level data in line, measuring production times for balancing, proposing a new production configuration considering line balancing aspects, evaluating impacts within the process, and validating and standardizing the new configuration. With the implementation of this proposal, results showed a reduction of approximately 54% in the lead time of the sanding sector, decreasing from 15.74 days to 8.45 days, and an increase of about 85% in the productive capacity of the same sector, rising from 21 products per day to 39, for a specific product manufactured in the organization.

KEYWORDS: balancing, lead time, cycle time, productive capacity, takt time

1. INTRODUÇÃO

1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Não é de hoje a constante busca por melhorias nos processos produtivos das empresas, estratégias que proporcionem uma maximização dos lucros, minimização dos custos, produzir com qualidade evitando ao máximo o desperdício nem sempre é uma tarefa fácil. Para uma empresa alcançar um determinado espaço seja ele em qualquer setor do mercado atual ela precisa priorizar pela excelência produtiva, podendo assim agregar ainda mais valor em seus produtos e/ou serviços.

Uma estratégia bastante aplicada e eficaz para melhorar seus resultados é a maximização da utilização dos seus recursos disponíveis. Para atingir esses resultados esperados pode-se aplicar o balanceamento da linha de produção, tendo em vista que com ele podemos reduzir o tempo ocioso das máquinas e equipamentos além da mão de obra proporcionando um melhor aproveitamento dos recursos e capacidade produtiva (Peinado; Graeml, 2007). Moreira (2008) ainda afirma que o objetivo do balanceamento é alcançar a máxima eficiência ou a mínima porcentagem de tempo ocioso.

Segundo Petrônio e Laugeni (2014), o balanceamento de linha pode ser caracterizado como sendo a atribuição de quais tarefas devem ser executadas por cada estação de trabalho e tem como proposta minimizar os tempos ociosos e os efeitos dos gargalos da produção. Nessa mesma lógica, Tubino (2007) constata que o balanceamento de uma linha de produção acontece pela combinação lógica de ações, onde cada operador encontra-se no seu devido posto de trabalho realizando apenas as atividades necessárias para a produção.

De acordo com Rocha (2005) balancear a linha de produção refere-se ao ajuste de acordo com a demanda para maximizar o uso de suas posições ou estações de trabalho para unificar o tempo unitário de execução do produto. O balanceamento de linha envolve, portanto, a distribuição uniforme do trabalho entre as estações produtivas para otimizar o tempo do operador e máquinas (Martins; Laugeni, 2015).

Dentro da engenharia de produção o balanceamento de linha encontra-se dentro da área de engenharia de métodos que consiste no estudo de técnicas e análises que permitam realizar o trabalho de forma sistemática e possibilite desenvolver métodos eficazes para padronização das atividades e um conseqüente aumento da produtividade (Souto, 2002).

Uma ferramenta muito importante para distribuição das atividades dentro de um processo produtivo é a cronoanálise, com ela é possível coletar os tempos realizados por cada operador e tentar distribuir essas atividades da melhor forma possível possibilitando uma execução no menor tempo possível proporcionando uma economia de recursos pela eliminação/redução de desperdícios.

Outra ferramenta bastante importante dentro do processo de balanceamento é entender qual a capacidade produtiva de cada estação de trabalho e também dentro da linha de produção. Isso porque, através do conhecimento da capacidade produtiva é possível gerir esta capacidade, de modo a obter a melhor combinação de operadores e recursos produtivos para determinado objetivo proposto.

A capacidade produtiva nada mais é a máxima produção possível de ser obtida em condições normais de trabalho e em determinado período de tempo (Slack et. al, 2002). Moreira (1998) afirma ainda que o estudo da capacidade produtiva pode ser feito para toda a organização ou pode ser considerado para apenas uma unidade produtiva no mesmo intervalo de tempo. Segundo Stevenson (2001), essa unidade produtiva ou operacional pode ser caracterizada como uma unidade de negócios, uma divisão ou unidade fabril, uma máquina, ou ainda um empregado

Logo através dessas ferramentas acima apresentadas muitas empresas fazem do uso delas uma forma de melhorar seus processos produtivos, não é diferente da empresa foco desse trabalho que atua no setor moveleiro e está no mercado há 11 anos. Os produtos desenvolvidos nessa empresa são bastante variados e utilizam em sua estrutura materiais como alumínio, madeira, material de trama sintética e estofados podendo ser eles personalizados de acordo com o gosto do cliente. O sistema produtivo se planeja por previsão de demanda e por encomenda (projeto) num processo produtivo tipo *jobbing* (por processo), de modo a se dividir em quatro centros produtivos: Centro de Montagem (Corte, Dobra, Furo, Armação e Soldagem TIG ou MIG), Centro de pintura (Lixa, Envernizamento, Limpeza dos Produtos e

Pintura eletrostática), Centro de Acabamento (Trama, Revisão e Montagem), e Centro de Embalagem (Setor de Embalagem e Expedição).

Para proporcionar essa melhor combinação de recursos e mão de obra foi buscado inicialmente a coleta desses tempos padrões de produção e depois atrelado a esses tempos foi identificado a capacidade produtiva de cada setor, além da identificação dos gargalos de produção. Através desses dados levantados foi encontrada uma diferença significativa de produção de um setor para outro proporcionando um tempo ocioso elevado dos setores menos impactados pelo setor gargalo que apresenta atividades que demandam maior tempo produtivo e são fundamentais para o andamento do fluxo produtivo, logo foi detectado um desbalanceamento de recursos e mão de obra entre esses setores.

No entanto, durante as observações e análises feitas no local de produção, foi identificada uma disparidade no estoque entre certos setores. Isso resultou de um processo de balanceamento inadequado, que não estava alinhado com a produtividade necessária para atender às metas da empresa naquele período específico

Em virtude dessa problemática levantada foi sugerido pela gerência da empresa um estudo mais detalhado sobre esse tema e proposto que o autor dessa pesquisa, também naquele momento estagiário da empresa, fosse o responsável por liderar as ações propostas para melhoria do balanceamento do sistema produtivo vigente na empresa. Deste modo, essa problemática de empreender um estudo de balanceamento nesta empresa do setor moveleiro é o foco deste trabalho.

1.2 OBJETIVO GERAL

Descrever e propor um estudo de balanceamento para uma linha de produção em uma fábrica de móveis para fins de melhorias de processo.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever o processo produtivo do setor gargalo
- Levantar dados de nível de estoque em linha e aferir os tempos de produção para balanceamento

- Propor uma nova configuração produtiva considerando aspectos de balanceamento de linha
- Avaliar os impactos dentro do processo
- Validar e padronizar nova configuração

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico serão abordados os temas sobre balanceamento de linha, a cronoanálise e a capacidade produtiva, temas bastante relevantes para o entendimento do balanceamento de linha.

2.1 CAPACIDADE DE PRODUÇÃO

Segundo Slack *et al.* (2002) a capacidade de produção de uma operação pode ser descrita como o mais alto grau de atividade de valor agregado em um intervalo de tempo específico que o processo pode alcançar em circunstâncias usuais de funcionamento.

Osorio (1992) afirma que capacidade e nível de atividade são conceitos distintos com implicações diversas para a gestão da produção. Enquanto a capacidade refere-se à habilidade de uma produção em gerar bens ou serviços, seja através de transformação ou qualquer processo que acrescente utilidade ou valor, o nível de atividade indica o grau de utilização planejado ou efetivo da capacidade disponível, influenciado por decisões impostas ou condicionadas.

Para permanecerem competitivas, as empresas devem fazer escolhas sobre como ajustar sua capacidade de produção tanto no curto quanto no longo prazo, adotando estratégias de planejamento de capacidade apropriadas (Gujarathi *et al.*, 2004).

Segundo Osorio (1992) para se determinar a capacidade produtiva se faz necessário o conhecimento a respeito da disponibilidade da capacidade dentro da linha de produção que podem ser determinados a partir de dois passos:

- Análise dos dados de produtos, máquinas e processos;
- Avaliação da capacidade do sistema produtivo.

Depois de avaliar a demanda e a capacidade, os passos seguintes do planejamento de capacidade envolvem reconhecer as diferentes estratégias de capacidade disponíveis e selecionar aquelas mais apropriadas para atender às necessidades (Slack *et al.*, 2002).

Logo, a partir do conhecimento da demanda e capacidade da linha de produção, as organizações tornam-se capazes de estruturar a melhor estratégia produtiva e definir a melhor configuração de balanceamento para a demanda exigida.

2.2 BALANCEAMENTO DE LINHA

Segundo Kumar (2013) o balanceamento de linha consiste no nivelamento da carga de trabalho dentro do fluxo produtivo com o objetivo de remover os gargalos e excesso de capacidade.

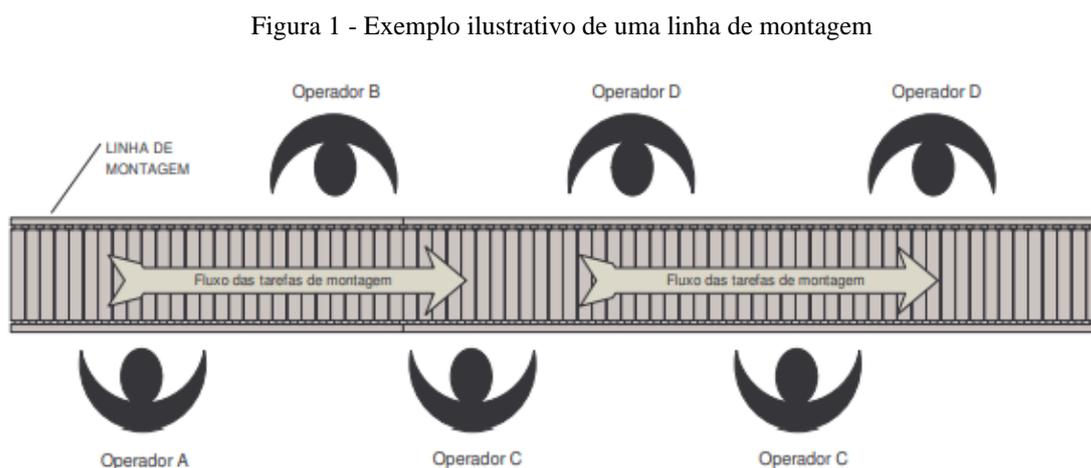
A meta do balanceamento é convergir de forma eficiente os recursos produtivos (Hazir & Dolgui, 2014). Para Silvasankaran e Shahabudeen (2014) para determinar a eficiência de determinada operação se faz necessário o conhecimento de seu tempo ocioso que ela proporciona dentro do fluxo. Logo, para se iniciar um balanceamento devem-se definir os limites técnicos da capacidade de produção, como também o tempo de ciclo empregado em cada posto de trabalho dentro de uma linha de produção.

Entretanto, em casos em que o sistema produtivo abrange uma alta variedade de produtos deve-se definir o balanceamento da seguinte maneira: conhecer todos os modelos empregados e suas tarefas associadas, o tempo de suas realizações e suas precedências para se poder traçar as tarefas dentro de uma sequência em que as relações precedência sejam obedecidas e suas capacidades otimizadas (Becker & Scholl, 2006; Erel & Gokcen, 1999).

Para se medir o tempo de cada tarefa dentro do fluxo se faz necessário analisar essas atividades de forma separada e cronometrá-las individualmente depois de um determinado número de repetições (Kulmar, 2013). Esse procedimento de coleta de tempo é de fundamental importância para se estabelecer um padrão para os programas de produção, levantar dados para a formulação dos custos padrões, estimar o custo de um produto novo e fornecer dados para o estudo do balanceamento (Martins e Laugeni, 2009).

Segundo Maïke, Rashid & Razali (2016) o balanceamento propõe como principal objetivo reduzir o número de estações de trabalho dado um tempo de ciclo ou diminuir o tempo de ciclo dado um número de estações de trabalho. Para isso, o balanceamento deve definir quantas estações de trabalho a linha precisa comportar e quais tarefas devem ser alocadas em cada estação a fim de utilizar o menor número de funcionários, menor número de máquinas para fornecer a quantidade necessário de capacidade.

De acordo com Moreira (2011) a linha de montagem representa um exemplo clássico de processo operacional em um sistema contínuo, onde um produto ou parte de um produto é dividido em uma série de operações que devem ser distribuídas entre as estações de trabalho. Este autor define posto de trabalho como um espaço ocupado por uma ou mais pessoas, e mesmo que haja apenas uma pessoa no posto de trabalho, múltiplas operações podem ser atribuídas. A Figura 1 ilustra uma linha de montagem.



Fonte: Peinado e Graeml (2007)

A Figura 1 mostra o caso clássico de uma linha de montagem, onde os operadores são distribuídos ao longo da linha e a montagem do produto é distribuída entre os operadores em uma linha em um sistema contínuo.

