Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas – ICEA
Departamento de Engenharia de Produção

ÍTALO BARBOSA DA SILVA

UMA PROPOSTA DE BALANCEAMENTO DE LINHA EM UMA EMPRESA PRODUTORA DE CAMISAS SOB ENCOMENDA EM JOÃO MONLEVADE - MG

JOÃO MONLEVADE - MG
2021

ÍTALO BARBOSA DA SILVA

UMA PROPOSTA DE BALANCEAMENTO DE LINHA EM UMA EMPRESA PRODUTORA DE CAMISAS SOB ENCOMENDA EM JOÃO MONLEVADE - MG

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof[a]. Gabriela Braga Fonseca

JOÃO MONLEVADE

2021

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S586p Silva, Ítalo Barbosa da.
Uma proposta de balanceamento de linha em uma empresa produtora de camisas sob encomenda em João Monlevade – MG. [manuscrito] / Ítalo Barbosa da Silva. - 2021.
80 f.

Orientadora: Dra. Gabriela Braga Fonseca.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Planejamento da produção. 2. Balanceamento de linha de montagem. 3. Indùstria têxtil. I. Fonseca, Gabriela Braga. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 658.562

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
INSTITUTO DE CIENCIAS EXATAS E APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUCAO - ICEA

FOLHA DE APROVAÇÃO

Ítalo Barbosa da Silva

Uma proposta de balanceamento de linha em uma empresa produtora de camisas sob encomenda em João Monlevade – MG

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovada em 18 de agosto de 2021, com nota 8,6.

Membros da banca

[Dra] - Professora Gabriela Braga Fonseca - Orientadora (Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Santa Luzia)
[Dr] - Professor Wagner Ragi Curi Filho - (Universidade Federal de Ouro Preto)
[Dr] - Professor Sérgio Evangelista Silva - (Universidade Federal de Ouro Preto)
[Dra] - Professora Mônica do Amaral- (Universidade Federal de Ouro Preto)

Gabriela Braga Fonseca, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 14/09/2021.

Documento assinado eletronicamente por **Wagner Ragi Curi Filho**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 14/09/2021, às 14:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0 , informando o código verificador **0220639** e o código CRC **836E05F2**.

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000
Telefone: - www.ufop.br

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder vida e as condições para desenvolver este trabalho.

Aos meus pais, que me colocaram como prioridade, me apoiando, sustentando e orando.

Em especial aos amigos que me acompanharam nos anos de graduação, me dando forças e companhia; e aos professores, pela atenção e conhecimentos compartilhados.

À minha professora orientadora Gabriela, pelo suporte, dedicação, e pelas dicas que me nortearam na realização deste trabalho.

Ao Gustavo, que oportunizou a realização deste trabalho em sua empresa.

MUITO OBRIGADO!

“Se o machado perder o corte e não for afiado, será preciso golpear com muito mais força; ter uma atitude sábia assegura o sucesso! ”

(KING JAMES, Ec 10:10)

RESUMO

Este trabalho buscou estudar uma proposta de aplicação do balanceamento de linha juntamente com a produção em fluxo unitário (*One Piece Flow*) em uma empresa produtora de camisas estampadas por sublimação, na cidade de João Monlevade – MG. É um estudo de caso, descritivo, com tratamentos quantitativo e qualitativo. Foi feita cronoanálise dos elementos de trabalho da função de montar uma camisa, relacionamento dos elementos por meio do diagrama de precedência, balanceamento de linha pelo método heurístico do peso posicional e cálculo de eficiência. O problema estudado foi saber se seria possível reduzir o tempo de produção de uma unidade de camisa para a obtenção de vantagem competitiva na empresa. Os resultados obtidos indicam que o modelo proposto comparado com o utilizado pela empresa mostrou-se mais adequado para reduzir o tempo de produção e níveis de estoques entre as estações de trabalho. A pesquisa permitiu apresentar características de uma empresa englobada por um mercado competitivo, mas que não detém registros essenciais para o planejamento e controle de sua produção. Os resultados obtidos sugerem a continuidade da análise dos dados, visando maior confiabilidade nas melhorias propostas.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*, Indústria Têxtil, Tempo de Produção, Balanceamento de Linha, *One Piece Flow.*

ABSTRACT

This work aimed to study a proposal for the application of line balancing together with the production in unitary flow (One Piece Flow) in a company that produces shirts printed by sublimation, in the city of João Monlevade - MG. It is a descriptive case study, with quantitative and qualitative treatments. A chronoanalysis of the work elements of the function of assembling a shirt, relationship of the elements through the diagram of precedence, line balancing by the heuristic method of the positional weight and calculation of efficiency was carried out. The problem studied was whether it would be possible to reduce the production time of a shirt unit to obtain a competitive advantage in the company. The results obtained indicate that the proposed model compared to the one used by the company proved to be more adequate to reduce production time and stock levels between workstations. The research allowed to present characteristics of a company encompassed by a competitive market, but which does not have essential records for production planning and control. The results obtained suggest the continuity of data analysis, aiming at greater reliability in the proposed improvements.

Keywords: Lean Manufacturing, Textile, Production Time, Line Balancing, One Piece Flow.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Classificação das atividades na construção do trabalho 14

FIGURA 2 - Prazos, atividades e objetivos para a tomada de decisão nas empresas ...15

FIGURA 3 - Métodos, sistemas e programas do *Lean Manufacturing* 18

FIGURA 4 - Estoques e camuflagem de problemas de produção 19

FIGURA 5 - Diferença entre os sistemas puxado e empurrado 21

FIGURA 6 - Representação do fluxo em linha de produção 22

FIGURA 7 - Exemplo de arranjo físico por processo 23

FIGURA 8 - Exemplo de arranjo físico celular 24

FIGURA 9 - Fluxo de operações em uma linha de produção 26

FIGURA 10 - Procedimentos para o balanceamento de linha 27

FIGURA 11 - Exemplo de camisa produzida na empresa 34

FIGURA 12 - Estrutura simplificada do produto..... 36

FIGURA 13 - Processo suprimido da análise do trabalho..... 36

FIGURA 14 - Fluxo do processo produtivo atual da empresa 37

FIGURA 15 - - Esquema de impressão dos moldes frente 38

FIGURA 16 - Esquema de impressão das mangas 38

FIGURA 17 - Máquina de sublimação/prensa..... 39

FIGURA 18 - Exemplo de fluxo em linha 57

FIGURA 19 - Exemplo do problema de fluxo em linha no sistema produtivo da empresa no BL1 57

FIGURA 20 - De acordo com BL1 a tarefa 2 deve ser executada na estação 1 58

FIGURA 21 - De acordo com BL1 a tarefa 2 deve ser executada na estação 1 58

FIGURA 22 - De acordo com BL1 a tarefa 3 deve ser executada na estação 3 59

FIGURA 23 - Fluxo de tomada de decisão..... 60

FIGURA 24 - Modelo de impressão na Estação 1 feito na empresa 61

FIGURA 25 - Modelo de impressão proposto (*One Piece Flow*) na Estação 1 61

FIGURA 26 - Exemplo de impressão que utiliza o OPF 62

FIGURA 27 - Agrupamento de tarefas do modelo antigo no atual (OPF) 63

FIGURA 28 - Comparação entre modelos 71

FIGURA 29 - Comparação entre modelos na etapa de impressão 72
FIGURA 30 - Comparação entre modelos na etapa de corte 72
FIGURA 31 - Comparação entre modelos na etapa de sublimação 73
FIGURA 32 - Comparação entre modelos na etapa de fechar a camisa 74
FIGURA 33 - Métricas do modelo atual e do modelo proposto (OPF) 75

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Balanceamento de linha atual da empresa 47
QUADRO 2 - Tempo ocioso de cada estação 49
QUADRO 3 - Balanceamento de Linha 1 56
QUADRO 4 - Tarefas alocadas em cada estação de trabalho 68
QUADRO 5 - Tempo ocioso de cada estação no OPF 69

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Exemplo de registro dos tempos de duração 41
TABELA 2 - Resumo do número de amostras necessárias dos elementos de trabalho 42
TABELA 3 - Tempo Observado dos elementos de trabalho 44
TABELA 4 - Resumo do tempo normal de cada elemento de trabalho 45
TABELA 5 - Resumo do Tempo Padrão de cada elemento de trabalho 46
TABELA 6 - Precedente(s) de cada elemento de trabalho 51
TABELA 7 - Resumo das tarefas e suas respectivas subsequentes 54
TABELA 8 - Peso Posicional de cada tarefa 55
TABELA 9 - Tempo Padrão para os elementos no modelo OPF 64
TABELA 10 - Elementos de trabalho e suas tarefas subsequentes 66
TABELA 11 - Peso Posicional para os elementos de trabalho 67

LISTA DE DIAGRAMAS

DIAGRAMA 1 - Diagrama de Precedência das atividades no BL1 51
DIAGRAMA 2 - Atividade 1 e suas subsequentes 53
DIAGRAMA 3 - Tarefa 2 e suas subsequentes 53
DIAGRAMA 4 - Evidenciando tarefa 3 e suas subsequentes 54
DIAGRAMA 5 - Diagrama de Precedência OPF 65
DIAGRAMA 6 - Tarefa 1 e suas subsequentes 66
DIAGRAMA 7 - Tarefa 2 e suas subsequentes 67

LISTA DE FÓRMULAS

FÓRMULA 1 - Tempo de Ciclo 28
FÓRMULA 2 - Número de Estações 29
FÓRMULA 3 - % de ociosidade 29
FÓRMULA 4 - Grau de Utilização 29
FÓRMULA 5 - Número de Observações 31
FÓRMULA 6 - Tempo Observado 31
FÓRMULA 7 - Tempo Normal 32
FÓRMULA 8 - Tempo Padrão 33
FÓRMULA 9 - Fator de Tolerância da função 33
FÓRMULA 10 - Fator de Tolerância do dia 33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BL1	Balanceamento de Linha 1
BL2	Balanceamento de Linha 2
FT	Fator de Tolerância
ID	Índice de Desempenho
JIT	*Just in Time*
OPF	*One Piece Flow*
PCP	Planejamento e Controle da Produção
SAP	Sistema de Administração da Produção
TC	Tempo de Ciclo
TN	Tempo Normal
TO	Tempo Observado
TP	Tempo Padrão

LISTA DE SÍMBOLOS

% - Por cento

✂ - Tesoura cortando papel

∑ - Somatório

s - Desvio padrão da amostra

a - Nível de Confiança desejado

x - Média da amostra

z - Número de desvios padrões em uma distribuição normal necessários para se obter o nível de confiança desejado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11
1.1 OBJETIVOS 11
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 11
1.2 JUSTIFICATIVA 12
2 METODOLOGIA DE PESQUISA 13
3 REVISÃO DE LITERATURA 15
3.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO 15
3.2 *LEAN MANUFACTURING* 16
3.3 SISTEMA PUXADO DE MOVIMENTAÇÃO DA PRODUÇÃO 20
3.4 ARRANJO FÍSICO 21
A) ARRANJO FÍSICO EM LINHA 21
B) ARRANJO FÍSICO POR PROCESSO OU FUNCIONAL 22
C) ARRANJO FÍSICO CELULAR 23
D) ARRANJO POR POSIÇÃO FIXA 25
E) ARRANJO FÍSICO MISTO 25
3.5 BALANCEAMENTO DE LINHA 25
A) DIRETRIZES PARA O BALANCEAMENTO DE LINHA 27
B) TEMPO DE CICLO 28
C) NÚMERO TEÓRICO DE ESTAÇÕES DE TRABALHO 29
D) PERCENTUAL DE OCIOSIDADE 29
E) GRAU DE UTILIZAÇÃO OU EFICIÊNCIA 29
3.6 MEDIÇÃO DO TRABALHO 30
3.6.1 ESTUDOS CRONOMÉTRICOS 30
A) TEMPO OBSERVADO 31
B) TEMPO NORMAL 32
C) TEMPO PADRÃO 32
4 RESULTADOS 34
4.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA 34
4.2 ESTRUTURA SIMPLIFICADA DO PRODUTO 34
4.3 FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO ATUAL 36
4.4 ESTUDO CRONOMÉTRICO DOS ELEMENTOS DE TRABALHO 40
4.4.1 NÚMERO DE CICLOS 41
4.4.2 TEMPO OBSERVADO 43

4.4.3 TEMPO NORMAL 44
4.4.4 TEMPO PADRÃO 45
4.5 BALANCEAMENTO DE LINHA ATUAL DA EMPRESA 46
4.5.1 ANÁLISE DO BALANCEAMENTO DE LINHA APLICADO ATUALMENTE NA EMPRESA 47
4.5.2 CÁLCULO DA EFICIÊNCIA DA LINHA DE PRODUÇÃO PRATICADA PELA EMPRESA 48
4.6 BALANCEAMENTO DE LINHA PROPOSTO 1 (BL1) 50
A) DIAGRAMA DE PRECEDÊNCIA NO (BL1) 50
B) MÍNIMO TEÓRICO DE ESTAÇÕES NO (BL1) 52
C) PESO POSICIONAL NO (BL1) 52
D) ALOCANDO TAREFAS ÀS ESTAÇÕES NO BL1 55
4.7 PROBLEMA NO MODELO ATUAL DE PRODUÇÃO EM RELAÇÃO AO FLUXO EM LINHA 57
4.8 BALANCEAMENTO DE LINHA PROPOSTO 2 (BL2) 62
A) DIAGRAMA DE PRECEDÊNCIA NO (BL2) 64
B) MÍNIMO TEÓRICO DE ESTAÇÕES NO (BL2) 65
C) PESO POSICIONAL NO (BL2) 65
D) ALOCANDO TAREFAS ÀS ESTAÇÕES NO (BL2) 67
4.9 COMPARATIVO ENTRE O MODELO *ONE PIECE FLOW* (OPF) E O PRATICADO PELA EMPRESA 70
4.10 RESUMO DAS CONTRIBUIÇÕES DO BALANCEAMENTO DE LINHA PROPOSTO (BL2) 74
5 CONCLUSÃO 76
REFERÊNCIAS 78

1 INTRODUÇÃO

O setor têxtil é uma área que gera muitos negócios no Brasil, ele representa 16,7% dos empregos no país, sendo o maior empregador da indústria de transformação, perdendo apenas para alimentos e bebidas (juntos), e vem solidificando a moda brasileira que é a maior cadeia têxtil completa do Ocidente (FEBRATEX, 2021).

No país, a indústria têxtil e confeccionista está distribuída por todo o território nacional, porém é na região Sudeste onde estão concentrados cerca de 50% dos trabalhadores ocupados nos diferentes elos da cadeia produtiva (INDÚSTRIA E COMÉRCIO, 2016).

Atualmente, surgem diariamente novas tendências, maneiras de otimizar a produção e potencializar os resultados. Por isso, o segmento está constantemente passando por transformações, que indicam que é indispensável para as empresas conhecer novas tecnologias e ter uma visão estratégica para se manterem competitivas (FEBRATEX, 2021).

Partindo do pressuposto que, para uma empresa ser estratégica ela deve operar de forma inteligente, a aplicação do *Lean Manufacturing* em sua produção se revela como adequada neste contexto, ao passo que ele busca melhorar a qualidade para todo o sistema produtivo, com redução de desperdício, de custo, de *lead time*, aumento da rentabilidade e da eficácia no atendimento ao valor do cliente (RODRIGUES, 2016).

Portanto, nesta pesquisa, buscou-se coletar dados e informações necessárias com o propósito de responder ao seguinte problema: É possível obter redução do tempo de produção e vantagem competitiva através de uma nova proposta de balanceamento de linha?

Partiu-se da hipótese de que o balanceamento de linha seria uma técnica adequada diante desta problemática da empresa, pois ele tem o seu foco em aumentar a eficiência produtiva ao minimizar a ociosidade de mão de obra e de máquinas (PEINALDO e GRAEML, 2007).

1.1 OBJETIVOS

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Destarte, este trabalho de conclusão de curso tem por objetivo elaborar uma proposta de balanceamento de linha em uma empresa produtora de camisas sob encomenda, visando a

redução do tempo de produção para ganho de vantagem competitiva. Para isso, os objetivos específicos deste estudo se constituem em:

- mapear a estrutura simplificada do produto;
- elaborar fluxograma do processo produtivo;
- coletar os tempos do processo produtivo e construir o diagrama de precedência;
- analisar o balanceamento de linha atual;
- propor um novo balanceamento de linha;
- comparar os resultados e apresentar as contribuições do balanceamento proposto.

1.2 JUSTIFICATIVA

Além do interesse do pesquisador pela temática, a pesquisa justifica-se pelas seguintes razões:

- no campo organizacional – pelas contribuições principalmente em níveis gerenciais, que poderá trazer para o planejamento e programação da produção, através do conhecimento do tempo padrão de cada atividade, tempo total de produção, fluxo do processo produtivo etc;
- no campo acadêmico – a pesquisa se reveste de importância pelas possíveis contribuições para professores, pesquisadores e estudantes, na aplicação prática de uma técnica das áreas de Planejamento e Controle da Produção (PCP) e *Lean Manufacturing*, em um contexto de uma empresa de pequeno porte do setor têxtil, que ainda não possui registros essenciais para o PCP;
- no campo social – a pesquisa justifica-se pelo fato de que, obter vantagem competitiva é um fator essencial para a sobrevivência de uma organização e, com isso, a manutenção de empregos; assim como o balanceamento de cargas de trabalho causa maior satisfação aos trabalhadores e consequente melhoria na saúde e segurança do trabalho, por evitar ritmo acelerado de produção e tentativas de compensação de tempo devido ao desbalanceamento de uma linha de montagem (PEINALDO e GRAEML, 2007).

O trabalho está composto em 5 seções, onde na primeira é a introdução, na qual se apresenta o problema a ser abordado e o contexto ao qual ele está inserido, objetivo e justificativa. Na segunda seção será apresentada a metodologia utilizada na elaboração do trabalho, na terceira seção se encontra o referencial teórico com os conceitos pertinentes ao tema. Em seguida, na quarta seção, está o desenvolvimento do trabalho, onde ocorre o mapeamento do processo produtivo e cronoanálise das tarefas, onde é calculada a eficiência da

linha de produção atual da empresa de acordo com os princípios do balanceamento de linha, e em seguida comparar-se-á este índice com o gerado por um balanceamento de linha que será proposto. Na quinta seção, apresenta-se a conclusão do trabalho.

2 METODOLOGIA DE PESQUISA

Nesta seção serão apresentados os procedimentos adotados na metodologia de realização do trabalho. Conforme apontado por Gil (2002), a organização da metodologia varia conforme as peculiaridades de cada pesquisa, mas alguns aspectos são imprescindíveis como o tipo de pesquisa e sua natureza, aspectos da amostra, a forma de coleta e de análise dos dados.

A pesquisa com base em seus objetivos será de natureza descritiva. As pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis (GIL, 2002). O fenômeno descrito neste trabalho será o grau de eficiência do balanceamento da linha de produção da empresa, que foi possível de ser estabelecido após a análise da relação entre as variáveis coletadas do sistema produtivo como: tempo de ciclo, tempo dos elementos de trabalho, o número mínimo teórico de estações, grau de ociosidade etc.

Quanto ao aspecto da população e amostra, o universo a ser estudado será o empresarial de produção de bens, em uma empresa de pequeno porte do segundo setor da economia e do ramo manufatureiro. As amostras coletadas pertencem ao sistema produtivo de camisas sublimadas, que é o principal produto vendido de acordo com o gestor da empresa.

O que motivou a escolha de tal amostra, foi a sua importância estratégica - por pertencerem à produção do principal produto vendido -, por possuir características abordadas pela filosofia *Just in Time (JIT)* - o sistema em estudo é puxado - e por fornecer os parâmetros e variáveis essenciais para os cálculos e as relações que estabelecem o nível de eficiência do balanceamento de uma linha de produção.

Para a coleta dos dados serão utilizadas as seguintes técnicas:

- reuniões: através de reunião com o gestor, foi definido o nível de produção mensal desejado e como se configura o fluxo do processo produtivo. O fluxo de produção foi apresentado ao pesquisador em uma reunião na qual o gestor da empresa argumentou como se configura as atividades e usou esboços com o uso de papel e caneta para tornar a explicação mais simplificada e prática;

- cronoanálise: com essa técnica, foi possível determinar o Tempo Padrão de cada elemento de trabalho da função de montar uma camisa;
- observação: foram feitas observações sistemáticas através de visitas diárias à empresa, com o uso de recursos como pranchetas e computadores, para determinar fenômenos como: a duração da jornada de trabalho, as tarefas de início e fim dos elementos de trabalho para delimitar a cronoanálise, as relações de dependência entre as atividades, definir as estações de trabalho envolvidas e aspectos referentes ao *layout* do processo produtivo.

Para a análise dos dados coletados, utilizou-se de técnica mista, ou seja, que envolve métodos quantitativos e qualitativos. Para a análise quantitativa, técnicas matemáticas foram utilizadas como o cálculo de porcentagem para estabelecer valores de variáveis como o tempo de ciclo, e o índice de eficiência do balanceamento de linha. Estes cálculos foram feitos através de dispositivo eletrônico e planilhas. Já para a análise qualitativa, foi feito interpretação do discurso do gestor da empresa e dos aspectos da produção, afim de ampliar o conhecimento sobre os fenômenos para a obtenção dos pressupostos teóricos que nortearam a pesquisa – como saber se um funcionário está em ritmo normal ou acelerado de trabalho, por exemplo.

