

“FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA – UNIVEM
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FLÁVIO LOPES SELEGUIM

**BALANCEAMENTO DE LINHA PRODUTIVA APLICADO EM
MÁQUINA TERMOFORMADORA**

MARÍLIA

2016

FLÁVIO LOPES SELEGUIM

BALANCEAMENTO DE LINHA PRODUTIVA APLICADO EM MÁQUINA
TERMOFORMADORA

Trabalho de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília – UNIVEM, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador:
Prof. Danilo Correa Silva

MARÍLIA

2016

Seleguim, Flávio Lopes

Balanceamento de linha produtiva aplicado em máquina termoformadora / Flávio Lopes Seleguim; orientador: Prof. Danilo Correa Silva. Marília, SP: [s.n.], 2016.

68 f.

Trabalho de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Curso de Engenharia de Produção, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília –UNIVEM, Marília, 2016.

1. Balanceamento de Linha. 2. Tempos e Métodos 3. Linha de Produção.

CDD: 658.542 1



FUNDAÇÃO DE ENSINO "EURÍPIDES SOARES DA ROCHA"
Mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília - UNIVEM
Curso de Engenharia de Produção.

Flávio Lopes Seleguim - 52016-0

TÍTULO "Balanceamento de Linha Produtiva Aplicado em Máquina Termofomadora. "

Banca examinadora do Trabalho de Curso apresentada ao Programa de Graduação em Engenharia de Produção da UNIVEM, F.E.E.S.R, para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Nota: 30

ORIENTADOR: 
Danilo Correa Silva

1º EXAMINADOR: 
Rodrigo Fabiano Ravazi

2º EXAMINADOR: 
Geraldo Cesar Meneghello

Marília, 29 de novembro de 2016

Dedico esse trabalho primeiramente à Deus por ser o centro da minha vida e por renovar minhas forças e me encorajando a continuar...

Conforme diz em Isaias 40.28,29:

“Não sabes, não ouviste que o eterno Deus, o Senhor, o Criador dos fins da terra, nem se cansa nem se fatiga? É inescrutável o seu entendimento. Dá força ao cansado, e multiplica as forças ao que não tem nenhum vigor.”

À minha família, especialmente minha mãe Maria José Lopes e minha irmã Elizandra Lopes Seleguim que tem estado comigo em todos os momentos e em tudo em me incentivado e me fortalecido.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus que demonstrou seu infinito amor através do sacrifício salvador de Jesus Cristo seu único filho e por me proporcionar essa tão nobre oportunidade e poder estar vencendo mais uma etapa da minha vida. Também quero agradecer toda minha família que tem me apoiado em tudo e tem sido uma base para o meu crescimento e para meu sucesso, especialmente minha amada mãe Maria José Lopes Seleguim que é um referencial de carinho e cuidado, e minha irmã Elizandra Lopes Seleguim que tem acreditado e me incentivado muito na busca desse sonho, se formar em Engenharia de Produção. Não posso esquecer dos meus pastores (pais na fé), Luis Carlos Barbosa e Ivone Alves Nascimento Barbosa, que tem me ensinado a ser um cristão melhor e seus exemplos de vida me inspiram nessa caminhada tão nobre, que é a vida cristã; sou muito grato por suas orações e conselhos. Aos meus amigos que sempre presentes me animam e me incentivam. Não poderia esquecer do meu orientador Professor Danilo Correa Silva que com muita paciência e dedicação me ajudou a desenvolver esse trabalho, sua orientação foi de fundamental importância para o sucesso do mesmo. Quero lembrar da minha coordenadora de curso Vânia Érica Herrera que me deu todos os suportes e oportunidades necessários para a minha formação acadêmica. Aos professores pela dedicação e disposição em compartilhar seus conhecimentos e aos colegas de sala que com muito carinho e alegria foram os companheiros nessa longa jornada, E por fim, agradeço as manifestações de carinho e apreço, recebidas de todos os colegas da Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”.

“Não é bom agir sem refletir, e o que se apressa com seus pés erra o caminho”.

Provérbios 19.2 – Bíblia Sagrada.

SELEGUIM, Flávio Lopes. **Balaceamento de linha produtiva aplicado em máquina termoformadora**. 2016. 68 f. Trabalho de Curso. (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2016.

RESUMO

O acirramento da competitividade na área industrial e comercial fez com que as empresas repensassem seus processos de forma a torná-los mais produtivos. Isso só é possível com técnicas adequadas de manufatura, treinamento dos colaboradores e com o uso de material para melhorar o desempenho produtivo. Uma das técnicas utilizadas é o Estudo de Tempos e Métodos, que possibilita o balanceamento de linhas de produção. Através do balanceamento de linha é possível eliminar desperdícios, identificar “gargalos” e tempos ociosos. Este trabalho tem como objetivo balancear as operações na linha de produção de uma máquina termoformadora de uma empresa transformadora de polímeros. Esse trabalho tem duas etapas, a primeira consiste em uma revisão teórica sobre tema estudado e a segunda consiste em um estudo de caso em uma linha de produção de uma empresa na região de Marília/SP. Essa linha de produção está em sua capacidade produtiva máxima, operando em três turnos, com um efetivo de 21 colaboradores, produzindo 15 peças por hora. O estudo realizado permitiu identificar que a máquina termoformadora dita o ritmo da linha, sendo portanto o gargalo. Também foi identificado que há postos de trabalho com excesso de tarefas e outros postos com ociosidade. O balanceamento de linha permitiu reduzir desperdícios e a quantidade de colaboradores, reduzindo assim os custos operacionais. Ao término do estudo de caso, já com as melhorias implantadas, foi possível reduzir em nove o número de colaboradores dessa linha. Porém, foram necessários investimentos em dispositivos e periféricos, sendo portanto necessário um cálculo de *payback* para analisar o impacto financeiro. Segundo estudo realizado, no primeiro ano a empresa recuperou o investimento realizado. Conclui-se que as técnicas apresentadas são essenciais para a melhoria dos processos e redução dos custos operacionais.

Palavras-chave: Balanceamento de Linha. Estudo de Tempos e Métodos. Linha de Produção.

SELEGUIM, Flávio Lopes. **Production line balancing applied in thermoforming machine.** 2016. 68 f. Trabalho de Curso. (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2016.

ABSTRACT

The intensification of competitiveness on industrial and commercial area made companies rethink their processes in order to make them more productives. This is possible only using appropriate manufacturing techniques, workers training and the use the material to improve productive performance. One of the technique used is Time and Methods Study, that allows the production balancing lines. Through the line balancing can eliminate waste, identify "bottlenecks" and downtimes. This work aims to balancing the operations in the production line of a thermoforming machine of a manufacturing company polymers. It work has two stages, the first one is theoretic review on the studied theme, while the second one show a case study about a production line in a company in Marilia / SP region. This production line is at full capacity, operating in three shifts, with a staff of 21 employees, producing 15 parts per hour. The study identified that the thermoforming machine dictates the rhythm of the line, so is the bottleneck. It was also identified that there are jobs with excessive tasks and other posts with idleness. The line balancing allowed to reduce wastes and the number of workers, so reducing operational costs. At the end of the case study, having implemented the improvements, it was possible to reduce nine workers in this line. However, it took investments in devices and peripherals, and therefore needed a payback calculation to analyze the financial impact. According study, on the first year the company has recovered the investment it had done. We conclude the techniques showed are essential for the processes improving and operational costs reduction.

Keywords: Line Balancing . Study Time and Methods . Productivity. Production line.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Linha de Produção e Tempo de Ciclo.....	22
Figura 02 – Arranjo físico em “U” e em linha reta	27
Figura 03 - Gráfico de balanceamento dos operadores (GBO)	33
Figura 04 - Protetor de caçamba e veículo no qual é utilizado.....	35
Figura 05 - Máquina Termoformadora e as suas estações.	36
Figura 06 - Célula Robotizada.....	37
Figura 07 - Arranjo físico por linha ou produto	38
Figura 08 - Distribuição dos operadores na linha de produtiva.....	39
Figura 09 - Análise do processo produtivo.....	42
Figura 10 - Divisão por postos de trabalho	43
Figura 11 - Distribuição de operadores por Posto de Trabalho.....	46
Figura 12 - Gráfico de distribuição dos tempos por Posto de Trabalho	53
Figura 13 - Gráfico de distribuição dos tempos por operador.....	54
Figura 14 - Gráfico do Balanceamento Proposto	58
Figura 15 - Ficha de Trabalho Padronizado da Linha	60
Figura 16 - Folha de Elemento de trabalho	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Instrumentos utilizados para Estudos de Tempos e Métodos	18
Tabela 02 – Tabela de coeficiente de distribuição normal	20
Tabela 03 – Coeficiente para cálculo do número de cronometragem	20
Tabela 04 – Instrumentos utilizados para Estudos de Caso.....	41
Tabela 05 – Atividades detalhadas do Posto 01	44
Tabela 06 – Atividades detalhadas do Posto 02	44
Tabela 07 – Atividades detalhadas do Posto 03	45
Tabela 08 – Atividades detalhadas do Posto 04	45
Tabela 09 – Atividades detalhadas por operador do Posto 01.....	47
Tabela 10 – Atividades detalhadas por operador do Posto 02.....	47
Tabela 11 – Atividades detalhadas por operador do Posto 03.....	48
Tabela 12 – Atividades detalhadas por operador do Posto 04.....	48
Tabela 13 – Pré-Cronometragem do Posto 02.....	49
Tabela 14 – Cronometragem das atividades dos operadores do Posto 01.....	51
Tabela 15 – Cronometragem das atividades dos operadores do Posto 02.....	51
Tabela 16 – Cronometragem das atividades dos operadores do Posto 03.....	52
Tabela 17 – Cronometragem das atividades dos operadores do Posto 04.....	52
Tabela 18 – Melhorias a serem implantadas	55
Tabela 19 – Balanceamento do operador 01	56
Tabela 20 – Balanceamento do operador 02	57
Tabela 21 – Balanceamento do operador 03	57
Tabela 22 – Balanceamento do operador 04	58
Tabela 23 – Análise Financeira	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FT – Fator de Tolerância

GBO – Gráfico de Balanceamento do Operador

N – Número teórico de operadores

NR – Número real de operadores

PT - Postos de Trabalho

TC – Tempo Cronometrado

Te - Tolerância para espera

TM – Tempo Médio

TN – Tempo Normal

Tp - Tolerância pessoal

TP – Tempo Padrão

TR - Tempo Real

V – Velocidade do operador

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Delimitação do Tema.....	14
1.2 Objetivo	15
1.3 Objetivos Específicos	15
1.4 Justificativa.....	15
1.5 Metodologia.....	15
1.6 Estrutura do Trabalho	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 Estudo de Tempos e Métodos.....	17
2.1.1 Equipamentos Utilizados para o Estudo de Tempos	18
2.1.2 Pré-Cronometragem	19
2.1.3 Determinação de tolerâncias.....	20
2.1.4 Tolerância para Alívio da Fadiga	20
2.1.5 Método de Cronometragem	21
2.2 Tempo de Ciclo	21
2.2.1 Tempo Normal.....	23
2.2.1 Tempo Padrão.....	24
2.3 Balanceamento de Linha de Produção	24
2.3.1 Arranjo Físico	25
2.3.2 Arranjo por Linha	26
2.4 Procedimentos para o Balanceamento de Linha de Produção	27
2.4.1 Capacidade de produção.....	29
2.4.2 Nível de produção desejado.....	29
2.4.3 Número de estações de trabalho	30
2.4.4 Índice de ociosidade	30
2.4.5 Grau de utilização.....	31
2.4.1 Análise da Situação Atual e dos Desperdícios	31