Peinado e Graeml (2007) argumentam que quando o tempo necessário para concluir uma tarefa é significativamente maior ou menor do que o tempo requerido para outras tarefas, ocorre um desequilíbrio na linha. Esses autores também observam que esse desequilíbrio pode levar a várias situações:

1. O operador sobrecarregado tenta compensar. Operadores encarregados das etapas com maior tempo de montagem tentam compensar essa desvantagem trabalhando em um ritmo mais acelerado, o que pode resultar em fadiga e doenças ocupacionais.
2. Muitas vezes, operadores mais ágeis e rápidos são designados para posições de trabalho mais desafiadoras, o que também pode causar problemas de saúde devido ao ritmo acelerado.
3. O tempo ocioso dos operadores responsáveis por tarefas de curta duração tende a ser alto, resultando em custos elevados devido à subutilização da mão de obra.
4. A velocidade da linha de produção é limitada pela operação mais lenta, tornando a linha de produção dependente do gargalo operacional.

Segundo Rocha (2005), o balanceamento de uma linha de produção consiste em adaptá-la às exigências da demanda, buscando maximizar a eficiência das estações de trabalho. Com uma perspectiva semelhante, Tubino (2007) destaca que o sequenciamento em linhas de montagem visa garantir que os diversos pontos de trabalho responsáveis pela montagem das partes do produto final operem no mesmo ritmo, alinhado com a demanda.

Reconhecendo a relevância do balanceamento e a necessidade de sua aplicação, Davis (2001) propõe 6 passos para implementar o balanceamento das linhas de produção, que são os seguintes:

1. Estabelecer a sequência das tarefas, utilizando um diagrama de precedência;
2. Definir o tempo de ciclo requerido;
3. Calcular o número mínimo teórico de estações de trabalho;
4. Escolher uma regra principal para a alocação das tarefas às estações de trabalho e uma regra secundária para desempate;
5. Atribuir as tarefas, uma de cada vez, à primeira estação, até que a soma dos tempos seja igual ao tempo de ciclo; e
6. Avaliar a eficiência da linha.

De acordo com Mortimer (2006), é essencial avaliar os períodos de execução das tarefas pelos operadores como parte crucial do processo de balanceamento. Em linha com esse raciocínio, Rother e Harris (2002) enfatizam que analisar os tempos de atividade em cada estação de trabalho é um passo essencial para garantir o equilíbrio de uma linha de produção.

Por fim, o processo de balanceamento da linha de produção destaca o seu gargalo, identificado como o recurso cuja capacidade é igual ou menor que a demanda sobre ele (Goldratt; Cox, 2014). Conseqüentemente, uma linha de produção desequilibrada resulta na sobrecarga de uma estação de trabalho em comparação com as outras, resultando em maior ociosidade no processo.

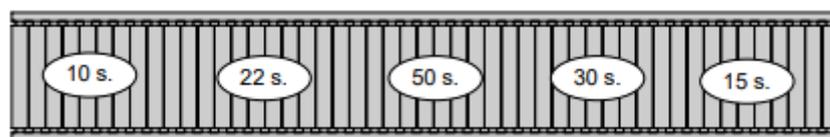
Logo para se realizar o correto balanceamento de uma linha de produção necessita-se conhecer os tempos das atividades por posto de operação. Para isso, é de fundamental importância o conhecimento sobre os seguintes parâmetros de tempo, o tempo de ciclo e o *takt time*. Por isso, estes dois temas serão discutidos nos tópicos que seguem.

2.3 TEMPO DE CICLO

O Tempo de Ciclo (TC) em uma linha de produção é um indicador-chave da eficiência operacional, representando o intervalo de tempo necessário para completar uma unidade do produto ao longo do processo de fabricação (Rother, 2009).

Minimizar o tempo de ciclo é essencial para aumentar a produtividade e reduzir os custos de produção em ambientes industriais. Peinado e Graeml (2007) afirmam ainda que o tempo de ciclo é o tempo máximo que um posto de trabalho tem para realizar determinada atividade até sua transferência para o próximo posto. Esses mesmos autores constataam que o tempo de ciclo mínimo será o tempo da atividade individual realizada de forma mais lenta e o tempo de ciclo máximo será a soma de tempo de todas as atividades. Segue exemplo de uma linha de produção na Figura 2.

Figura 2 - Configuração de uma linha de produção



Fonte: Peinado e Graeml (2007)

Como pode-se observar a partir da Figura 2, o tempo mínimo será de 50s, tendo em vista o fato de ser a atividade individual realizada no maior tempo possível. Com isso pode-se inferir que a cada 50s é produzida uma peça e este posto de trabalho será considerado o gargalo, pois ele irá determinar o ritmo de produção dos postos seguintes podendo provocar ociosidade nos postos que seguem. Por exemplo, tomando como base que a estação de trabalho A seja as duas primeiras atividades, ou seja, $10s + 22s = 32s$, a estação B seja a terceira atividade durando 50s (tempo de ciclo) e a estação de trabalho C seja o conjunto da quarta e quinta atividade, ou seja, $30s + 15s = 45s$, obtém-se a seguinte situação ilustrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Montagem de estações de trabalho

| ESTAÇÃO DE TRABALHO | ATIVIDADES | TEMPO DE TRABALHO (SEGUNDOS) | TEMPO TOTAL DISPONÍVEL (SEGUNDOS) | TEMPO OCIOSO (SEGUNDOS) |
|---------------------|------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| A | 1 e 2 atividades | 32 | 50 | 18 |
| B | 3 atividade | 50 | 50 | 0 |
| C | 4 e 5 atividades | 45 | 50 | 5 |

Fonte: adaptado Peinado e Gramel (2007)

A partir dos dados da Tabela 1 pode-se aferir ainda que a estação B é o gargalo da produção fazendo com que a estação A fique ociosa por 18s e a estação C por 5s. Tomando como base que essa linha de produção fosse composta por uma única estação de trabalho, teria o tempo de ciclo máximo que seria a soma dos tempos de todas as atividades individuais, ou seja, $10s + 22s + 50s + 30s + 15s = 127s$. A soma de todas as atividades individuais em uma linha de montagem também é conhecida como o *lead time* da linha, pois corresponde o tempo gasto desde a entrada do produto na linha até a sua saída.

Desta forma, após dominar o tempo de ciclo de cada etapa, pode-se organizar através da combinação de etapas para reduzir a ociosidade e melhorar a eficiência dos recursos produtivos. Nesse sentido, outro tempo como parâmetro é o *takt time* que será tratado no tópico a seguir.

2.4 TAKT TIME

De acordo com Ohno (1996), o *takt time* é o resultado da divisão do tempo diário de operação pela quantidade de peças requeridas. Iwayama (1997) afirma ainda que o *takt time* pode ser entendido como sendo o tempo alocado para produção de uma peça ou produto em uma linha ou célula. Logo, infere-se que esse tempo é definido a partir da demanda do mercado (Liker, 2005).

$$TAKT TIME = \frac{\text{Tempo Disponível}}{\text{Demanda}} \quad \text{Equação 1}$$

Conforme mostrado na Equação 1, o *takt time* é uma métrica calculada levando em consideração o tempo disponível e a demanda do produto. É importante realçar que os horários disponíveis correspondem à capacidade disponível, tendo em conta as paradas programadas. Por exemplo, em uma linha de produção o tempo disponível é de 540 minutos, a demanda diária é de 90 peças e o *takt time* é de 6 minutos, ou seja, uma peça deve estar pronta ao final do processo a cada 6 minutos para atender a demanda de produção.

Logo, a partir dos conceitos de *takt time* e tempo de ciclo contatam-se que o tempo de linha pode ser limitado tanto pela capacidade (tempo de ciclo) como pela demanda (*takt time*). Com os dados dessas duas variáveis torna-se possível calcular o número de operadores necessário na linha.

$$n^{\circ} \text{ de operadores} = \frac{\text{Somatória Tempo de Ciclo}}{\text{Takt Time}} \quad \text{Equação 2}$$

Conforme a Equação 2, o quociente entre o total de tempos de ciclo e o *takt time* permite identificar a quantidade ideal de operadores com o objetivo de chegar a uma divisão mais coerente entre os tempos de operação chegando na melhor configuração de balanceamento. Por exemplo, em uma linha onde o tempo total de ciclo é 500s e o *takt time* é de 25s conclui-se que o número ideal de operadores deve ser 20, ou seja, distribuir esse tempo de 500s em 20 postos de trabalho.

Uma técnica bastante importante para se aferir esses tempos é a cronoanálise, ferramenta essa fundamental para auxiliar nas tomadas de decisão na proposta de balanceamento. Logo seu conceito será explicado no próximo tópico.

2.5 CRONOANÁLISE

Segundo Oliveira (2009) a cronoanálise pode ser considerada como um método utilizado para cronometrar e realizar análises do tempo que um operador leva para realizar uma tarefa no fluxo produtivo, permitindo um tempo de tolerância para as necessidades fisiológicas, possíveis quebras de maquinários, entre outras paradas não programadas.

A aplicação dessa ferramenta de cronoanálise é bastante indicada quando se percebe a necessidade de melhorar a produtividade dentro da linha de produção. Através dela torna-se possível identificar pontos ineficiente dentro do processo, além de desperdícios de tempo. Tendo em mãos esses dados torna-se viável a melhoria da produtividade da linha de produção (Oliveira, 2012).

Sotsek e Bonduelle (2016) destacam que a cronoanálise tem como meta monitorar as atividades ao longo da produção de produtos e componentes, visando entender quanto tempo é realmente empregado em tarefas que contribuem de maneira significativa para o processo produtivo.

Para Barnes (1977) o método da cronoanálise pode ser determinado pelas seguintes etapas:

1. Obter e registrar as informações sobre a operação e o operador em estudo;
2. Dividir a operação em elementos;
3. Observar e registrar o tempo gasto pelo operador;
4. Determinar o número de ciclos a serem cronometrados;
5. Avaliar o ritmo do operador;
6. Determinar o tempo normal
7. Determinar as tolerâncias;
8. Determinar o tempo-padrão para a operação.

O tempo padrão é o tempo registrado com base em uma velocidade ou ritmo normal, sem considerar variações na velocidade e no esforço (Peinado; Graeml, 2007). O tempo normal pode ser calculado segundo a fórmula explicitada na Equação 3.

$$\textit{Tempo Normal} = \textit{Tempo Cronometrado} \times \textit{Velocidade do operador} \quad \textit{Equação 3}$$

Barnes (1977) descreve o tempo padrão como o período necessário para que um trabalhador qualificado e devidamente treinado, operando em ritmo normal, complete uma tarefa ou operação específica. Toledo Júnior (1989) destaca que o tempo padrão refere-se ao tempo requerido para realizar uma operação de acordo com um método pré-determinado ao longo de todas as horas de trabalho.

De acordo com Peinado e Geaeml (2007), o tempo padrão envolve a avaliação da velocidade de trabalho do operador e incorpora fatores de tolerância para atender às necessidades pessoais, reduzir a fadiga e considerar o tempo de espera. Esse tempo é determinado multiplicando o tempo normal por um fator de tolerância para compensar os períodos em que o trabalhador não está efetivamente trabalhando. O cálculo é realizado utilizando a Equação 4.

$$\textit{Tempo Padrão} = \textit{Tempo Normal} \times \textit{Fator de Tolerância} \quad \textit{Equação 4}$$

O tempo padrão é composto por diversos elementos que se combinam para sua formação. Esses elementos incluem:

- Tempo cronometrado, que representa o tempo real gasto.
- Tempo normal, calculado multiplicando-se a velocidade do ritmo pelo tempo cronometrado.
- Fator de avaliação, que avalia a habilidade do operador durante a execução das tarefas.
- Tolerância, que indica a taxa de variação em relação ao tempo normal.

Tendo em posse os valores desses tempos torna-se possível levantar dados sobre a capacidade produtiva dos operadores dentro de uma determinada jornada de trabalho, logo torna-se importante a melhor compreensão sobre a capacidade de produção.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta parte, será abordada a categorização do método de pesquisa empregado neste estudo, além de destacar as ferramentas empregadas para coletar os dados que serão apresentados posteriormente.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Carvalho *et al.*, (2019) descrevem pesquisa como uma série de atividades guiadas por um método fundamentado na racionalidade, com procedimentos pré-definidos, visando obter resultados e respostas para uma questão específica previamente identificada.

Carvalho *et al.*, (2019) afirmam ainda que uma pesquisa pode ser categorizada com base em sua natureza, seus objetivos e os métodos utilizados para coletar dados. O quadro 1 a seguir representa um resumo da classificação de pesquisa proposta por Carvalho *et al.*, (2019).

Quadro 1 - Classificação e subclassificação de pesquisa

| TIPOS DE PESQUISA | |
|--------------------------|--------------------|
| Quanto a natureza | Qualitativa |
| | Quantitativa |
| Quanto aos objetivos | Descritiva |
| | Explicativa |
| | Exploratória |
| Quanto a coleta de dados | Bibliográfica |
| | Experimental |
| | De levantamento |
| | De estudo de corte |
| | De estudo de caso |
| | Participante |
| | Pesquisa-ação |

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

A partir da classificação de tipos de pesquisa propostas por Carvalho *et al.*, (2019) conclui-se que a pesquisa desenvolvida nesse trabalho quanto a sua natureza é definida como sendo quantitativa por se tratar de uma pesquisa baseada em fatos e sua mensuração ser baseada no próprio método. Quanto aos objetivos essa pesquisa pode ser classificada como sendo descritiva, pois visa descrever os processos abordados nessa pesquisa e explicativo com o objetivo de aprofundar nas causas que provocam o problema principal desse projeto de pesquisa. No que se refere a coleta de dados essa pesquisa pode ser classificada como um estudo de caso, por se tratar de um caso específico, e participante e pesquisa-ação devido ao fato do pesquisador fazer parte da organização onde ele executou ações e foi um elemento participante ativo.