Dessa maneira, as atividades que foram desenvolvidas neste trabalho quanto à coleta e análise dos dados, estão resumidas na Figura 1 a seguir:

Figura 1 – Classificação das atividades na construção do trabalho

Código	Descrição	Técnica/natureza
1	Definir a duração da jornada de trabalho	Observação/ qualitativa
2	Determinar a taxa de produção desejada por dia	Reunião / qualitativa
3	Calcular o tempo de ciclo	Cronoanálise e cálculo de porcentagem/ quantitativa
4	Definir os elementos de trabalho	Observação sistemática/qualitativa
5	Definir o tempo necessário para executar cada elemento	Observação sistemática/ qualitativa
6	Somatório dos tempos de cada elemento	Cálculo de somatório/ quantitativa
7	Diagrama de precedência	Observação sistemática/ qualitativa
8	Calcular o mínimo teórico de estações	Cálculo de porcentagem/ quantitativa
9	Designar tarefas às estações de trabalho	Observação, subtração/ mista
10	Porcentagem de tempo ocioso	Cálculo de Somatório/ quantitativa
11	Calcular a eficiência do balanceamento	Cálculo de Porcentagem/quantitativa

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

De forma geral pode-se dividir o horizonte de planejamento de um sistema produtivo em três níveis: o longo, o médio e o curto prazo (TUBINO, 2007). A Figura 2 a seguir apresenta como estes prazos estão relacionados às atividades (estratégicas, táticas e operacionais) das empresas e os objetivos pretendidos com a execução destas atividades.

Figura 2 - Prazos, atividades e objetivos para a tomada de decisão nas empresas

Fonte: (TUBINO, 2007, p. 1)

No sentido de organizar a montagem dos dados e a tomada de decisões com relação a estas atividades escalonadas no tempo, as empresas montam um setor, ou departamento de apoio a produção conhecido como PCP - Departamento de Planejamento e Controle da Produção (TUBINO, 2007).

Conforme Slack et al. (2006), qualquer operação produtiva requer planos e controle que tem como propósito gerenciar as atividades da operação produtiva de modo a satisfazer a demanda dos consumidores eficazmente. Dessa maneira, o PCP tem como objetivo garantir que os recursos produtivos estejam disponíveis:

- na quantidade adequada;
- no momento adequado; e
- no nível de qualidade adequado.

Para tanto, as empresas podem adotar um Sistema de Administração da Produção (SAP) que apoiem a geração de bens ou serviços (TUBINO, 2007). Alguns exemplos de fer-

ramentas utilizadas em um SAP fabril são: *Just in Time* (JIT), Kanban, 5S, Seis Sigma etc (LEÃO, 2021).

3.2 *LEAN MANUFACTURING*

Para o melhor entendimento do pensamento *Lean*, vale-se uma breve revisão histórica dos sistemas de produção, partindo dos primeiros movimentos de sistematização dos meios produtivos: a era da produção artesanal e as mudanças introduzidas pela Revolução Industrial (RODRIGUES, 2016).

Na produção artesanal, o elemento principal era a qualificação do profissional que utilizava equipamentos e ferramentas rudimentares, que muitas das vezes possuíam aplicações diversas; portanto, não existia a padronização de peças ou produtos, o que não viabilizava nem motivava a pesquisa e consequente evolução tecnológica (RODRIGUES, 2016).

No entanto, ao final do século XIX, diante do avançado estágio da Revolução Industrial muitos conceitos e ações começaram a ser questionados, devido principalmente ao processo de mecanização crescente; ao surgimento de uma economia de mercado; às novas expectativas e desejos do consumidor em uma sociedade em mudanças e com valores consumistas; e ao surgimento de novas e revolucionárias aplicações da tecnologia existente na época (RODRIGUES, 2016).

No século XX, mais precisamente a partir do ano de 1903, Henry Ford levantou a possibilidade de se obter linhas de produção - para padronizar os sistemas produtivos de automóveis-, que permitisse uma intercambiabilidade em todo o processo, o que reduziria o tempo e simplificaria as ações de preparo, de montagem e de ajustes, e essa foi a base para um novo sistema de produção que ficou conhecido como “sistema de produção em massa” (RODRIGUES, 2016).

No final de 1940, o Japão estava mergulhado em uma profunda crise provocada por sua participação na Segunda Guerra Mundial, onde suas organizações estavam na deriva e buscando se manterem vivas e produtivas. Com isso, Kiichiro Toyoda (fundador e então presidente da Toyota), visualizou a oportunidade de efetuar mudanças na forma de produção da montadora Ford nos Estados Unidos, propondo as primeiras ideias direcionadas a um sistema dinâmico e eficaz de suprimento da linha e das estações de trabalho (RODRIGUES, 2016).

A cultura e disciplina dos japoneses, e o foco permanente no combate ao desperdício em todos os níveis das fábricas, fizeram com que eles buscassem novos meios para organizar o seu sistema produtivo. É nesse contexto que Eiji Toyoda, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo buscaram uma nova forma de organizar um sistema produtivo, que surgiu dentro da Toyota e inicialmente foi denominado "Sistema Toyota de Produção. Esse sistema serviu de base para o "Sistema de Produção Enxuta" ou *Lean Manufacturing* (RODRIGUES, 2016).

Os métodos, sistemas e técnicas utilizados no *Lean Manufacturing* hoje têm sido aplicados nos diversos setores organizacionais, seja na manufatura ou nos serviços, onde buscam-se melhores resultados a partir do combate ao desperdício em um conceito amplo e em todos os níveis, uma vez que ter a organização enxuta, sem desperdício, não é mais um diferencial, mas sim, uma condição de sobrevivência nesse mercado global e competitivo (RODRIGUES, 2016).

Ainda de acordo com Rodrigues (2016), o Sistema de Produção Enxuta, a ser tratado por *Lean Manufacturing*, passou a ter o *Just in Time* (JIT) como filosofia e a ser operado por métodos, sistemas e programas, com foco nas estruturas, mão de obra, equipamentos e movimentos, os quais foram relacionados na Figura 3 abaixo:

Figura 3 - Métodos, sistemas e programas do *Lean Manufacturing*

Fonte: (RODRIGUES, 2016, p. 17)

Este modelo apresentado, pode ser utilizado em sua totalidade ou de maneira parcial por cada organização, como uma excelente alternativa para a melhoria da competitividade ao reduzir ou eliminar o que consome recurso, mas que não agrega valor ao produto final (RODRIGUES, 2016).

Segundo Corrêa e Corrêa (2017), os objetivos fundamentais do JIT são reduzir custos, obter alta qualidade e dar flexibilidade ao processo para que possa adaptar-se às variações da demanda. Essa flexibilidade é conseguida, principalmente, por meio da redução dos *leads times*, já que os estoques são retirados do sistema produtivo, esperando-se obter um fluxo suave e contínuo de materiais na fábrica.

Os estoques tendem a camuflar os problemas do processo produtivo que podem ser classificados em três grandes grupos de acordo com Corrêa e Corrêa (2017):

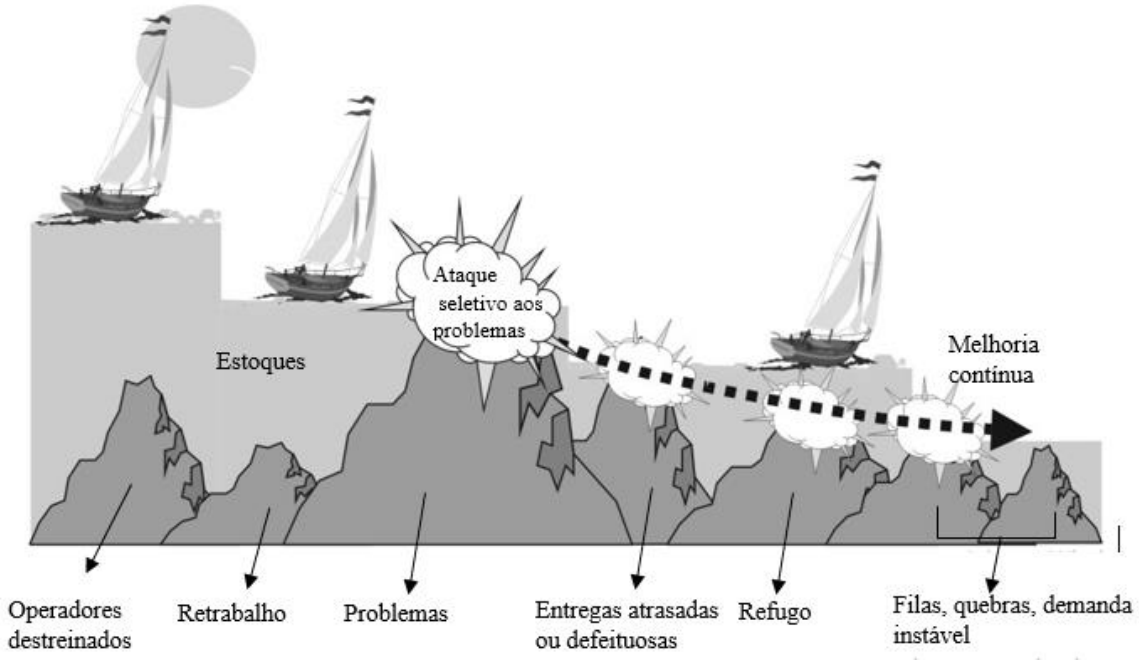
- problemas de qualidade: quando alguns estágios apresentam problema de qualidade, o estoque colocado entre os estágios permitem que os posteriores possam trabalhar continuamente.

- problemas de quebra de máquinas: quando uma máquina passa por problemas, os estágios posteriores que são alimentados por ela teriam que parar, caso não houvesse estoque suficiente para que o fluxo de produção continuasse, ou seja, o estoque também gera independência estre os estágios do processo produtivo nessa situação.
- problema de preparação de máquina:

> Quando uma máquina processa operações em mais de um componente ou item, é necessário prepará-la a cada mudança de item a ser processado. Essa preparação representa custos referentes ao período inoperante do equipamento, à mão de obra requerida na operação de preparação, à perda de material no início da operação, entre outros. Quanto maiores esses custos, maior tenderá a ser o lote a ser executado, para que eles sejam "diluídos" por uma quantidade razoável de peças, reduzindo, por consequência, o custo médio das unidades produzidas. Lotes grandes de produção geram estoques de ciclo, pois a produção é executada antecipadamente à demanda, sendo consumida por esta em períodos subsequentes (CORRÊA e CORRÊA, 2017, p. 509).

A Figura 4 a seguir, exemplifica como o estoque e o investimento que ele representa camuflam os problemas de produção.

Figura 4 - Estoques e camuflagem de produção



Fonte: Adaptado de Corrêa e Côrrea (2017)

O estoque e o investimento que ele representa podem ser simbolizados pela água de um lago que encobre as pedras no fundo, representando os diversos problemas do processo produtivo que estão camuflados/encobertos (CORRÊA E CÔRREA, 2017).

De acordo com Corrêa e Corrêa (2017) a produção (representada pelo barco na Figura 4) consegue fluir sem interrupções às custas de altos investimentos em estoque. Portanto, reduzir os níveis de estoques assemelha-se a baixar o nível da água, tornando visíveis os problemas que, quando eliminados, permitem um fluxo mais suave da produção, com menos necessidade de estoques."

3.3 SISTEMA PUXADO DE MOVIMENTAÇÃO DA PRODUÇÃO

De acordo com Stevenson (2001), um Sistema de Produção é a forma como se faz a aquisição e conversão de *inputs* em *outputs* em uma organização produtiva. Existe uma série de características que diferenciam um sistema de produção, como o grau de padronização, o tipo de operação e o confronto entre as operações para a produção de bens e as operações para o fornecimento de serviços.

> Isso envolve o planejamento, coordenação e controle dos elementos constituintes do processo, incluindo pessoal, o equipamento, as instalações, bem como a alocação de recursos e métodos de trabalho. E também compreende o projeto do produto e/ou serviço, um processo vital, contínuo, que a maioria das organizações precisa realizar. (STEVENSON, 2001, p. 7).

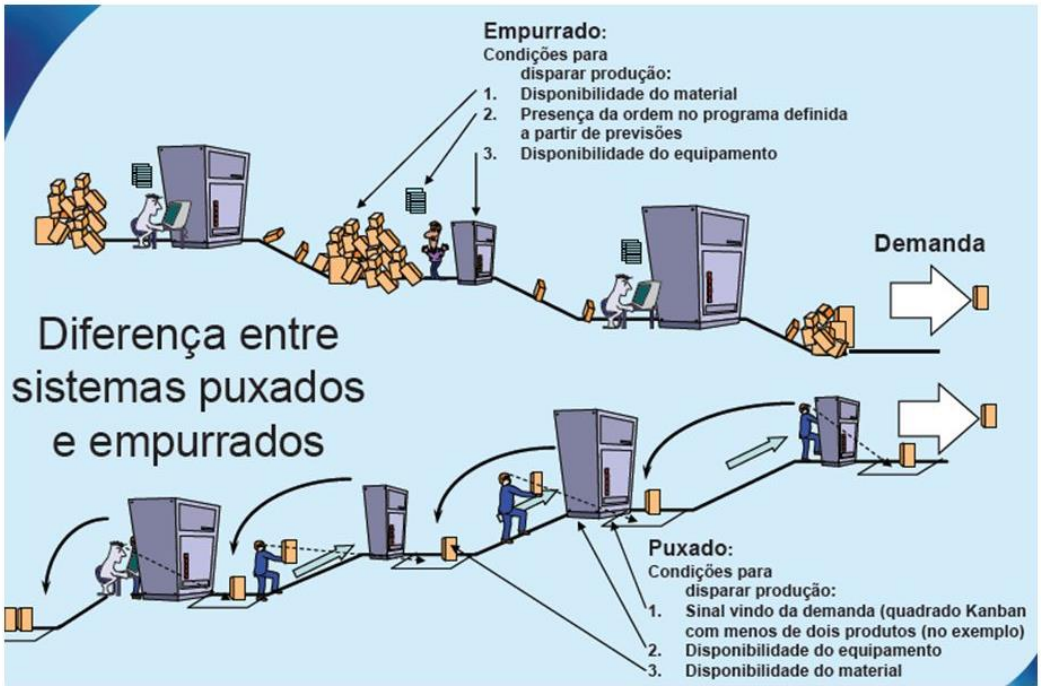
Dessa maneira, existem dois principais tipos de sistemas para a movimentação do trabalho através de um processo de produção: o empurrado e o puxado (STEVENSON, 2001).

A produção puxada é o que define o início de todo o processo produtivo no Sistema *Lean*, pois não se deve produzir sem que o cliente do processo posterior, interno ou externo tenha solicitado. Com isso, busca-se um nivelamento em toda a cadeia, gerando um fluxo contínuo e eficaz (RODRIGUES, 2016).

Para Stevenson (2001), o controle da movimentação neste sistema pode-se dar de diversas formas, como um grito, ou por um aceno, mas o Kanban é o dispositivo mais comumente usado.

A Figura 5 a seguir mostra as principais diferenças entre esses dois tipos de sistemas

Figura 5 - Diferença entre os sistemas puxado e empurrado



Fonte: (CORRÊA e CORRÊA, 2017, p. 511)

Pode-se observar na Figura 5, que na produção puxada, a produção só é disparada quando há um sinal vindo da demanda, com isso, há uma quantidade menor de produtos e estoques fluindo através do processo produtivo comparado com o sistema empurrado, no qual há níveis excessivos de produtos entre as estações de trabalho e a produção ocorre enquanto houver recursos disponíveis.

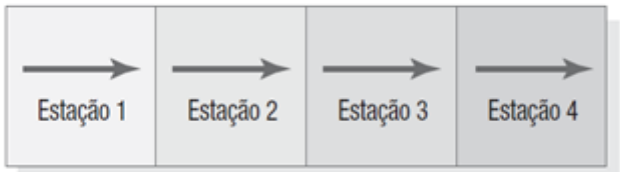
3.4 ARRANJO FÍSICO

Um Arranjo Físico pode ser definido como a preocupação com a localização física dos recursos de transformação. De forma simples, é decidir onde colocar todas as instalações, máquinas equipamentos e pessoal da produção (SLACK, et al., 2006).

A) ARRANJO FÍSICO EM LINHA

No arranjo em linha, as estações de trabalho se posicionam em uma sequência previamente definida pelas operações por onde o produto ou cliente se move em um fluxo regular e contínuo, sendo utilizado com frequência em unidades produtivas com pouca diversificação e padronizada (RODRIGUES, 2016). A figura 6 a seguir representa um fluxo de produção em linha:

Figura 6 - Representação do fluxo em linha de produção



Fonte: (KRAJEWSKI, RITZMAN e MALHOTRA, 2009, p. 269)

De acordo com (GAITHER e FRAZIER, 2002), estação de trabalho é uma localização física onde um conjunto particular de tarefas é executado, podendo ser tripulada ou não por humanos.

As estações de trabalho podem ser ordenadas para seguir o fluxo do trabalho, o que assegura que os pares de estações em interação estejam o mais próximo ou que tenham uma fronteira comum. O desafio desse tipo de *layout* é agrupar as atividades em estações de forma a alcançar a taxa de produção desejada com o mínimo de recursos (KRAJEWSKI, RITZMAN e MALHOTRA, 2009).

Quando se fala de arranjo físico em linha, são se trata necessariamente de uma disposição em linha reta, sendo comum os engenheiros projetarem linhas em forma de U ou S, pois uma linha retilínea tende a ficar muito longa em função das instalações prediais e muitas das vezes, requer que os funcionários percorrem longos caminhos para abastecimento de matéria prima (PEINALDO e GRAEML, 2007).

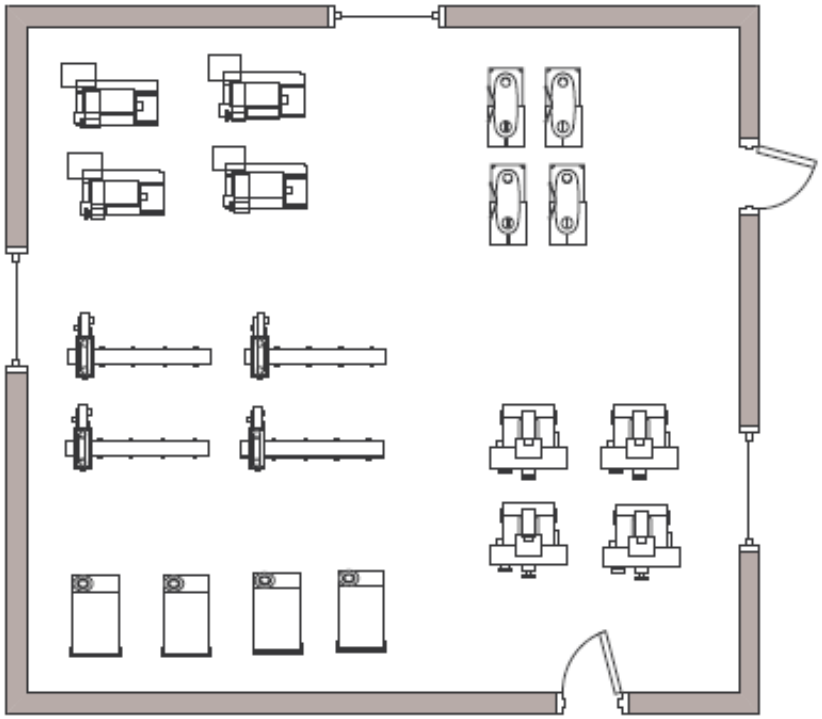
B) ARRANJO FÍSICO POR PROCESSO OU FUNCIONAL

O arranjo físico por processo agrupa, em uma mesma área, todos os processos e equipamentos do mesmo tipo e função (PEINALDO e GRAEML, 2007).

Este arranjo pode agrupar em uma mesma área operações ou montagens semelhantes, onde os materiais e produtos se deslocam para os processos de cada área necessária. (PEINALDO e GRAEML, 2007).

A Figura 7 a seguir, mostra um exemplo de arranjo físico por processo, onde há cinco agrupamentos de máquinas similares que fazem a mesma operação.

Figura 7 – Exemplo de arranjo físico por processo



Fonte: (PEINALDO e GRAEML, 2007, p. 225)

Alguns exemplos deste tipo de arranjo de acordo com Peinaldo e Graeml (2007) são:

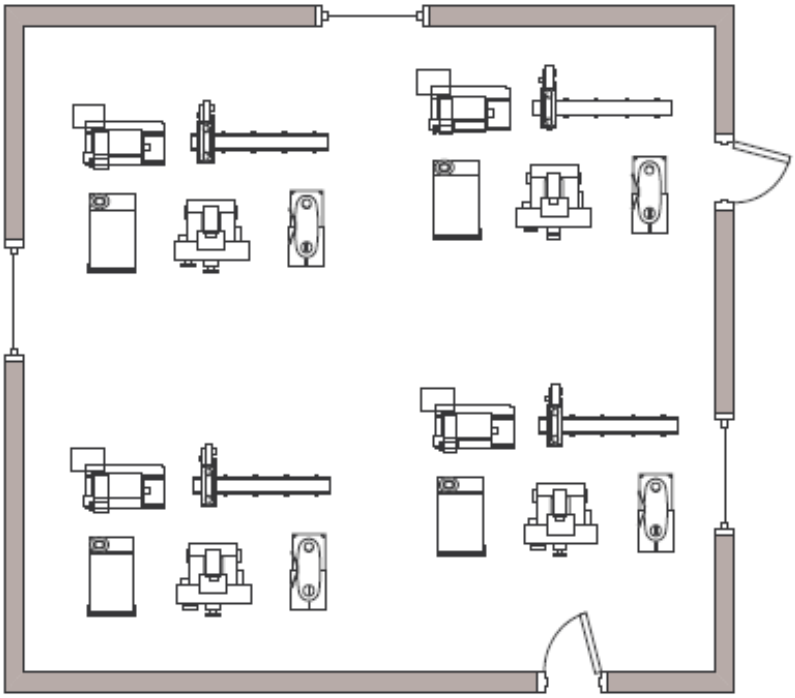
- hospitais: os processos são agrupados por tipo e função. Há o centro cirúrgico, a pediatria, o pronto socorro, o setor de raio x etc;
- lojas comerciais: essas lojas dividem seus artigos por categoria. Por exemplo, roupa masculinas, femininas, artigos de cama, mesa e banho, roupas esportivas etc.