2.6 Gráfico de Balanceamento de Operadores	32
2.7 Distribuição do trabalho	33
2.8 Padronização das operações	34
3 ESTUDO DE CASO	35
3.1 A Empresa	35
3.2 O Produto.....	35
3.3 Processo de Transformação	36
3.3.1 Tipo de Layout da Linha de Produção Estudada.....	37
3.3.2 Histórico do projeto	39
3.3.3 Necessidade de melhorias.....	40
3.4 Equipamentos Utilizados no Estudo de Caso	41
3.5 Estudo de Tempo e Métodos do Estado Atual	41
3.5.1 Análise do Processo Produtivo	42
3.5.2 Divisão por postos trabalho	42
3.5.3 Filmagem da linha produtiva.....	43
3.5.4 Divisão das atividades por Posto de Trabalho.....	43
3.5.5 Divisão das atividades por operador.....	46
3.5.6 Pré Cronometragem do Estado Atual	48
3.5.7 Realização de estudo de tempo do estado atual.....	50
3.6 Proposta para o Balanceamento de Linha.....	54
3.6.1 Procedimentos Operacionais Padronizados.....	59
4 RESULTADOS	62
5 CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

O acirramento da competitividade na área industrial e comercial fez com que as empresas repensassem seus processos de forma a torná-los mais produtivos, e isso só é possível com técnicas de manufatura, treinamento dos colaboradores e com o uso de material para melhorar o desempenho produtivo (SELEME, 2009).

Nas organizações, é fundamental o estudo dos tempos e métodos para que as atividades sejam padronizadas (SELEME, 2009). Assim, é de fundamental importância as empresas melhorarem os seus desempenhos produtivos, reduzindo custos, melhorando seus processos e a qualidade de seus produtos, para que tenham um preço de venda atraente para se sobressair em um mercado competitivo.

O Engenheiro de Produção tem a competência de analisar de uma maneira responsável e sólida todos os processos produtivos de uma fábrica, de forma que o mesmo busque eliminar todos os desperdícios e a garantir da qualidade dos produtos e processos. Diante disso, nota-se que em muitas empresas há linhas produtivas com excesso de colaboradores e gargalos, que impedem o escoamento eficiente dos fluxos produtivos.

Assim, as análises e cronometragens das linhas são essenciais. Quando aplicadas, essas técnicas permitem fazer o balanceamento da linha, gerando lucro, redução de *lead time* e redução de custos produtivos.

1.1 Delimitação do Tema

Neste trabalho é realizado um estudo de caso em uma linha de produção de uma máquina termoformadora, buscando o balanceamento dessa linha produtiva. Para a realização desse balanceamento será utilizada a técnica de estudo de tempos e métodos, que implica na cronometragem e análise da linha de produção estudada. Essa empresa tem uma grande diversidade de produtos plásticos atendendo os seguintes segmentos: área médica, agrícola, automotiva, construção civil entre outras. Com essa técnica é possível fazer a análise da linha produtiva como um todo e também fazer a cronometragem das tarefas de cada Posto de Trabalho podendo detectar os postos de trabalho que estão com excesso de tarefas ou que estão ociosos com relação ao tempo de ciclo de um determinado produto. Isso possibilita uma distribuição das tarefas de cada Posto de Trabalho, melhorando a produtividade da linha de produção.

1.2 Objetivo

O objetivo desse trabalho é balancear as operações em uma linha de produção de uma máquina termoformadora, eliminando desperdícios de mão de obra, excesso de movimentações, “gargalos” e tornar o fluxo produtivo mais eficiente.

1.3 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Realizar um estudo de tempos e métodos para identificar quais operações estão desbalanceadas;
- Identificar fontes de desperdício;
- Propor e implantar melhorias para a linha de produção;
- Realizar um treinamento com os colaboradores.

1.4 Justificativa

A necessidade desse estudo foi constatada pela observação de que, em uma linha de produção de uma máquina termoformadora, a mesma está em sua máxima capacidade produtiva, mas não produz mais do que 15 peças por hora. Com a realização do estudo de tempos e métodos pretende-se identificar pontos de desperdícios, ociosidade e balancear a linha de produção melhorando o processo produtivo e aumentando a lucratividade da empresa, ao reduzir custos e eliminar desperdícios.

1.5 Metodologia

Nesse trabalho será realizado primeiramente uma revisão teórica a respeito dos principais conceitos e fundamentos do balanceamento operacional. Quanto aos objetivos, esse trabalho pode ser caracterizado como explicativo, pois identifica os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência do fenômeno estudado (GIL, 2008).

Em uma segunda etapa, será realizada uma análise detalhada das operações de uma linha de produção de uma máquina termoformadora, caracterizando um estudo de caso (GIL, 2008). Nessa etapa serão realizadas medições de parâmetros de produção no local, em uma situação real, sendo aplicadas técnicas de cronoanálise e balanceamento de linha.

1.6 Estrutura do Trabalho

O Capítulo 1 apresenta o trabalho, o contexto do tema abordado de uma forma resumida e objetiva, facilitando o entendimento do leitor. Consta de delimitação do tema, objetivo geral e específicos, justificativa e metodologia utilizada para a pesquisa e desenvolvimento.

O Capítulo 2 contém a revisão teórica, apresentando a importância do estudo de tempos e métodos no balanceamento de linhas de produção. Nesse capítulo é desenvolvido o contexto histórico do estudo de tempos e métodos, como são realizadas as cronometragens, como adquirir os tempos de ciclo, tempo padrão, tempo normal e o número de cronometragens necessárias para a realização do estudo de tempos e métodos. Também são descritos os passos necessários para a realização do balanceamento de uma linha de produção.

O Capítulo 3 relata o estudo de caso, descrevendo a empresa/situação analisada, os procedimentos de coleta de dados e suas respectivas análises, identificando as demandas de atuação na linha. Com base nessa análise, também é apresentado nesse capítulo um plano de ação para implantação das melhorias propostas.

O Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos com a implantação do balanceamento de linha, descrevendo como o processo foi alterado, quais as melhorias implementadas e quais os impactos nos fatores relevantes.

Por fim, o Capítulo 5 apresenta as conclusões do trabalho, com sugestões para que o desempenho produtivo seja robusto, assim aprofundando o projeto. Também apresenta a aplicação do aprendizado teórico na prática e o papel do Engenheiro de Produção no desenvolvimento de novos processos dentro das empresas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Estudo de Tempos e Métodos

No ano de 1881, com a utilização de um cronômetro, nas oficinas da *Midvale Steel Company*, Frederick Winslow Taylor (1856 – 1915) desenvolvia o que se conhece atualmente como Estudo de Tempos e Métodos. Nesse período iniciou-se uma importante fase da Administração Científica Industrial. Essa técnica é utilizada até os dias atuais dentro das organizações (TAYLOR, 1995).

A partir dos anos 1970, iniciou-se na área industrial e comercial competições acirradas, e com isso trouxeram reflexos cujos efeitos permanecem. O acirramento da competitividade na área industrial e comercial fez com que as empresas repensassem seus processos de forma a torná-los mais produtivos e isso só é possível com técnicas de manufatura, treinamento dos colaboradores e com o uso de material para melhorar o desempenho produtivo (SELEME, 2009)

Nas organizações, é fundamental o estudo dos tempos e métodos para que as atividades sejam padronizadas (SELEME, 2009). Segundo Rother e Harris (2002) e Mortimer (2006), a análise do tempo das atividade de cada operador é fundamental para determinar o balanceamento de linha de produção, com isso é possível identificar e determinar as oscilações das atividades dos operadores, essas oscilações, no final pode gerar variação no fluxo produtivo, ou seja, a linha de produção não produzirá com um fluxo contínuo.

O Estudo de Tempos mede o trabalho de uma determinada tarefa registrando os tempos e o ritmo de trabalho tendo como objetivo obter o tempo padrão (SLACK, 2008). Para Peinado e Graeml (2007), o estudo de tempos e métodos analisa de forma detalhada cada tarefa de uma linha de produção visando eliminar gargalos e desperdícios e determinar o melhor método para a realização das operações.

Entende-se que o estudo de métodos e tempos é a determinação do tempo necessário para a realização de uma determinada tarefa ou de uma linha de produção, e isso faz-se com um cronômetro em mãos, pois para medir o tempo das atividades de trabalho o método mais usado é a cronometragem (HEIZER, 2001; MARTINS, 2005; BARNES, 1977). Isso é necessário para medir os tempos de uma determinada linha de produção e fornecer os dados para o balanceamento de linha de produção.

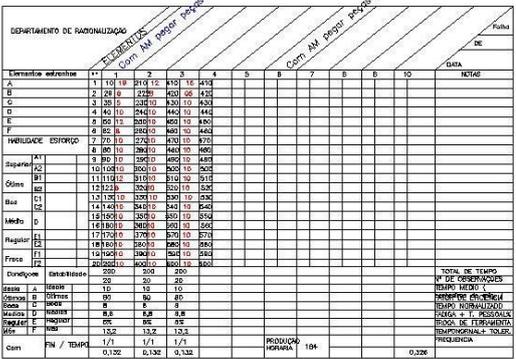
Pode-se destacar algumas finalidades do estudo de tempo:

- Estabelecer tempos padrões para o Planejamento, Programação e Controle de Produção (PPCP);
- Determinar capacidade produtiva de uma linha produtiva, setor e até mesmo de uma empresa;
- Determinar o custo hora/máquina e hora/homem de um produto.
- E por fim, através das coletas dos tempos de uma operação, fornecer dados para um balanceamento de linha.

2.1.1 Equipamentos Utilizados para o Estudo de Tempos

Martins (2005) destaca que, para a realização de um estudo de tempos, os principais instrumentos utilizados são: cronômetro, filmadora, folha de observações, prancheta e calculadora. Esses instrumentos podem ser visualizados na Tabela 01.

Tabela 01 – Instrumentos utilizados para Estudos de Tempos e Métodos

Instrumento	Imagem
Cronômetro centesimal (1min = 100 partes) ou sexagesimal (1min = 60 partes)	
Filmadora	
Folha de observações	

Prancheta



Calculadora



Fonte: o autor.