3.2 AMBIENTE DE PESQUISA

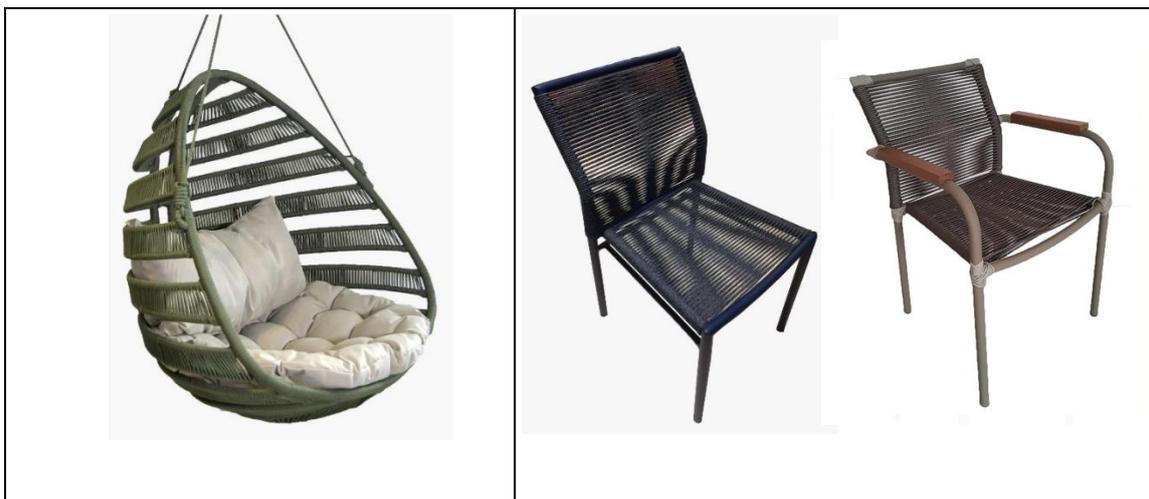
A empresa foco desse trabalho de pesquisa situa-se na região metropolitana de João Pessoa atuando no mercado há mais de 11 anos no setor moveleiro. A empresa conta a presença de cerca de 30 funcionários em seu corpo produtivo e pode ser caracterizada como uma empresa de porte pequeno.

Seus produtos são compostos em sua maioria por materiais de alumínio, trama sintética, madeira e estofados, sua produção é realizada sob demanda e possui uma alta variedade de produtos, como cadeiras, mesas, bancadas, espreguiçadeiras, sofás, luminárias entre outros móveis domésticos, todos voltados para áreas externas.

Em seu mostruário a organização conta a presença de cerca 70 linhas de produtos, podendo eles serem personalizados de acordo com o gosto do cliente, com nomes fazendo menção a pontos turísticos do Nordeste, em sua grande maioria praias. Abaixo segue algumas figuras de exemplificando esses produtos.

Figura 3 - Balanço

Figura 4 - Cadeiras sem e com braço



Fonte: Dados da empresa (2024)

O sistema produtivo se planeja por previsão de demanda e por encomenda (projeto) num processo produtivo tipo *jobbing* (por processo), de modo a se dividir em quatro centros produtivos: Centro de Montagem (Corte, Dobra, Furo, Armação e Soldagem TIG ou MIG), Centro de pintura (Lixa, Envernizamento, Limpeza dos Produtos e Pintura eletrostática), Centro de Acabamento (Trama, Revisão e Montagem), e Centro de Embalagem (Setor de Embalagem e Expedição).

Logo tendo em vista esse modelo produtivo de produzir apenas por demanda, a empresa precisa produzir quase sempre seus pedidos do estágio inicial, passando por todos as etapas listadas acima, com isso foi observado um tempo de produção muito elevado na operação de lixa em relação às outras estações de trabalho.

Para produção de uma cadeira de um modelo mais popular, por exemplo, o tempo levado para realização de corte dura em torno de 10 minutos, enquanto, no setor de lixa esse tempo chega a 50 minutos, tornando o setor de lixa cinco vezes mais lento, o que proporciona um gargalo na produção, deixando os setores seguintes muitas vezes ociosos e provocando um aumento considerável nos tempos de entrega dos pedidos.

Essa diferença no tempo de produção se dá pelo fato da realização da operação ser totalmente manual e requerer um grau de detalhamento importante para o acabamento da estrutura de alumínio presente nos produtos. Levando em consideração ainda a grande variedade e complexidade dos produtos ofertados pela organização essas diferenças de

tempos torna o problema ainda mais evidenciado. Foi estimando ainda que a operação de lixa dura em média 40% do tempo total de produção da maioria dos produtos da empresa.

Logo, a partir de observações e levantamento realizados no chão de fábrica foi detectado um estoque desproporcional entre alguns setores, o que foi desencadeado por um processo de balanceamento realizado de forma ineficiente para o nível de produtividade que a empresa precisava alcançar naquele determinado período.

Por estes motivos, a gerência da empresa definiu que fosse realizado um novo estudo de balanceamento na empresa para que estes problemas fossem corrigidos e, por este motivo, o autor deste trabalho, também estagiário da empresa naquela oportunidade, foi designado como líder desta ação. Desta forma, o objetivo deste trabalho é descrever a aplicação de um estudo de balanceamento nesta empresa do setor moveleiro, e os resultados aqui apresentados foram aplicados na empresa, de modo que foi possível levantar os ganhos e impactos obtidos deste estudo de balanceamento na empresa.

3.3 MÉTODO DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS

A fase de coleta de dados desempenha um papel crucial na pesquisa, uma vez que é por meio dela que se obtém as informações necessárias para atender aos objetivos predefinidos neste estudo. Para cada objetivo específico, é possível estabelecer uma estratégia ou técnica para a coleta de dados.

No Quadro 2 a seguir, é apresentado um esquema que relaciona os objetivos específicos com as estratégias de coleta de dados, visando uma melhor compreensão do processo de coleta de dados do método delineado para esta pesquisa.

Quadro 2 - Procedimentos metodológicos para coleta de dados da pesquisa

| Etapa | Objetivos específicos | Variáveis da pesquisa | Método de coleta e análise de dados |
|--------------|---|------------------------------|--|
| Etapa 1 | Descrever o processo produtivo do setor gargalo | Mapeamento do processo | Mapeamento realizado através de observações desestruturada do participante in loco e entrevistas informais com os operadores |

| | | | |
|---------|---|--|---|
| | | Levantamento das informações do processo (quantidade de linhas, quantidade de operadores, jornada de trabalho) | Informações coletadas através de entrevistas informais com o supervisor, monitor e coordenador do setor da classificação onde ficam alocadas as linhas de montagem de caixa |
| Etapa 2 | Levantar dados de nível de estoque em linha e aferir os tempos de produção para balanceamento | Dimensionar estoque pronto, em processo e em espera e aferir tempos de produção | Informações coletadas através de medições (cronometragens) junto aos operadores nos setores produtivos |
| Etapa 3 | Propor uma nova configuração produtiva considerando aspectos de balanceamento de linha | Levantamento de propostas para melhorar o balanceamento da linha | Levantamento de propostas através de reuniões realizadas com supervisores e coordenador de PCP e um estagiário |
| Etapa 4 | Avaliar os impactos dentro do processo | Análise comparativa com o método anterior | Comparação de nova configuração com a configuração anterior |
| Etapa 5 | Validar e padronizar nova configuração | Validação e padronização das mudanças após estudo de balanceamento | Definição de nova formatação para o setor produtivo gargalo junto aos envolvidos no processo |

Fonte: A autoria própria (2024)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta sessão tem como objetivo examinar as ferramentas empregadas ao longo do trabalho de pesquisa, bem como suas ações e consequências para o desfecho alcançado no projeto de balanceamento de linha.

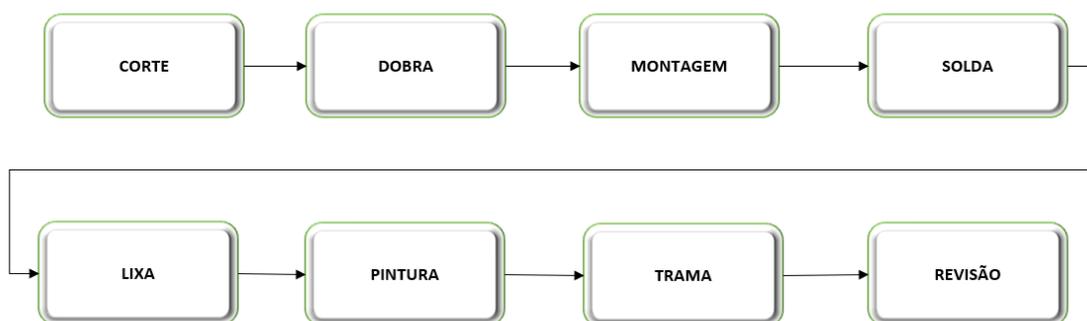
4.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DO SETOR GARGALO

A partir de observações e levantamento realizados no chão de fábrica foi detectado um estoque desproporcional entre alguns setores, o que foi desencadeado por um processo de balanceamento realizado de forma ineficiente para o nível de produtividade que a empresa precisava alcançar naquele determinado período.

Para isso, foi realizado um mapeamento de todos os setores produtivos e identificado uma desproporção muito grande do setor de lixa em relação aos outros. Enquanto a operação de corte era realizada em um tempo de 10 minutos por exemplo, a operação de lixa variava de 50 minutos até mais de 24h dependendo do grau de complexidade do produto que deveria ser produzido.

Logo, a partir do mapeamento dos processos existentes na empresa foi identificado os setores e suas dependências, como pode ser observado na Figura 5 a seguir.

Figura 5 - Fluxograma de processos de um produto



Fonte: Autoria própria (2024)

Conforme ilustrado no fluxo acima, para a produção dos produtos primeiramente o perfil de alumínio é cortado com auxílios de gabaritos e máquinas de corte, em seguida dobrado com o auxílio de máquinas que realizam a dobra do alumínio para em seguida ser montado e soldado através de máquinas de solda TIG ou MIG.

Após esses processos a estrutura soldada parte para o setor de lixa, onde é realizado o acabamento da estrutura removendo imperfeições e marcas provenientes dos processos anteriores para em seguida a peça ser pintada de forma manual com o auxílio de uma pistola eletrostática e ser enviada para secar a tinta no forno, após essa secagem a peça é encaminhada para o setor de trama, onde é realizada o recobrimento da estrutura de forma artesanal e por último a peça vai para o setor de revisão, onde são feitos os últimos ajustes antes de ser encaminhada para expedição.

Tendo em vista esse fluxo mostrado na Figura 3, pode-se constatar a dependência dos setores de pintura, trama e revisão em relação à lixa. No setor de lixa o operador tem como principal objetivo remover os cantos vivos e imperfeições na estrutura de alumínio provenientes de operações anteriores, como corte e solda por exemplo. Esse processo é realizado na maioria das vezes com o auxílio de esmerilhadeiras ou simples folhas de lixa. Como a variedade de produtos é muito extensa a carga de trabalho e tempo alocado para essa função varia muito de acordo com a complexidade do item a ser produzido.

A Tabela 2, a seguir mostra a disposição de funcionários por setor durante o estado inicial da pesquisa.

Tabela 2 - Quantidade de operadores por setor

| SETOR | QUANTIDADE DE OPERADORES |
|--------------|---------------------------------|
| CORTE | 2 |
| DOBRA | 4 |
| MONTAGEM | 4 |
| SOLDA | 2 |
| LIXA | 7 |
| PINTURA | 1 |
| TRAMA | 8 |
| REVISÃO | 2 |

Fonte: Autoria própria (2024)

Durante o estágio inicial desse projeto o setor de corte contava com a presença de 2 funcionários, o setor de dobra com 4 funcionários, o setor de montagem com 4 funcionários, o setor de solda com 2 funcionários, o setor de lixa com 7 funcionários, o setor de pintura com 1 funcionário, o setor de trama com 8 funcionários e o setor de revisão com 2 funcionários. Esse arranjo foi elaborado de acordo com a demanda e o tempo de operação de cada setor, por exemplo, na execução do corte o operador basta posicionar o perfil de alumínio na máquina e realizar os cortes de acordo o padrão definido para produção, logo essa atividade pode ser executada de forma rápida não havendo necessidade de se ter uma equipe com muitos operadores, diferentemente da trama e lixa que necessitam de vários operadores, levando em consideração o fato dessas atividades serem realizadas de forma totalmente manual.