C) ARRANJO FÍSICO CELULAR

A célula de manufatura consiste em agrupar em um só local, máquinas diferentes que que possam fabricar o produto do início ao fim (PEINALDO e GRAEML, 2007).

A Figura 8 a seguir, mostra um esquema de funcionamento de uma célula de produção.

Figura 8 – Exemplo de arranjo físico celular



Fonte: (PEINALDO e GRAEML, 2007, p. 225)

Pode-se observar que o material de desloca dentro da célula buscando os processos necessários, que estão em linha. Por isso que alguns gerentes de produção se referem ao arranjo celular como mini linhas de produção (PEINALDO e GRAEML, 2007).

Alguns exemplos de arranjo físico celular, de acordo com Peinaldo e Graeml (2007) são:

- lanchonete de supermercado: estas lanchonetes possuem um arranjo celular capaz de produzir o serviço de vendas completo e de forma interdependente do supermercado uma vez que ela possui seu próprio caixa para pagamento, balcões, funcionários, e todos os equipamentos que permitem completar o processo de atendimento e venda ao cliente.
- feira de exposição em geral: eventos como feiras de livro, de maquinário industrial, exposições de tecido etc, possuem um arranjo físico do tipo celular onde cada uma é representada por um expositor que tem autonomia suficiente para realizar o processo da finalidade da feira.

D) ARRANJO POR POSIÇÃO FIXA

Neste tipo de arranjo o material (produto) a ser transformado, permanece estacionado em uma determinado posição e os recursos de transformação se deslocam ao seu redor (PEINALDO e GRAEML, 2007).

De acordo com Peinaldo e Graeml (2007), são dois os casos básicos em que o arranjo por posição fixa é utilizado:

1 - quando a natureza do produto, dimensões e/ou forma impedem outra forma de trabalho: projetos de grande construção como usinas hidrelétricas, atividades de extrativismo, arranha-céus etc;

2 - quando a movimentação do produto é inconveniente ou extremamente difícil. Este é o caso de cirurgias, trabalhos artesanais como esculturas, tratamento dentário etc.

E) ARRANJO FÍSICO MISTO

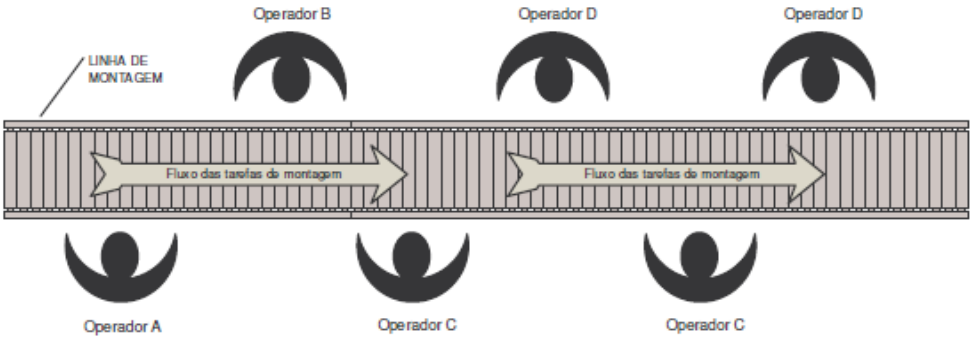
Este tipo de arranjo é utilizado quando se quer aproveitar as vantagens dos diversos tipos de arranjos físico conjuntamente. Geralmente é utilizada uma combinação dos arranjos por produto, por processo e celular. (PEINALDO e GRAEML, 2007).

3.5 BALANCEAMENTO DE LINHA

O balanceamento de linha consiste na atribuição de tarefas às estações da linha de produção, de forma que elas demandem aproximadamente o mesmo tempo para a execução das tarefas, o que minimiza o tempo ocioso de mão de obra e de equipamentos, estabelecendo um ritmo suave e contínuo de trabalho (STEVENSON, 2001).

O balanceamento se aplica apenas a processos em linha, que realizam montagem ou a atividades que podem ser agrupadas onde cada tarefa seja específica de uma estação de trabalho (KRAJEWSKI, RITZMAN e MALHOTRA, 2009). A Figura 9 representa uma linha de produção.

Figura 9 - Fluxo de operações em uma linha de produção



Fonte: (PEINALDO e GRAEML, 2007, p. 205)

Conforme pode-se observar na Figura 9, o tempo de execução das tarefas destinadas a cada um dos operadores nos centros de trabalho deverá ser o mesmo ou o mais próximo possível para que não haja atraso das demais atividades (PEINALDO e GRAEML, 2007).

> As linhas com bom nível de balanceamento apresentam um fluxo suave e contínuo de trabalho, porque todos os operadores trabalham no mesmo ritmo, obtendo-se o maior grau de aproveitamento possível da mão-de-obra e dos equipamentos. A principal dificuldade em balancear uma linha de produção está na formação de tarefas, ou conjuntos de tarefas que tenham o mesmo tempo de duração. Muitas vezes algumas tarefas longas não podem ser divididas e algumas tarefas curtas não podem ser agrupadas (PEINALDO e GRAEML, 2007, p. 206)

Conforme Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), o balanceamento de linha deve ser executado quando projeta-se a execução de uma linha, quando a taxa de demanda mudar, ou quando houver alteração no produto ou processo envolvido.

Portanto, as etapas para o procedimento de balanceamento de linha são os listados na Figura 10 a seguir:

Figura 10 – Procedimentos para o balanceamento de linha

PROCEDIMENTO DE BALANCEAMENTO DE LINHA DE PRODUÇÃO

1 - Dividir as operações de trabalho em elementos de trabalho que possam ser executados de modo independente.

2 - Levantar o tempo padrão para cada um dos elementos de trabalho, por meio de criteriosa cronoanálise.

3 - Definir a seqüência de tarefas e suas predecessoras

4 - Desenhar o diagrama de precedências.

5 - Calcular o tempo de duração do ciclo e determinar o número mínimo de estações de trabalho.

6 - Atribuir as tarefas às estações de trabalho seguindo a ordem natural de montagem. A seguinte regra deve ser seguida para determinar as tarefas que podem ser atribuídas a cada estação:

a - todas as tarefas precedentes já devem ter sido alocadas;

b - o tempo da tarefa a ser alocada não deve ser superior ao tempo que resta para a estação de trabalho;

c - quando houver mais de uma tarefa que pode ser alocada, dar preferência à tarefa que tenha maior duração, ou à que esteja mais no início da montagem, ou seja, que tenha mais tarefas subseqüentes;

d - se ainda houver empate, escolha uma tarefa arbitrariamente.

Quando não houver nenhuma tarefa que possa ser alocada para a estação de trabalho, passar para a estação de trabalho seguinte, até completar toda a linha de produção.

7 – Verificar se não existe uma forma melhor de balanceamento, buscando deixar a mesma quantidade de tempos ociosos em cada estação de trabalho.

8 - Calcular o percentual de tempo ocioso e o índice de eficiência para a linha de produção.

9 - Se todos os passos anteriores tiverem sido seguidos, a única forma de balancear melhor a linha será pela utilização de estações em paralelo para realizar operações elementares demoradas, que não podem ser subdivididas. Duas estações de trabalho paralelas, realizando a mesma operação, são capazes de dobrar a velocidade de produção daquele "elo" do processo produtivo.

Fonte: (PEINALDO e GRAEML, 2007, p. 209)

A) Diretrizes para o Balanceamento de Linha

Stevenson (2001) evidencia as diretrizes para o balanceamento de uma linha, as quais são listadas a seguir:

- as tarefas são atribuídas uma de cada vez na linha, começando na primeira estação de trabalho;
- em cada passo, as tarefas ainda não alocadas são verificadas para determinar quais as elegíveis compatíveis com a estação de trabalho considerada;
- seleciona-se um método heurístico para selecionar uma das tarefas compatíveis, e a tarefa é assim alocada;

- este processo é repetido até que não haja mais tarefas elegíveis que sejam compatíveis, então a estação de trabalho seguinte pode ser abordada;
- continua-se o processo até que todas as tarefas tenham sido alocadas.

Outros conceitos e informações importantes relacionados ao balanceamento de linha são listados a seguir, de acordo com Stevenson (2001):

- as relações de precedência requerem que certas tarefas sejam executadas antes de outras;
- o nível desejado de produção determina o tempo de ciclo, e a soma dos tempos de duração das tarefas alocadas a qualquer estação de trabalho não poderá exceder o tempo de ciclo;
- se uma tarefa for elegível para alocação em determinada estação de trabalho sem que se exceda o tempo de ciclo, então a tarefa poderá ser alocada à estação de trabalho considerada;
- havendo várias opções de tarefas elegíveis que podem ser integradas a uma estação de trabalho, o gerente poderá escolher a tarefa a ser alocada. No entanto, as regras heurísticas auxiliam na seleção da melhor solução, ou seja, a que possuirá o menor tempo ocioso total.

Para tonar algumas terminologias claras, a seguir serão listadas algumas definições necessárias, de acordo com Stevenson (2001):

- tarefa subsequente: são todas as tarefas encontradas ao seguir para a frente a partir da tarefa em questão, através do diagrama de precedência;
- tarefas precedentes: são as tarefas encontradas ao seguir para trás, a partir da tarefa em questão, através do diagrama de precedência.
- Peso Posicional: é a soma dos tempos de duração da tarefa em questão e de todas que lhe sucedem.

B) TEMPO DE CICLO

O tempo de clico é o tempo que uma linha de produção demora a montar um produto. Ou seja, é o tempo máximo permitido para cada estação de trabalho antes que a tarefa seja passada para a estação seguinte (PEINALDO e GRAEML, 2007).

Stevenson (2001) salienta que o tempo de ciclo estabelece o ritmo de produção de uma linha, e que ele pode ser calculado através da Fórmula 1 a seguir:

$$Tempo\ de\ Ciclo = \frac{Capacidade\ Disponível}{Demanda} \qquad (1)$$

Em que:
Capacidade Disponível é o tempo de operação, e
Demanda é a demanda desejada.

C) NÚMERO TEÓRICO DE ESTAÇÕES DE TRABALHO

O número teórico de estações de trabalho indica quantas estações de trabalho são necessárias de acordo a demanda desejada e da capacidade de combinar as tarefas nas estações de trabalho em uma linha de produção (STEVENSON, 2001). De acordo com Peinaldo e Graeml (2007), este número é dado pela Fórmula 2 a seguir:

$$Número\ de\ estações = \frac{\sum tempos\ indivíduais}{Tempo\ de\ Ciclo} \quad (2)$$

Em que:
∑ tempos individuais é o somatório dos tempos de cada tarefa elementar.

D) PERCENTUAL DE OCIOSIDADE

Stevenson (2001) ressalta que por vezes, o percentual de ociosidade também é referido como “defasagem do balanceamento”, e é dado pela Fórmula 3 a seguir:

$$\%\ de\ ociosidade = \frac{\sum tempos\ ociosos}{Número\ de\ estações\ x\ tempo\ de\ ciclo} \quad (3)$$

Em que: ∑ tempos ociosos é o resultado da soma do tempo ocioso de cada estação.

Tempo ocioso é tempo de carga de trabalho inferior à maior carga em tempos, destinada a uma estação (PEINALDO e GRAEML, 2007)

E) GRAU DE UTILIZAÇÃO OU EFICIÊNCIA

Segundo Stevenson (2001), o grau de utilização representa o quanto da mão de obra e dos equipamentos disponíveis na linha de produção estão sendo utilizados. É o complemento do índice de ociosidade para atingir 100%; sendo determinada pela Fórmula 4 a seguir:

$$Grau\ de\ utilização = 1 - índice\ de\ ociosidade \quad (4)$$

3.6 MEDIÇÃO DO TRABALHO

A medição do trabalho, envolve determinar o intervalo de tempo necessário para a consecução de uma tarefa. Os tempos de execução de tarefas constituem *inputs* de importância vital para propósitos como planejamento e programação da produção (STEVENSON, 2001).

O tempo padrão reflete a duração de tempo que um trabalhador levaria para executar determinada função, sob condições normais de trabalho, este tempo padrão inclui também tolerâncias para prováveis atrasos (STEVENSON, 2001).

De acordo com Stevenson (2001), as organizações calculam tempos – padrão de diversas maneiras, os métodos de medição de trabalho mais usados se baseiam em:

1- estudos cronométricos;
2- tempos históricos;
3- dados predeterminados;
4- amostragem.

Neste trabalho foi usado o método de estudos cronométricos, por ser o método o qual julgou-se obter as condições necessárias de fazer no dia a dia da empresa, como a cronoanálise e observação sistemática das atividades.

3.6.1 ESTUDOS CRONOMÉTRICOS

São utilizados para se chegar a um tempo padrão baseado em observações sobre um trabalhador, feitas ao longo de uma série de ciclos. Esse padrão é então aplicado aos demais trabalhadores que exercem a mesma função na organização. Esse método é o mais amplamente utilizado para a medição do trabalho e especialmente adequado para funções curtas e repetitivas (STEVENSON, 2010).

Os passos básicos para um estudo de tempos, de acordo com Stevenson (2001) são os seguintes:

1- definir a função que será estudada, e deixar o trabalhador ciente de que ele será estudado;
2- determinar o número de ciclos de observação;
3- cronometrar a função e determinar o ritmo de desempenho do trabalhador;
4- calcular o Tempo Padrão.

De modo geral, todas as funções serão desmembradas, a não ser as de duração muito curta (como alcançar, pegar etc), em movimentos elementares básicos e obterá o tempo para cada elemento.

O número de ciclos que devem ser observados é função de três fatores: a variabilidade dos tempos observados, a precisão desejada e o nível de confiança desejado em relação ao tempo estimado para a função. Com muita frequência, a precisão desejada é expressa como uma porcentagem da média dos tempos observados. Por exemplo, a meta de um estudo de tempos pode ser a de alcançar uma estimativa que varia em no máximo 10% em relação à média real (STEVENSON, 2001).

O tamanho da amostra necessário para alcançar a meta estabelecida é determinado pela Fórmula 5 a seguir:

$$n = \left(\frac{zs}{ax}\right)^2 \qquad (5)$$

Em que:

z = número de desvios padrões em uma distribuição normal necessários para se obter o nível de confiança desejado
s = desvio padrão da amostra
a = percentual de precisão desejado
x = média da amostra.

Para fazer uma estimativa preliminar do tamanho da amostra, utiliza-se normalmente de 10 a 20 observações, por meio das quais se calcula os valores de “x” e de “s”, os quais serão utilizados na Fórmula 5. Para se chegar a um tempo padrão, devem-se calcular três intervalos de tempo: o Tempo Observado (TO), o Tempo Normal (TN) e o Tempo Padrão (TP) (STEVENSON, 2001).

A) TEMPO OBSERVADO

O Tempo Observado (TO) é simplesmente a média dos tempos das amostras registradas, sendo então, dado pela Fórmula 6:

$$TO = \frac{\sum xi}{n}. \qquad (6)$$

Em que: TO= Tempo observado;
∑xi = soma dos tempos registrados pela cronoanálise;
n = Número de observações.

B) TEMPO NORMAL

De acordo com Stevenson (2001), o tempo normal é o tempo observado ajustado para o desempenho do trabalhador. Ele é calculado multiplicando-se o tempo observado por um índice de desempenho, sendo dado pela seguinte Fórmula 7:

$$TN = TO \times ID \tag{7}$$

Em que:

TN = Tempo normal
ID = Índice de desempenho

O motivo da inclusão do índice de desempenho é que o trabalhador que estiver sendo observado poderá estar trabalhando em um ritmo diferente do ritmo "normal" para aquela função, seja para reduzir por vontade própria seu ritmo, ou porque seu desempenho natural difere do padrão. Sendo assim, esse fator de ajustamento ajusta os tempos observados a um ritmo "médio" (STEVENSON, 2001).

> Considera-se que um único índice de desempenho é aplicável a todas as tarefas da função. Se for calculado um índice específico para cada elemento da função, o tempo normal será a soma dos produtos do tempo médio de cada elemento por seu respectivo índice de desempenho (STEVENSON, 2001, p. 245).

Se for considerado um ritmo normal, deve-se atribuir um índice de valor 1,00; um índice de desempenho atribuído no valor 0,9 indica um ritmo do trabalhador de 90% do normal, enquanto um de 1,05 indica um ritmo 5% mais rápido que o normal. Para funções extensas, cada elemento pode ter seu próprio índice de desempenho; em funções curtas, um único índice pode ser aplicado para o ciclo inteiro (STEVENSON, 2001).

C) TEMPO PADRÃO

O tempo padrão para uma função é o tempo normal acrescido de uma tolerância que leva em conta intervalos não-produtivos, tais como as demoras individuais (por exemplo, ir tomar um copo d'água ou ir ao banheiro), as demoras inevitáveis (como reajuste e reparos de máquinas, falar com o supervisor, espera para a chegada de materiais), ou intervalos para descanso (STEVENSON, 2001).

Segundo Stevenson (2001), para determinar o tempo padrão utiliza-se a Fórmula 8 a seguir:

$$TP = TN \times FT \tag{8}$$

Em que:
TP = Tempo Padrão
FT = Fator de Tolerância

A tolerância pode se referir ao tempo de execução da função, ou ao tempo de trabalho (por exemplo, a tolerância relativa a um dia de trabalho). Se a tolerância se referir ao tempo (de execução) da função, o fator de tolerância deve ser calculado com a seguinte fórmula:

$$FT_{função} = 1 + T \tag{9}$$

Em que:
T = Percentual de tolerância relativo ao tempo da função

Essa tolerância é utilizada quando funções diferentes têm tolerâncias distintas. Se uma tolerância for um percentual do tempo trabalhado (de um dia de trabalho, por exemplo), a fórmula adequada é:

$$FT_{dia} = \frac{1}{1-T} \tag{10}$$

Em que:
T = Percentual de tolerância relativa a um dia de trabalho.

Essa tolerância é utilizada quando as funções são idênticas ou similares, tendo ainda os mesmos fatores de tolerância. Na prática as tolerâncias podem ser baseadas no julgamento do analista de estudo de tempos, ou em negociações entre a força de trabalho e a administração (STEVENSON, 2001).

4 RESULTADOS

4.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A empresa na qual se obteve as amostras para o desenvolvimento deste trabalho foi fundada em 21/05/2013, cuja atividade fim cadastrada na Receita Federal é a de estamparia e texturização em fios, tecidos, e artefatos têxteis e peças de vestuário. No mercado, a empresa está localizada no centro da cidade de João Monlevade – MG e produz camisas e *shorts* esportivos, camisas gola V e gola polo, e artefatos personalizados como quadros e canecas, através da estamparia (SOLUTUDO, 2021).

De acordo com o gestor da empresa, o produto mais estratégico para a empresa quando se trata de receita é a camisa esportiva, que é produzida sob demanda. As camisas as quais se obteram as amostras para a realização desse trabalho são semelhantes à da Figura 11 abaixo:

Figura 11 – Exemplo de camisa produzida na empresa

Fonte: Rede Social da empresa (2020)

Entende-se que o arranjo físico pelo qual se produz as camisas, é o arranjo em linha, pois os recursos estão dispostos na sequência de montagem do produto (camisas) e eles são altamente padronizados, o que geralmente muda de uma camisa para a outra é a estampa, que deve ser configurada em um computador ou o tipo de gola.

4.2 ESTRUTURA SIMPLIFICADA DO PRODUTO

Para a montagem da camisa, se faz necessário mapear os componentes para direcionar as análises imprescindíveis no balanceamento de linha como a cronoanálise e o diagrama de precedência.

Segundo Peinaldo e Graeml (2007, p. 427) “a estrutura do produto contém a lista e a quantidade de cada material que compõe o produto e a sequência que os componentes, formados por esses materiais obedecem, durante sua manufatura em produto acabado”.

Com a observação de campo e através da entrevista com o gestor e os colaboradores da empresa, foi possível identificar os componentes para a produção da camisa que são transportados entre as estações de trabalho, sendo eles, os listados a seguir:

- manga do lado direito: esse componente é composto por um tipo de malha recortada, que dará origem à manga do lado direito da camisa;
- manga do lado esquerdo: esse componente é também oriundo de uma malha recortada pelo funcionário com uma máquina, que originará a manga esquerda da camisa;
- molde frente (peitoral): esse componente provém de uma malha recortada que em seguida será a parte da frente da camisa que cobrirá o tórax e o abdômen do corpo humano;
- molde costas: esta parte, é composta de malha recortada que dará origem a parte de trás da camisa, que cobre as costas do corpo humano.