2.1.2 Pré-Cronometragem

Para Barnes (1977), em uma montagem os tempos podem variar consideravelmente entre os ciclos, ainda que as operações sejam realizadas num ritmo constante nem sempre a execução de uma operação será realizada no mesmo tempo. Essas variações são decorrentes da posição das peças, leitura do cronômetro e o intervalo entre o início de uma operação até o final da mesma, ou seja, a diferença de ciclos. Mesmo se a linha de produção fosse padronizada e as pessoas altamente qualificadas, ainda assim haveria variação no processo.

Diante disso para Martins (2005), é de fundamental importância que uma pré-cronometragem seja realizada para obter os seguintes dados: a amplitude e média da amostra, tendo como objetivo, deduzir da fórmula seguinte o número n (Equação 1).

$$n = \left(\frac{z \times R}{Er \times D_2 \times \bar{x}} \right)^2 \quad (1)$$

Onde:

n = número de ciclos a serem cronometrados

z = coeficiente da distribuição normal padrão para uma probabilidade determinada

R = amplitude da amostra

D_2 = coeficiente em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente

\bar{x} = média da amostra

Er = erro relativo ou absoluto

Após a pré-cronometragem e o cálculo do número de cronometragens, utiliza-se os dados da Tabela 02.

Tabela 02 – Tabela de coeficiente de distribuição normal

Probabilidade (%)	90	91	92	93	94	95
Z	1,65	1,70	1,75	1,81	1,88	1,96

Fonte: Martins (2005, p. 88)

Por fim, para se obter o valor também é necessário utilizar os valores dos coeficientes d_2 , utilizando os dados da Tabela 03. Para Barnes (1997) geralmente utiliza-se a probabilidade entre 90% e 95% e o erro relativo entre 5% a 10%.

Tabela 03 – Coeficiente para cálculo do número de cronometragem

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_2	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078

Fonte: Martins (2005, p. 88)

2.1.3 Determinação de tolerâncias

Segundo Martins (2005), o operador precisa ter algum momento de descanso para o alívio dos efeitos da fadiga das suas atividades, pois o mesmo tem suas necessidades fisiológicas e pessoais, sendo assim, durante o período de trabalho tem algumas interrupções.

Diante disso, o autor afirma que, para atender as necessidades do operador é necessário, por dia, um tempo entre 10 a 25 minutos de tolerância por pessoa.

2.1.4 Tolerância para Alívio da Fadiga

Para Barnes (1997) o estudo de movimentos e de tempos tem como objetivo reduzir a fadiga dos operadores tornando suas atividades mais fáceis e satisfatória. Barnes (2005) e também Martins (2005) afirmam que a fadiga é decorrente da atividade ou operação realizada, do ambiente de trabalho, tais como: ruído, iluminação, temperatura, umidade, vibrações e as cores das paredes, no qual, pode gerar a sensação de cansaço, mudanças fisiológicas e redução da capacidade produtiva do operador.

Diante disso, as tolerâncias utilizadas para a fadiga variam entre 10% a 50%, sendo que a tolerância de 10% aplicados para trabalhos e atividades leves onde o ambiente tem boas condições de trabalho e a tolerância de 50% para trabalhos pesados de condições precárias e inapropriadas.

No ambiente de trabalho, em escritórios ou fábricas, costuma-se adotar um fator de tolerância: $FT = 1,05$, para os escritórios; e FT variando entre 1,10 e 1,20, para trabalhos de fabricação. Tais fatores são determinados por boas condições do ambiente e por trabalhos com nível de fadiga intermediário.

2.1.5 Método de Cronometragem

Para Martins (2005), para a obtenção do tempo padrão de uma operação é necessário a realização de uma cronometragem preliminar com o objetivo de levantar dados necessários para determinar o número de cronometragens ou ciclos para a realização do estudo de tempos e métodos, que também determinará o tempo médio (TM) e o tempo normal (TN).

Os tempos padrões podem ser obtidos por meio de 4 métodos:

- O método da experiência histórica;
- O método dos tempos padrão predeterminados;
- O método da amostragem do trabalho;
- E o método da cronometragem.

Ainda Martins (2005), através do método de cronometragem é possível obter os Tempo Médio (TM) e o Tempo Normal (TN) de uma determinada operação ou Posto de Trabalho.

2.2 Tempo de Ciclo

Segundo Alvarez e Antunes Jr. (2001, p. 11) “a duração de um ciclo é dada pelo período transcorrido entre a repetição de um mesmo evento que caracteriza o início ou fim desse ciclo”. Os autores destacam que o tempo de ciclo pode ser determinado pelas condições de operações de uma linha produtiva ou de uma célula. Quando a linha de produção contém ‘n’ postos de trabalho, pode-se definir o tempo de ciclo em função de dois elementos de trabalho:

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

Para Aguiar, Peinado e Graeml (2007) em uma linha de produção o tempo máximo necessário para que seja feita uma peça em um Posto de Trabalho antes que a tarefa seja passada para o Posto de Trabalho seguinte é denominado tempo de ciclo

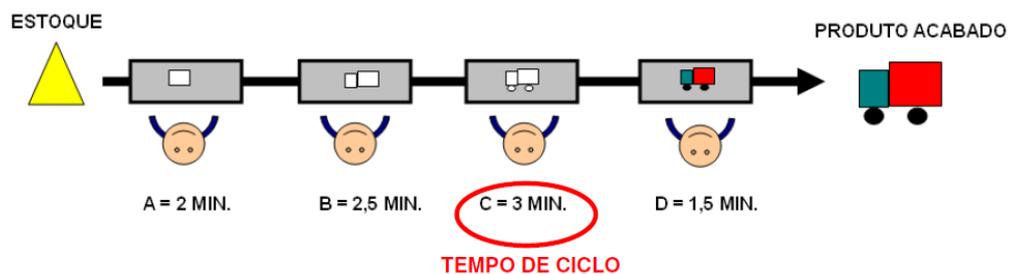
Para Tapping *et al.* (2002), “o tempo de ciclo é o tempo do início de uma operação até a operação estar completa”, ou seja, é o tempo de processamento de um produto como é mostrado pela Equação 2.

$$TC = [\text{tempo de prod. efetivo por turno} / \text{prod. por Posto de Trabalho por turno}] \quad (2)$$

Nota-se que quando a tempo de ciclo da operação é mais lenta que a quantidade de peças que é produzida pela linha, ou seja, a operação com maior tempo de ciclo da linha afeta diretamente a produtividade (MORTIMER, 2006).

Para análise de produção de uma máquina ou equipamento utiliza-se o tempo padrão, que é o tempo necessário para a fabricação de um determinado produto, mas quando está analisando uma linha de produção, deve ser consideradas as relações entre os equipamentos e as operações para a definição do tempo de ciclo. A Figura 01 apresenta um esquema de linha de produção e os tempos de cada Posto de Trabalho.

Figura 01 - Linha de Produção e Tempo de Ciclo



Fonte: Blati, Kelency e Cordeiro (2010, p. 23)

Nota-se que na Figura 01 o produto ou peça passa por quatro postos de trabalho até se tornar um produto acabado, ou seja, pronto para ser enviado para o cliente. Em cada Posto de Trabalho nota-se seu respectivo tempo padrão para que a tarefa daquele posto seja executada.

Nota-se que na Figura 01 o tempo de ciclo é da operação C, ou seja, 3 minutos. Somente após esse período de tempo é possível ter um novo ciclo completo, sendo assim pode-se definir que o tempo de ciclo em uma linha de produção representa tempo de operação de um

Posto de Trabalho ou de uma máquina que está no seu limite, ou seja, não tem como produzir com um tempo menor, tornando assim um gargalo para a linha de produção.

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

Ainda Paranhos (2007), conceitua o termo gargalos como a restrição de um sistema produtivo, considerando uma máquina produzindo com uma produtividade de 9 peças por hora, mesmos que as demais máquinas, equipamentos ou postos de trabalho de uma linha produtiva possuam uma produtividade maior, toda linha produtiva seguirá um ritmo de nove peças por hora, assim, se tornando um gargalo a máquina que tem a produtividade de nove peças por hora, pois ela que ditará o ritmo para toda linha de produção.

2.2.1 Tempo Normal

Pode-se definir como tempo normal o tempo necessário para que um operador qualificado execute uma operação, trabalhando em um ritmo normal desconsiderando qualquer tipo de tolerâncias, mas no decorrer do dia o operador sofre interrupções, tanto por necessidades fisiológicas como por motivos indiretos, ou seja, ocorridos por fatores externos (BARNES, 1999).

Segundo Slack *et al.* (2002), quando estiver observando um operador em suas tarefas no Posto de Trabalho na linha de produção deve-se considerar: velocidade de movimento, esforço, destreza, consistência e etc.

Entende-se que durante a tomada de tempo, o operador está sendo avaliado se está trabalhando acima ou abaixo do ritmo normal. A avaliação dependerá do cronometrista e a taxa atribuída para um ritmo de tempo normal é de 100%, com possibilidade de variação para mais e para menos.

Pode-se concluir que o tempo normal é o produto do tempo real pelo ritmo do operador, conforme Equação 3.

$$TN = TR \left(\frac{\% \text{ Ritmo}}{100} \right) \quad (3)$$

Onde:

TN = Tempo Normal

TR = Tempo Real

Exemplo: para um tempo real de 2,00 min e um ritmo avaliado em 85%, o tempo normal é de 1,70 minutos.

2.2.1 Tempo Padrão

Barnes (1999) define o tempo padrão com o tempo normal mais a tolerâncias, ou seja, o tempo adequado para produzir um item, consideração tempos de *setup* (tempo para trocar uma ferramenta ou mudança de produção), tempo efetivo de produção considerando fadigas do operador e paradas necessárias que foge do controle do operador, por exemplo: necessidades fisiológicas, limpeza de máquina e etc.

Para Martins (2005) e Barnes (1977), os tempos padrões de uma linha de servem como referência para tempos de produção e analisar o desempenho da linha de produção.

Para a definição do tempo padrão sugere-se que seja realizado a cronometragem, caso não seja possível a cronometragem, pode ser implantado controles de produção para calcular o tempo médio de produção para um determinado produto, ou seja, esse tempo médio seria o tempo normal de produção de um produto, isso seria o tempo normal médio.

Ao definir o tempo normal médio é necessário acrescentar algumas tolerâncias, tais como:

- 1) Tolerância Pessoal (tp): tempo para necessidades fisiológicas. Peinado e Graeml (2007) adotam o valor de 2 a 5% (0,02 a 0,05) do tempo para tp.
- 2) Tolerância para Espera (te): paradas de máquinas e outra interrupções externas, tais como queda de energia e interrupções dos supervisores da área.