A partir do levantamento dessas informações foi levantado ainda um estoque excessivo de peças principalmente entre os setores de solda e lixa, já que o processo de lixa é bem mais lento que seu antecessor e conseqüentemente tornava o setor de pintura e seus sucessores ociosos em determinados períodos. Fatos esses relacionados ao grau de complexidade das atividades realizadas na lixa, executados de forma totalmente manual.

Após a realização desse levantamento, foi coletado os tempos das jornadas de trabalho dentro desse setor de lixa, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Jornada de trabalho da etapa de lixa

| | | | |
|------------------|-------|-----------------|-------|
| ENTRADA | 08:00 | ALMOÇO | 01:00 |
| SAÍDA | 18:00 | BUSCAR MATERIAL | 00:20 |
| TOTAL HORAS | 10:00 | TOTAL HORAS | 01:20 |
| HORAS DECIMAL | 10,00 | HORAS DECIMAL | 1,33 |
| | | | |
| TOTAL DISPONÍVEL | 8,67 | | |

Fonte: Autoria própria (2024)

A partir da Tabela 2 infere-se que o setor possui 10,00h produtivas durante o dia, embora possua um tempo disponível de 8,67h devido a parada para o almoço e o tempo de busca do material que juntos somam 1,33h.

4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS DE NÍVEL DE ESTOQUE E TEMPOS

Para determinar o estado do balanceamento atual da empresa foi levantado todo o estoque de produtos em processo e pronto por setor para se situar em relação ao nível de desbalanceamento que foi encontrado. O Quadro 3, a seguir, mostra os tempos de ciclos de alguns produtos levantados naquele período.

Quadro 3 - Tempos de ciclo do processo produtivo da empresa

| PRODUTOS | TEMPO DE CICLO (min) | | | | | | | |
|------------|----------------------|-------|----------|-------|------|---------|-------|---------|
| | CORTE | DOBRA | MONTAGEM | SOLDA | LIXA | PINTURA | TRAMA | REVISÃO |
| Produto 1 | 9 | 24 | 82 | 20 | 180 | 20 | 131 | 20 |
| Produto 2 | 12 | 25 | 30 | 15 | 90 | 5 | 0 | 5 |
| Produto 3 | 2 | 20 | 94 | 45 | 270 | 17 | 0 | 13 |
| Produto 4 | 12 | 40 | 97 | 170 | 180 | 16 | 0 | 10 |
| Produto 5 | 11 | 20 | 30 | 92 | 180 | 15 | 80 | 18 |
| Produto 6 | 15 | 45 | 25 | 55 | 210 | 4 | 0 | 3 |
| Produto 7 | 10 | 5 | 197 | 41 | 350 | 25 | 0 | 7 |
| Produto 8 | 25 | 36 | 105 | 80 | 240 | 75 | 0 | 20 |
| Produto 9 | 10 | 15 | 30 | 30 | 175 | 43 | 180 | 16 |
| Produto 10 | 12 | 50 | 92 | 147 | 298 | 16 | 0 | 8 |
| Produto 11 | 16 | 22 | 94 | 68 | 270 | 17 | 0 | 13 |
| Produto 12 | 11 | 40 | 85 | 19 | 480 | 20 | 0 | 15 |
| Produto 13 | 40 | 9 | 80 | 45 | 109 | 38 | 0 | 33 |
| Produto 14 | 12 | 14 | 30 | 17 | 100 | 50 | 0 | 80 |
| Produto 15 | 4 | 17 | 40 | 66 | 190 | 8 | 43 | 7 |
| Produto 16 | 18 | 120 | 80 | 50 | 480 | 40 | 270 | 44 |
| Produto 17 | 10 | 200 | 150 | 51 | 210 | 35 | 300 | 25 |
| Produto 18 | 13 | 19 | 26 | 27 | 149 | 11 | 245 | 50 |
| Produto 19 | 7 | 8 | 15 | 14 | 58 | 13 | 42 | 10 |
| Produto 20 | 10 | 156 | 60 | 40 | 340 | 12 | 467 | 30 |
| Produto 21 | 7 | 52 | 154 | 148 | 216 | 7 | 90 | 28 |
| Produto 22 | 9 | 16 | 30 | 47 | 186 | 18 | 120 | 15 |
| Produto 23 | 16 | 27 | 140 | 48 | 645 | 37 | 270 | 20 |
| Produto 24 | 9 | 24 | 82 | 20 | 180 | 20 | 131 | 20 |
| Produto 25 | 13 | 19 | 26 | 27 | 149 | 11 | 245 | 50 |
| Produto 26 | 11 | 5 | 60 | 14 | 180 | 12 | 180 | 15 |
| Produto 27 | 10 | 150 | 460 | 54 | 600 | 45 | 576 | 10 |
| Produto 28 | 15 | 18 | 27 | 70 | 135 | 13 | 40 | 9 |
| Produto 29 | 10 | 60 | 120 | 55 | 180 | 19 | 50 | 7 |
| Produto 30 | 25 | 45 | 105 | 80 | 240 | 15 | 0 | 20 |
| Produto 31 | 25 | 45 | 105 | 80 | 240 | 15 | 0 | 20 |
| Produto 32 | 15 | 30 | 60 | 70 | 274 | 25 | 90 | 13 |
| Produto 33 | 8 | 30 | 60 | 36 | 120 | 6 | 125 | 20 |
| Produto 34 | 30 | 6 | 166 | 103 | 190 | 30 | 0 | 15 |
| Produto 35 | 30 | 6 | 166 | 103 | 190 | 30 | 0 | 15 |
| Produto 36 | 7 | 5 | 38 | 9 | 80 | 17 | 0 | 9 |
| Produto 37 | 7 | 60 | 38 | 10 | 80 | 17 | 0 | 9 |
| Produto 38 | 26 | 25 | 65 | 47 | 301 | 28 | 390 | 20 |
| Produto 39 | 48 | 195 | 236 | 108 | 308 | 35 | 1230 | 60 |
| Produto 40 | 7 | 8 | 15 | 14 | 58 | 13 | 42 | 10 |
| Produto 41 | 16 | 22 | 154 | 45 | 195 | 20 | 185 | 55 |
| Produto 42 | 20 | 20 | 80 | 16 | 75 | 25 | 210 | 30 |
| Produto 43 | 7 | 15 | 24 | 14 | 28 | 10 | 157 | 23 |
| Produto 44 | 10 | 20 | 40 | 40 | 540 | 12 | 75 | 35 |
| Produto 45 | 12 | 40 | 97 | 153 | 367 | 16 | 90 | 21 |
| Produto 46 | 10 | 40 | 60 | 15 | 60 | 5 | 540 | 8 |
| Produto 47 | 7 | 37 | 55 | 123 | 160 | 13 | 0 | 12 |
| Produto 48 | 17 | 10 | 44 | 28 | 225 | 20 | 60 | 45 |
| Produto 49 | 9 | 9 | 15 | 17 | 14 | 28 | 166 | 14 |
| Produto 50 | 12 | 4 | 70 | 68 | 177 | 10 | 0 | 28 |
| Produto 51 | 6 | 17 | 60 | 15 | 87 | 17 | 140 | 20 |
| Produto 52 | 11 | 5 | 60 | 28 | 180 | 12 | 240 | 30 |
| Produto 53 | 5 | 0 | 35 | 80 | 300 | 10 | 0 | 30 |
| Produto 54 | 9 | 0 | 55 | 30 | 180 | 27 | 540 | 50 |
| Produto 55 | 9 | 0 | 55 | 30 | 180 | 27 | 540 | 50 |
| Produto 56 | 9 | 0 | 55 | 30 | 180 | 27 | 540 | 50 |
| Produto 57 | 9 | 0 | 55 | 30 | 180 | 27 | 540 | 50 |
| Produto 58 | 30 | 6 | 166 | 103 | 190 | 30 | 0 | 15 |
| Produto 59 | 8 | 45 | 110 | 20 | 190 | 15 | 210 | 20 |
| Produto 60 | 10 | 27 | 99 | 10 | 240 | 18 | 160 | 18 |
| Produto 61 | 10 | 30 | 50 | 36 | 90 | 6 | 120 | 40 |
| Produto 62 | 8 | 30 | 60 | 12 | 180 | 17 | 120 | 25 |
| Produto 63 | 10 | 15 | 50 | 6 | 60 | 13 | 120 | 15 |
| Produto 64 | 20 | 20 | 80 | 16 | 75 | 25 | 210 | 30 |
| Produto 65 | 7 | 40 | 15 | 12 | 220 | 5 | 54 | 20 |
| Produto 66 | 3 | 44 | 95 | 100 | 180 | 12 | 256 | 9 |
| Produto 67 | 14 | 20 | 34 | 35 | 468 | 25 | 180 | 55 |
| Produto 68 | 14 | 20 | 34 | 35 | 468 | 25 | 180 | 55 |
| Produto 69 | 30 | 6 | 166 | 103 | 190 | 30 | 0 | 15 |
| Produto 70 | 24 | 30 | 195 | 7 | 0 | 17 | 0 | 0 |
| Produto 71 | 24 | 30 | 195 | 7 | 0 | 17 | 0 | 0 |
| Produto 72 | 4 | 12 | 85 | 19 | 40 | 20 | 120 | 45 |
| Produto 73 | 48 | 195 | 236 | 108 | 308 | 35 | 1230 | 60 |
| Produto 74 | 0 | 0 | 0 | 0 | 300 | 28 | 0 | 22 |

Fonte: Autoria própria (2024)

Para coleta desses dados foi realizado a cronometragem durante o período de um dia de todos os itens que estavam sendo produzidos naquele momento. Foram levantados os tempos produtivos de 74 produtos de diferentes linhas e modelos de todos os setores para determinação de seus tempos de ciclo.

Notam-se diferenças nos tempos dos produtos por setor e por produto evidenciando dificuldade de padronização das atividades, tendo em vista a alta variabilidade que os produtos podem apresentar, seja ele por personalização do cliente ou pela sua própria elaboração de projeto. A partir do Quadro 3 infere-se ainda que o tempo de ciclo do setor de lixa supera os outros setores em quase todos os produtos listados, o que caracteriza como sendo o setor gargalo da produção.

Durante o levantamento dos tempos de ciclo, foi levantado também a quantidade de peças que estavam sendo produzidas ou estocadas em cada setor para se ter uma ideia da quantidade de estoque que cada setor estava acumulando naquele período.

Quadro 4 - Quantidade dos produtos por setor na produção

| PRODUTOS | QUANTIDADES POR SETOR (und) | | | | | | | |
|------------|-----------------------------|-------|----------|-------|------|---------|-------|---------|
| | CORTE | DOBRA | MONTAGEM | SOLDA | LIXA | PINTURA | TRAMA | REVISÃO |
| Produto 1 | 1 | 10 | 0 | 0 | 29 | 2 | 15 | 3 |
| Produto 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 | 0 | 6 |
| Produto 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 3 | 0 | 3 |
| Produto 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Produto 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 1 | 11 | 1 |
| Produto 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| Produto 7 | 1 | 2 | 1 | 0 | 5 | 1 | 0 | 4 |
| Produto 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Produto 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Produto 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| Produto 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Produto 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Produto 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| Produto 14 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| Produto 15 | 0 | 0 | 10 | 0 | 78 | 11 | 0 | 0 |
| Produto 16 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 18 | 3 | 0 | 0 | 15 | 15 | 0 | 6 | 0 |
| Produto 19 | 0 | 0 | 0 | 12 | 50 | 0 | 1 | 0 |
| Produto 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Produto 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 22 | 0 | 0 | 8 | 0 | 3 | 0 | 13 | 0 |
| Produto 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 | 0 | 0 |
| Produto 27 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 28 | 0 | 20 | 0 | 0 | 76 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 29 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 30 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 31 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 32 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 33 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 34 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 37 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 39 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 40 | 0 | 6 | 0 | 0 | 153 | 0 | 3 | 0 |
| Produto 41 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 42 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 43 | 0 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 44 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Produto 45 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 46 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 47 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 48 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Produto 49 | 0 | 2 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 50 | 0 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 51 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 52 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 53 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 54 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 55 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 56 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 57 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 58 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 59 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 61 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Produto 63 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Produto 64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Produto 65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 |
| Produto 66 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Produto 67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 |
| Produto 68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Produto 69 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 70 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 71 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Produto 73 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Produto 74 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |

Fonte: Autoria própria (2024)

Como pode ser observado no Quadro 4, a quantidade de produtos no setor de lixa supera os demais setores corroborando ainda mais para hipótese de o setor de lixa ser o setor gargalo. Além disso, conclui-se ainda que esse setor esteja influenciando diretamente os setores que lhe sucedem, como a pintura por exemplo.