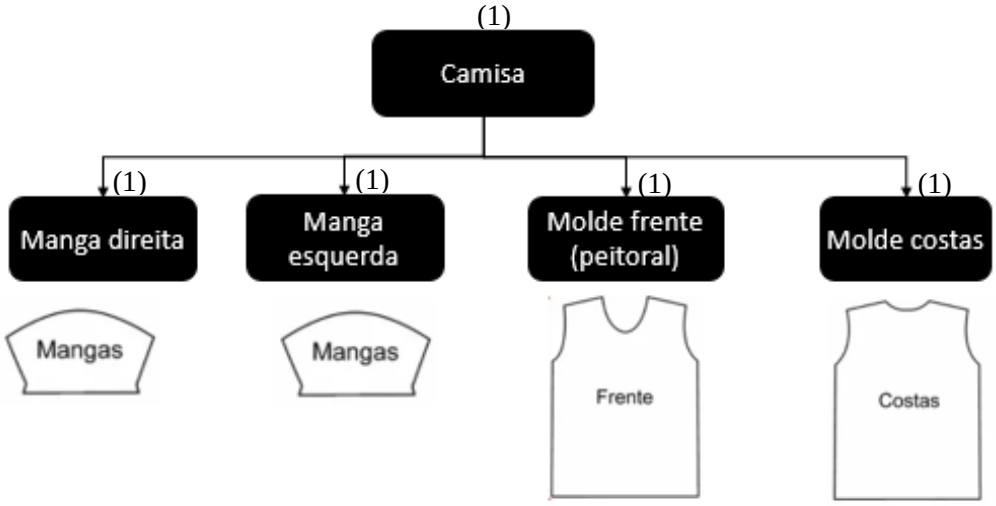
Outros componentes como as linhas, etiqueta e gola, não entram nesta lista pelos seguintes motivos:

- são fixos às estações de trabalho, ou seja, eles não escoam pela linha de produção, mas ficam estacionados nas estações esperando os componentes que fluem na linha produtiva chegarem até a estação a qual ele(s) está(ão); neste instante de chegada, os componentes fixos são acoplados aos componentes que escoam pelo processo produtivo. Exemplificando: sendo a linha um componente fixo e as mangas não, as linhas ficam paradas na estação de costura esperando a manga chegar para poder ser costurada ao corpo da camisa, no caso, o molde frente e costas.
- não são trabalhados/produzidos dentro da empresa: ou seja, não se gasta tempo para produzi-los. Exemplificando: as linhas, golas e etiquetas são componentes que são comprados prontos e não sofrem nenhum tipo de tratamento que utilize do recurso tempo durante o processo produtivo das camisas, portanto não podem ser inseridos nas etapas do balanceamento de linha como cronoanálise e desenho do diagrama de precedência.

Entretanto, estes componentes que não fazem parte da estrutura simplificada do produto estão intrínsecos às atividades de montagem da camisa, como por exemplo, na atividade de unir as mangas nos moldes frente e das costas da camisa, utilizam-se das linhas de

costura; na atividade de pregar a gola na camisa, utilizam-se as golas compradas prontas que serão pregadas nas camisas. O mesmo raciocínio é válido para a etiqueta, onde a mesma será costurada no momento de finalizar o fechamento da gola da camisa. Foi definida então, a estrutura simplificada do produto conforme a Figura 12 a seguir:

Figura 12 - Estrutura simplificada do produto

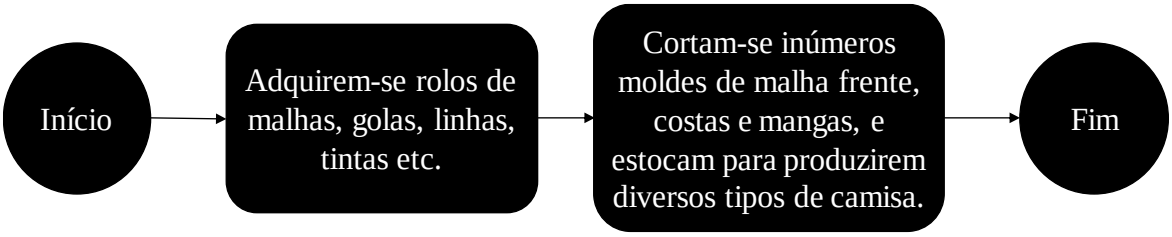


Fonte: Autor (2021)

4.3 FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO ATUAL

Para entender como a empresa monta as camisas em estudo, mapeou-se o fluxo do processo produtivo aplicado nesta função. A empresa conta com estoque de alguns componentes prontos como os moldes de malha da frente (peitoral), costas, mangas e golas, por serem componentes com aplicações em diversos tipos de camisas produzidas dentro da empresa. Sendo assim, o processo produtivo analisado para o trabalho não contou com a produção destes componentes prontos – pois de fato não foi presenciado a execução de atividades que os envolvessem. Este processo que foi suprimido no trabalho é o ilustrado na Figura 13 a seguir:

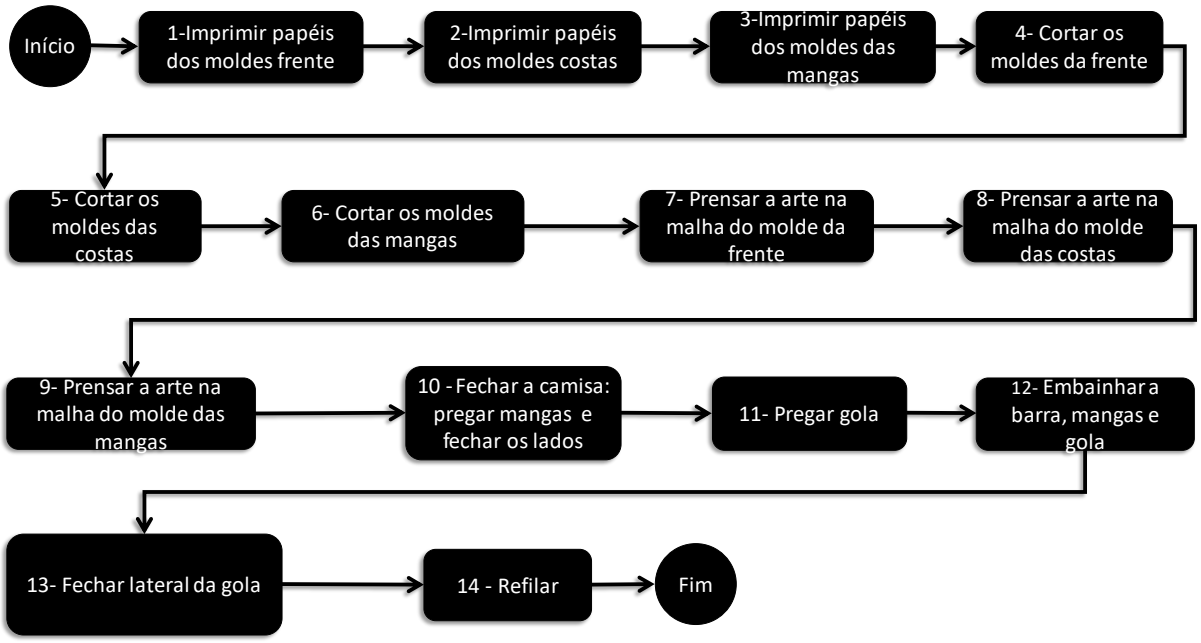
Figura 13 - Processo suprimido da análise do trabalho.



Fonte: Autor (2021)

Portanto na produção da camisa estudada, a lista de atividades que foram mapeadas como pertencentes ao processo produtivo o qual aplicou-se o balanceamento de linha está evidenciado na Figura 14 seguir:

Figura 14 - Fluxo do processo produtivo atual da empresa

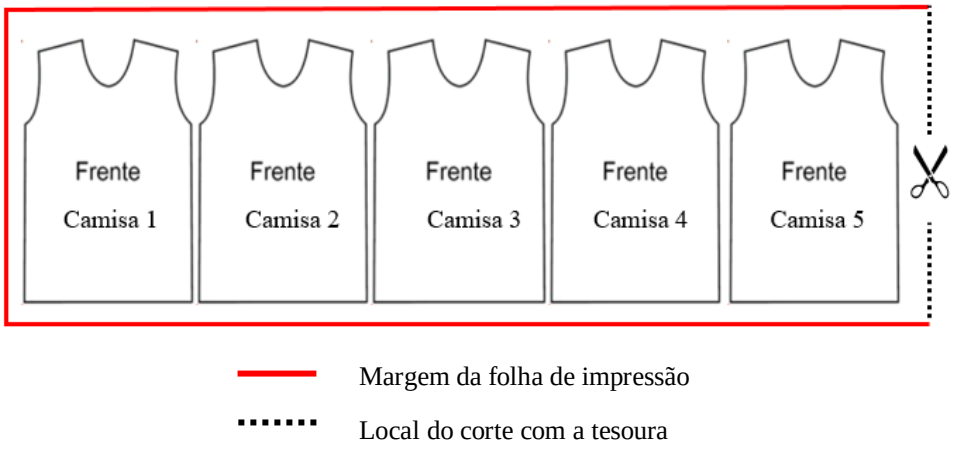


Fonte: Autor (2021)

Cada etapa será descrita a seguir. Vale ressaltar que não foi visualizado um padrão de operação para todas elas, sendo assim, o que foi registrado a seguir se referem às tarefas mais recorrentes observadas pelo pesquisador:

1 – imprimir papéis dos moldes frente: nessa etapa, o operador configura uma máquina através de um computador, a qual imprimirá o desenho do molde de papel da frente da camisa escolhida pelo cliente. Na máquina, coloca-se um rolo de papel de 100 metros onde serão impressos os desenhos desejados. De acordo com o responsável pela programação da produção da empresa, para uma demanda diária de 100 camisas, imprimem-se 25 unidades deste componente em lotes de 5 unidades - estes números foram estabelecidos por empirismo pelo responsável. É importante ressaltar que algumas vezes o operador cortava as unidades de cada molde com a tesoura a medida que a folha de impressão saía da máquina com o desenho impresso, porém, para este trabalho, adotou o modelo no qual espera-se que todos os 5 componentes sejam impressos para efetuar em seguida o corte, por ter sido a observação feita com maior frequência, conforme a Figura 15 a seguir:

Figura 15 - Esquema de impressão dos moldes frente

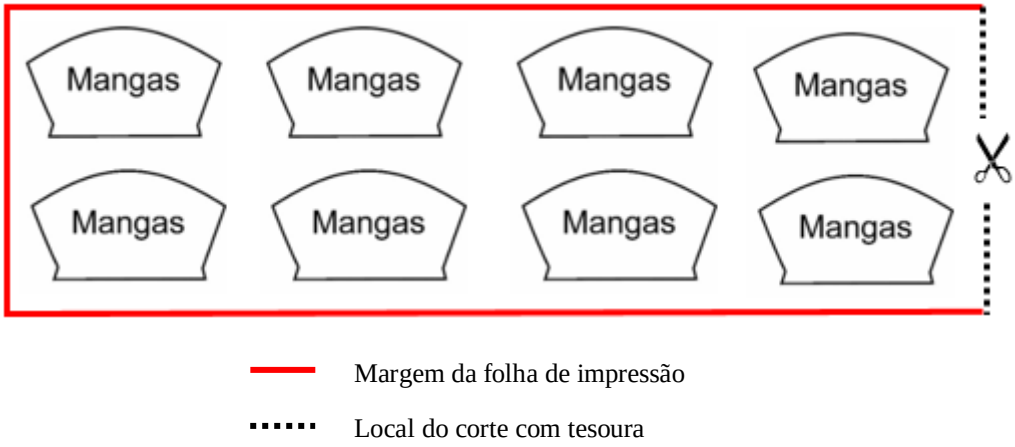


Fonte: Autor (2021)

2 - em seguida, um operador modifica as configurações da máquina para que ela imprima os moldes de papel das costas. O número destes componentes impressos também foi estabelecido por empirismo no valor de 25 unidades, e o esquema de impressão é análogo ao da Figura 15.

3 - em sequência, a máquina é configurada para imprimir os moldes de papel das mangas em lotes de 8 unidades, de forma a totalizar 56 unidades, conforme a Figura 16 a seguir:

Figura 16 - Esquema de impressão das mangas



Fonte: Autor (2021)

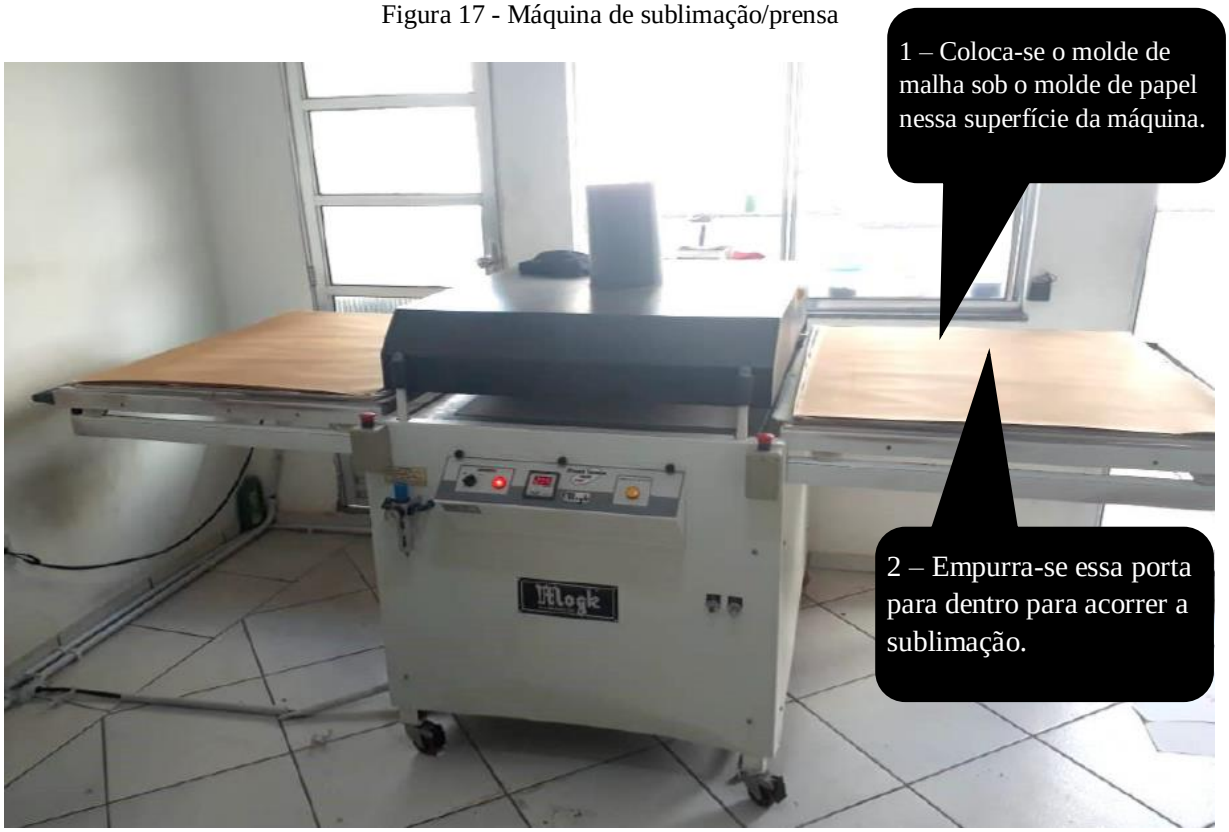
4 - neste momento, ocorre o corte dos moldes de papel da parte da frente das camisas, que foram impressos na etapa 1. O funcionário corta então 5 moldes de papel com uma tesoura em cima de uma mesa.

5 - corte dos moldes das costas: corta-se 5 moldes, referente as costas da camisa. Este corte também é feito com uma tesoura por um operador humano em cima de uma mesa de forma análoga a etapa anterior.

6 - corte dos moldes das mangas: nesta etapa ocorre o corte de 8 moldes das mangas que foram impressas na etapa 3 pelas mesmas ferramentas usadas nas etapas 4 e 5 e de forma análoga.

7 - prensa-se usando uma máquina (Figura 17), 1 molde de papel frente que foi recortado na etapa de número 4 em uma malha do mesmo formato, onde ocorre a sublimação: processo que irá transferir o desenho da impressão do papel na malha da camisa. Nesta etapa, para moldes de tamanho M, G e GG ocorre o processamento de apenas um molde por vez na máquina; para moldes de tamanho P é possível processar duas unidades de uma vez na máquina. De acordo com o gestor da empresa, em um lote de 100 camisas, há uma média de 20 camisas de tamanho P.

Figura 17 - Máquina de sublimação/prensa



Fonte: Autor (2021)

8 - prensa-se 1 molde de papel das costas que foi recortado na etapa de número 5 no molde de malha do mesmo formato, de forma análoga à etapa anterior.

9 - prensam-se 4 moldes de papel de mangas nos seus respectivos moldes de malha de forma semelhante ao que ocorre nas etapas de número 7 e 8.

10 - fecha-se a camisa (pregar mangas e unir os lados): nesta etapa, ocorre a união da malha do molde da frente com a malha das costas através de costura e a união das malhas das mangas no corpo da camisa. Esta atividade é feita em uma estação por uma trabalhadora, com o auxílio de máquinas de costura, tesouras e outros utensílios.
11 - pregar a gola (frente e costas): a gola é pregada por uma trabalhadora em uma outra estação, com o auxílio de máquina de costura e utensílios diversos de costura.
12 - embainhar a barra, as mangas e gola: nesta etapa, uma operadora, em outra estação, faz a bainha das mangas, da gola (frente e costas) e das mangas, com o auxílio de máquina de costura.
13 - fechar a lateral da gola: na sequência, em uma nova estação, o produto tem a lateral das golas fechadas, com o auxílio de uma máquina de costura.
14 - refilar: por fim, o produto é refilado por uma operadora, em uma nova estação de trabalho, utilizando apenas tesoura.

4.4 ESTUDO CRONOMÉTRICO DOS ELEMENTOS DE TRABALHO

Para o processo dos estudos cronométricos, definiram-se os elementos de trabalho que devem ser cronometrados, sendo estes os apresentados na Figura 14, onde se encontram todas as tarefas na produção da camisa e que serão utilizadas na cronoanálise para o processo do balanceamento de linha de produção. Dessa forma, os elementos de trabalho cronometrados foram os listados a seguir

1. Imprimir 5 moldes frente
2. Imprimir 5 moldes costas
3. Imprimir 8 mangas
4. Cortar 1 molde frente
5. Cortar 1 molde costas
6. Cortar 8 mangas
7. Prensar 1 molde frente
8. Prensar 1 molde costas
9. Prensar 4 mangas
10. Fechar camisa
11. Pregar gola
12. Embainhar
13. Fechar lateral da gola
14. Refilar

4.4.1 NÚMERO DE CICLOS

De acordo Stevenson (2001), para determinar o número de amostras de tempos necessárias para estabelecer o tempo padrão de cada elemento de trabalho, se deve calcular o número de ciclo.

Para a coleta dos tempos dos elementos de trabalho, observou-se e registrou-se como se dá o início e o término do elemento de trabalho – atividade de disparo e fim- e do tempo decorrido entre este intervalo.

Para registrar o tempo, utilizou-se um relógio com cronômetro que marca a hora, o minuto e o segundo; caneta, folha de papel e prancheta.

O processo de coleta do tempo foi realizado com registro no papel da hora, minuto e o segundo de início da tarefa, e seu respectivo momento de finalização em hora, minuto e segundo, conforme exemplo a seguir:

- prensar 1 molde frente:

• atividade disparo: Pegar camisa no balcão ao lado.

• atividade fim: Colocar a camisa prensada de volta no balcão.

• amostra de tempo 1: Início 09:45:22 – Fim: 09:46:33;

• amostra de tempo 2: Início 09:47:00 – Fim: 09:48:05;

• amostra de tempo 3: Início 09:48:25 – Fim: 09:49:30, e assim sucessivamente para as demais atividades.

Em seguida lançou-se os dados dos tempos em planilha eletrônica, para a subtração do tempo de término pelo de início, e com isso, foi possível obter a duração das amostras em segundos, conforme a Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Exemplo de registro dos tempos de duração

Amostra	Início	Término	Duração em (min)	Duração em (seg.)
1	17:59:08	17:59:43	00:35	**35**
2	17:59:20	18:00:20	01:00	**60**
3	18:00:00	18:00:56	00:56	**56**
4	18:01:10	18:02:20	01:10	**70**
5	18:01:58	18:02:46	00:48	**48**
6	18:02:32	18:03:33	01:01	**61**

Fonte: Autor (2021)

Para as tarefas de número 1 a 3: imprimir frente, imprimir costas e imprimir mangas; o tempo é invariável devido a essas tarefas serem realizadas por uma máquina de impressão,

sendo assim, o tempo dessas atividades são fixos e, portanto, necessita-se apenas de uma amostra de tempo para definir o seu tempo padrão. Essa informação do tempo, foi passada pelo responsável do posto de trabalho onde as tarefas são executadas e testificado pelo autor ao cronometrar a operação da máquina. Portanto, esses elementos e suas durações são os seguintes:

- imprimir 5 moldes frente: 4 minutos;
- imprimir 5 moldes costas: 4 minutos;
- imprimir 8 mangas: 1 minuto.

Para os demais elementos que não possuem tempos fixos, o cálculo para determinar o número de amostras de tempo necessárias para o processo de definição do Tempo Padrão, utiliza a Fórmula 5.