Tendo o Tempo Normal (TN) médio com as tolerância, pode-se estabelecer o tempo padrão (TP) conforme fórmula na Equação 4.

$$TP = [TN \times (Tp + Te)] \quad (4)$$

Onde:

TP: tempo padrão

TN: tempo normal

Tp: tolerância pessoal

Te: tolerância para espera

2.3 Balanceamento de Linha de Produção

Segundo Assis (2011, p. 01), em um conjunto de Postos de Trabalho (PT) onde as posições dos mesmos ficam em um mesmo lugar e as operações seguem um mesmo fluxo lógico, isso é considerado uma linha de produção. Henry Ford foi o idealizador da primeira

linha de produção, e isso aconteceu em meados de 1939 (CORREA; CORREA, 2004). Numa linha de produção pode haver de um a diversos operadores realizando manualmente operações com ferramentas ou equipamentos de pequeno porte.

Segundo Peinado e Graeml (2007) e Moreira (2000), para que seja feito um balanceamento de linha, coleta-se o tempo total para execução ou montagem de um determinado produto e faz a distribuição desse tempo nos postos de trabalho de tal forma que esse tempo esteja nivelado.

Balancear uma linha de montagem é o processo por meio do qual a carga de trabalho é dividida entre os operadores em uma linha de produção de modo a atender o tempo *takt time* (TAPPING *et al.*, 2002). Assim, o balanceamento de linha pode ser definido como a distribuição das tarefas dos Postos de Trabalho (PT) de uma linha de produção de forma que essa distribuição seja uniforme e balanceada entre o postos de trabalho (ASSIS, 2011, p. 01).

Entre as principais vantagens do balanceamento das operações estão a redução dos tempos “mortos”, ou seja, ociosidade de uma determinada máquina, equipamento e mão de obra, identificação e eliminação de gargalos que impede o fluxo produtivo, identificação e melhorias nos arranjos físicos de produção, redução de desperdícios do tempo de produção e fabricação de uma determinado produto, redução de custos produtivos e aumento da produtividade, e isso com baixo investimento, somente com análise, coleta de dados e balanceamento das operações (PEINADO; GRAEML, 2007).

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

2.3.1 Arranjo Físico

Quando pretende-se reformular plantas industriais ou operações produtivas é necessário estudar o *layout*, ou arranjo físico (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001). Segundo Aguiar, Peinado e Graeml (2007) existem cinco formas de se organizar um arranjo físico produtivo:

- Arranjo por produto ou por linha;
- Arranjo por processo ou funcional;

- Arranjo celular;
- Arranjo por posição fixa ou posicional;
- Arranjo misto.

Na fundamentação desse trabalho será analisado o arranjo físico por produto ou por linha devido as características desse arranjo serem as mesma que a do estudo de caso e a mais propícia para o balanceamento de linha.

2.3.2 Arranjo por Linha

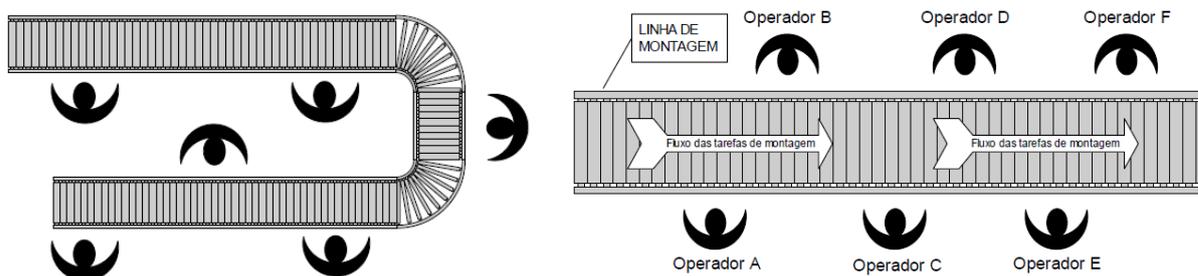
Segundo Aguiar, Peinado e Graeml (2007, p. 4) esse tipo de arranjo físico é utilizado nos seguintes segmentos:

- **Indústrias montadoras:** praticamente todas as montadoras utilizam um arranjo por produto. Este é o caso de linhas de montagem de automóveis, eletrodomésticos, bicicletas, brinquedos, aparelhos eletrônicos, entre outros.
- **Frigoríficos:** indústria de produtos frigoríficos de carne bovina, suína, frango e seus derivados são normalmente estruturados seguindo um arranjo em linha, o processo inclui, inclusive, o sistema de abate dos animais.
- **Serviços de restaurante por quilo:** um restaurante que vende comida a quilo utiliza uma espécie de linha de montagem de pratos, em que o próprio cliente realiza parte do processo produtivo ao seguir a fila e se abastecer dos alimentos desejados.

Ainda Aguiar, Peinado e Graeml (2007, p. 5), no arranjo por produto toda linha de produção é colada em sequência de montagem, onde são posicionadas os postos de trabalho com suas respectivas máquinas e equipamentos e nesse processo o fluxo produtivo exige operações e montagem de forma balanceada garantindo que o fluxo produtivo padronizado.

O Arranjo físico por produto ou por linha pode ser feito em forma de “U” ou “S” para otimização de espaço físico, ou seja, aproximação das etapas de trabalho e este tipo de arranjo físico não precisa ser necessariamente em linha reta (AGUIAR; PEINADO; GRAEML, 2007). Na Figura 02 pode-se visualizar exemplos de arranjos físicos em “U” e em linha reta.

Figura 02 – Arranjo físico em “U” e em linha reta



Fonte: Aguiar, Peinado e Graeml (2007, p. 5)

O arranjo físico por linha ou por produto tem como característica produção em massa com alta produtividade, podendo manter a carga máquina cheia e o controle da produtividade. E também nota-se que as operações são repetitivas, de baixa complexidade e automatizadas, tornando assim, fácil para fazer balanceamento da linha produtiva, pois o mesmo tipo de produto está sendo produzido naquela respectiva linha, sendo que o controle da velocidade do trabalho também pode ser controlado (AGUIAR; PEINADO; GRAEML, 2007).

2.4 Procedimentos para o Balanceamento de Linha de Produção

Para que o balanceamento de linha seja realizado com eficácia, Sahoo *et al.* (2008), Álvarez *et al.* (2008) e Tapping *et al.* (2002) apontam os seguintes passos:

- O mapeamento da linha de produção
- Determinando o tempo de ciclo
- O tempo de paradas
- Estoque em processo e movimentação de materiais.

Isso serve para poder observar o estado atual da determinada linha de produção analisada e também auxiliar para determinar o possível estado futuro.

Uma das formas para o mapeamento da linha de produção é o estudo de tempos e métodos, pois para Mortimer (2006) e Rother e Harris (2002), a análise das tarefas dos operadores é fundamental para a realização do balanceamento de uma linha produtiva, possibilitando analisar e identificar as variações, ou seja, ociosidade ou gargalos nas tarefas dos operadores numa respectiva linha de produção.

Para Aguiar, Peinado e Graeml (2007), para o balanceamento de uma linha de produção consiste nas seguintes etapas:

- Separar as operações do Posto de Trabalho de forma que possam ser analisadas individualmente;
- Cronometrar o tempo de cada operação do Posto de Trabalho;
- Elaborar a sequência das operações adequadamente;
- Fazer um diagrama com as etapas das operações;
- Calcular o tempo de ciclo determinando a quantidade de Postos de Trabalho necessários;
- Definir as operações de cada Posto de Trabalho seguindo uma sequência lógica da linha de produção;
- Fazer o balanceamento da linha com que a carga de trabalho em cada Posto de trabalho sejam os mesmos.
- Verificar tempos ociosos e a eficiência da linha de produção.

Um outro ponto muito importante que precisa ser conhecido para poder realizar o balanceamento de linha de produção é o *takt time*. Para Tapping *et al.* (2002) o *takt time* é “o ritmo da demanda, ou seja, é a taxa com a qual a empresa precisa produzir um produto para atender a demanda do cliente”. O *takt time* é calculado de acordo com a Equação 5.

$$Takt\ time = [\text{tempo de produção efetivo por turno} / \text{demanda do cliente por turno}] \quad (5)$$

É de fundamental importância relacionar o *takt time* e o tempo de ciclo. Para Roter e Harris (2002) se o tempo de ciclo for menor que o *takt time*, pode-se ter excesso de produção devido a linha estar produzindo mais itens que o necessário para uma determinada demanda. Após coletados os tempos, tem-se agora o conhecimento de todos os tempos, dando sequência no estudo, é necessário analisar as atividades que estão gerando variação no fluxo e as que são possíveis desperdícios (ROTHER; HARRIS, 2002).

Para Aguiar, Peinado e Graeml (2007), “os principais indicadores do desempenho de uma linha de produção são o tempo de ciclo, a capacidade de produção, o nível de produção, o número de estações de trabalho, o índice de ociosidade e o grau de utilização” (AGUIAR; AGUIAR; WILHELM, 2006).

2.4.1 Capacidade de produção

Segundo Aguiar, Peinado e Graeml (2007, p. 9) “a capacidade de produção é obtida em função do tempo disponível e do tempo de ciclo”, ou seja, é o tempo de trabalho dividido pelo tempo necessário para produzir uma peça na linha de produção, conforme a Equação (6).

$$\text{Capacidade de Produção} = \frac{\text{Tempo disponível}}{\text{Tempo de Ciclo}} \quad (6)$$

Supondo que, no exemplo de linha de produção com três estações de trabalho, a empresa trabalhe oito horas por dia, ou seja, 480 minutos por dia, a um ritmo de produção de uma peça a cada 0,83 min (50 s), então, a capacidade de produção é de 576 peças por dia, como se pode observar na Equação a seguir (AGUIAR; PEINADO; GRAEML, 2007).

$$\text{Capacidade de Produção} = \frac{480}{0,8333} \cong 576 \text{ peças por dia}$$

2.4.2 Nível de produção desejado

Caso a demanda for maior que 576 peças por dia será necessário reconfigurar a linha de produção, ou seja, aumentar o número de estações de trabalho ou o número de operadores no Posto de Trabalho, sendo assim deve-se calcular o tempo de ciclo necessário para atender a demanda, conforme Equação 7 (AGUIAR; PEINADO; GRAEML, 2007):

$$\text{Tempo de Produção desejavel} = \frac{\text{Tempo disponível}}{\text{Demanda}} \quad (7)$$

Supondo que a demanda seja de 900 peças por dia tem-se o seguinte tempo de ciclo:

$$\text{Tempo de Produção desejavel} = \frac{480}{900} \cong 0,5333 \text{ min por peça}$$

Ou seja, aproximadamente 32 segundos.