Logo, a partir dessas observações sobre a lixa foi calculado o *takt time* desse setor baseado na quantidade requerida desses itens nesse setor, onde essa quantidade seria a quantidade de peças total paradas ou em processo naquele setor e comparado ainda com os tempos de ciclos desses produtos com o intuito de analisar se o tempo de ciclo estaria superando o *takt time* desses itens. O Quadro 5, a seguir, mostra esses resultados

Quadro 5 - Takt time x Tempo de ciclo da lixa

| PRODUTOS | TEMPO DE CICLO X TAKT TIME DA LIXA | | |
|------------|------------------------------------|----------------------|-----------------|
| | DEMANDA | TEMPO DE CICLO (min) | TAKT TIME (min) |
| Produto 1 | 29 | 180 | 19 |
| Produto 2 | 1 | 90 | 540 |
| Produto 3 | 9 | 270 | 60 |
| Produto 4 | 0 | 180 | 0 |
| Produto 5 | 9 | 180 | 60 |
| Produto 6 | 0 | 210 | 0 |
| Produto 7 | 5 | 350 | 108 |
| Produto 8 | 0 | 240 | 0 |
| Produto 9 | 0 | 175 | 0 |
| Produto 10 | 0 | 298 | 0 |
| Produto 11 | 0 | 270 | 0 |
| Produto 12 | 0 | 480 | 0 |
| Produto 13 | 0 | 109 | 0 |
| Produto 14 | 0 | 100 | 0 |
| Produto 15 | 78 | 190 | 7 |
| Produto 16 | 1 | 480 | 540 |
| Produto 17 | 1 | 210 | 540 |
| Produto 18 | 15 | 149 | 36 |
| Produto 19 | 50 | 58 | 11 |
| Produto 20 | 0 | 340 | 0 |
| Produto 21 | 2 | 216 | 270 |
| Produto 22 | 3 | 186 | 180 |
| Produto 23 | 2 | 645 | 270 |
| Produto 24 | 10 | 180 | 54 |
| Produto 25 | 9 | 149 | 60 |
| Produto 26 | 2 | 180 | 270 |
| Produto 27 | 0 | 600 | 0 |
| Produto 28 | 76 | 135 | 7 |
| Produto 29 | 0 | 180 | 0 |
| Produto 30 | 0 | 240 | 0 |
| Produto 31 | 0 | 240 | 0 |
| Produto 32 | 0 | 274 | 0 |
| Produto 33 | 0 | 120 | 0 |
| Produto 34 | 0 | 190 | 0 |
| Produto 35 | 1 | 190 | 540 |
| Produto 36 | 1 | 80 | 540 |
| Produto 37 | 1 | 80 | 540 |
| Produto 38 | 1 | 301 | 540 |
| Produto 39 | 0 | 308 | 0 |
| Produto 40 | 153 | 58 | 4 |
| Produto 41 | 0 | 195 | 0 |
| Produto 42 | 0 | 75 | 0 |
| Produto 43 | 4 | 28 | 135 |
| Produto 44 | 0 | 540 | 0 |
| Produto 45 | 0 | 367 | 0 |
| Produto 46 | 1 | 60 | 540 |
| Produto 47 | 0 | 160 | 0 |
| Produto 48 | 0 | 225 | 0 |
| Produto 49 | 6 | 14 | 90 |
| Produto 50 | 4 | 177 | 135 |
| Produto 51 | 0 | 87 | 0 |
| Produto 52 | 0 | 180 | 0 |
| Produto 53 | 0 | 300 | 0 |
| Produto 54 | 0 | 180 | 0 |
| Produto 55 | 0 | 180 | 0 |
| Produto 56 | 0 | 180 | 0 |
| Produto 57 | 0 | 180 | 0 |
| Produto 58 | 0 | 190 | 0 |
| Produto 59 | 0 | 190 | 0 |
| Produto 60 | 5 | 240 | 108 |
| Produto 61 | 0 | 90 | 0 |
| Produto 62 | 0 | 180 | 0 |
| Produto 63 | 0 | 60 | 0 |
| Produto 64 | 0 | 75 | 0 |
| Produto 65 | 0 | 220 | 0 |
| Produto 66 | 0 | 180 | 0 |
| Produto 67 | 0 | 468 | 0 |
| Produto 68 | 0 | 468 | 0 |
| Produto 69 | 0 | 190 | 0 |
| Produto 70 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 71 | 0 | 0 | 0 |
| Produto 72 | 0 | 40 | 0 |
| Produto 73 | 0 | 308 | 0 |
| Produto 74 | 0 | 300 | 0 |

Fonte: Autoria própria (2024)

Para o cálculo do *takt time* foi utilizado a equação 1, que afirma que o *takt time* é o quociente da demanda pelo tempo disponível, que neste caso é de 540 minutos. A partir dos resultados obtidos no Quadro 5 fica evidenciado que o tempo de ciclo é maior que o *takt time* na maioria dos produtos, destacando uma falta de capacidade do setor de produzir a demanda estimada durante a jornada diária de trabalho, logo pode-se destacar um desbalanceamento no setor.

Levando em consideração ainda o número de operadores presente em cada setor no momento, foi realizada uma análise mostrando a diferença de *lead time* de entrega desses produtos por setor naquele determinado período, para isso foi utilizado os tempos de ciclo dos produtos (Quadro 3) e suas quantidades em cada setor (Quadro 4), em seguida foi multiplicado o tempo de ciclo desses produtos pela sua quantidade para se ter uma noção da quantidade de tempo necessária para se produzir toda aquela demanda e dividida pela jornada diária de 540min.

A partir desse resultado chega-se no valor da produção em dias de um operador sozinho executando as operações. Entretanto se for dividido esse resultado em dias pelo número de operadores presentes chega-se *no lead time* em dias para entregar essa demanda. Resumidamente esse cálculo pode ser resumido a partir das seguintes equações.

Estoque (DIAS) = (Tempo de ciclo (min)/540) * Quantidade total (Equação 4)

Lead time (DIAS) = Estoque (DIAS) / N° DE OPERADORES (Equação 5)

Os resultados provenientes desses cálculos são ilustrados no Quadro 6 a seguir

Quadro 6 - Quantidade de dias necessários de produção por setor

| PRODUTOS | CORTE | DOBRA | MONTAGEM | SOLDA | LIXA | PINTURA | TRAMA | REVISÃO |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|--------------|-------------|
| Produto 1 | 0,02 | 0,44 | 0,00 | 0,00 | 9,67 | 0,07 | 3,64 | 0,11 |
| Produto 2 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,06 | 0,00 | 0,06 |
| Produto 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,50 | 0,09 | 0,00 | 0,07 |
| Produto 4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,02 |
| Produto 5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,00 | 0,03 | 1,63 | 0,03 |
| Produto 6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| Produto 7 | 0,02 | 0,02 | 0,36 | 0,00 | 3,24 | 0,05 | 0,00 | 0,05 |
| Produto 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 0,04 |
| Produto 9 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,03 |
| Produto 10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,04 |
| Produto 11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,02 |
| Produto 12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,03 |
| Produto 13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 0,00 | 0,18 |
| Produto 14 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 15 | 0,00 | 0,00 | 0,74 | 0,00 | 27,44 | 0,16 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 0,89 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 18 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 4,14 | 0,00 | 2,72 | 0,00 |
| Produto 19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,31 | 5,37 | 0,00 | 0,08 | 0,00 |
| Produto 20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,73 | 0,00 |
| Produto 21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 22 | 0,00 | 0,00 | 0,44 | 0,00 | 1,03 | 0,00 | 2,89 | 0,00 |
| Produto 23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,48 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,67 | 0,09 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 28 | 0,00 | 0,67 | 0,00 | 0,00 | 19,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 29 | 0,00 | 0,00 | 0,67 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 30 | 0,00 | 0,00 | 0,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 31 | 0,05 | 0,00 | 0,39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 32 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 33 | 0,00 | 0,00 | 0,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 34 | 0,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 37 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 39 | 0,00 | 0,00 | 0,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 40 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 16,43 | 0,00 | 0,23 | 0,00 |
| Produto 41 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 42 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 43 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 44 | 0,04 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,00 |
| Produto 45 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 46 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 47 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 48 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,00 |
| Produto 49 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 50 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 1,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 51 | 0,02 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 52 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 53 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 54 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 55 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 56 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 57 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 59 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 61 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 62 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,22 | 0,00 |
| Produto 63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,22 | 0,00 |
| Produto 64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,17 |
| Produto 65 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,00 |
| Produto 66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,47 | 0,00 |
| Produto 67 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,67 | 0,00 |
| Produto 68 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,33 | 0,00 |
| Produto 69 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 70 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 71 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Produto 72 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,44 | 0,00 |
| Produto 73 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,28 | 0,00 |
| Produto 74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,08 |
| TOTAL (DIAS) | 1,09 | 2,14 | 3,96 | 1,35 | 110,16 | 1,47 | 20,41 | 0,95 |
| TOTAL (MESES) | 0,05 | 0,10 | 0,18 | 0,06 | 5,01 | 0,07 | 0,93 | 0,04 |
| Operadores | 2 | 4 | 4 | 2 | 7 | 4 | 8 | 2 |
| Produto | 0,54 | 0,54 | 0,99 | 0,67 | 15,74 | 0,37 | 2,55 | 0,47 |

Fonte: Autoria própria (2024)

Como pode ser observado no Quadro 6 o setor de lixa apresenta um *lead time* muito elevado em relação aos outros setores produtivos o que pode proporcionar uma ociosidade nos setores que o sucedem. Esses valores podem ser expostos ainda a partir de um gráfico ilustrando essa diferença, como pode ser identificado na Figura 6 a seguir.

Figura 6 - Lead time em dias geral por setor



Fonte: Autoria própria (2024)

A partir dos dados levantados no gráfico acima, pode-se observar uma diferença muito significativa nos tempos de entrega dos produtos do setor de lixa em relação aos demais o que pode proporcionar uma ociosidade grande nos setores que sucedem a lixa, como a pintura, trama e revisão.

Considerando ainda que um operador de lixa consegue finalizar o as suas atividades segundo o tempo de ciclo coletado no posto, torna-se possível o cálculo da capacidade produtiva do setor, para isso basta dividir o tempo de ciclo pela jornada de trabalhada e multiplicar pelo número de operadores presente no setor para se chegar na capacidade produtiva, conforme equação a seguir.

Capacidade produtiva = (Tempo de ciclo / Jornada de trabalho) * n° de operadores
(Equação 6)

Considerando a jornada de trabalho como sendo de 9h, que é o equivalente a 540 minutos, e que naquele cenário inicial o setor de lixa contava com 7 funcionários, o Quadro 7 a seguir, mostra essas capacidades calculadas por setor e número de operadores.

Quadro 7 - Capacidades produtivas do setor de lixa para cenário inicial com 7 funcionários

| | CAPACIDADE PRODUTIVA P/7 OPERADORES |
|-----------------|--|
| PRODUTOS | LIXA |
| Produto 1 | 21 |
| Produto 2 | 42 |
| Produto 3 | 14 |
| Produto 4 | 21 |
| Produto 5 | 21 |
| Produto 6 | 18 |
| Produto 7 | 11 |
| Produto 8 | 16 |
| Produto 9 | 22 |
| Produto 10 | 13 |
| Produto 11 | 14 |
| Produto 12 | 8 |
| Produto 13 | 35 |
| Produto 14 | 38 |
| Produto 15 | 20 |
| Produto 16 | 8 |
| Produto 17 | 18 |
| Produto 18 | 25 |
| Produto 19 | 65 |
| Produto 20 | 11 |
| Produto 21 | 18 |
| Produto 22 | 20 |
| Produto 23 | 6 |
| Produto 24 | 21 |
| Produto 25 | 25 |
| Produto 26 | 21 |
| Produto 27 | 6 |
| Produto 28 | 28 |
| Produto 29 | 21 |
| Produto 30 | 16 |
| Produto 31 | 16 |
| Produto 32 | 14 |
| Produto 33 | 32 |
| Produto 34 | 20 |
| Produto 35 | 20 |
| Produto 36 | 47 |

| | |
|-------------------|-----|
| Produto 37 | 47 |
| Produto 38 | 13 |
| Produto 39 | 12 |
| Produto 40 | 65 |
| Produto 41 | 19 |
| Produto 42 | 50 |
| Produto 43 | 135 |
| Produto 44 | 7 |
| Produto 45 | 10 |
| Produto 46 | 63 |
| Produto 47 | 24 |
| Produto 48 | 17 |
| Produto 49 | 270 |
| Produto 50 | 21 |
| Produto 51 | 43 |
| Produto 52 | 21 |
| Produto 53 | 13 |
| Produto 54 | 21 |
| Produto 55 | 21 |
| Produto 56 | 21 |
| Produto 57 | 21 |
| Produto 58 | 20 |
| Produto 59 | 20 |
| Produto 60 | 16 |
| Produto 61 | 42 |
| Produto 62 | 21 |
| Produto 63 | 63 |
| Produto 64 | 50 |
| Produto 65 | 17 |
| Produto 66 | 21 |
| Produto 67 | 8 |
| Produto 68 | 8 |
| Produto 69 | 20 |
| Produto 70 | - |
| Produto 71 | - |
| Produto 72 | 95 |
| Produto 73 | 12 |
| Produto 74 | 13 |

Fonte: Autoria própria (2024)

Logo, através dos dados ilustrados no Quadro 7 se faz necessário buscar alternativas que proporcionem um aumento na capacidade produtiva do setor de lixa. Para isso é possível aumentar o número de funcionários ou aumentar o número de máquinas nas

estações de trabalho, tendo em vista o caráter artesanal da operação, a alternativa viável para essa configuração seria o aumento no número de operadores no setor.