Portanto, por exemplo, para a etapa de número 4 (cortar 5 moldes frente) obteve-se os dados listados a seguir:

- tamanho da amostra inicial: 20. Ou seja, coletou-se 20 amostras de tempo desse elemento de trabalho.
- número de desvios padrões (Z) em uma distribuição normal necessários para se obter o nível de confiança desejado: 95%, que equivale a um Z de 1,96.
- desvio padrão da amostra (s): 8,0149 segundos. Esse cálculo foi feito utilizando o Excel©.
- média da amostra ($\bar{x}$):19 segundos. Esse cálculo foi feito utilizando o Excel©.
- percentual de precisão desejado (a): 0,05. Pois objetivou-se uma confiança de 95%

Assim, utilizando a Fórmula 5 obteve-se:

$$n = \frac{1{,}96\ x\ 8{,}0149}{0{,}05\ x 19} = 272.$$

Dessa forma, o tamanho da amostra necessária de tempos para estabelecer o Tempo Padrão da tarefa de número 4 são de 272 amostras.

Seguindo o mesmo raciocínio, elaborou-se a Tabela 2 a seguir para uma visualização mais rápida dos dados

Tabela 2 - Resumo do número de amostras necessárias dos elementos de trabalho

Etapa	Tamanho da amostra inicial	(Z)	(s)	Média da amostra	Tamanho necessário de amostras
1	-	-	-	-	**1**
2	-	-	-	-	**1**

Continua

3	-	-	-	-	**1**
4	20	1,96	8,0149	19,000	**272**
5	13	1,96	7,7839	21,615	**199**
6	10	1,96	2,7255	25,000	**18**
7	20	1,96	11,338	64,150	**71**
8	20	1,96	11,338	64,150	**71**
9	20	1,96	42,434	108,450	**235**
10	20	1,96	21,717	82,500	**15**
11	20	1,96	14,291	74,850	**56**
12	20	1,96	8,5365	107,350	**31**
13	20	1,96	3,8234	29,750	**27**
14	20	1,96	14,679	90,158	**147**

Onde: N/A = Não se Aplica

Fonte: Autor (2021)

O próximo passo, foi a coleta do número de amostras de tempo de cada elemento conforme a tabela acima. Essa tarefa foi feita presencialmente e diariamente na empresa, durante o mês de fevereiro de 2020, onde em grande parte dos dias, o autor ficou coletando os dados durante todo o expediente produtivo da empresa, o que possibilitou que o total de amostras necessárias fossem coletadas.

Um fato que ajudou na coleta do número das amostras é devido a empresa produzir itens semelhantes das camisas repetidas vezes ao invés de produzir os itens de cada camisa por vez.

O processo de coleta dos tempos foi análogo ao feito no das amostras iniciais os quais geraram a média e desvio padrão que foram utilizados na Fórmula 5 que determina a quantidade de amostras necessárias.

4.4.2 Tempo Observado

Após cronometrar o tempo das amostras para cada elemento de trabalho, foi possível calcular o tempo observado de cada um.

De acordo com a Fórmula 6 aplicando-a às amostras das 14 etapas do processo de produção das camisas através do Excel, o tempo observado em segundos para cada elemento de trabalho é apresentado a seguir na Tabela 3, com o tempo total (somatório) de todas as etapas ao final - última linha da tabela.

Tabela 3 - Tempo Observado dos elementos de trabalho

Nº	Elemento	Tempo Observado (s)
1	Imprimir 5 moldes frente	**240**
2	Imprimir 5 moldes costas	**240**
3	Imprimir 8 moldes de mangas	**60**
4	Cortar 1 molde frente	**19**
5	Cortar 1 molde costas	**21**
6	Cortar 8 moldes de mangas	**26**
7	Prensar 1 molde frente	**71**
8	Prensar 1 molde costas	**71**
9	Prensar 4 mangas	**114**
10	Fechar camisa	**81**
11	Pregar gola	**71**
12	Embainhar	**106**
13	Fechar lateral da gola	**30**
14	Refilar	**87**
Total		1237

Fonte: Autor (2021)

4.4.3 TEMPO NORMAL

De acordo com Stevenson (2001), para o cálculo do Tempo Normal de cada elemento de trabalho é necessário definir um índice de desempenho para o ritmo de trabalho dos trabalhadores nas tarefas.

Definiu-se um índice normal de desempenho dos trabalhadores em todas as atividades, ou seja, índice 1,00 (um); pois entendeu-se que todos eles estavam trabalhando em ritmo normal de trabalho, por não haver nenhum trabalhador recente nas funções por exemplo, o que poderia ocasionar em um ritmo diferente ao normal de trabalho.

Pelo motivo do índice possuir o valor 1 (um), não há diferença entre o tempo observado e o tempo normal, pois há uma multiplicação do tempo observado de cada atividade pelo índice 1,00 (um). O tempo normal dos elementos de trabalho na produção da camisa são evidenciados na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4 - Resumo do tempo normal de cada elemento de trabalho

Nº	Elemento	Tempo Normal (s)
1	Imprimir 5 moldes frente	**240**
2	Imprimir 5 moldes costas	**240**
3	Imprimir 8 mangas	**60**
4	Cortar 1 molde frente	**19**
5	Cortar 1 molde costas	**21**
6	Cortar 8 mangas	**26**
7	Prensar 1 molde frente	**71**
8	Prensar 1 molde costas	**71**
9	Prensar 4 mangas	**114**
10	Fechar camisa	**81**
11	Pregar gola	**71**
12	Embainhar	**106**
13	Fechar lateral da gola	**30**
14	Refilar	**87**
Total		1237

Fonte: Autor (2021)

4.4.4 TEMPO PADRÃO

Nesta última etapa, segundo Stevenson (2001), para o cálculo do Tempo Padrão das tarefas precisa definir-se um limite de tolerância.

Adotou-se um limite de tolerância de 15%, pois de acordo com Peinaldo e Graeml (2007) este é o índice comumente praticado pelas empresas brasileiras; e por se aproximar do que foi observado na jornada de trabalho da empresa, ou seja, na jornada de 8 horas diárias, 72 minutos são utilizados por cada operador em pausas para atividades como:

- efetuar lanches como o café da manhã (25 minutos);
- lanche da tarde (20 minutos);
- aliviar fadiga (15 minutos);
- ir ao banheiro (12 minutos).

Dessa forma, de acordo com a Fórmula 8 o Tempo Padrão em segundos para a tarefa 1 é:

$$TP = 240\ x\ 1{,}15 = 276 \text{ segundos}$$

Seguindo o mesmo raciocínio, o Tempo Padrão de cada atividade é apresentado na última coluna da Tabela 5, ou seja, a tarefa 1 tem um Tempo Padrão de 276 segundos, a tarefa 2 de 276 segundos, a tarefa 3 de 69 segundos e assim sucessivamente.

Tabela 5 - Resumo do Tempo Padrão de cada elemento de trabalho

Nº	Elemento	Tempo Normal (s)	Tempo Padrão (s)
1	Imprimir 5 moldes frente	240	**276**
2	Imprimir 5 moldes costas	240	**276**
3	Imprimir 8 mangas	60	**69**
4	Cortar 1 molde frente	19	**22**
5	Cortar 1 molde costas	21	**24**
6	Cortar 8 mangas	26	**30**
7	Prensar 1 molde frente	71	**82**
8	Prensar 1 molde costas	71	**82**
9	Prensar 4 mangas	114	**131**
10	Fechar camisa	81	**93**
11	Pregar gola	71	**82**
12	Embainhar	106	**122**
13	Fechar lateral da gola	30	**35**
14	Refilar	87	**100**
Total		1237	1423

Fonte: Autor (2021)

4.5 BALANCEAMENTO DE LINHA ATUAL DA EMPRESA

Para efetuar o balanceamento de linha e a ponderação de índices de desempenho inerentes a essa técnica do JIT como o grau de utilidade, é preciso definir algumas variáveis como o tempo líquido de produção e a taxa de produção desejada por dia.

Sendo assim, através de reunião com o gestor, descobriu-se que a empresa possui 8 horas líquidas diárias de produção e a taxa desejada é de 100 camisas por dia; com isso, é possível calcular o tempo de ciclo de acordo com a Fórmula 1, sendo então, aplicada a seguir:

$$\text{TC} = \frac{8h}{100} = \frac{480\ minutos}{100\ unidades} = 4{,}8 \text{ minutos que equivalem a 288 segundos.}$$

É importante enfatizar que os valores relacionados a tempo neste trabalho são balizados na unidade de segundos, por ser o tipo prevalecente na cronoanálise efetuada sobre

os elementos de trabalho. Os tempos em segundos serão identificados pelo símbolo de aspas duplas (”) nas etapas a seguir como forma de simplificação

4.5.1 Análise do Balanceamento de Linha Aplicado Atualmente na Empresa

Através de observação quanto à produção das camisas em estudo, foi possível identificar como é feito o balanceamento de linha da produção, que foi ilustrado conforme o Quadro 1 a seguir:

Quadro 1 - Balanceamento de linha atual da empresa

Estação de trabalho	Candidato	Escolha	Tempo do elemento	Tempo ocioso (c= 4,8 min ou 288 s)
1	-	**1**	276	12
2	-	**2**	276	12
3	-	**3**	69	219
4	-	**4**	110	178
	-	**5**	120	58
	-	**6**	30	28
5	-	**7**	82	206
	-	**8**	82	125
6	-	**9**	131	157
7	-	**10**	93	195
8	-	**11**	82	206
		12	122	84
9	-	**13**	35	254
10	-	**14**	100	188

Fonte: Autor (2021)

De acordo com o Quadro 1, na estação 1 é feita a tarefa 1 localizada na coluna “escolha”, onde são impressos os 5 moldes de papel da frente da camisa com um tempo de 276 segundos, restando 12 segundos de ociosidade nesta estação.

- na estação 2 é feita a tarefa 2, onde são impressos os 5 moldes de papel das costas com um tempo padrão de 276 segundos, restando 12 segundos de ociosidade nesta estação.
- na estação 3, é feita a tarefa 3, onde são impressos os 5 moldes de papel das mangas com um tempo de 69 segundos, restando 219 segundos de ociosidade nesta estação.
- na estação 4, é feita a tarefa 4, onde cortam-se os moldes de papel da frente das 5 camisas impressas na estação 1, totalizando um tempo de 110 segundos, uma vez que o corte de uma unidade leva 22 segundos como definido pela cronoanálise; a tarefa 5, onde cortam-se os 5 moldes de papel das costas impressos na estação 2, totalizando um tempo de 120 segundos, uma vez que o corte de uma unidade é de 24 segundos; e a tarefa 6, onde cortam-se 8 unidades de moldes de papel das mangas, totalizando 30 segundos. O mesmo raciocínio é válido para as demais estações.

Vale destacar que a coluna "candidato" está com um traço que indica que está sendo apenas registrado o modo atual de operar da empresa e não como deveria ser – caso onde seria necessário preencher esse campo com as tarefas candidatas de acordo com o diagrama de precedência -, para poder calcular a eficiência da linha de produção atual da empresa.

4.5.2 CÁLCULO DA EFICIÊNCIA DA LINHA DE PRODUÇÃO PRATICADA PELA EMPRESA

De acordo com Stevenson (2001), para o cálculo da eficiência da linha de produção praticada pela empresa, é necessário definir algumas variáveis como:

1 - tempo ocioso total;
2 - número de estações empregadas e,
3 - tempo de ciclo.

Para o cálculo do tempo ocioso total, é preciso definir o tempo ocioso presente em cada estação e então somá-los.

O tempo ocioso de cada estação é a diferença entre o tempo disponível para a estação e a soma do tempo das tarefas alocadas para a estação em questão. Exemplificando, para a estação 1, há apenas o elemento de trabalho 1, cuja duração é de 276 segundos, portando o tempo ocioso dessa estação é a diferença entre o tempo de ciclo (288'') e a duração da estação (276''), logo, o tempo ocioso da estação 1 é de 12 segundos, conforme destaque em amarelo no Quadro 2 a seguir. O mesmo raciocínio é feito para as demais estações, cujo resultado (tempo ocioso) está evidenciado na cor amarelo no Quadro 2; vale destacar que o tempo ocioso é o

resultado da última linha referente a alocação de cada tarefa na imagem, por isso na estação 11 apenas a última linha foi destacada de amarela e em negrito.

Quadro 2 - Tempo ocioso de cada estação

Estação de trabalho	Candidato	Escolha	Tempo do elemento	Tempo ocioso (c= 4,8 min ou 288 s)
1	-	**1**	276	12
2	-	**2**	276	12
3	-	**3**	69	219
4	-	**4**	110	178
	-	**5**	120	58
	-	**6**	30	28
5	-	**7**	82	206
	-	**8**	82	125
6	-	**9**	131	157
7	-	**10**	93	195
8	-	**11**	82	206
		12	122	84
9	-	**13**	35	254
10	-	**14**	100	188

Fonte: Autor (2021)

Dessa forma, o tempo ocioso total da linha de produção, é a soma do tempo ocioso (valor em amarelo) de cada estação. A memória do cálculo é dada a seguir:

12’’ + 12’’ +219’’ + 28’’ + 125” + 157’’ + 195’’ + 84’’ + 254’’ + 188’’ = 1273 segundos.

O número de estação utilizadas são de 10 e o tempo de ciclo de 288 segundos. Dessa forma, de acordo com a Fórmula 3 obtém-se:

$$\%\ de\ ociosidade = \frac{1273}{10\ x\ 288} = 0{,}442.$$

Logo, a eficiência da configuração deste balanceamento de acordo com a Fórmula 4 é:

$$grau\ de\ utilização = 1 - 0{,}442 = 56\%$$

Ou seja, uma eficiência de aproximadamente 56% do modelo de produção atual da empresa quando configurado segundo um balanceamento de linha.

Portanto, um novo balanceamento baseado na literatura será proposto nos capítulos seguintes visando uma configuração de linha de produção mais eficiente.

4.6 BALANCEAMENTO DE LINHA PROPOSTO 1 (BL1)

Nesta seção, será feito o balanceamento da linha de produção da empresa de acordo com a literatura do referencial teórico visando uma eficiência superior a observada na empresa. Para tanto, de acordo com Stevenson (2001), as seguintes etapas devem ser definidas:

- diagrama de precedência das atividades;
- mínimo teórico de estações;
- Peso Posicional de cada tarefa e,
- alocar tarefas às estações.

O detalhamento de cada etapa será feito nas próximas seções.

A) DIAGRAMA DE PRECEDÊNCIA NO (BL1)

Através do diagrama de precedência, será possível observar a sequência das atividades (elementos de trabalho), como também a relação de dependência entre elas. O diagrama é de fundamental importância na etapa do balanceamento onde é necessário decidir qual tarefa deve ser escolhida para fazer parte de uma estação de trabalho, pois deve-se respeitar a sequência de dependência entre elas para efetuar-se as alocações (STEVENSON, 2001).

Por meio de observação feita na empresa, entrevistas com o gestor bem como com os funcionários dela, criou-se a Tabela 6 abaixo para auxiliar na construção do diagrama que será feito logo em seguida.

Na Tabela 6 são enfatizados os elementos de trabalho codificados (Nº), sua(s) tarefa(s) precedente(s), o Tempo Padrão de cada uma, e o Tempo Total (somatório) de todas as tarefas.

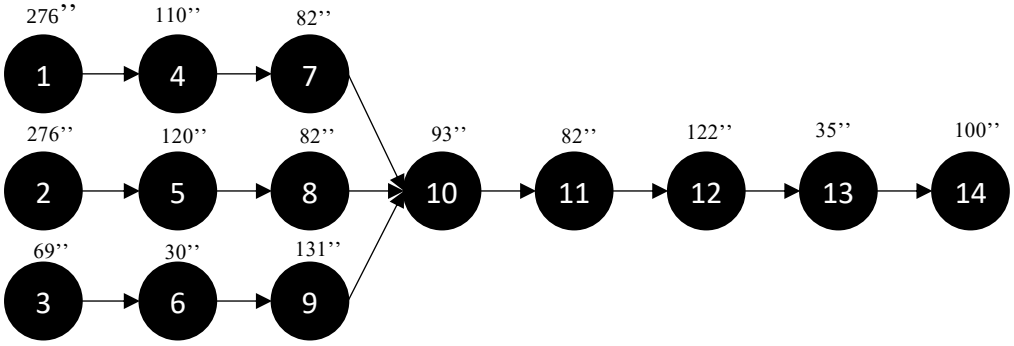
Tabela 6 - Precedente(s) de cada elemento de trabalho

Nº	Elemento	Precedente	Tempo padrão (s)
1	Imprimir 5 frente	**-**	276
2	Imprimir 5 costas	**-**	276
3	Imprimir 8 mangas	**-**	69
4	Cortar 5 frentes	**1**	110
5	Cortar 5 costas	**2**	120
6	Cortar 8 mangas	**3**	30
7	Prensar 1 frente	**4**	82
8	Prensar 1 costas	**5**	82
9	Prensar 4 mangas	**6**	131
10	Fechar camisa	**7,8,9**	93
11	Pregar gola	**10**	82
12	Embainhar	**10,11**	122
13	Fechar lateral da gola	**12**	35
14	Refilar	**13**	100
TOTAL			1608

Fonte: Autor (2021)

Com base na tabela, criou-se então o Diagrama de Precedência abaixo, contendo o código de cada tarefa dentro do círculo, o tempo em segundos em cima de cada círculo, e as setas que representam a relação de dependência da direita para a esquerda, ou seja, a origem da seta representa a precedente da tarefa na qual a ponta da seta está conectada.

Diagrama 1 - Diagrama de Precedência das atividades no BL1



Fonte: Autor (2021)

Por meio do diagrama, é possível verificar que as tarefas 1 (imprimir frente), 2 (imprimir costas) e 3 (imprimir mangas) não possuem precedentes e, portanto, elas podem ser iniciadas a qualquer instante; isso é evidenciado em forma de traço na Tabela 6 que serviu de base para a geração do diagrama.

A tarefa 4 (cortar frente) depende da tarefa 1(imprimir frente), a tarefa 5 (cortar costas) depende da tarefa identificado pelo código 2 (imprimir costas), enquanto a tarefa 6 (cortar mangas) depende da tarefa de código 3 (imprimir mangas); o mesmo raciocínio se aplica para as demais tarefas.

B) MÍNIMO TEÓRICO DE ESTAÇÕES NO (BL1)

De acordo com a Fórmula 2, o número Mínimo Teórico de Estações para se efetuar o BL1 do sistema produtivo em estudo é dado a seguir:

$$\textit{número de estações} = \frac{1608}{288} = 5{,}58.$$

O valor encontrado, ao ser arredondado para o inteiro superior será no valor de 6 (seis). Portanto, 6 (seis) estações de trabalho são requeridas no mínimo para se efetuar o BL1 das 100 camisas diárias que se deseja produzir na empresa.

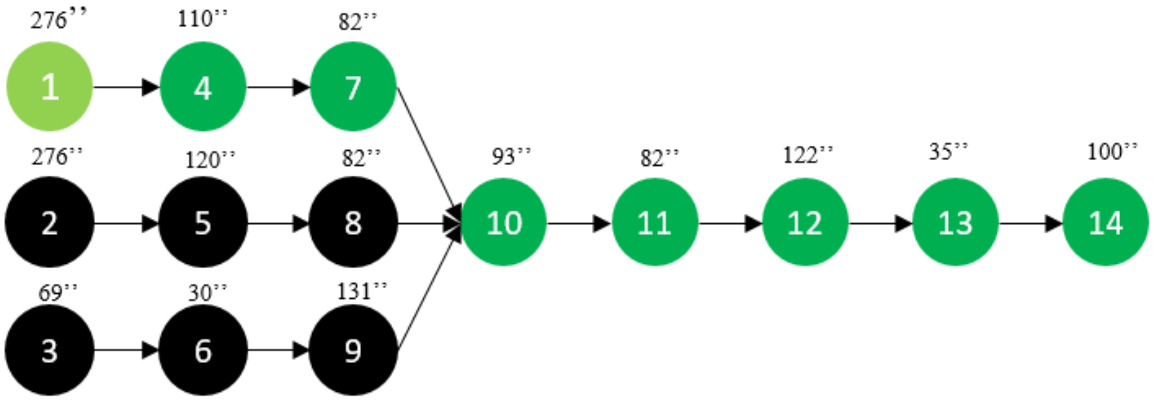
C) PESO POSICIONAL NO (BL1)

Segundo Peinaldo e Graeml (2007), no balanceamento de linha, quando houver empate na decisão sobre escolher uma tarefa para ser alocada em uma estação pelo método da seleção da de maior duração, é preciso definir um método heurístico para então alocá-la.

Para este trabalho, escolheu-se o Peso Posicional como método heurístico em conformidade com as orientações de Peinaldo e Graeml (2007), em priorizar as tarefas que tenham maior tempo de tarefas subsequentes. Neste método, cada tarefa possui o seu Peso Posicional, que é o resultado da soma de seu tempo de duração com o tempo das tarefas que lhe são subsequentes.

Portanto, com base no Diagrama 2 a seguir, definem-se as tarefas subsequentes de cada uma, destacando-as em um tom de verde mais claro; as de cor preto não possuem relação com a tarefa em análise que está evidenciada na cor verde escuro.