2.4.3 Número de estações de trabalho

O número necessário de estações para atender a demanda, no caso de todas as atividades serem realizadas, sequencialmente, pelos mesmos recursos produtivos (mão-de-obra+equipamentos) pode ser calculado usando a Equação 8 a seguir (AGUIAR; PEINADO; GRAEML, 2007):

$$\text{Número de estações de trabalho} = \frac{\sum \text{tempos individuais}}{\text{tempo de ciclo}} \quad (8)$$

No exemplo, suponha-se que na linha tem um tempo ciclo total de 127 segundos (2,12 minutos) e o tempo de produção desejado de 0,533 minutos por peça, obtém-se então 3,97 estações de trabalho ou operadores para uma linha de produção para atender à demanda de 900 peças por dia, conforme o cálculo a seguir.

$$\text{Número de estações de trabalho} = \frac{2,12}{0,5333} \cong 3,97 \text{ estações de trabalho}$$

Nota-se que a linha de produção dada no exemplo deve ter no mínimo 4 estações de trabalho ou operadores, caso isso não seja possível, essa linha não atenderá a demanda de 900 peças por dia.

2.4.4 Índice de ociosidade

Em uma linha de produção sempre existem estações de trabalho com atividades de menor tempo de produção, onde ocorre a diminuição do ritmo do operador ou em paradas para esperar que as outras estações concluam a sua parte do trabalho, trata-se de tempo ocioso que deve ser medido e controlado. O percentual de tempo ocioso na linha de produção é dado pela soma dos tempos ociosos de todas as estações que tiverem carga de trabalho inferior à maior carga possível, dividida pelo tempo total de trabalho sobre o produto, que é dado pelo número de estações de trabalho multiplicado pelo tempo de ciclo, conforme mostrado na Equação 9 (AGUIAR; PEINADO; GRAEML, 2007).

$$\% \text{ de ociosidade} = \frac{\sum \text{tempos ociosos das estações}}{\text{Número de estações} \times \text{tempo de ciclo}} \quad (9)$$

Caso utilizar um tempo de ociosidade de 23 segundo e o um tempo de ciclo de 50 segundo numa linha com três estações tem-se um índice de ociosidade de 15,33% conforme cálculo abaixo:

$$\% \text{ de ociosidade} = \frac{\sum \text{tempos ociosos das estações}}{\text{Número de estações} \times \text{tempo de ciclo}} = \frac{23}{3 \times 50} \cong 0,1533$$

2.4.5 Grau de utilização

O grau de utilização representa o quanto da mão-de-obra e dos equipamentos disponíveis na linha de produção está sendo utilizado. É o complemento do índice de ociosidade para atingir 100% conforme mostra a Equação 10 (AGUIAR; PEINADO; GRAEML, 2007).

$$\text{Grau de utilização} = 1 - \text{Índice de ociosidade} \quad (10)$$

Conforme apresentado nos exemplos, pra um índice de ociosidade de 15,33% (0,1533), tem-se grau de utilização de 84,67% (0,8467), como calculado abaixo.

$$\text{Grau de utilização} = 1 - 0,1533 = 0,8467$$

2.4.1 Análise da Situação Atual e dos Desperdícios

Para poder desenvolver um balanceamento de linha de produção com propostas de melhorias, primeiramente deve-se identificar as operações que agregam e não agregam valor a um produto (SAHOO *et al.*, 2008).

Para Hines e Taylor (2000) apud Gori (2012) existem três tipos de atividades dentro da organização:

1. Atividades que agregam valor: atividades que transformam e tornam o produto mais valioso.
2. Atividades que não agregam valor: atividades desnecessárias, desperdícios que devem ser eliminados o quanto antes.
3. Atividades necessárias, mas que não agregam valor: atividades que não agregam valor ao produto, mas que são necessárias.

Para Mortimer (2006) e Menegon *et al.* (2003) apud Gori (2012) é necessário eliminar os desperdícios, ou seja, atividades que não agregam valor ao produto durante o balanceamento das operações da linha de produção, criando assim um fluxo contínuo sem interrupções. Também pode-se considerar como desperdícios: tempo de espera, movimentação e transporte.

Uma alternativa para identificar desperdícios e atividade que agregam e não agregam valor de um produto ou operação é a criação de gráficos de balanceamento das atividade do Posto de Trabalho do operador.

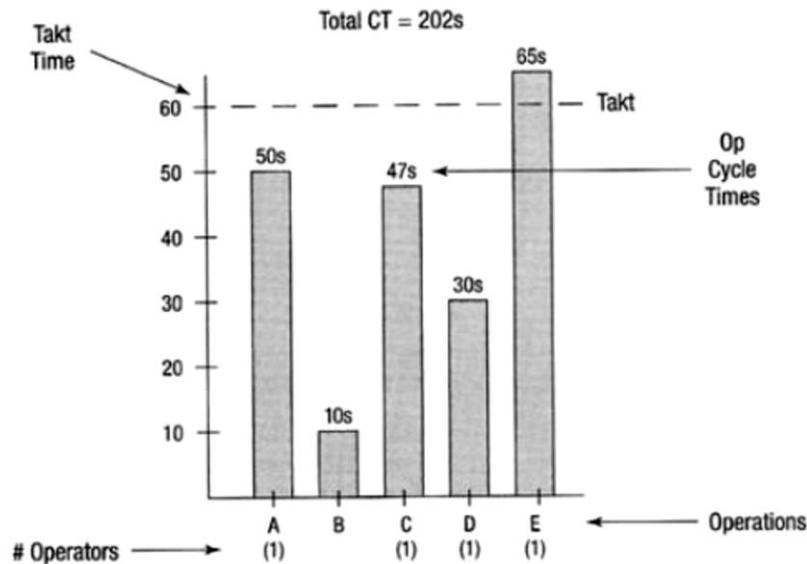
2.6 Gráfico de Balanceamento de Operadores

Segundo Gori (2012) o gráfico de balanceamento de operador (GBO) pode ser usado, primeiramente para mostrar a situação real do balanceamento de uma linha de produção e, de uma forma detalhada mostrar quais atividades cada operador executa em seu Posto de Trabalho, pode-se também identificar quais postos de trabalho estão com tempo ocioso ou qual possui gargalos. No estado futuro pode-se fazer uma distribuição de tarefas para que a linha fique conforme o *takt time*, em caso de linha, como será descrito no próximo capítulo, no qual a linha segue o tempo de ciclo de uma máquina termoformadora, as operações fique conforme o tempo de ciclo da máquina. Para ter uma referência para a análise do balanceamento e como as operações estão distribuídas, coloca-se a linha do *takt* como referência (GOMES et al., 2008).

Segundo Gori (2012) para fazer o GBO, primeiro deve cronometrar as operações de trabalho de maneira detalhada, separando cada operação das demais atividades realizadas pelo operador em uma linha de produção ou Posto de Trabalho.

No gráfico da Figura 03 (GBO) nota-se de forma clara operações com tempos ociosos e tempos acima da linha de referência do *takt*. Nota-se que os operadores A, B, C e D estão com tempo de ciclo abaixo do tempo do *takt*, enquanto o operador E com o tempo acima do *takt*.

Figura 03 - Gráfico de balanceamento dos operadores (GBO)



Fonte: Gori (2012, p. 4)

No gráfico da Figura 03 nota-se uma imagem do estado atual da respectiva linha de produção, o próximo passo é analisar as operações e propor melhorias, no qual possibilite a distribuição das atividades do operador E para os operadores das operações antecedentes, e assim toda a linha esteja abaixo da linha de referência do *takt time*. Quando se desenhar o “estado futuro” da linha, devem-se levar em conta as melhorias propostas durante a fase do *kaizen* (ROTHER; HARRIS, 2002).

2.7 Distribuição do trabalho

Após uma análise criteriosa do estado atual, no qual foram identificados os desperdícios e realizadas as melhorias, o próximo passo para a realização do balanceamento de linha é determinar o número de operadores necessários para a respectiva linha, isso faz-se dividindo o tempo total de todas as operações (conteúdo total de trabalho) pelo *takt time*, no estudo de caso do capítulo a seguir, seria a divisão do tempo total de toda a linha pelo tempo de ciclo da máquina termoformadora (GORI, 2012), conforme a Equação 11. O conteúdo total do trabalho é a soma dos tempos de ciclo (ROTHER; HARRIS, 2002).

$$\text{Número de operadores} = [\text{Conteúdo de trabalho} / \text{takt time, ou ciclo}] \quad (11)$$

Exemplo: caso uma linha tenha um conteúdo total de trabalho de 15 minutos (900 segundos) e um tempo de ciclo de 240 segundos tem-se a seguinte situação:

$$\text{Número de operadores} = \frac{900 \text{ segundos}}{240 \text{ segundos}} \cong 3,75 \text{ operadores}$$

Ou seja, para esse linha de produção serão necessários 4 operadores.

2.8 Padronização das operações

Barnes (1977) define padronização como o melhor método para a execução de tarefas de postos de trabalho de forma que todos os operadores façam da mesma forma garantindo a qualidade do material, máquinas e equipamentos e as condições de trabalho seguras. As operações devem ser documentados e disponibilizadas nos postos de trabalho para que os operadores façam suas tarefas atendendo as especificações do produto.

Segundo Tapping *et al.* (2002) apud Gori (2012, p. 5) “trabalho padronizado é um procedimento que estabelece métodos e sequência para cada processo e é considerado a base para conseguir alta produtividade, qualidade e segurança”.

Nota-se que o balanceamento de linha vai muito além de apenas a cronometragem dos tempos das operações, coleta e organização dos dados, tabulação e exposição gráfica; envolve também uma análise crítica da linha, no qual melhorias e padronização são realizados e tudo documentado em instruções de trabalho para que os operadores executem as atividades com qualidade e assegurando com que a linha siga um fluxo contínuo sem interrupções e desperdícios.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 A Empresa

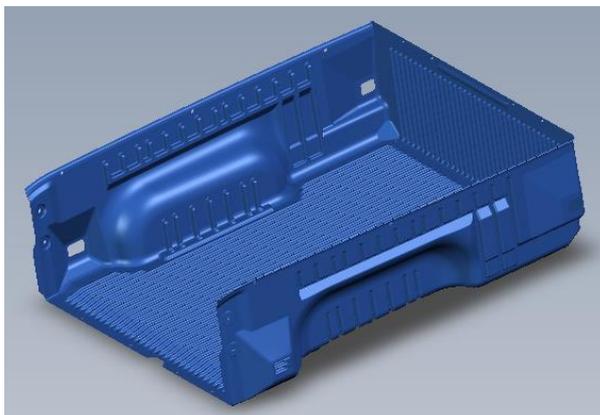
A empresa estudada iniciou suas atividades em 1976, sendo uma empresa de grande porte, com aproximadamente 1400 colaboradores. É considerada uma das empresas mais completas do país no segmento em que atua, sendo reconhecida no mercado nacional e internacional. Atua com oito processos de transformação: termoformagem, extrusão, sopro, rotomoldagem, borracha injeção, injeção espumada estruturada e cerâmica.

Esta empresa tem como foco o segmento de transformação de polímeros, fornecendo embalagens para as indústrias química, agroquímica, alimentícia, componentes automobilísticos e autopeças - componentes técnicos, agropecuária e laticínios. Além disso, oferece soluções logísticas e componentes técnicos feitos de borracha e cerâmica para indústrias de alta tecnologia.