4.3 PROPOR UMA NOVA CONFIGURAÇÃO PRODUTIVA CONSIDERANDO ASPECTOS DE BALANCEAMENTO DE LINHA

Com os dados levantados no tópico anterior foi observado a necessidade de aumentar quadro de funcionários do setor de lixa, além da necessidade de realização de horas extras para tentar diminuir a diferença de produção entre o setor de lixa e os demais setores, já que este setor apresenta o maior lead time entre os outros.

Logo, a partir dessas constatações foi levantado esses dados e apresentados a diretoria da empresa. Durante essa reunião foram levantadas duas hipóteses, a primeira seria fazer um remanejamento de funcionários de outros setores e a segunda seria contratar novos funcionários. Como a empresa naquele momento estava passando por uma alta muito importante na sua produção, foi entendido que remanejar funcionários naquele momento poderia interferir no ritmo de produção dos outros setores o que poderia provocar um atraso na entrega dos pedidos, contudo foi decidido pela contratação de mais funcionários para o setor de lixa. Foi levantado ainda a possibilidade de se fazer ou não horas extras nesse período, tendo em vista que alguns pedidos estavam próximos de superar o prazo de entrega, foi decidido então pela implementação dessas horas extras.

Em posse dessas informações foi realizado uma estimativa inicialmente de acréscimo de mais 4 funcionários nesse setor, pois com esse acréscimo a capacidade produtiva poderia aumentar em torno de 50%, tendo em vista que na situação inicial o setor contava com 7 funcionários. Aumentando a jornada de trabalho também com horas extras torna-se possível aumentar ainda mais esses ganhos de capacidade produtiva.

Contudo foi sugerido a contratação de mais 4 funcionários e a execução de 2h extras por dia, de segunda a sexta, sendo 1,75h disponíveis. A Tabela 4 a seguir mostra essa nova configuração de jornada de trabalho.

Tabela 4 - Nova configuração setor de lixa

| | | | |
|------------------|-------|-----------------|-------|
| ENTRADA | 08:00 | ALMOÇO | 01:00 |
| HORAS EXTRA | 02:00 | JANTA | 01:00 |
| SAÍDA | 21:00 | BUSCAR MATERIAL | 00:40 |
| TOTAL HORAS | 13:00 | TOTAL HORAS | 02:40 |
| HORAS DECIMAL | 13,00 | HORAS DECIMAL | 2,75 |
| | | | |
| TOTAL DISPONÍVEL | 10,25 | | |

Fonte: Autoria própria (2024)

A partir dos dados exibidos na Tabela 4, nota-se um aumento de cerca de 1 hora e 23 min em relação ao cenário inicial exposto na Tabela 3. Com o acréscimo desse tempo o setor pode ganhar cerca de uma peça de complexidade média por operador durante esse intervalo de tempo.

O Quadro 8, a seguir, mostra esse comparativo de aumento de horas de jornada de trabalho.

Quadro 8 - Comparação de jornada de trabalho antes e depois do estudo de balanceamento na empresa

| SITUAÇÃO INICIAL | | | | NOVA PROPOSTA | | | |
|------------------|-------|-----------------|-------|------------------|-------|-----------------|-------|
| ENTRADA | 08:00 | ALMOÇO | 01:00 | ENTRADA | 08:00 | ALMOÇO | 01:00 |
| SAÍDA | 18:00 | BUSCAR MATERIAL | 00:20 | HORAS EXTRA | 02:00 | JANTA | 01:00 |
| TOTAL HORAS | 10:00 | TOTAL HORAS | 01:20 | SAÍDA | 21:00 | BUSCAR MATERIAL | 00:40 |
| HORAS DECIMAL | 10,00 | HORAS DECIMAL | 1,33 | TOTAL HORAS | 13:00 | TOTAL HORAS | 02:40 |
| | | | | HORAS DECIMAL | 13,00 | HORAS DECIMAL | 2,75 |
| | | | | | | | |
| TOTAL DISPONÍVEL | 8,67 | | | TOTAL DISPONÍVEL | 10,25 | | |

Fonte: Autoria própria (2024)

Como pode-se observar no quadro acima, houve um aumento de cerca de 18% na quantidade de horas disponíveis para produção, o que somado ao acréscimo de mais 4 funcionários pode trazer resultados significativos para o aumento da capacidade produtiva do setor. Abaixo segue o Quadro 9 com o novo quadro de funcionários proposto.

Quadro 9 - Nova formatação proposta de funcionários por setor

| SETOR | QUANTIDADE DE OPERADORES |
|--------------|---------------------------------|
| CORTE | 2 |
| DOBRA | 4 |
| MONTAGEM | 4 |
| SOLDA | 2 |
| LIXA | 11 |
| PINTURA | 1 |
| TRAMA | 8 |
| REVISÃO | 2 |

Fonte: Autoria própria (2024)

Logo, com essa nova configuração o setor de lixa passa de 7 funcionários no cenário inicial para 11 funcionários nesse novo cenário proposto. A partir dessa informação infere-se um aumento de cerca de 57% no número de funcionários.

A partir da Equação 6, pode-se ainda encontrar a capacidade produtiva desse setor com o acréscimo de mais 4 funcionários e execução de 2 horas extras, como mostrado no Quadro 10 a seguir.

Quadro 10 - Capacidade produtiva do setor de lixa para 11 funcionários

| | CAPACIDADE PRODUTIVA P/11 OPERADORES |
|-------------------|---|
| PRODUTOS | LIXA |
| Produto 1 | 39 |
| Produto 2 | 78 |
| Produto 3 | 26 |
| Produto 4 | 39 |
| Produto 5 | 39 |
| Produto 6 | 34 |
| Produto 7 | 20 |
| Produto 8 | 29 |
| Produto 9 | 40 |
| Produto 10 | 24 |
| Produto 11 | 26 |

| | |
|-------------------|-----|
| Produto 12 | 15 |
| Produto 13 | 65 |
| Produto 14 | 70 |
| Produto 15 | 37 |
| Produto 16 | 15 |
| Produto 17 | 34 |
| Produto 18 | 47 |
| Produto 19 | 121 |
| Produto 20 | 21 |
| Produto 21 | 33 |
| Produto 22 | 38 |
| Produto 23 | 11 |
| Produto 24 | 39 |
| Produto 25 | 47 |
| Produto 26 | 39 |
| Produto 27 | 12 |
| Produto 28 | 52 |
| Produto 29 | 39 |
| Produto 30 | 29 |
| Produto 31 | 29 |
| Produto 32 | 26 |
| Produto 33 | 59 |
| Produto 34 | 37 |
| Produto 35 | 37 |
| Produto 36 | 88 |
| Produto 37 | 88 |
| Produto 38 | 23 |
| Produto 39 | 23 |
| Produto 40 | 121 |
| Produto 41 | 36 |
| Produto 42 | 94 |
| Produto 43 | 251 |
| Produto 44 | 13 |
| Produto 45 | 19 |
| Produto 46 | 117 |
| Produto 47 | 44 |
| Produto 48 | 31 |
| Produto 49 | 503 |
| Produto 50 | 40 |
| Produto 51 | 81 |
| Produto 52 | 39 |
| Produto 53 | 23 |
| Produto 54 | 39 |
| Produto 55 | 39 |
| Produto 56 | 39 |
| Produto 57 | 39 |

| | |
|-------------------|-----|
| Produto 58 | 37 |
| Produto 59 | 37 |
| Produto 60 | 29 |
| Produto 61 | 78 |
| Produto 62 | 39 |
| Produto 63 | 117 |
| Produto 64 | 94 |
| Produto 65 | 32 |
| Produto 66 | 39 |
| Produto 67 | 15 |
| Produto 68 | 15 |
| Produto 69 | 37 |
| Produto 70 | - |
| Produto 71 | - |
| Produto 72 | 176 |
| Produto 73 | 23 |
| Produto 74 | 23 |

Fonte: Aatoria própria

Comparando esses dados com os dados do Quadro 7, nota-se um aumento em cerca de 85% da capacidade de produção do setor de lixa, apenas acrescentando mais 4 funcionários e executando 2 horas extras, o Quadro 11 a seguir evidencia esse aumento.

Quadro 11 - Comparativo de capacidades produtivas para cenário com 11 operadores

| PRODUTOS | CAPACIDADE PRODUTIVA P/7 OPERADORES | CAPACIDADE PRODUTIVA P/11 OPERADORES |
|-------------------|--|---|
| | LIXA | LIXA |
| Produto 1 | 21 | 39 |
| Produto 2 | 42 | 78 |
| Produto 3 | 14 | 26 |
| Produto 4 | 21 | 39 |
| Produto 5 | 21 | 39 |
| Produto 6 | 18 | 34 |
| Produto 7 | 11 | 20 |
| Produto 8 | 16 | 29 |
| Produto 9 | 22 | 40 |
| Produto 10 | 13 | 24 |
| Produto 11 | 14 | 26 |
| Produto 12 | 8 | 15 |

| | | |
|-------------------|-----|-----|
| Produto 13 | 35 | 65 |
| Produto 14 | 38 | 70 |
| Produto 15 | 20 | 37 |
| Produto 16 | 8 | 15 |
| Produto 17 | 18 | 34 |
| Produto 18 | 25 | 47 |
| Produto 19 | 65 | 121 |
| Produto 20 | 11 | 21 |
| Produto 21 | 18 | 33 |
| Produto 22 | 20 | 38 |
| Produto 23 | 6 | 11 |
| Produto 24 | 21 | 39 |
| Produto 25 | 25 | 47 |
| Produto 26 | 21 | 39 |
| Produto 27 | 6 | 12 |
| Produto 28 | 28 | 52 |
| Produto 29 | 21 | 39 |
| Produto 30 | 16 | 29 |
| Produto 31 | 16 | 29 |
| Produto 32 | 14 | 26 |
| Produto 33 | 32 | 59 |
| Produto 34 | 20 | 37 |
| Produto 35 | 20 | 37 |
| Produto 36 | 47 | 88 |
| Produto 37 | 47 | 88 |
| Produto 38 | 13 | 23 |
| Produto 39 | 12 | 23 |
| Produto 40 | 65 | 121 |
| Produto 41 | 19 | 36 |
| Produto 42 | 50 | 94 |
| Produto 43 | 135 | 251 |
| Produto 44 | 7 | 13 |
| Produto 45 | 10 | 19 |
| Produto 46 | 63 | 117 |
| Produto 47 | 24 | 44 |
| Produto 48 | 17 | 31 |
| Produto 49 | 270 | 503 |
| Produto 50 | 21 | 40 |
| Produto 51 | 43 | 81 |
| Produto 52 | 21 | 39 |
| Produto 53 | 13 | 23 |
| Produto 54 | 21 | 39 |
| Produto 55 | 21 | 39 |
| Produto 56 | 21 | 39 |
| Produto 57 | 21 | 39 |
| Produto 58 | 20 | 37 |

| | | |
|-------------------|----|-----|
| Produto 59 | 20 | 37 |
| Produto 60 | 16 | 29 |
| Produto 61 | 42 | 78 |
| Produto 62 | 21 | 39 |
| Produto 63 | 63 | 117 |
| Produto 64 | 50 | 94 |
| Produto 65 | 17 | 32 |
| Produto 66 | 21 | 39 |
| Produto 67 | 8 | 15 |
| Produto 68 | 8 | 15 |
| Produto 69 | 20 | 37 |
| Produto 70 | - | - |
| Produto 71 | - | - |
| Produto 72 | 95 | 176 |
| Produto 73 | 12 | 23 |
| Produto 74 | 13 | 23 |

Fonte: Autoria própria

Logo, a partir desses dados mostrados acima podemos verificar um aumento considerável da capacidade produtiva do setor através dessas novas contratações.

A partir desses dados ainda pode-se calcular, utilizando as Equações 4 e 5, o tempo de entrega dos produtos por setor com o aumento de capacidade da lixa para o mesmo valor de demanda, como pode ser demonstrado na Figura 7 a seguir.