Diagrama 2 - Atividade 1 e suas subsequentes

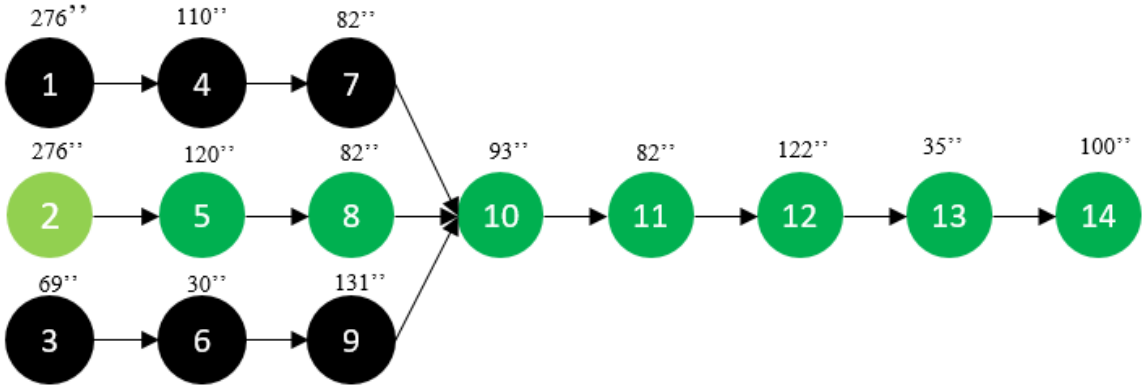


Fonte: Autor (2021)

Conforme o Diagrama 1 acima, para a tarefa 1 (imprimir frente) no tom de verde claro, as tarefas que lhe são subsequentes são: 4, 7, 10, 11, 12, 13 e 14, que estão no tom de verde escuro; e as demais tarefas em preto, não lhe são subsequentes.

Para a tarefa 2, as tarefas subsequentes são: 5, 8, 10, 11, 12, 13, 14, vide Diagrama 3 a seguir:

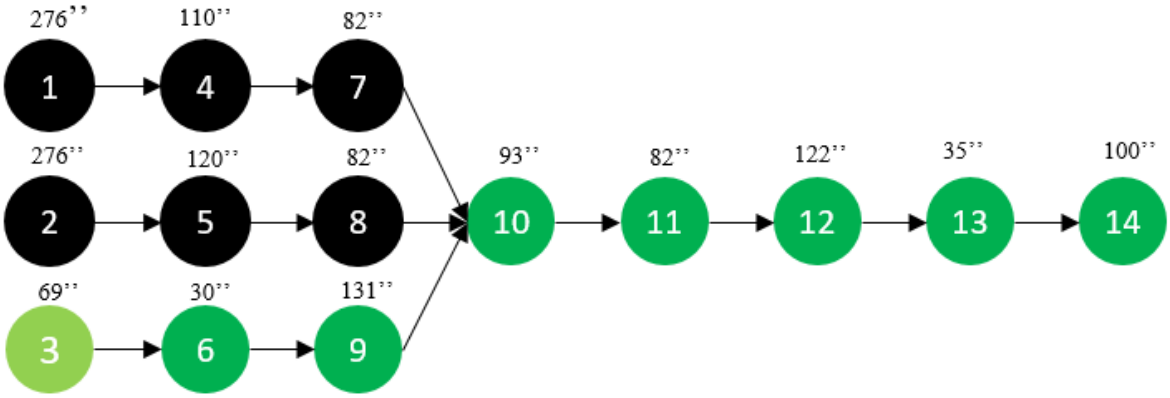
Diagrama 3 - Tarefa 2 e suas subsequentes



Fonte: Autor (2021)

Para a tarefa 3 conforme o Diagrama 4 abaixo, as tarefas subsequentes são: 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14.

Diagrama 4 - Evidenciando tarefa 3 e suas subsequentes



Fonte: Autor (2021)

Seguindo essa mesma lógica, a Tabela 7 a seguir apresenta as tarefas (elementos de trabalho), suas durações e suas respectivas subsequentes para o processo de cálculo do índice de Peso Posicional de cada uma.

Tabela 7 - Resumo das tarefas e suas respectivas subsequentes

Nº	Elemento	Tempo padrão (s)	Subsequentes
1	Imprimir 5 frente	276	**4,7,10,11,12,13,14**
2	Imprimir 5 costas	276	**5,8,10,11,12,13,14**
3	Imprimir 8 mangas	69	**6,9,10,11,12,13,14**
4	Cortar 5 frentes	110	**7,10,11,12,13,14**
5	Cortar 5 costas	120	**8,10,11,12,13,14**
6	Cortar 8 mangas	30	**7,10,11,12,13,14**
7	Prensar 1 frente	82	**10,11,12,13,14**
8	Prensar 1 costas	82	**10,11,12,13,14**
9	Prensar 4 mangas	131	**10,11,12,13,14**
10	Fechar camisa	93	**11,12,13,14**
11	Pregar gola	82	**12,13,14**
12	Embainhar	122	**12,13,14**
13	Fechar lateral da gola	35	**14**
14	Refilar	100	**-**
TOTAL		1608	

Fonte: Autor (2021)

Em seguida, efetuou-se o cálculo do índice de Peso Posicional para cada tarefa a seguir:

– tarefa 1: 276'' + 110'' + 82'' + 93'' + 82'' + 122'' + 35'' + 100'' = 900 segundos

– tarefa 2: 276’’ + 24’’ + 82’’ + 93’’+ 82’’ + 122’’+ 35’’ + 100’’ = 813 segundos

– tarefa 3: 69’’+ 30’’ + 131’’ + 93’’ + 82’’ + 122’’ + 35’’ + 100’’ = 661 segundos

Prosseguindo com o mesmo raciocínio, resumiram-se os resultados do Peso Posicional - na última coluna - para cada tarefa do processo de produção das camisas na tabela abaixo:

Tabela 8 - Peso Posicional de cada tarefa

Nº	Elemento	Precedente	Tempo (s)	Subsequentes	Peso Posicional (s)
1	Imprimir 5 frentes	-	276	4,7,10,11,12,13,14	**900**
2	Imprimir 5 costas	-	276	5,8,10,11,12,13,14	**910**
3	Imprimir 8 mangas	-	69	6,9,10,11,12,13,14	**662**
4	Cortar 5 frentes	1	110	7,10,11,12,13,14	**624**
5	Cortar 5 costas	2	120	8,10,11,12,13,14	**634**
6	Cortar 8 mangas	3	30	7,10,11,12,13,14	**544**
7	Prensar 1 frente	4	82	10,11,12,13,14	**514**
8	Prensar 1 costas	5	82	10,11,12,13,14	**514**
9	Prensar 4 mangas	6	131	10,11,12,13,14	**563**
10	Fechar camisa	7,8,9	93	11,12,13,14	**432**
11	Pregar gola	10	82	12,13,14	**339**
12	Embainhar	10,11	122	13,14	**257**
13	Fechar lateral da gola	12	35	14	**135**
14	Refilar	13	100	-	**100**
TOTAL (s)			1608		

Fonte: Autor (2021)

D) ALOCANDO TAREFAS ÀS ESTAÇÕES NO BL1

Após ter definido as tarefas e suas durações, a relação de precedência, suas respectivas subsequentes e o Peso Posicional de cada uma, é possível alocar as tarefas às estações de trabalho de acordo com o método heurístico do Peso Posicional, conforme feito no Quadro 3 a seguir:

Quadro 3 - Balanceamento de Linha 1

Estação de trabalho	Candidato	Escolha	Tempo do elemento	Tempo ocioso (c= 4,8 min ou 288 s)
1	1,2,3	**2**	276	12
2	1,3,5	**1**	276	12
3	3,4,5	**3**	69	219
	4,5,6	**6**	30	189
	4,5,9	**9**	131	58
4	4,5	**5**	120	168
	4,8	**4**	110	58
5	7,8	**7**	82	206
	8	**8**	82	124
	10	**10**	93	31
6	11	**11**	82	206
	12	**12**	122	84
	13	**13**	35	49
7	14	**14**	100	188

Fonte: Autor (2021)

De acordo com o método, neste balanceamento BL1 as tarefas seriam alocadas nas estações, conforme a coluna destacada “Escolha”, ou seja, para a estação 1, deve-se alocar a tarefa 2 (imprimir 5 costas), para a estação 2 deve-se alocar a tarefa 1 (imprimir 5 frentes), para a estação 3, deve-se alocar as tarefas 3, 6 e 9, e assim sucessivamente para as estações 4, 5, 6 e 7.

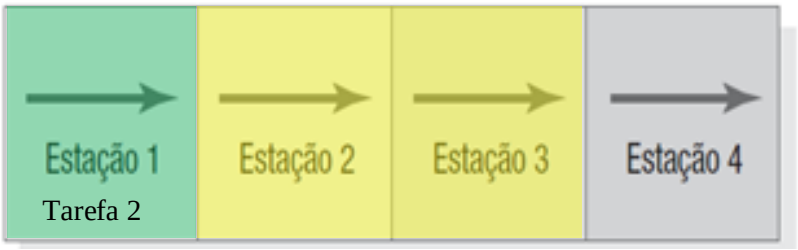
No entanto, essa configuração de alocação revelou um problema entre as estações 1, 2 e 3 que impede que a produção esteja em forma de linha. Esse problema será explorado na seção seguinte.

4.7 PROBLEMA NO MODELO ATUAL DE PRODUÇÃO EM RELAÇÃO AO FLUXO EM LINHA

Pelo motivo da empresa possuir apenas uma máquina de impressão de papéis, não é possível efetuar as atividades da estação 2 sem interromper as tarefas da estação 1 pois ambas necessitam deste recurso, que não pode estar nas duas estações em um mesmo instante.

Essa restrição faz com que o fluxo de produção sugerido pelo BL1 viole o princípio do fluxo em linha, pois dessa forma uma estação deve ficar totalmente ociosa para a operação da outra impedindo o fluxo contínuo. A seguir ilustra-se este problema:

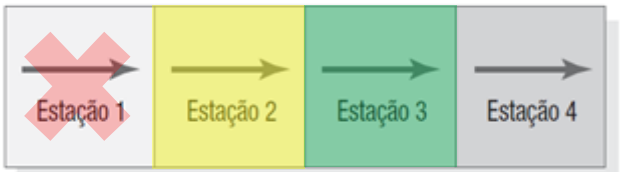
Figura 18 - Exemplo de fluxo em linha



Fonte: Adaptado de Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009)

Conforme a Figura 18 acima, de acordo com BL1 a estação 1 está em operação com a tarefa de número 2 (evidenciada de verde) onde imprimem-se 5 unidades de moldes costas de camisas (camisas de número 1,2,3,4,5). De acordo com o diagrama de precedência, as tarefas 1 (imprimir 5 frentes) e 3 (imprimir 8 mangas) poderiam serem efetuadas paralelamente nas estações 2 e 3 (marcadas de amarelo) para a redução do tempo de produção pois elas não possuem precedentes, porém isso não é possível de ser feito pois todas elas dependem de um mesmo recurso para operarem: a máquina de impressão de papéis.

Figura 19 - Exemplo do problema de fluxo em linha no sistema produtivo da empresa no BL1



Fonte: Adaptado de Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009)

Conforme a Figura 19 acima, neste momento, quando as 5 unidades - referentes as camisas de número 1,2,3,4,5 das 100 diárias, do molde costas impressos na Estação 1 forem para a estação 3 – de acordo com o BL1 - para serem cortados (evidenciado de verde), na estação 1 deveriam serem impressos mais 5 moldes costas - referentes as camisas de número 6, 7, 8, 9, 10 das 100 diárias –, porém isso não é possível - evidenciado pelo “x” vermelho - , pois

conforme o BL1, deve-se efetuar nesse momento a tarefa de número 1 (imprimir 5 frentes) na estação 2 (evidenciado de amarelo), que utiliza da mesma máquina de impressão da tarefa 2 que deve ser feita na estação 1. Como o recurso não pode estar em ambas as estações em um mesmo instante, logo a tarefa na estação 1 deve ser interrompida para que a tarefa da estação 2 seja efetuada e vice – versa, ocasionando a perda de configuração do fluxo contínuo em linha.

Um esquema sob a ótica do BL1 do problema encontrado quanto ao fluxo de linha é dado na Figura 20 a seguir:

Figura 20 - De acordo com BL1 a tarefa 2 deve ser executada na estação 1

Estação de trabalho	Candidato	Escolha	Tempo do elemento	Tempo ocioso (c= 4,8 min ou 288 s)
1	1,2,3	2	276	12

Na estação 1 efetua- se a tarefa 2.

Fonte: Autor (2021)

Na Figura 21, fica evidenciado que a tarefa 2 deve ser executada na estação 1

Figura 21 - De acordo com BL1 a tarefa 2 deve ser executada na estação 1

Estação de trabalho	Candidato	Escolha	Tempo do elemento	Tempo ocioso (c= 4,8 min ou 288 s)
1	1,2,3	2	276	12
2	1,3,5	1	276	12

Enquanto efetua-se a tarefa 2 na estação 1(verde), deveria efetuar-se a tarefa 1 na estação 2 (amarelo), pois ela não possui precedentes.

Fonte: Autor (2021)

Na Figura 22, evidencia-se que a tarefa 3 deve ser executada na estação 3.

Figura 22 - De acordo com BL1 a tarefa 3 deve ser executada na estação 3

Estação de trabalho	Candidato	Escolha	Tempo do elemento	Tempo ocioso (c= 4,8 min ou 288 s)
1	1,2,3	2	276	12
2	1,3,5	1	276	12
3	3,4,5	3	69	219
	4,5,6	6	30	189
	4,5,9	9	131	58
	4,5	5	24	34
	4	4	22	12

Enquanto efetua-se a tarefa 2 na estação 1 (verde), deveria efetuar-se a tarefa 1 na estação 2 (amarelo) e a tarefa 3 na estação 3 (azul) pois as duas últimas não possuem precedentes.

Fonte: Autor (2021)

Como forma de solucionar esse problema, mapeou-se duas possibilidades para deixar a produção no fluxo de linha e então possibilitar a aplicação do Balanceamento de Linha segundo a literatura:

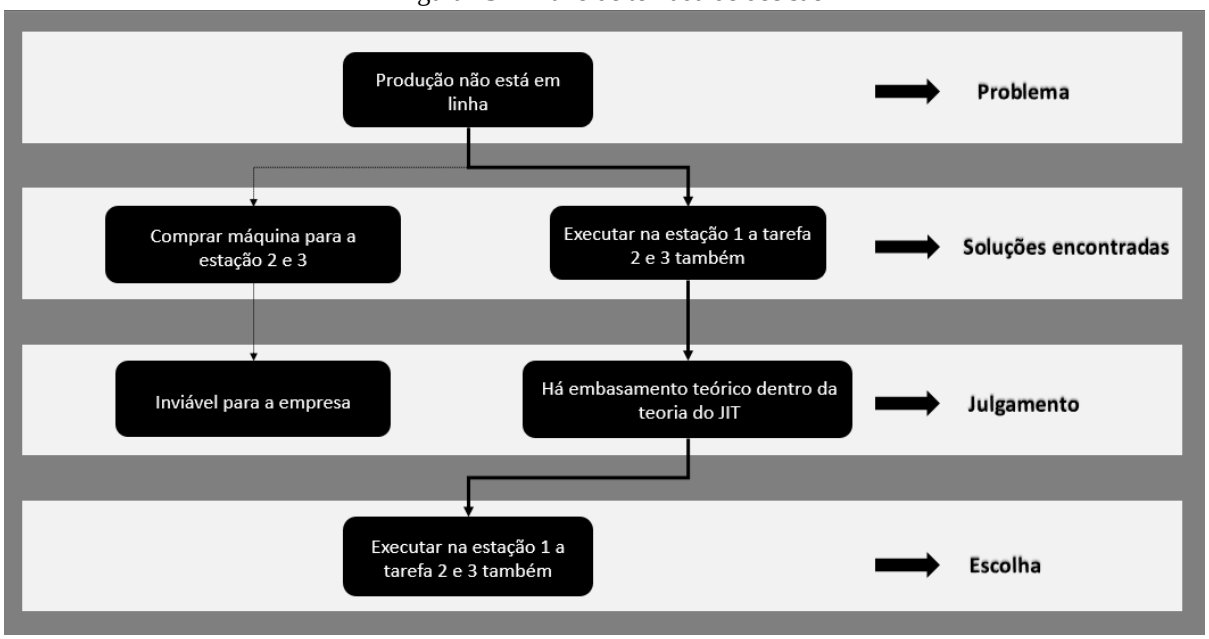
1- aquisição de mais duas máquinas de impressão, para poder garantir a impressão em linha das tarefas 1, 2 e 3, pois assim não seria necessário parar nenhuma estação para que outra utilize o recurso.

2- efetuar as tarefas 1, 2 e 3 em um mesmo instante em uma única estação, pois assim todas a tarefas que dependem do mesmo recurso o utilizariam simultaneamente em uma mesma estação. Ou seja, imprimir 1 molde frente, 1 molde costas e 1 par de mangas de uma vez na máquina de impressão e em seguida cortá-los, ao invés de imprimir uma sequência isolada de componentes – como a forma que a empresa opera (por exemplo a impressão de 5 moldes de papel frente de uma vez para depois cortá-los).

Em consulta a literatura, decidiu-se pela segunda opção, conhecida como fluxo unitário de produção ou "*One Piece Flow (OPF)*" por ser conforme à filosofia JIT – que traz benefícios contra desperdícios -, e por ser viável economicamente para a empresa, pois basta apenas configurar uma mudança no computador sobre a forma de impressão de papéis.

A seguir, é apresentado um esquema que ilustra a tomada de decisão diante das alternativas encontradas:

Figura 23 - Fluxo de tomada de decisão



Fonte: Autor (2021)

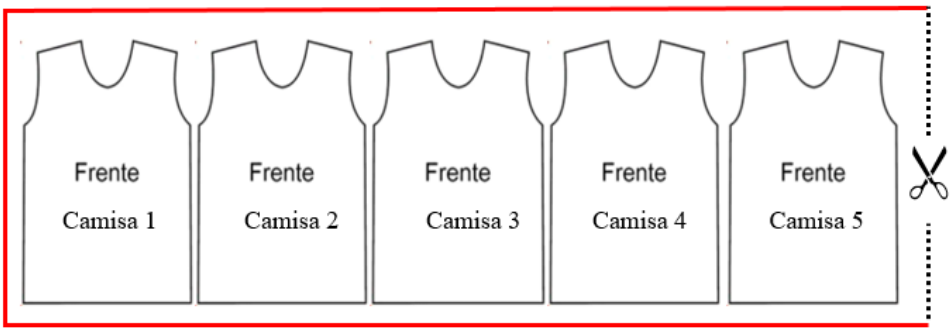
De acordo com Ioana, Maria e Cristina (2020) no *One Piece Flow*, nenhum componente pode prosseguir para a próxima etapa até que o processo anterior seja concluído. Ou seja, no contexto do trabalho, não se deve trabalhar com componentes da camisa subsequente na estação 1 até que os processos da camisa predecessora já tenham sido finalizados nesta estação 1.

Como aplicação neste trabalho, vale o seguinte exemplo: não se deve processar componentes da camisa 2 na estação 1, até que todos os componentes da camisa 1 tenham sido processados nesta estação, com isso, será possível dar sequência na montagem da camisa 1 ao invés de ter que esperar os seus outros componentes estarem prontos.

Sendo assim, contrário à atual produção feita pela empresa de imprimir 5 moldes de papéis frente que originarão 5 camisas diferentes de uma vez na estação 1 e em seguida cortá-los, no *One Piece Flow*, seriam impressos um molde de papel frente, um das costas, um par de mangas pertencentes a uma camisa apenas, e em seguida cortá-los.

As representações dos modelos são feitas na Figura 24 e 25 a seguir:

Figura 24 - Modelo de impressão na Estação 1 feito na empresa

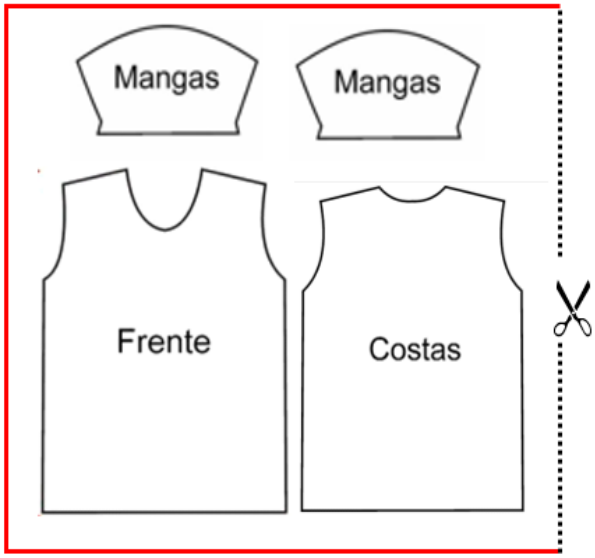


Margem da folha de impressão

Local do corte com tesoura

Fonte: Autor (2021)

Figura 25 - Modelo de impressão proposto (*One Piece Flow*) na Estação 1



Margem da folha de impressão

Local do corte com tesoura

Fonte: Autor (2021)

É possível verificar que no *One Piece Flow*, os componentes para a montagem de uma camisa ficam prontos em um mesmo instante, o que permite sua montagem com menor ociosidade, além de outros benefícios que serão apresentados na seção a seguir. Na Figura 26, é apresentado modelo de impressão proposto:

Figura 26 - Exemplo de impressão que utiliza o OPF

Fonte: Autor (2021)

Percebe-se que no modelo *One Piece Flow* aproveita-se um espaço acima de cada molde frente e costas para colocar o par de mangas.

É válido ressaltar que os tamanhos das impressões não serão alterados nesta proposta de operação, logo, a área usada para a impressão das 100 camisas será a mesma para ambos os tipos de impressões, o que muda é a configuração/arranjo de uma para a outra na folha de papel.