3.2 O Produto

Dentre a diversidade de produtos poliméricos que essa empresa produz, o foco desse estudo foi em uma linha de produção de um produto automotivo, especificamente um protetor de caçamba para um veículo utilitário de uma grande montadora (Figura 04).

Figura 04 - Protetor de caçamba e veículo no qual é utilizado



Fonte: a empresa.

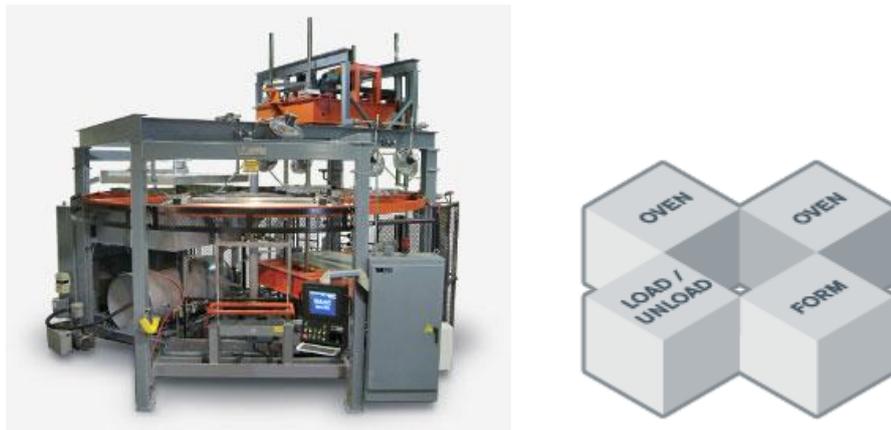
Essa empresa de transformação de polímeros conquistou este projeto/produto de uma grande montadora. Onde a mesma, que antes vendia protetores de caçamba (*bed liners*) para o

mercado de reposição, teve o grande desafio de fornecer diretamente para uma montadora de automóveis. Nesse negócio, são maiores as exigências no preço, na qualidade (especificações de projeto), no prazo de entrega do produto e entre outras.

3.3 Processo de Transformação

Esse item é produzido em uma máquina termoformadora. Essa máquina é de grande porte e possui quatro estações, sendo elas: abastecimento, aquecimento das chapas, termoformagem à vácuo (processo de *vaccum forming*) e, por fim, estação de carga e descarga. Um equipamento similar pode ser visualizado na Figura 05.

Figura 05 - Máquina Termoformadora e as suas estações.



Fonte: Maacmachinery (2016).

No início do projeto foi necessário investimento em uma linha complexa e na automação dos processos. Devido à alta exigência das operações foi necessário o investimento em uma célula robotizada (Figura 06). A célula robotizada é composta de dois berços de usinagem e um robô de seis eixos do fabricante ABB, operando da seguinte forma: enquanto o robô realiza o processo de usinagem do produto em um dos berços, no outroberço, os operadores fazem o *setup* para que, no momento em que o robô finalize a usinagem no primeiro berço, o segundo berço já esteja pronto para a execução da usinagem, seguindo um ciclo contínuo.

Figura 06 - Célula Robotizada

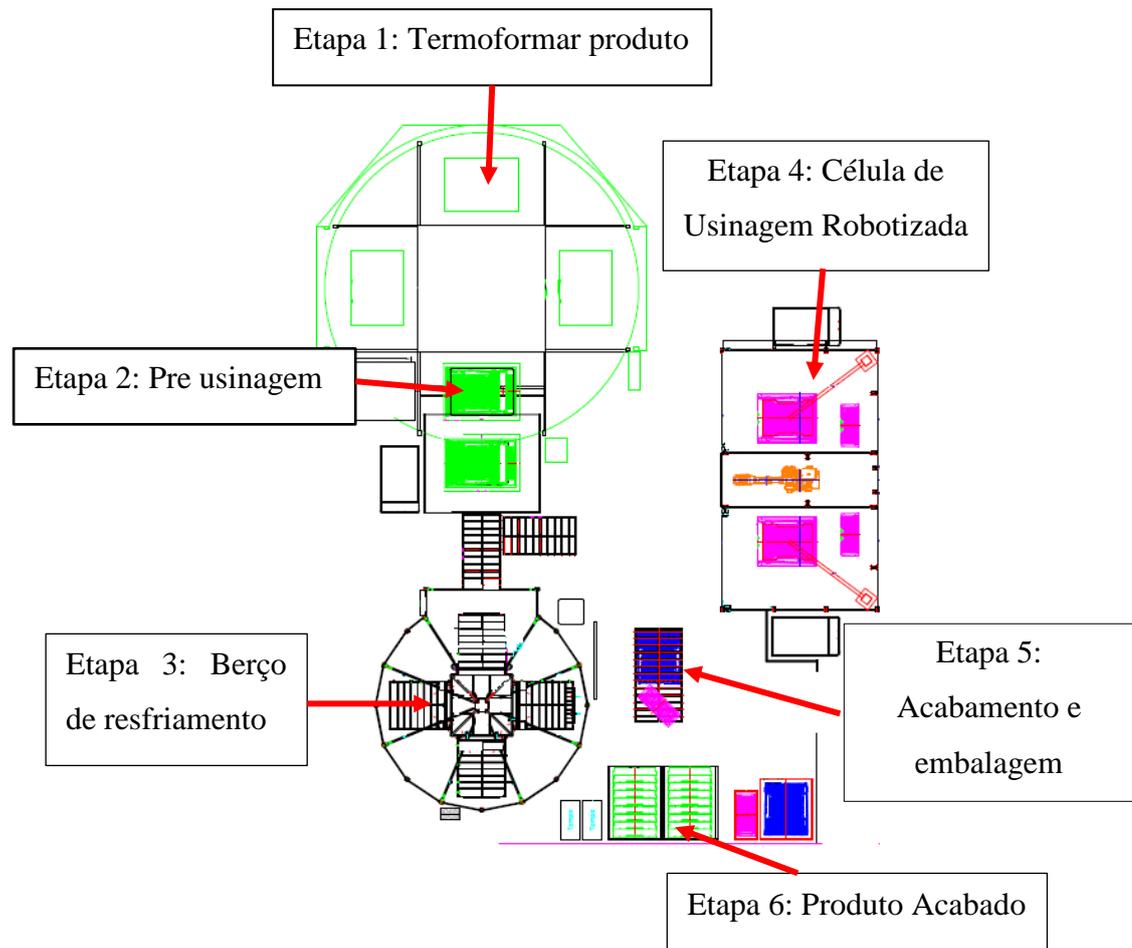


Fonte: o autor

3.3.1 Tipo de Layout da Linha de Produção Estudada

O produto em estudo está disposto em um arranjo físico por linha ou por produto, pois a linha de montagem foi desenvolvida e agrupada para a fabricação desse único produto, ou seja, máquinas, equipamentos e fluxo produtivo é destinado para o protetor de caçamba. Pode-se analisar o fluxo da linha produtiva do protetor de caçamba e o arranjo físico por linha ou por produto em “S” conforme a Figura 07.

Figura 07 - Arranjo físico por linha ou produto



Fonte: a empresa

Nota-se na Figura 07 como estão posicionados os equipamentos e as etapas na linha de produção estudada. Na etapa 1 encontra-se a máquina termoformadora, na qual o produto é formado. Na etapa 2 encontra-se o berço de pré usinagem, onde uma parte das rebarbas é retirada e a tampa é destacada do corpo do protetor de caçamba (no processo de termoformagem é formado em uma única peça o corpo do protetor de caçamba e a tampa, e nessa etapa as partes são separadas para se tornarem dois produtos, corpo do protetor de caçamba e tampa do protetor de caçamba).

Na etapa 03 encontra-se o berço de resfriamento, onde o protetor e a tampa resfriam por 3 ciclos, totalizando aproximadamente 15 minutos, antes de seguir para etapa 04, onde é realizada a usinagem final na célula de usinagem robotizada. Nessa etapa (etapa 04) o produto é usinado pelo robô de forma precisa, assim, atendendo as especificações solicitadas pelo cliente. Na etapa 05, é feito o acabamento, a inspeção e embalagem do produto, e por fim, indo

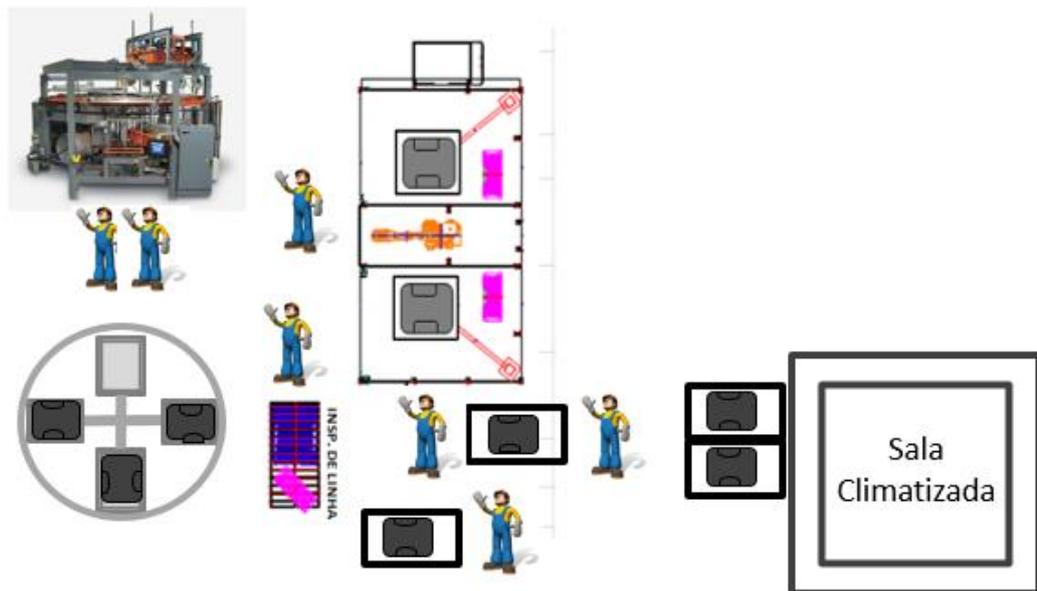
para a etapa 06, onde o produto está pronto para ser armazenado na área de produto acabado e enviado para expedição.

3.3.2 Histórico do projeto

No início do projeto foi definido que seriam necessários 07 operadores para a linha produtiva dos protetores de caçamba. Como essa empresa de transformação de polímeros trabalha em três turnos, nessa linha seriam necessários 21 colaboradores.

A divisão inicial desses postos na linha foi realizado da seguinte forma: 02 operadores na máquina, ou seja, no abastecimento da máquina termoformadora, pré-usinagem e abastecimento do carrossel de resfriamento, 02 operadores na usinagem do robô, 02 operadores na operação de acabamento e embalagem e 01 operador na inspeção de linha. A Figura 08 exibe a disposição dos colaboradores na linha de produção.