Figura 7 - Lead time dos produtos em dias com nova configuração após estudo de balanceamento

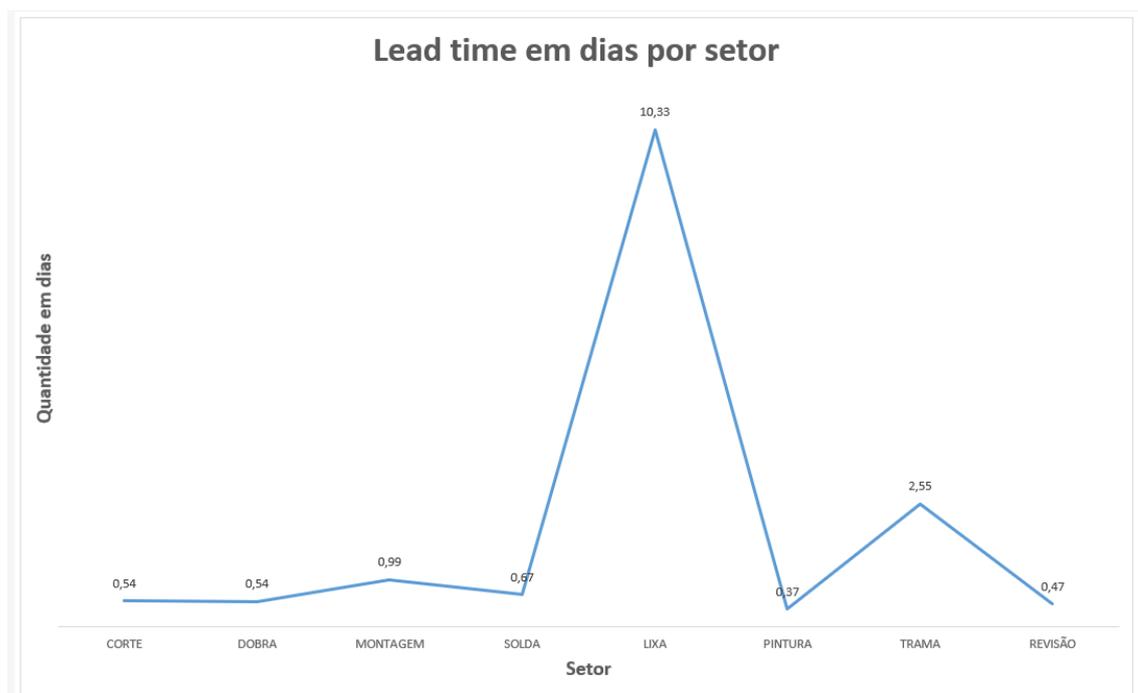


Fonte: Autoria própria (2024)

Logo, a partir dos dados exibidos na Figura 5, em relação ao Gráfico 1 conclui-se que houve uma redução no *lead time* de entrega do setor de 15,74 dias para 8,45 dias com o acréscimo de mais 4 funcionários e implementação de 2 horas extras, contudo constata-se uma redução de cerca de 7 dias de produção e em termos percentuais houve uma redução de aproximadamente 54% do *lead time* desses pedidos e um aumento de 85% na sua capacidade produtiva

Foi levantado ainda a possibilidade com o acréscimo de apenas 2 funcionários ao invés de 4, também fazendo 2h extras sendo 1,75h disponíveis para avaliar os ganhos produtivos em relação ao cenário inicial e o cenário com 4 funcionários, utilizando os mesmos critérios de estabelecer a mesma demanda e utilizando as equações 4 e 5, com o intuito de avaliar se realmente os ganhos seriam relevantes com relação ao cenário com 4 funcionários a mais ou não e ficamos com a seguinte configuração como pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 - Lead time dos produtos com nova configuração



Fonte: Autoria própria (2024)

Contudo, a partir da análise da Figura 8, conclui-se que houve uma redução em relação ao cenário inicial de cerca de 5 dias, com ganhos de cerca de 34% no *lead time* de entregas do setor ficando abaixo do cenário com 4 funcionários que obteve ganhos de cerca de 46% na redução dos tempos de entrega dos pedidos.

A partir desses dados pode-se ainda calcular a capacidade produtiva desse novo cenário utilizando a Equação 6 e fazer um comparativo com o cenário inicial, como pode ser identificado no Quadro 12 a seguir.

Quadro 12 - Comparativo de capacidade produtiva do setor para caso de 9 funcionários

| PRODUTOS | CAPACIDADE PRODUTIVA P/7 OPERADORES | CAPACIDADE PRODUTIVA P/9 OPERADORES |
|------------|---|---|
| | LIXA | LIXA |
| Produto 1 | 21 | 32 |
| Produto 2 | 42 | 64 |
| Produto 3 | 14 | 21 |
| Produto 4 | 21 | 32 |
| Produto 5 | 21 | 32 |
| Produto 6 | 18 | 27 |
| Produto 7 | 11 | 16 |
| Produto 8 | 16 | 24 |
| Produto 9 | 22 | 33 |
| Produto 10 | 13 | 19 |
| Produto 11 | 14 | 21 |
| Produto 12 | 8 | 12 |
| Produto 13 | 35 | 53 |
| Produto 14 | 38 | 58 |
| Produto 15 | 20 | 30 |
| Produto 16 | 8 | 12 |
| Produto 17 | 18 | 27 |
| Produto 18 | 25 | 39 |
| Produto 19 | 65 | 99 |
| Produto 20 | 11 | 17 |
| Produto 21 | 18 | 27 |
| Produto 22 | 20 | 31 |
| Produto 23 | 6 | 9 |
| Produto 24 | 21 | 32 |
| Produto 25 | 25 | 39 |
| Produto 26 | 21 | 32 |
| Produto 27 | 6 | 10 |
| Produto 28 | 28 | 43 |

| | | |
|-------------------|-----|-----|
| Produto 29 | 21 | 32 |
| Produto 30 | 16 | 24 |
| Produto 31 | 16 | 24 |
| Produto 32 | 14 | 21 |
| Produto 33 | 32 | 48 |
| Produto 34 | 20 | 30 |
| Produto 35 | 20 | 30 |
| Produto 36 | 47 | 72 |
| Produto 37 | 47 | 72 |
| Produto 38 | 13 | 19 |
| Produto 39 | 12 | 19 |
| Produto 40 | 65 | 99 |
| Produto 41 | 19 | 30 |
| Produto 42 | 50 | 77 |
| Produto 43 | 135 | 206 |
| Produto 44 | 7 | 11 |
| Produto 45 | 10 | 16 |
| Produto 46 | 63 | 96 |
| Produto 47 | 24 | 36 |
| Produto 48 | 17 | 26 |
| Produto 49 | 270 | 411 |
| Produto 50 | 21 | 33 |
| Produto 51 | 43 | 66 |
| Produto 52 | 21 | 32 |
| Produto 53 | 13 | 19 |
| Produto 54 | 21 | 32 |
| Produto 55 | 21 | 32 |
| Produto 56 | 21 | 32 |
| Produto 57 | 21 | 32 |
| Produto 58 | 20 | 30 |
| Produto 59 | 20 | 30 |
| Produto 60 | 16 | 24 |
| Produto 61 | 42 | 64 |
| Produto 62 | 21 | 32 |
| Produto 63 | 63 | 96 |
| Produto 64 | 50 | 77 |
| Produto 65 | 17 | 26 |
| Produto 66 | 21 | 32 |
| Produto 67 | 8 | 12 |
| Produto 68 | 8 | 12 |
| Produto 69 | 20 | 30 |
| Produto 70 | - | - |
| Produto 71 | - | - |
| Produto 72 | 95 | 144 |
| Produto 73 | 12 | 19 |
| Produto 74 | 13 | 19 |

Fonte: Autoria própria

A partir desses dados, evidencia-se um aumento em cerca de 52% na capacidade, ficando bastante inferior ao cenário com 11 operadores, que obteve como resultado um aumento de 85% na sua capacidade.

Logo foi definido o cenário com o acréscimo de mais 4 funcionários como sendo o ideal para aquele determinado momento da empresa.

4.4 AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DENTRO DO PROCESSO APÓS ESTUDO DE BALANCEAMENTO

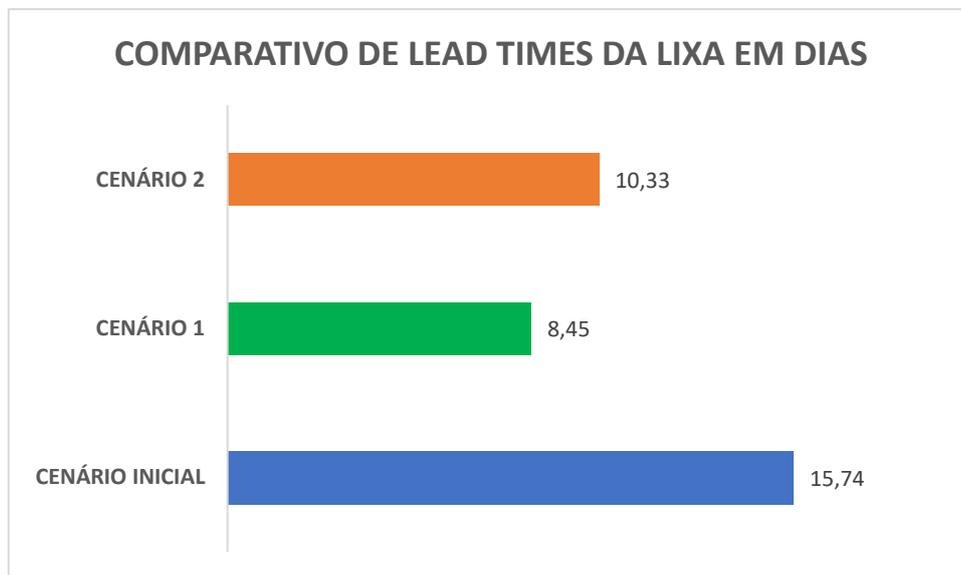
Tendo em vista a opção da empresa pela contratação de mais 4 funcionários pode-se constatar uma redução no *lead time* de entregas desse setor. Inicialmente o setor estava com um atraso de 15,74 dias sobre os demais e com a nova configuração esse número caiu para 8,45. Em termos numéricos houve uma redução de 46% no tempo de entrega dos produtos do setor da lixa.

Com esse aumento na capacidade vinda de novas contratações esses resultados apareceram com pouco tempo de implantação, foi observado uma redução significativa nos estoques entre os setores de solda e lixa em cerca de 20% em relação ao cenário inicial, ganhos esses que serão potencializados quando os novos funcionários tiverem concluído seus treinamentos e estiverem aptos e totalmente alinhados com as diretrizes da empresa.

Embora essa diferença ainda permaneça grande em relação aos outros setores a empresa conseguiu resultados significativos na redução do seu tempo de entrega dos pedidos, tendo em vista seu aumento em cerca de 85% de sua capacidade produtiva.

O fator limitante principal para essa redução é o tempo de ciclo de realização das operações de lixa, devido à complexidade e variedade dos produtos dentro da empresa e também pela sua execução ser realizada de forma totalmente manual, caracterizando um processo artesanal. A Figura 9 mostra a diferença na redução dos tempos de entregas do setor de lixa.

Figura 9 - Comparativo das propostas de balanceamento



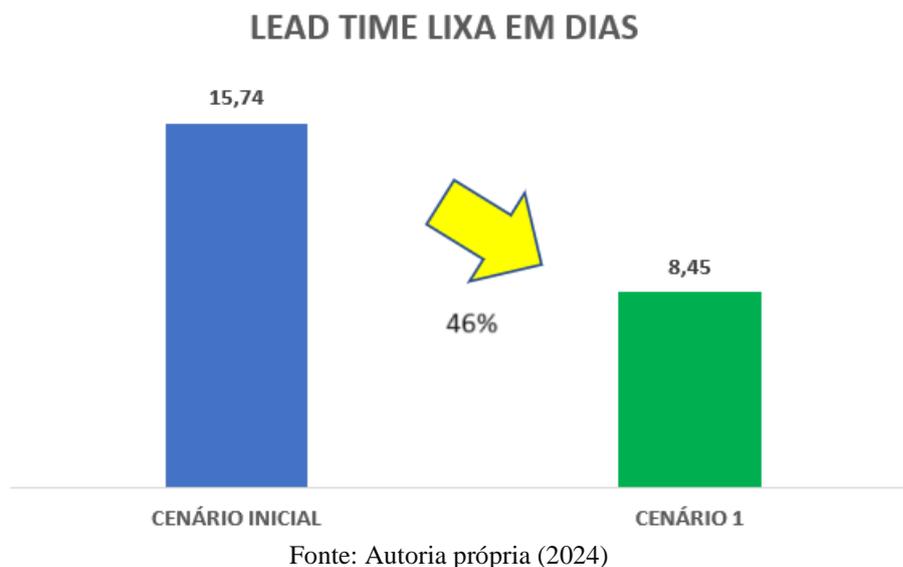
Fonte: Autoria própria (2024)

Onde o cenário 1 conta com a contratação de mais 4 funcionários com realização de horas extras e o cenário 2 é a situação com a contratação de mais 2 funcionários com realização de horas extras. A partir da figura acima, notadamente obtém-se ganhos com a contratação de novos funcionários para redução do tempo de entrega desses produtos em relação ao cenário inicial corroborando para a ideia de aumentando o número de operadores em uma determinada estação de trabalho pode-se aumentar sua capacidade produtiva.

4.5 VALIDAÇÃO E PADRONIZAÇÃO DE NOVA CONFIGURAÇÃO

A partir dos dados acima relatados foi definido que a situação 1, com a contratação de 4 funcionários e a implementação de 2 horas extras por dia seria a melhor configuração produtiva para a empresa. Com isso o quadro de funcionários da empresa foi aumentado e conseqüentemente também houve um aumento na sua capacidade produtiva, como pode ser observado na Figura 10 a seguir.