Como aproveitou-se o espaço acima do desenho dos moldes frente e costas para colocar o desenho das mangas, entende-se que há um bom aproveitamento dos espaços vazios e com isso, não haverá maior gasto de papel no modelo OPF quando comparado com o modelo atual de produção da empresa.

4.8 BALANCEAMENTO DE LINHA PROPOSTO 2 (BL2)

No modelo *One Piece Flow*, percebeu-se que é possível agrupar as seguintes tarefas do modelo praticado pela empresa em apenas uma estação de trabalho, pois elas necessitam do mesmo recurso:

- tarefas 1,2,3 na estação 1, conforme destaque em amarelo na Figura 27 abaixo, pois todas elas precisam da máquina de impressão.
- tarefas 4, 5, 6 na estação 2, conforme destaque em vermelho, pois todas precisam de uma tesoura.
- tarefas 7, 8 e 9 na estação 3, conforme destaque em lilás, pois todas precisam da máquina de sublimação.

Figura 27 - Agrupamento de tarefas do modelo antigo no atual (OPF)

Modelo Antigo

Nº	Elemento	Tempo Psdrão(s)
1	Imprimir 5 moldes frente	276
2	Imprimir 5 moldes costas	276
3	Imprimir 8 mangas	69
4	Cortar 5 moldes frente	110
5	Cortar 5 moldes costas	120
6	Cortar 8 mangas	30
7	Prensar 1 frente	82
8	Prensar 1 molde costas	82
9	Prensar 4 mangas	131
10	Fechar camisa	93
11	Pregar gola	82
12	Embainhar	122
13	Fechar lateral da gola	35
14	Refilar	100
TOTAL		1608

Modelo Atual (OPF)

Nº	Elemento	Tempo Padrão (seg)
1	Imprimir 1 frente 1 costa e 2 mangas	139
2	Cortar 1 molde da frente, 1 das costas e de duas mangas	50
3	Prensar 1 frente, 1 costas e 2 mangas	192
4	Fechar Camisa	93
5	Pregar gola	82
6	Embainhar a barra, mangas e gola	122
7	Fechar lateral da gola	35
8	Refilar	100
TOTAL		813

Fonte: Autor (2021)

O tempo de duração dos elementos no modelo OPF foi definido por meio de proporcionalidade a partir da cronoanálise. O cálculo é evidenciado a seguir:

- de acordo com a cronoanálise efetuada, a tarefa 1 tem um tempo padrão de 276 segundos no modelo atual da empresa, onde são impressos 5 moldes, logo para uma unidade do molde, divide-se esse tempo por 5, obtendo um tempo de 55,2 segundos.
- para a tarefa 2, o valor é idêntico ao da tarefa 1, pois o tempo padrão no modelo atual também é de 276 segundos e são impressos 5 moldes costas, logo para um molde o tempo é de 55,2 segundos.
- Para a tarefa 3, o tempo padrão é de 69 segundos no modelo atual da empresa onde são impressas as mangas, logo uma manga leva 13,8 segundos para ser impressa, e portanto, o par de mangas leva 27,6 segundos. Logo, a soma dos tempos das tarefas 1,2 e 3 no modelo OPF para a estação 1 será então: 55,2 + 55,2 + 27,6 = 139 segundos.

O mesmo raciocínio é feito para as demais tarefas, tendo como base o tempo padrão estabelecido no capítulo de cronoanálise e proporcionalidade. Vale ressaltar que na etapa 3 do modelo OPF está sendo considerado a sublimação de um molde frente e duas mangas em um lado da máquina de sublimação e em seguida a utilização do outro lado da máquina para sublimar o molde costas, pois a máquina suporta apenas esse tipo de configuração em cada um dos seus lados: ou um molde frente e duas mangas ou um molde costas e duas mangas. Ou seja, para prensar de um lado gasta-se 82 segundos, e para prensar do outro lado também se gasta 82 segundos, e considerando que o operador leva 28 segundos para colocar as 2 mangas na máquina, o tempo total para a atividade 3 no modelo OPF tem um tempo de 192 segundos.

A) DIAGRAMA DE PRECEDÊNCIA NO (BL2)

Após a análise que leva em consideração a forma de produzir atualmente na empresa, verificou-se que no modelo OPF, os elementos de trabalho e seus precedentes se configuram conforme a tabela 9 a seguir. O tempo padrão de cada nova tarefa (elemento de trabalho) desse modelo segue o raciocínio explicitado na seção anterior onde se usa dos resultados da cronoanálise e proporcionalidade.

Tabela 9 - Tempo Padrão para os elementos no modelo OPF

Nº	Elemento de trabalho	Precedente	Tempo Padrão (seg)
1	Imprimir 1 frente 1 costas e 2 mangas	-	**139**
2	Cortar 1 molde as frente, 1 das costa e 2 mangas	1	**50**
3	Prensar 1 molde frente, 1 costas e 2 mangas	2	**192**
4	Fechar camisa, pregar mangas e fechar os lados	3	**93**
5	Pregar gola(frente e costas)	4	**82**

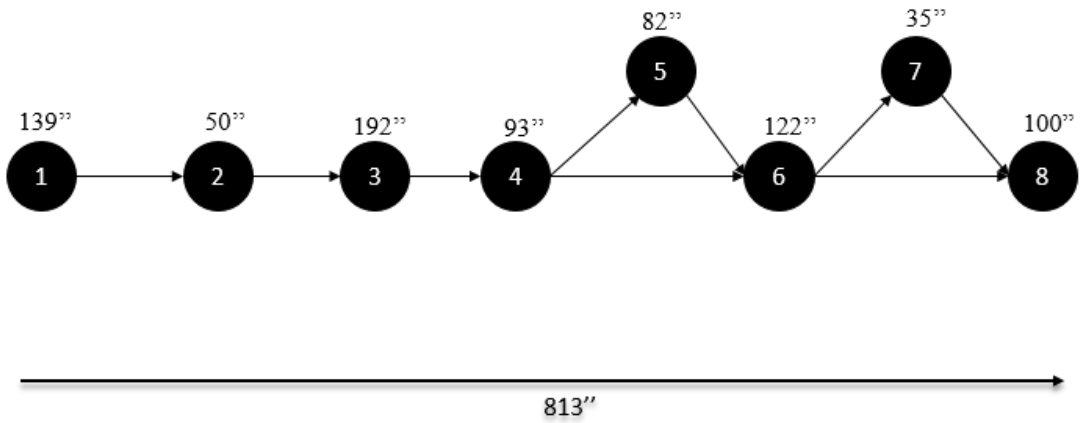
Continua

6	Embainhar a barra, mangas e gola.	4,5	**122**
7	Fechar lateral da gola	6	**35**
8	Refilar	6,7	**100**
Total			813

Fonte: Autor (2021)

A configuração do Diagrama de Rede das tarefas desse novo modelo proposto (OPF), tendo como base a tabela acima, é o seguinte:

Diagrama 5 - Diagrama de Precedência no OPF



Fonte: Autor (2021)

B) MÍNIMO TEÓRICO DE ESTAÇÕES NO (BL2)

Para o modelo OPF, de acordo com a Fórmula 2 obtém-se que:

$$\textit{número de estações} = \frac{813}{288} = 2{,}8$$

Logo, o número mínimo de estações de trabalho necessárias para o balanceamento da linha será de (3) três estações. Portanto, necessita-se ao mínimo de 3 estações de trabalho para produzir as 100 camisas diárias estabelecidas como demanda pelo gestor da empresa.

C) PESO POSICIONAL NO (BL2)

Através da observação sistemática possibilitada através das visitas cotidianas à empresa, definiu-se a Tabela 10 a seguir para o cálculo do Peso Posicional de cada tarefa, evidenciando suas tarefas subsequentes na última coluna.

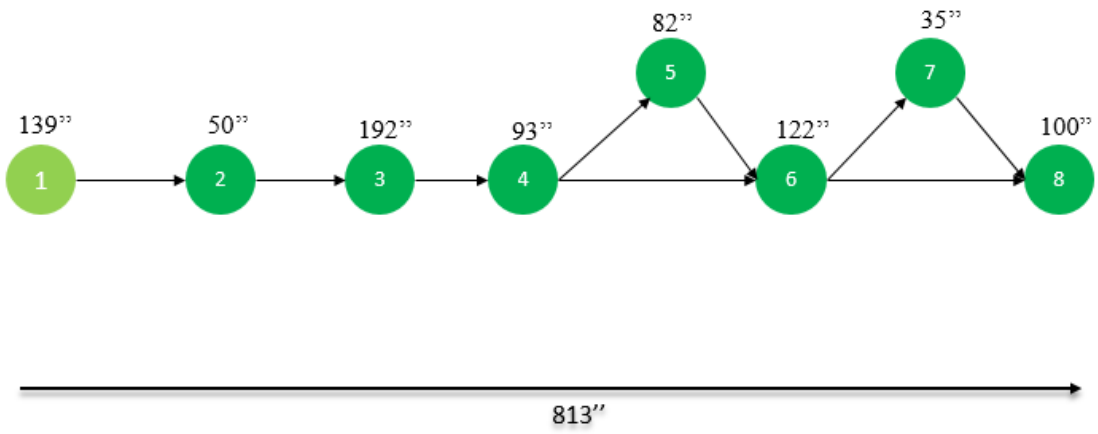
Tabela 10 - Elementos de trabalho e suas tarefas subsequentes

Nº	Elemento	Precedente	Tempo Padrão (seg)	Subsequentes
1	Imprimir 1 molde frente, 1 costas e 2 mangas	-	139	**2,3,4,5,6,7,8**
2	Cortar 1 molde da frente, 1 das costas e 2 mangas	1	50	**3,4,5,6,7,8**
3	Prensar camisas: 1 molde frente, 1 costas e 2 mangas	2	192	**4,5,6,7,8**
4	Fechar camisa: pregar mangas e fechar os lados	3,4	93	**5,6,7,8**
5	Pregar gola	5	82	**6,7,8**
6	Embainhar a barra, mangas e gola	5,6	122	**7,8**
7	Fechar lateral da gola	7	35	**8**
8	Refilar	7,8	100	-
Total			813	

Fonte: Autor (2021)

Em seguida, estabeleceu-se o diagrama de rede das tarefas conforme o Diagrama 6 a seguir, onde na cor de verde claro é a tarefa que está sendo analisada, as de verde escuro suas subsequentes e as de cor preta as tarefas que não são subsequentes a tarefa em análise (verde claro).

Diagrama 6 - Tarefa 1 e suas subsequentes



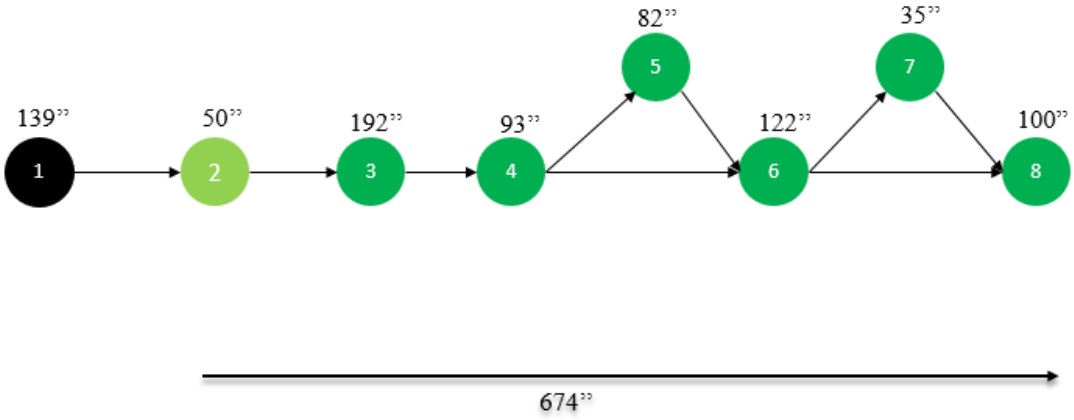
Fonte: Autor (2021)

Para definir o valor do Peso Posicional de cada tarefa, soma-se a duração da tarefa em análise (verde claro) com as das tarefas subsequentes a ela (verde escuro), conforme feito a seguir:

- Tarefa 1: 139 + tarefa 2 (50'') + tarefa 3 (192'') + tarefa 4 (93'') + tarefa 5 (82'') + tarefa 6 (122'') + tarefa 7 (35'') + tarefa 8 (100'') = 813 segundos.

Para a tarefa 2, suas tarefas subsequentes são conforme o Diagrama 7 abaixo:

Diagrama 7 - Tarefa 2 e suas subsequentes



Fonte: Autor (2021)

Logo o cálculo de seu Peso Posicional é o seguinte: 50'' + 192''+ 93''+82''+122''+35''+100'' = 674 segundos.

Sendo assim, aplicando o mesmo raciocínio para os demais elementos de trabalho, resultou-se na Tabela 11 abaixo:

Tabela 11 - Peso Posicional para os elementos de trabalho

Nº	Elemento	Precedente	Tempo Padrão (seg)	Subsequentes	Peso Posicional
1	Imprimir 1 frente 1 costas e 2 mangas	-	139	2,3,4,5,6,7,8	**813**
2	Cortar os moldes do corpo de 1 frente, 1 costas e 2 mangas	1	50	3,4,5,6,7,8	**674**
3	Prensar 1 camisa frente, 1 costas e 2 mangas	2	192	4,5,6,7,8	**624**
4	Fechar Camisa: pregar mangas a frente e fechar os lados	3	93	5,6,7,8	**432**
5	Pregar gola(frente e costas)	5	82	6,7,8	**339**
6	Embainhar a barra, mangas e gola	5,6	122	7,8	**257**
7	Fechar lateral da gola	7	35	8	**135**
8	Refilar	7,8	100	-	**100**
TOTAL			813		

Fonte: Autor (2021)

D) ALOCANDO TAREFAS ÀS ESTAÇÕES NO (BL2)

Com os dados essenciais definidos, é possível alocar as tarefas às estações conforme a regra heurística do Peso Posicional.

De acordo com as diretrizes para o balanceamento de linha, as tarefas seriam alocadas nas estações, conforme a coluna destacada “Escolha” do Quadro 4 abaixo:

Quadro 4 - Tarefas alocadas em cada estação de trabalho

Estação de trabalho	Candidato	Escolha	Tempo do elemento	Tempo ocioso (c= 4,8 min ou 288 s)
1	1	**1**	139	149
	2	**2**	50	99
2	3	**3**	192	96
		4	93	3
3	4	**5**	82	206
		6	122	84
		7	35	49
4	5	**8**	100	188

Fonte: Autor (2021)

De acordo com o Quadro 4, para a estação 1, deve-se alocar a Tarefa 1 (Imprimir 1 frente, 1 costas e 2 mangas) e a tarefa 2 (cortar 1 molde da frente, 1 costas 2 mangas), para a estação 2 deve-se alocar a tarefa 3 (prensar 1 molde frente, 1 costas 2 mangas) e tarefa 4 (fechar camisa: pregar mangas e fechar os lados), para a estação 3, deve-se alocar as tarefas 5 (pregar gola), 6 (embainhar a barra, mangas e gola) e 7 (fechar lateral da gola); e para a estação 4, deve-se alocar a tarefas 8 (refilar).

Um fato importante a ser observado é que no modelo proposto OPF, as tarefas 3 e 4 foram configuradas para uma mesma estação, e, portanto, seria interessante treinar o funcionário desta estação pois atualmente o operador não possui habilidades de costura, e nesse novo modelo, esse mesmo operador teria que costurar as peças que ele terá acabado de prensar na máquina de sublimação.

Entretanto, através de análise, percebe-se que as características das tarefas desenvolvidas em uma mesma estação neste modelo OPF, permitem que elas possam ser alocadas conjuntamente sem causar problemas uma as outras - como interferência, risco de contaminação etc. Com isso, é possível validar o modelo OPF e calcular a eficiência deste balanceamento

Neste modelo, o tempo ocioso é o somatório do tempo remanescente de cada estação; o tempo remanescente é a diferença entre o tempo de ciclo e a soma do tempo das tarefas alocadas para a estação em que está sendo analisada.

De acordo com o balanceamento OPF, para a estação há as tarefas 1 e 2 alocadas, cujas durações somadas é de 189 segundos, portanto, o tempo ocioso da estação 1 é a diferença do tempo de ciclo (288’’) pela duração da estação (189’), logo, o tempo ocioso da estação 1 é de 99 segundos, que está destacado na cor amarela no Quadro 5 abaixo.

Quadro 5 - Tempo ocioso de cada estação no OPF

Estação de trabalho	Candidato	Escolha	Tempo do elemento	Tempo ocioso (c= 4,8 min ou 288 s)
1	1	1	139	149
	2	2	50	**99**
2	3	3	192	96
		4	93	**3**
3	4	5	82	206
		6	122	84
		7	35	**49**
4	5	8	100	**188**

Fonte: Autor (2021)

Seguindo o mesmo raciocínio, para a estação 2 (dois) há um tempo ocioso de 3 segundos, para a estação três de 49 segundos e para a estação quatro de 188 segundos; destacou-se o tempo ocioso de cada estação, no Quadro 5 acima na cor amarelo.

Logo, a variável tempo ocioso é determinada pelo tempo ocioso do balanceamento proposto (OPF) que será então o somatório do tempo ocioso de cada estação, resultando em: 99” + 3’’ + 49’’ + 188’’ = 339 segundos. Com essa informação, é possível calcular a eficiência (grau de utilização) deste balanceamento.

O tempo ocioso do balanceamento é de 339 segundos, o número de estações de trabalho são de 4, o Tempo de Ciclo é de 288 segundos; logo, o percentual de tempo ocioso deste balanceamento OPF conforme a Fórmula 3 é dado por:

$$\%\ de\ ociosidade = \frac{339}{4*288} = 0{,}29.$$

Ou seja, aproximadamente de 29%; com isso o grau de utilização deste balanceamento de acordo com a Fórmula 4 é dado a seguir:

$$grau\ de\ utilização = 1 - 0{,}29 = 0{,}71$$

Ou seja, a eficiência do BL2 é de 71%.

4.9 COMPARATIVO ENTRE O MODELO *ONE PIECE FLOW* (OPF) E O PRATICADO PELA EMPRESA

Nesta seção, será comparado a modelo proposto OPF com o modelo operado pela empresa. É importante ressaltar que o BL1 não entrará nessa comparação pois ele apresentou um problema ao não permitir que a produção operasse em linha.

Na Figura 28 a seguir são destacados alguns benefícios do modelo OPF quanto ao antigo, como a redução significativa no número de elementos de trabalho e consequentemente no tempo de produção de uma unidade de camisa.

O tempo de produção de uma camisa foi reduzido de 1608 segundos para 813 segundos, o que equivale a uma redução de 49%; isso se deve ao *One Piece Flow*, onde se percebe o agrupamento de tarefas que necessitam do(s) mesmo(s) recurso(s) em uma estação, e o paralelismo entre elas – como o que acontece com as tarefas 1,2 e 3 que foram iniciadas em um mesmo instante. Este agrupamento é ilustrado na Figura 28, sendo segmentados por cores.