Figura 08 - Distribuição dos operadores na linha de produtiva



Fonte: Elaborado pelo autor

Essa quantidade de operadores na linha foi definido de forma preliminar para atender as exigências do cliente, que tinha como premissa um alto índice de qualidade. Pode-se destacar também que esse processo era um processo totalmente novo, essa empresa não tinha experiências com esse tipo de cliente e processos automatizados implantados para a produção do produto exposto.

Nessa linha de produção, o fluxo das operações segue a produção da máquina termoformadora que tem uma produção de 15 peças por hora (ciclo de 240 segundos – Equação 1), ou seja, todos os postos de trabalho tem que seguir um fluxo balanceado e sem interrupções conforme produção da máquina. Utilizando-se a Equação 2 pode-se calcular o tempo de ciclo.

$$TC = [\text{tempo de prod. efetivo por turno} / \text{prod. por Posto de Trabalho por turno}]$$

$$TC = 28800 \text{ segundos} / 120 \text{ peças} = 240 \text{ segundos}$$

A carga horária dessa linha de produção é de segunda a sábado e em três turnos, turnos de oito horas cada, sendo que a montadora tem suas atividades produtivas de segunda a sexta e a cada quinze dias trabalha um sábado. Utilizando-se a Equação 5 pode-se calcular o *Takt time*.

$$Takt\ time = [\text{tempo de produção efetivo por turno} / \text{demanda do cliente por turno}]$$

$$Takt\ time: 28800 \text{ segundos} / 80 \text{ peças} = 360 \text{ segundos}$$

A demanda diária solicitada pelo cliente era de 240 peças por dia, ou seja, 10 peças por hora ou 80 peças por turno com o *takt time* de 360 segundos. Nota-se que a necessidade do cliente é de 80 peças por turno e capacidade produtiva da máquina termoformadora é de 120 peças por turno, ou seja, essa máquina atende a necessidade do cliente, representando 67% da sua capacidade produtiva, os outros 33% a empresa estudada optou para produzir estoques de segurança e destinar horas para manutenção preventiva e assim garantir as entregas no prazo.

3.3.3 Necessidade de melhorias

Todo ano a montadora automobilística tem como característica estudar junto a seus fornecedores meios para redução de custos. A empresa estudada, conhecendo essa característica, iniciou uma análise crítica dos seus processos para eliminar desperdícios garantindo o melhor desempenho produtivo.

Nessa análise foi realizado um balanceamento da linha produtiva da máquina termoformadora visando reduzir desperdícios, eliminar gargalos e balancear o trabalho de cada colaborador da linha, sendo assim foi necessário fazer um estudo de Tempos e Métodos.

3.4 Equipamentos Utilizados no Estudo de Caso

Para a realização do estudo de casos foram utilizados: um cronômetro centesimal; uma filmadora, folhas de observações, prancheta e calculadora. A Tabela 04 ilustra os equipamentos utilizados.

Tabela 04 – Instrumentos utilizados para Estudos de Caso.

Cronômetro centesimal (1min = 100 partes)
ou sexagesimal (1min = 60 partes)



Filmadora



Folha de observações

ESTUDO DE TEMPO												DATA: 18 / 08 / 2014					
PROPOSTA: CENTRO SERVIÇO PÚBLICO AERONÁUTICA												Nº 130348		MÓDULO: 07/2008		Nº DE CATEGORIA: 4	
SOLICITANTE: 1.001-2												OPORTUNIDADE: 000000		EQUIPE:		CATEGORIA:	
TÍTULOS DE PRODUÇÃO												ACORDADA		AUTORIZADA			
Código de Classif.												Tempo de Instalação		Tempo de Manutenção		Tempo de Operação	
Observações												Tempo de Instalação		Tempo de Manutenção		Tempo de Operação	
OBSERVAÇÃO												TEMPO		CATEGORIA		MÉDIA	
Módulo Alameda	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Módulo Portão	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
												TEMPO TOTAL		0,382			
TEMPO DE CÁLCULO: 0,007												MÚLTIPLICAÇÃO: 6,23		PROCESSO: 0,0000000000			
TEMPO DE CÁLCULO: 0,115												MÚLTIPLICAÇÃO: 0,18		ORIGEM: 0,0000000000		PRODUÇÃO: 0,0000000000	

Prancheta



Calculadora



Fonte: o autor

3.5 Estudo de Tempo e Métodos do Estado Atual

Para a realização do estudo de tempos e métodos do estado atual foram realizados os seguintes passos:

- 1) Análise do processo produtivo;

- 2) Divisão da Linha por postos de trabalho
- 3) Filmagem da linha produtiva;
- 4) Divisão das atividades por Posto de Trabalho
- 5) Divisão das atividades por operador;
- 6) Pré cronometragem do estado atual
- 7) Realização do estudo de tempo do estado atual.

3.5.1 Análise do Processo Produtivo

Iniciando os estudos foi realizada uma análise macro do processo produtivo como um todo desde o abastecimento da máquina termoformadora até a embalagem do produto final (Figura 09).

Figura 09 - Análise do processo produtivo



Fonte: o autor

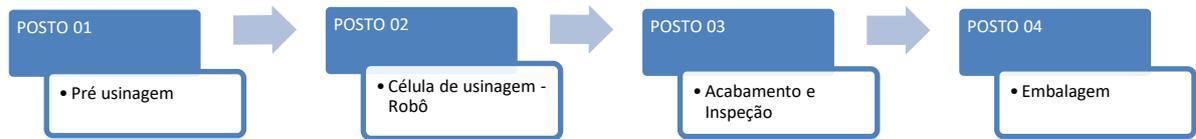
Nota-se que o processo a ser estudado inicia-se no abastecimento da máquina termoformadora até o momento que em a peça é embalada e disposta para que seja retirada e enviada para a expedição. Assim é possível identificar o início e término dessa linha, o que facilitará no momento que o estudo será realizado, pois pode-se separar os Postos de Trabalho (PTs) e as etapas de cada Posto de Trabalho (PT).

3.5.2 Divisão por postos trabalho

Feita a análise do processo produtivo, é importantíssimo saber em quantos postos de trabalho essa linha está dividida. Isso é necessário para a realização do estudo de tempo por Posto de Trabalho. Essa medida facilitará o estudo de tempo do estado futuro para a distribuição das atividades de forma balanceada.

A linha está dividida em quatro postos de trabalho, sendo o posto 01 a pré-usinagem, posto 02 célula de usinagem – robô, posto 03 acabamento e inspeção, e por fim, o posto 04 sendo o posto de embalagem. A Figura 10 apresenta esquematicamente os postos de trabalho da linha.

Figura 10 - Divisão por postos de trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor

3.5.3 Filmagem da linha produtiva

Com o intuito de uma análise mais detalhada da linha e a necessidade da divisão dos postos de trabalho por elementos de trabalho, foram realizadas três filmagens de cada Posto de Trabalho e suas possíveis operações.

A filmagem da linha possibilita descrever de forma detalhada as atividades de cada posto, e também a tarefa de cada operador. Além disso, é possível detectar gargalos, atividades que agregam valor, desperdícios, movimentos excessivos e tempos ociosos.

3.5.4 Divisão das atividades por Posto de Trabalho

Após a realização da filmagem da linha foi possível descrever detalhadamente as atividades de cada Posto de Trabalho conforme Tabela 05, Tabela 06, Tabela 07 e Tabela 08:

No Posto 01 é realizada a pré usinagem do protetor de caçamba, ou seja, é realizado a separação da tampa do corpo do protetor de caçamba, ou seja, é retirado o excesso de rebarbas. Nesse posto também são realizadas outras operações, tais como: abastecimento de placas, posicionamento do protetor no berço de usinagem, usinagem, movimentação do produto para o próximo posto entre outras operações, conforme demonstrado na Tabela 05.

Tabela 05 – Atividades detalhadas do Posto 01

POSTO 01: PRÉ-USINAGEM
Operações
1) Descida da peça (Lift table)
2) Retirar peça da máquina e colocar no berço de usinagem
3) Colocar moldador no gancho
4) Passar ar na placa
5) Abastecer máquina com placa (Fixar no frame)
6) destacar tampa
7) Usinar contorno do corpo
8) Retirar moldador
9) Transportar Proteto/tampa para carrossel de refriam.
10) Fixar Protetor no Carrossel de resfriamento
11) Girar Carrossel de resfriamento
12) Abastecer Lift table com placa
13) Retirar peça do carrossel de resfriamento

Fonte: o autor

Após o produto pré usinado passar pelo processo de resfriamento, o produto passa pelo Posto 02, onde é realizada a usinagem atendendo as especificações do cliente. Essa usinagem é realizada em um célula robotizada. Na Tabela 06 pode-se analisar todas as operações, de forma detalhada, realizadas no Posto 02.

Tabela 06 – Atividades detalhadas do Posto 02

POSTO 02: CÉLULA DE USINAGEM - ROBÔ
Operações
1) Transportar peça para a célula de usinagem
2) Colocar protetor no berço
3) Colocar tampa no dispositivo
4) Posicionar plug
5) Recuar talha
6) Acionar Robô
7) Retirar rebarba do Corpo
9) Jogar rebarba do Corpo no carrinho de sucata
10) Recuar dispositivo da Tampa
11) Retirar rebarba da tampa e jogar no carrinho de sucata
12) Elevar Plug
13) Passar ar
14) Retirar Corpo/Tampa dos berços
15) Transportar Corpo/Tampa para Inspeção de Linha

Fonte: o autor

Realizada a usinagem do produto na célula robotizada, o produto passa pelo Posto 03, onde é feito a inspeção e o acabamento final do produto, conforme informado na Tabela 07.

Tabela 07 – Atividades detalhadas do Posto 03

POSTO 03: ACABAMENTO E INSPEÇÃO
Operações
1) Inspeccionar Corpo
2) Passar ar
3) Inspeccionar Tampa
4) Colar etiqueta do Corpo/Tampa
5) Transportar Corpo/Tampa p/ GP12

Fonte: o autor

E por fim, o produto é embalado no Posto 04 e colocado na área de produto acabado. Na Tabela 08 pode-se analisar as operações de forma detalhada.

Tabela 08 – Atividades detalhadas do Posto 04

POSTO 04: EMBALAGEM
Operações
1) Colocar peça na mesa
2) Colar espuma
3) Embalar Corpo/Tampa
4) Colocar peça no RACK METALICO
5) Transportar RACK METALICO com peças p área de PA
6) Abrir sacaria na mesa

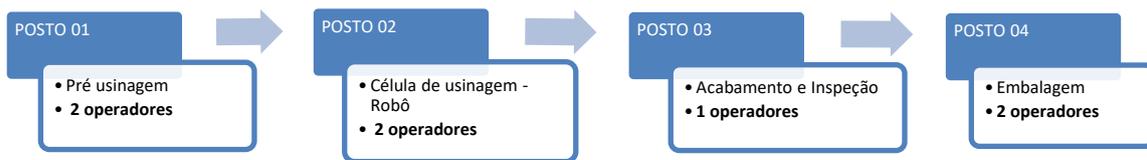
Fonte: o autor

Pode-se analisar que tem muitas atividades concentradas nos postos 01 (treze operações) e 02 (quinze operações) enquanto nos postos 03 (cinco operações) e 04 (seis operações) estão com poucas atividades. O próximo passo é identificar como estão distribuídas as atividades da linha por operador.