Figura 10 - Variação do lead time na etapa de lixa em dias



Para validação dessa nova formatação foi realizada outra coleta de dados do processo produtivo do setor de lixa, após 5 dias de implementação das horas extras e entrada dos novos funcionários, com isso foi obtido resultados satisfatórios como pode ser demonstrado no Quadro 13 a seguir demonstrando as novas quantidades desses mesmos produtos.

Quadro 13 - Comparativo de quantidades de cenário inicial x novo cenário

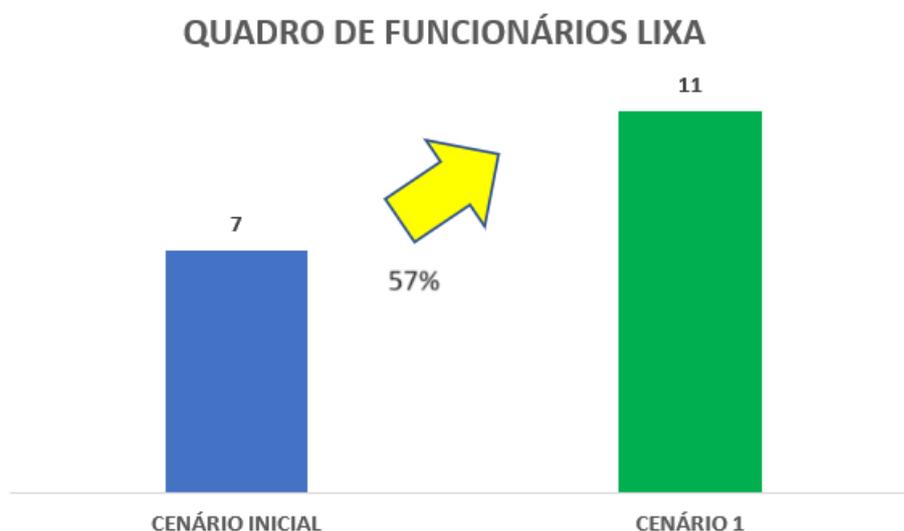
| PRODUTOS | QUANTIDADE DE PRODUTOS NA LIXA NO CENÁRIO INICIAL | QUANTIDADE DE PRODUTOS NA LIXA NO NOVO CENÁRIO |
|------------|---|--|
| Produto 1 | 29 | 12 |
| Produto 2 | 0 | 0 |
| Produto 3 | 9 | 4 |
| Produto 4 | 0 | 0 |
| Produto 5 | 9 | 4 |
| Produto 6 | 0 | 0 |
| Produto 7 | 5 | 2 |
| Produto 8 | 0 | 0 |
| Produto 9 | 0 | 0 |
| Produto 10 | 0 | 0 |
| Produto 11 | 0 | 0 |
| Produto 12 | 0 | 0 |
| Produto 13 | 0 | 0 |
| Produto 14 | 0 | 0 |
| Produto 15 | 78 | 31 |
| Produto 16 | 1 | 0 |
| Produto 17 | 1 | 0 |
| Produto 18 | 15 | 6 |
| Produto 19 | 50 | 20 |
| Produto 20 | 0 | 0 |
| Produto 21 | 2 | 1 |
| Produto 22 | 3 | 1 |
| Produto 23 | 2 | 1 |
| Produto 24 | 10 | 4 |
| Produto 25 | 9 | 4 |
| Produto 26 | 2 | 1 |
| Produto 27 | 0 | 0 |
| Produto 28 | 76 | 30 |
| Produto 29 | 0 | 0 |
| Produto 30 | 0 | 0 |
| Produto 31 | 0 | 0 |
| Produto 32 | 0 | 0 |
| Produto 33 | 0 | 0 |
| Produto 34 | 0 | 0 |
| Produto 35 | 1 | 0 |
| Produto 36 | 1 | 0 |
| Produto 37 | 1 | 0 |
| Produto 38 | 1 | 0 |
| Produto 39 | 0 | 0 |
| Produto 40 | 153 | 61 |
| Produto 41 | 0 | 0 |
| Produto 42 | 0 | 0 |
| Produto 43 | 4 | 2 |
| Produto 44 | 0 | 0 |
| Produto 45 | 0 | 0 |
| Produto 46 | 1 | 0 |
| Produto 47 | 0 | 0 |
| Produto 48 | 0 | 0 |
| Produto 49 | 6 | 2 |
| Produto 50 | 4 | 2 |
| Produto 51 | 0 | 0 |
| Produto 52 | 0 | 0 |
| Produto 53 | 0 | 0 |
| Produto 54 | 0 | 0 |
| Produto 55 | 0 | 0 |
| Produto 56 | 0 | 0 |
| Produto 57 | 0 | 0 |
| Produto 58 | 0 | 0 |
| Produto 59 | 0 | 0 |
| Produto 60 | 5 | 2 |
| Produto 61 | 0 | 0 |
| Produto 62 | 0 | 0 |
| Produto 63 | 0 | 0 |
| Produto 64 | 0 | 0 |
| Produto 65 | 0 | 0 |
| Produto 66 | 0 | 0 |
| Produto 67 | 0 | 0 |
| Produto 68 | 0 | 0 |
| Produto 69 | 0 | 0 |
| Produto 70 | 0 | 0 |
| Produto 71 | 0 | 0 |
| Produto 72 | 0 | 0 |
| Produto 73 | 0 | 0 |
| Produto 74 | 0 | 0 |
| TOTAL | 478 | 191 |

Fonte: Autoria própria (2024)

Como pode-se observar a partir do quadro acima foi constatado uma redução dos estoques desses produtos em processo de 478 unidades na época de coleta inicial desses produtos para 191 após realização das contratações e execução das horas extras, logo, nota-se que houve uma redução de cerca de 60% da produção inicial passados os 5 dias de produção com o aumento da quantidade de funcionários nesse setor

A Figura 11 mostra ainda o aumento no quadro de funcionários no setor da lixa como pode ser observado a seguir.

Figura 11 - Quantidade de funcionários do setor de lixa



Fonte: Autoria própria (2024)

Como podemos observar a partir da Figura 11, houve um aumento de cerca de 57% no quadro de funcionários do setor o que proporcionou uma redução de cerca de 46% no lead time de entrega dos produtos do setor de lixa. Com isso torna-se possível diminuir o prazo de entrega dos pedidos e agregar ainda mais valor aos produtos da organização.

Com essas novas contratações, embora tenha aumentado os custos da empresa com relação ao salários e atribuição desses novos funcionários, a organização consegue planejar melhor sua configuração de produção de acordo com a demanda em determinado período, tendo em vista a característica do mercado do setor moveleiro de apresentar grandes altas de produção principalmente no final do ano, podendo realizar o

remanejamento desses funcionários para outros setores que possam estar sobrecarregados em determinadas épocas de baixa do ano.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da elaboração e execução desse trabalho de pesquisa pode ser compreendido melhor o funcionamento de um fluxo produtivo e suas variáveis que impactam diretamente os resultados esperados pela empresa. Com a análise dos tempos de ciclo e *takt time* foi possível constatar a atual realidade que a organização se encontrava no momento inicial dessa pesquisa.

Tendo posse desses dados foi comprovado o inicial cenário de balanceamento ineficiente vigente naquele período, onde havia altas quantidades de produtos entre os setores para serem produzidos em alguns setores enquanto em outros havia uma grande quantidade pronta em espera para o próximo setor produtivo, logo com essas análises e levantamentos pode-se identificar o setor gargalo e realizar análises mais aprofundadas desse setor e propor melhorias.

Logo, com o levantamento dessas informações foi proposto uma nova formatação de balanceamento de produção que visava reduzir a ociosidade dos outros setores e aumentava a capacidade do setor de lixa, que alcançou uma redução de cerca de 46% no tempo de entrega desse setor ao mesmo tempo que aumentou sua capacidade produtiva em torno de 85%.

Ao mesmo tempo foi identificado ainda a grande dificuldade de padronização da realização das atividades, devido à grande variedade de produtos presentes na organização, além da complexidade e da forma como elas são realizadas, na maioria das vezes de forma totalmente manual, o que proporciona ainda uma variação de resultados de um operador para outro.

Contudo, o resultado final dessa pesquisa trouxe um ganho extremamente satisfatório para empresa, tendo em vista o fato dela poder reduzir o lead time de entrega dos pedidos e poder avaliar esses parâmetros de produção de uma forma mais analítica e tentar sempre buscar a melhor formatação de balanceamento para determinada situação que a

organização se encontrar, como pode ser observado no cenário proposto nesse trabalho, onde ocorreu uma redução de 60% do estoque de produtos do setor de lixa.

Logo com a realização desse trabalho pode-se constatar a real eficácia de um balanceamento de produção, buscando nivelar a produção entre os diferentes setores evitando ociosidade e o obtendo o melhor aproveitamento das capacidades produtivas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6. ed. São Paulo: Blucher, 1977.

BECKER, C., & SCHOLL, A. (2006). A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. **European journal of operational research**, 168(3), 694-715

CARVALHO, Luis Osete Ribeiro et al., **METODOLOGIA CIENTÍFICA TEORIA E APLICAÇÃO NA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA**. Petrolina-PE, 2019, ISBN: 978-85-6038291-0.

DAVIS, Mark; AQUILANO, Nicholas; CHASE Richard, **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

EREL, E., & GOKCEN, H. (1999). Shortest-route formulation of mixed-model assembly line balancing problem. **European Journal of Operational Research**, 116(1), 194-204

GOLDRATT, Eliyahu; COX, Jeff. **A Meta – Um processo de melhoria contínua**. 2. Edição. São Paulo: Nobel, 2014.

GUJARATHI, N. S.; OGALE, R. M.; GUPTA, T. **Production Capacity Analysis of a Shock Absorber Assembly Line using Simulation**. Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference R.G. Ingalls, M. D. Rossetti, J. S. Smith, and B. A. Peters, eds., v. 2, p. 1213 - 1217, 2004

HAZIR, O., & DOLGUI, A. (2014). **Robust assembly line balancing: state of the art and new research perspectives**. Hauppauge, NY: Nova Science Publishers, pp.211-223.

IWAYAMA, H.: **Basic Concept of Just-in-time System**, mimeo, IBQP-PR, Curitiba, PR, 1997.

KUMAR, D. M. (2013). Assembly line balancing: a review of developments and trends in approach to industrial application. **Global Journal of Research In Engineering**, v.13, n.2.

LIKER, Jeffrey K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MAKE, M. R. A., RASHID, M. F. F. A., & RAZALI, M. M. (2016). A review of two-sided assembly line balancing problem. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 1-21

MARTINS, P. G., & LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 2009.

MARTINS, P. G.; LAUGENI F. P. **Administração da Produção**. 8. ed. São Paulo: Saraiva. 2005

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira, 1998. 619p.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MORTIMER, A. A lean route to manufacturing survival. **Journal Assembly Automation**, Manchester, v. 26, n. 4, p. 265-272, 2006

OHNO, T.: **O Sistema Toyota de Produção - Além da Produção em Larga Escala**. Bookman, Porto Alegre, RS, 1996.

OLIVEIRA, C. **Análise e controle da produção em empresa têxtil, através da cronoanálise**. Trabalho Final de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Centro Universitário de Formiga, Formiga, Minas Gerais, 2009.

OLIVEIRA, JCG. Estudo dos tempos e métodos, cronoanálise e racionalização industrial. 2012. Acesso em, v. 13, 2019.

OSORIO, C. O. N. **La Capacidad de Produccion y Los Costos**. Ediciones Macchi, Buenos Aires – Argentina, 1992

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção: operações industriais e serviços**. Curitiba: [s. n.], 2007.

PETRÔNIO, G.; LAUGENI, M. F.P. **Administração da Produção**. 3ª edição. Brasil. Editora Saraiva. 2005.

ROCHA, Duílio Reis da. Balanceamento de linha – um enfoque simplificado. **Revista de Administração e Contabilidade Faculdade 7 de Setembro**, v. 2 n° 01, 2005.

ROTHER, M. **Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results**. McGraw-Hill Education, 2009.

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

SIVASANKARAN, P., & SHAHABUDEEN, P. Literature review of assembly line balancing problems. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 73, n. 9-12, 2014, pp. 1665-1694.

SLACK, N; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002

SOTSEK, N.; BONDUELLE, G. **Melhorias em uma empresa de embalagens de madeira através da utilização da cronoanálise e rearranjo de layout**. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 46, n. 4, p.519-530, DOI: 10.5380, ISSN eletrônico 1982-4688, 2016.

SOUTO, M. S. M. Lopes. **Apostila de Engenharia de métodos**. Curso de especialização em Engenharia de Produção – UFPB. João Pessoa. 2002.

STEVENSON, W. J. **Administração das operações de produção**. Rio de Janeiro: LTC, 2001. 701p.

TOLEDO Jr, Itys Fides Bueno e KURATOMI, Shoei. **Cronoanálise base da racionalização, da produtividade da redução de custos**. 3. ed. São Paulo: Itysho, 1977.

TUBINO, Dalvi Ferrari. **Planejamento e controle da produção: teoria e pratica**. São Paulo: Atlas, 2007.