Figura 28 - Comparação entre modelos

Modelo Praticado

Nº	Elemento	Precedente	Tempo (s)
1	Imprimir 5 moldes de papéis frente	-	276
2	Imprimir 5 moldes de papéis costas	-	276
3	Imprimir 8 mangas	-	69
4	Cortar 5 moldes de papéis frente	1	110
5	Cortar 5 moldes de papéis costas	2	120
6	Cortar 8 mangas	3	30
7	Prensar 1 frente	4	82
8	Prensar 1 costas	5	82
9	Prensar 4 mangas	6	131
10	Fechar camisa	7,8,9	93
11	Pregar gola	10	82
12	Embainhar	10,11	122
13	Fechar lateral da gola	12	35
14	Refilar	13	100
TOTAL			1608

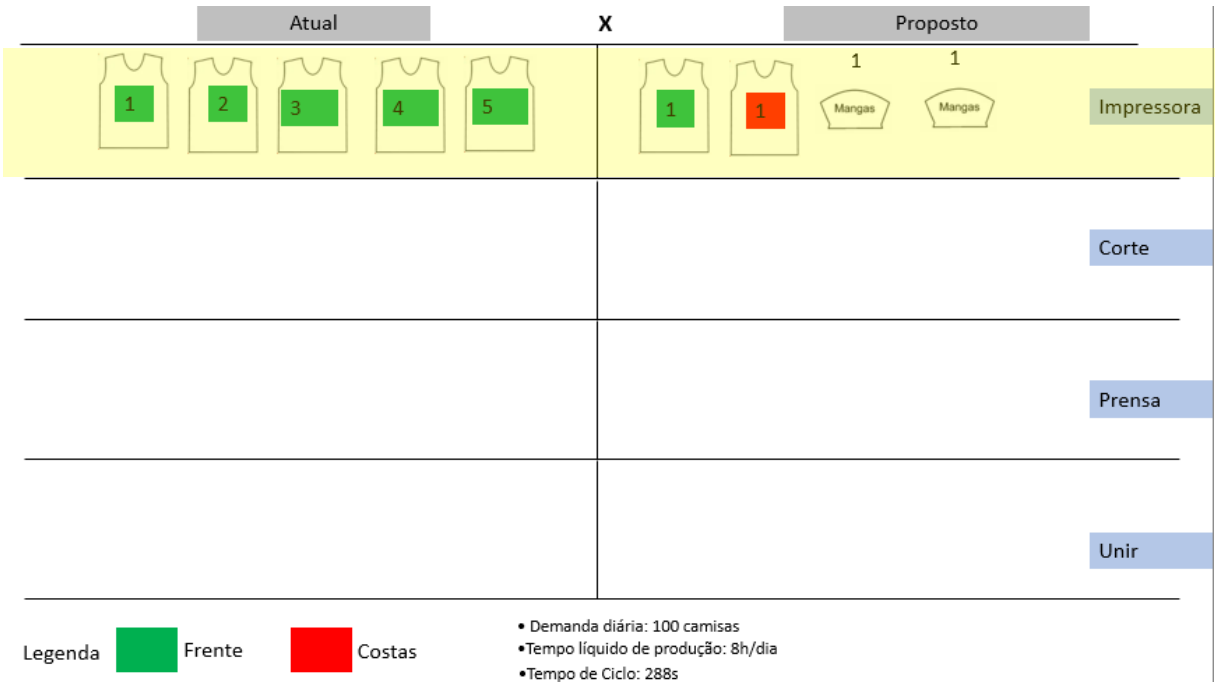
Modelo Proposto

Nº	Elemento	Precedente	Tempo (s)
1	Imprimir 1 frente 1 costa e 2 mangas	-	139
2	Cortar 1 molde frente, 1costas e 2 mangas	1	50
3	Prensar 1 frente, 1 costas e 2 mangas	2	192
4	Fechar Camisa	3	93
5	Pregar gola	5	82
6	Embainhar a barra, mangas e gola	5,6	122
7	Fechar lateral da gola	7	35
8	Refilar	7,8	100
TOTAL			813

Fonte: Autor (2021)

Evidenciado na cor amarelo, no modelo antigo, imprimiam-se 5 moldes frente de uma vez (tarefa N°1), depois 5 moldes costa (N°2) e depois as 8 mangas (N° 3), enquanto no modelo proposto esses três componentes já são impressos conjuntamente (tarefa N°1), enquanto que no modelo antigo, é necessário esperar a impressão sequenciada de cada etapa, até que todos estejam disponíveis em um mesmo instante. Esse raciocínio é demonstrado na Figura 29 a seguir:

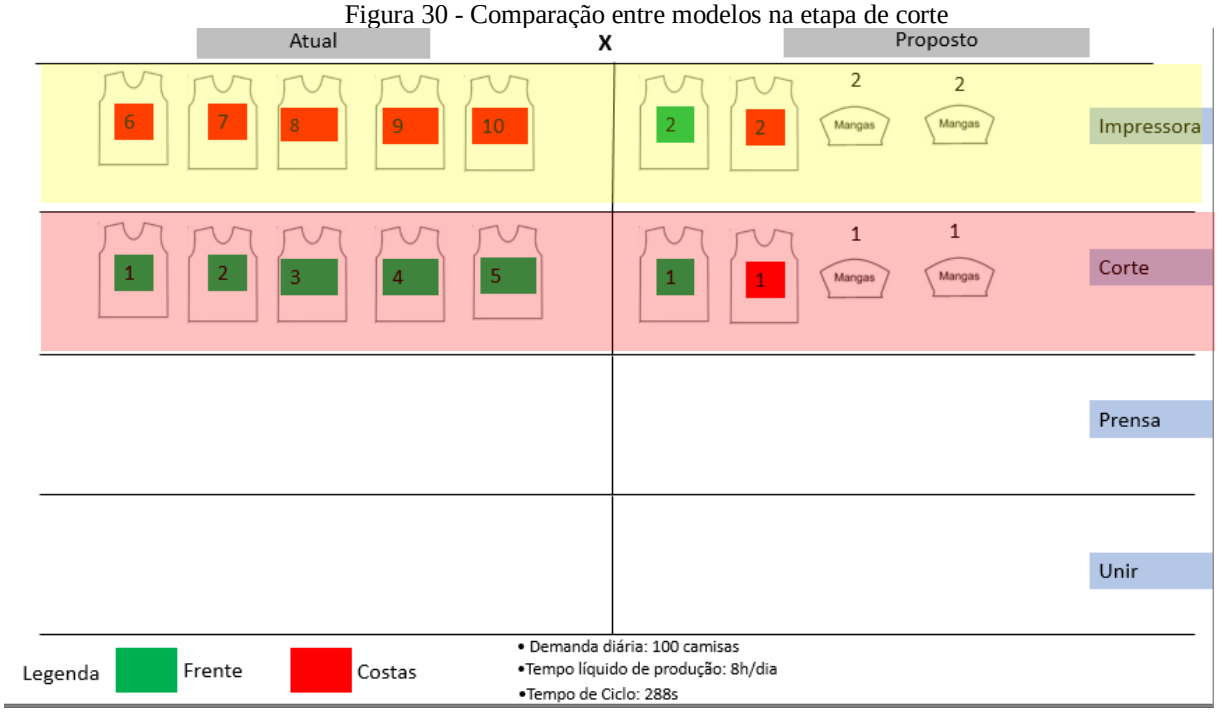
Figura 29 - Comparação entre modelos na etapa de impressão



Fonte: Autor (2021)

No agrupamento em vermelho da Figura 30 abaixo se corta 5 moldes frente enquanto no modelo proposto, se corta 1 molde frente, 1 molde costa e 2 mangas de uma vez (N°2) para poderem ser enviados para a prensa em seguida.

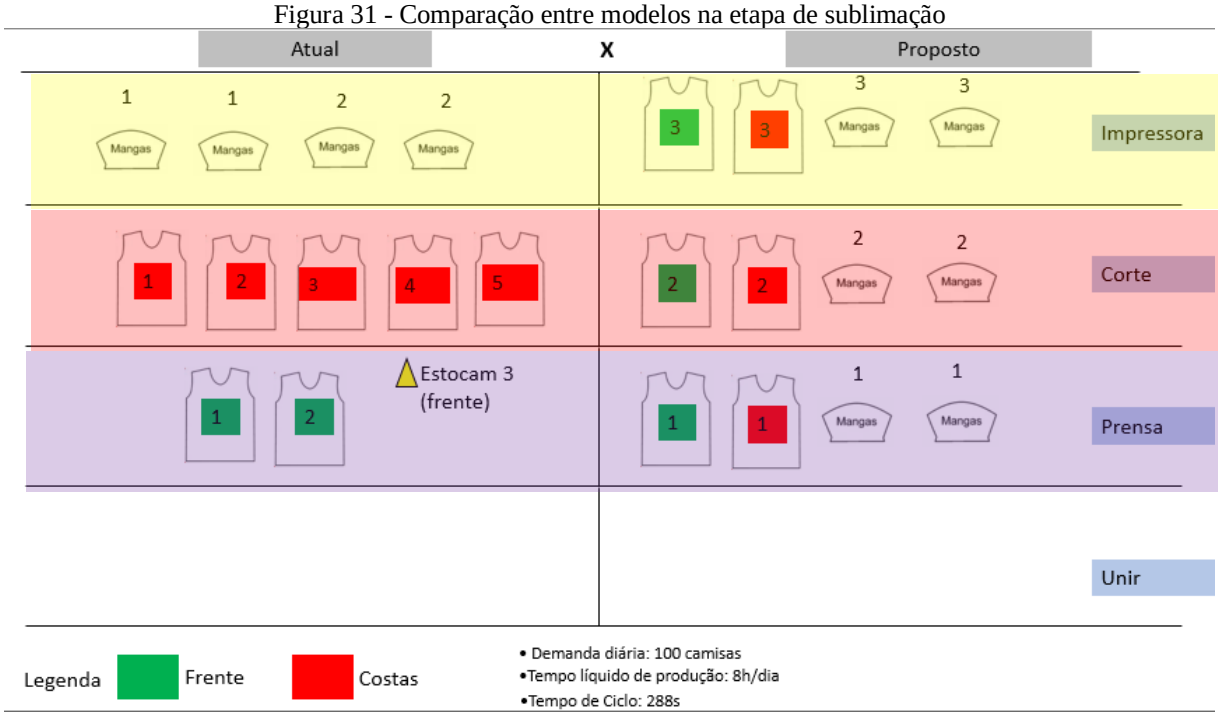
Figura 30 - Comparação entre modelos na etapa de corte



Fonte: Autor (2021)

No agrupamento em lilás, no modelo antigo, prensam-se os 2 primeiros moldes frente e estocam 3 unidades desses componentes, pois a máquina tem capacidade para processar 2 unidades de uma vez – em cada porta dela, vide a Figura 17- , enquanto que no modelo proposto, se imprime um molde frente em um lado da máquina, e no outro, um molde costa e o par de mangas, todos de uma vez, conforme a Figura 31:

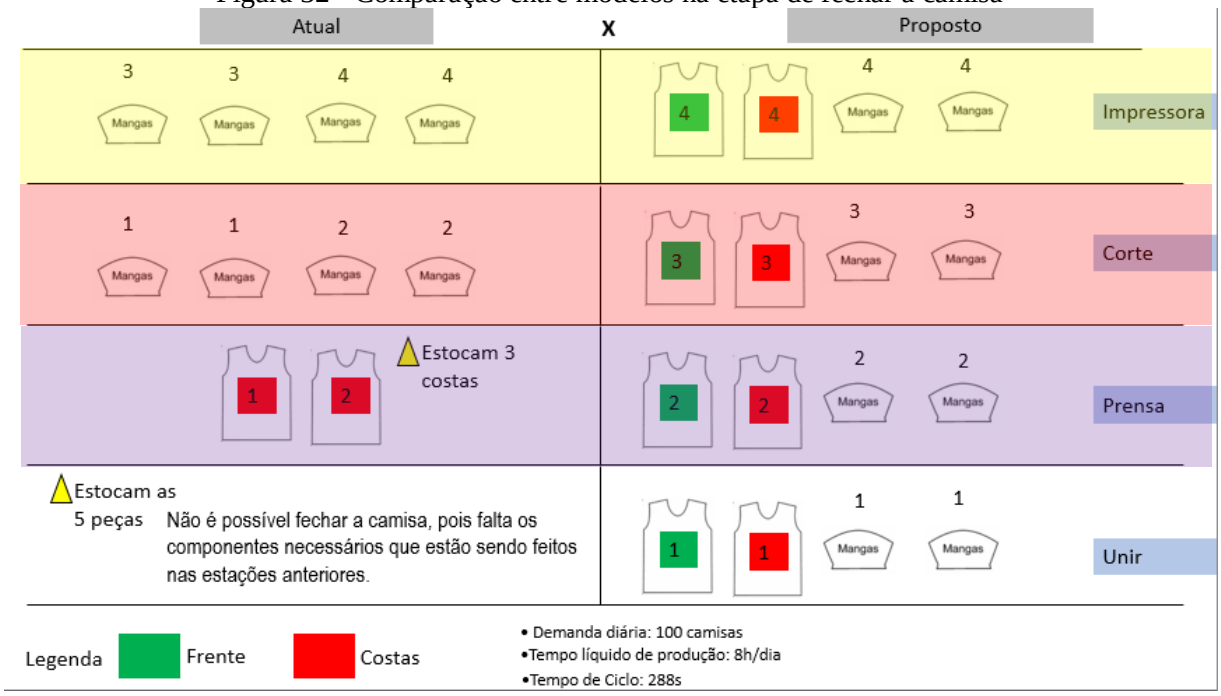
Figura 31 - Comparação entre modelos na etapa de sublimação



Fonte: Autor (2021)

Com isso, na etapa de unir os componentes para o fechamento da camisa, no modelo atualmente praticado pela empresa não é possível de ser executá-la pois não há todos os componentes necessários; em contrapartida, no modelo OPF isso é possível pois os componentes necessários estão todos disponíveis para a tarefa nesse instante. Isso é ilustrado na Figura 32 abaixo onde na parte de unir os componentes para fechar a camisa, no modelo atual há cinco componentes frente prontos que serão das camisas de número um, dois, três, quatro e cinco, e no modelo proposto, um componente da frente, um das costas e um par de mangas apenas da camisa de número um, sendo possível fechá-la.

Figura 32 - Comparação entre modelos na etapa de fechar a camisa



Fonte: Autor (2021)

4.10 RESUMO DAS CONTRIBUIÇÕES DO BALANCEAMENTO DE LINHA PROPOSTO (BL2)

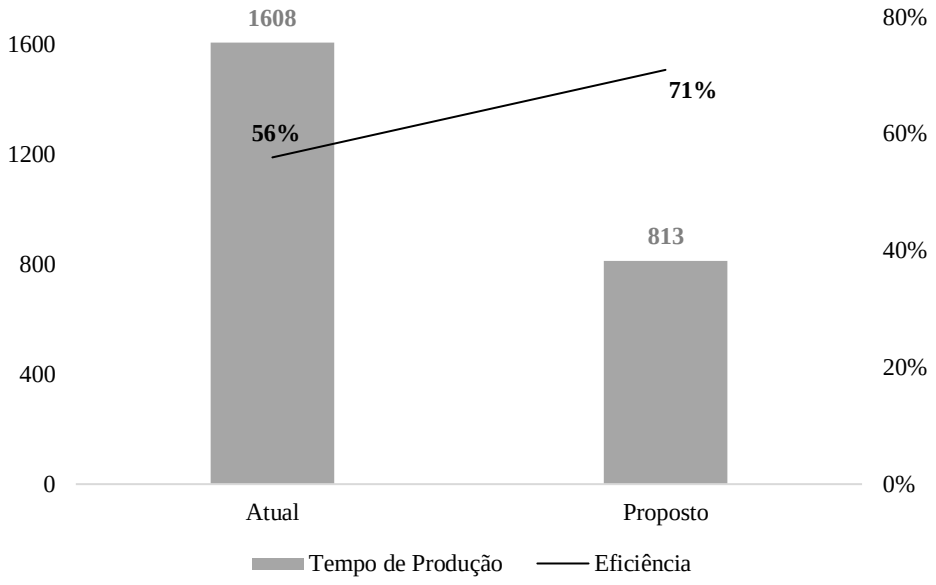
O balanceamento de linha proposto através do OPF pode trazer vantagens competitivas significativas para a empresa principalmente a partir da redução do tempo de produção em 49% como:

- satisfazer a necessidade do cliente com maior celeridade;
- diminuição de riscos, pois se algo de errado acontecer durante o processo produtivo ocasionando em uma parada de linha, é mais provável que se tenham algumas peças prontas para serem entregues ao cliente;
- liquidez mais rápida, pois os produtos acabados podem ser vendidos com maior rapidez;
- menor formação de estoque e consequente menores custos e desperdícios, devido ao fato de não ser possível negligenciar um problema por parte do operador, que ocorra durante o processo produtivo pois não há um grande volume de peças para repor imediatamente; e
- maior qualidade na produção, pois os funcionários ficarão mais engajados ao perceberem a necessidade de obterem qualidade total em cada conjunto de peças que escoa pela linha de produção e por trabalharem em um ritmo mais suave (balanceado).

A seguir, será apresentado em forma de gráfico, os ganhos obtidos com a proposta do OPF em relação às métricas obtidas do modelo de operação atual da empresa. Na Figura 33,

percebe-se uma redução do tempo de produção de 1608 segundos para 813 (gráficos de barra), bem como um aumento da eficiência do balanceamento de 56% para 71% (gráfico de linha).

Figura 33 - Métricas do modelo atual e do modelo proposto (OPF)



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Como enfatizado por Stevenson (2001), as linhas que envolvem tarefas humanas como no caso da linha de produção das camisas deste trabalho, raramente são perfeitamente balanceadas. No entanto um certo grau de desbalanceamento é benéfico pois essas folgas podem reduzir os impactos de curta duração na linha, como o de o funcionário buscar ou procurar um componente/ferramenta, buscar informação em algum outro setor ou estação, tossir, espirrar etc.

As estações de trabalho que contém folgas (ociosidade) também possibilitam que a inserção de trabalhadores novos que ainda não “entraram no ritmo” da produção não comprometa a produção diária dos componentes (STEVENSON, 2001).

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise de como o fluxo unitário (*One Piece Flow)* e o balanceamento de linha podem reduzir o tempo de produção e trazer vantagem competitiva para uma empresa que produz camisas sob encomenda.

Através de visita diária na rotina da empresa foi possível coletar os principais dados e efetuar as observações necessárias para atingir os objetivos específicos do trabalho. O levantamento teórico permitiu compreender os requisitos necessários para a estruturação das etapas do trabalho, a maneira de como efetuar a análise dos dados e a definir as métricas atuais de produção das camisas. Esse levantamento permitiu também compreender que não é possível aplicar o balanceamento de linha na forma que a empresa opera, como também a configurar uma nova forma de adaptar o processo de produção e então propor um novo balanceamento de linha. A forma atual de produção da empresa não permite o balanceamento, por ela utilizar de um mesmo recurso em estações de trabalho diferentes, o que ocasiona na perda de configuração em linha, e a nova proposta para solucionar esse problema foi aplicar o fluxo unitário de produção, ou "*One Piece Flow*".

Ao adaptar a forma como a empresa opera em um balanceamento de linha, obteve-se o resultado de uma eficiência de 56%, onde, em comparação com o modelo proposto, percebeu-se maior ociosidade, tempo de produção, e níveis de estoques entre as estações de trabalho. Ao passo que com o balanceamento de linha proposto, o resultado foi de uma eficiência de 71%, um tempo de produção 49% menor, e redução significativa de estoques entre as estações. Portanto, com esses novos índices, percebe-se um ganho competitivo para a empresa como o de liquidez mais rápida, redução de desperdícios e custos, maior engajamento com a qualidade total e a diminuição de riscos como o de paradas de produção. Todavia, é possível concluir que a hipótese formulada para a pesquisa é verdadeira e que o objetivo do trabalho foi atingido.

Das limitações que esse trabalho apresenta, pode-se citar que a amostra coletada do modo de produção não é completamente padronizada no dia a dia da empresa, o que dificultou na definição das atividades de início e fim nas cronoanálises efetuadas, e, com isso, tem-se um resultado mais planejado do que real. Dessa forma, sugere-se que os valores sejam reavaliados e que haja treinamento e *workshops* sobre a filosofia *lean* e suas ferramentas, principalmente se a empresa optar por aplicar as melhorias propostas.

Como recomendações, sugerem-se trabalhos futuros que visem a definição de um modelo padronizado de operação da função de produção das camisas, para que se obtenha maior

confiança na utilização das ferramentas empregadas nesta pesquisa; a de otimizar o *layout* visando minimizar a distância estre as estações de trabalho; um estudo que compare o consumo de papel no modelo OPF e no modo atual de operação da empresa; um estudo ergonômico, cognitivo e de riscos quanto às estações que agrupam mais de uma tarefa, e uma pesquisa sobre um modelo matemático que vise balancear a linha de produção.

Contudo, a pesquisa teve um resultado positivo pois agregou conhecimento para o pesquisador, devido ao aprofundamento teórico e prático, possibilitando que possam ser aplicados em trabalhos futuros; mostrou características de uma empresa que possui um mercado aquecido, mas que ainda não possui registros essenciais para o PCP. Isso pode contribuir para a Engenharia de Produção, ao evidenciar a necessidade de suportar micro e pequenas empresas do país com pesquisas, para que elas possam obter mais eficiência produtiva, se alavancarem competitivamente e obterem maiores chances de sobrevivência no mercado competitivo.

REFERÊNCIAS

CORRÊA, L.; CORRÊA, A. **Administração de produção e operações:** manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

FEBRATEX. Qual a importância da indústria têxtil no Brasil e o que representa? **Febratex Group**, 2021. Disponivel em: <https://fcem.com.br/noticias/qual-a-importancia-da-industria-textil-no-brasil-e-o-que-representa>. Acesso em: Agosto 2021.

GAITHER, ; FRAZIER, G. **Administração da Produação e Operações**. 8ª. ed. São Paulo: Cengage Leaning, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

INDÚSTRIA E COMÉRCIO, F. F. O impacto social da indústria têxtil e confeccionista no Brasil. **Fenix Fabril Idústria e Comércio**, 2016. Disponível em: https://www.fenixfabril.com.br/noticia/7/mercado-textil/o-impacto-social-da-industria-textil-e-confeccionista-no-brasil>. Acesso em: Agosto 2021.

IOANA, A. D.; MARIA, E. D.; CRISTINA, V. **Case study regarding the implementation of one-piece flow line in automotive company**. Procedia Manufacturing, Elsevier, v. 46, p.244–248, 2020.

KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. **Administração de Produção e Operações**. 8ª. ed. São Paulo: Pearson, 2009.

LEÃO, T. Sistema de produção: o que é, como funciona e como implantar. **Nomus Blog Industrial**, 2021. Disponivel em: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/sistema-de-producao/>. Acesso em: Agosto 2021.

PEINALDO, J.; GRAEML, R. **Administração da Produção:** operações Industriais e de serviços. Curitiba: UnicenP, 2007.

RODRIGUES, M. V. **Entendendo, aprendendo e desenvolvendo sistema de produção Lean Manufacturing**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. 1ª. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

SOLUTUDO. Start Uniformes esportivos. **Solutudo**, 2021. Disponivel em: <https://www.solutudo.com.br/empresas/mg/joao-monlevade/estamparias/start-uniformes-esportivos-10022708>. Acesso em: Agosto 2021.

STEVENSON, W. J. **Administração das operações de produção**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção:** teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2007.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas - ICEA
Colegiado do Curso de Engenharia de Produção - COEP
Campus João Monlevade

TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "UMA PROPOSTA DE BALANCEAMENTO DE LINHA EM UMA EMPRESA PRODUTORA DE CAMISAS SOB ENCOMENDA EM JOÃO MONLEVADE - MG" é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido referenciamento ou consentimento dos referidos autores.

João Monlevade, 06 de Agosto de 2021.

Ítalo Barbosa da Silva

Ítalo Barbosa da Silva