3.5.5 Divisão das atividades por operador

Em cada Posto de Trabalho é disposto a quantidade de colaboradores necessários para a execução das operações, na Figura 11 nota-se como está a distribuição de operadores por Posto de Trabalho.

Figura 11 - Distribuição de operadores por Posto de Trabalho



Fonte: o autor

Em cada Posto de Trabalho são necessários 02 operadores devido às grandes dimensões da peça, que inviabilizam que um único operador a movimente de um Posto de Trabalho para outro. Apenas o Posto 03 tem um único operador, pois a peça é colocada por dois operadores do posto 02 em uma bancada, e assim o operador do Posto 03 pode fazer a operação de acabamento e inspeção sem se preocupar em movimentar a peça para o próximo posto, esta operação será feita pelos operadores do Posto 04.

Diante de um estudo prévio foi possível notar que algumas operações eram necessárias ser realizadas por dois operadores conforme pode-se ser analisado nas Tabela 09, Tabela 10, Tabela 11 e Tabela 12 – os operadores estão identificados como operador A, B, C, D, E, F e G.

No Posto 01 são necessários 02 colaboradores, representados pelas letras “A” e “B”, e é possível identificar quais operações cada operador realizada, conforme demonstrado na Tabela 09. São necessários dois operadores devido o produto ser grande e difícil transporte.

Tabela 09 – Atividades detalhadas por operador do Posto 01

POSTO 01: PRÉ-USINAGEM	
Operações	Operador
1) Descida da peça (<i>Lift table</i>)	Máquina
2) Retirar peça da máquina e colocar no berço de usinagem	A e B
3) Colocar moldador no gancho	A e B
4) Passar ar na placa	B
5) Abastecer máquina com placa (Fixar no frame)	A
6) destacar tampa	B
7) Usinar contorno do corpo	A
8) Retirar moldador	A
9) Transportar Protetor/tampa para carrossel de resfriamento	A e B
10) Fixar Protetor no Carrossel de resfriamento	A e B
11) Girar Carrossel de resfriamento	A
12) Abastecer <i>Lift table</i> com placa	B
13) Retirar peça do carrossel de resfriamento	A e B

Fonte: o autor

No Posto 02 são necessários 02 operadores, representados pelas letras “C” e “D”, e na Tabela 10 é possível identificar quais operações cada colaborador realiza. Nesse posto é realizada a pré usinagem e depende de 02 colaboradores devido necessidade de transporte do produto e realização de setup nas células (colocar e retirar peça).

Tabela 10 – Atividades detalhadas por operador do Posto 02

POSTO 02: CÉLULA DE USINAGEM - ROBÔ	
Operações	Operador
1) Transportar peça para a célula de usinagem	C e D
2) Colocar protetor no berço	C e D
3) Colocar tampa no dispositivo	C
4) Posicionar plug	C e D
5) Recuar talha	C
6) Acionar Robô	C e D
7) Retirar rebarba do Corpo	D
9) Jogar rebarba do Corpo no carrinho de sucata	D
10) Recuar dispositivo da Tampa	C
11) Retirar rebarba da tampa e jogar no carrinho de sucata	C
12) Elevar Plug	C
13) Passar ar	C
14) Retirar Corpo/Tampa dos berços	C e D
15) Transportar Corpo/Tampa para Inspeção de Linha	C e D

Fonte: o autor

No Posto 03 é necessário apenas 01 colaborador, representado pela letra “E”, conforme demonstrado na Tabela 11. Nesse posto não necessita de 02 colaboradores devido a peça ser colocada por 02 colaboradores do posto anterior (Posto 02) na bancada de inspeção e acabamento do Posto 03 e retirada por 02 colaboradores do Posto 04 conforme Tabela 12.

Tabela 11 – Atividades detalhadas por operador do Posto 03

POSTO 03: ACABAMENTO E INSPEÇÃO	
Operações	Operador
1) Inspeccionar Corpo	E
2) Passar ar	E
3) Inspeccionar Tampa	E
4) Colar etiqueta do Corpo/Tampa	E
5) Transportar Corpo/Tampa p/ GP12	E

Fonte: o autor

No Posto 04 são necessários 02 colaboradores, representados pelas letras “F” e “G”, conforme detalhado na Tabela 12.

Tabela 12 – Atividades detalhadas por operador do Posto 04

POSTO 04: EMBALAGEM	
Operações	Operador
1) Colocar peça na mesa	F e G
2) Colar espuma	F e G
3) Embalar Corpo/Tampa	F e G
4) Colocar peça no RACK METALICO	F e G
5) Transportar RACK METALICO com peças p área de PA	G
6) Abrir sacaria na mesa	F e G

Fonte: Elaborado pelo autor

3.5.6 Pré Cronometragem do Estado Atual

Utilizando as três filmagens realizadas em cada Posto de Trabalho, ou seja, de toda a linha de produção, foi realizado um estudo de tempo preliminar tendo como objetivo obter os seguintes dados: a amplitude da amostra e média da amostra, isso, para deduzir da fórmula seguinte o número n (Equação 1) de cronometragens (ou ciclos) a serem cronometrados. Os

dados coletados, Tabela 13, para a obtenção do número de cronometragens necessárias (Equação 1), foi do Posto 02 devido a este possuir o maior número de atividades.

Tabela 13 – Pré-Cronometragem do Posto 02

POSTO 02: USINAGEM DO ROBÔ			
Operação	Tempos em segundos		
	1ª Pré Cronom.	2ª Pré Cronom.	3ª Pré Cronom.
1) Transportar peça para a célula de usinagem	13,00	10,00	12,00
2) Colocar protetor no berço	11,00	11,00	10,00
3) Colocar tampa no dispositivo	5,00	8,00	7,00
4) Posicionar plug	15,00	16,00	13,00
5) Recuar talha	10,00	11,00	11,00
6) Acionar Robô	5,00	7,00	7,00
7) Retirar rebarba do Corpo	7,00	9,00	8,00
9) Jogar rebarba do Corpo no carrinho de sucata	11,00	12,00	8,00
10) Recuar dispositivo da Tampa	4,00	4,00	3,00
11) Retirar rebarba da tampa e colocar na sucata	6,00	10,00	6,00
12) Elevar Plug	13,00	19,00	24,00
13) Passar ar	25,00	24,00	22,00
14) Retirar Corpo/Tampa dos berços	4,00	6,00	4,00
15) Transportar Corpo/Tampa para Inspeção	12,00	8,00	13,00
Tempos das Pré Cronometragem	141,00	155,00	148,00
Tempo total	444,00		
Tempo Médio	148,0		

Fonte: Elaborado pelo autor

$$n = \left(\frac{z \times R}{Er \times D2 \times \bar{x}} \right)^2 \quad (1)$$

Conforme apresentado no item 2.1.3, segundo Barnes (1997) geralmente utiliza-se a probabilidade entre 90% e 95% e o erro relativo entre 5% a 10%. Sendo assim para este estudo foi utilizado um grau de confiança, ou seja, a probabilidade de 95%, correspondendo o Z=1,96 (coeficiente de distribuição normal – Figura 01), um erro relativo (Er) de 5%, ou seja, Er=0,05, um coeficiente d₂ para o cálculo do número de cronometragem, D₂=1,693 devido ter sido realizadas 3 pré-cronometragens (Figura 02), a média (\bar{x})= 148,00 segundos (Tabela 11) e finalizando os dados, a amplitude R (Pré cronometragem Max – Pré cronometragem Min = 155,00 segundos – 141,00 segundos = 14,00 segundos) de 14,00 segundos.

Para a obtenção do número de cronometragem, aplicou-se os dados na Equação 1.

$$n = \left(\frac{1,96 \times 14}{0,05 \times 1,693 \times 148} \right)^2 = 4,78 \cong 5 \text{ cronometragens}$$

Segundo resultados da Equação 1, serão necessárias cinco cronometragens para a realização do estudo de tempo do estado atual.

3.5.7 Realização de estudo de tempo do estado atual

Após calculado o número de cronometragens para o estudo de tempo, e constatado o tempo de ciclo da máquina de 240 segundos (preestabelecido pela equipe de engenharia de processo), é possível analisar e calcular a quantidade de operadores necessários para atender a linha produtiva de forma balanceada, mantendo um ritmo constante de produção, visando um processo “enxuto” e sem desperdícios.

Foi realizada a cronometragem dos tempos de cada Posto de Trabalho e seus respectivos operadores e, com isso, foi possível analisar os tempos produtivos e os tempos ociosos (Tabelas 14, 15, 16 e 17), ou seja, nesse primeiro estudo teve como objetivo analisar o balanceamento por Posto de Trabalho.

No Posto 01 o tempo total das operações é de 183,00 segundos, sendo que o tempo de ciclo da máquina termofomadora é de 240,00 segundos (a máquina termoformadora dita o ritmo da linha de produção), sendo assim tendo um tempo total de ociosidade de 57,00 segundos conforme demonstrado na Tabela 14.

Tabela 14 – Cronometragem das atividades dos operadores do Posto 01

POSTO 01: PRÉ-USINAGEM											
Operação	Operador	Tempos em Segundos					Média	Tempo/operador			
		A	B	C	D	E		A e B	A	B	
1) Descida da peça (Lift table)	Máquina	6,07	5,71	5,71	-	-	5,83				
2) Retirar peça da máquina e colocar no berço de usinagem	A e B	7,82	15,47	10,02	9,07	8,00	10,08	10,08			
3) Colocar moldador no gancho	A e B	6,73	10,08	7,95	12,66	12,64	10,01	10,01			
4) Passar ar na placa	B	7,60	5,17	8,10	8,96	9,88	7,94			7,94	
5) Abastecer máquina com placa (Fixar no frame)	A	7,60	21,00	15,86	8,85	10,80	12,82		12,82		
6) destacar tampa	B	31,00	33,00	38,00	37,00	35,00	34,80			34,80	
7) Usinar contorno do corpo	A	32,80	36,00	50,00	35,30	32,40	37,30		37,30		
8) Retirar moldador	A	6,40	10,00	8,43	5,78	7,51	7,62			7,62	
9) Transportar Proteto/tampa para carrossel de refriam.	A e B	6,12	9,51	9,49	10,65	8,48	8,85	8,85			
10) Fixar Protetor no Carrossel de resfriamento	A e B	10,18	12,58	9,33	6,99	9,09	9,63	9,63			
11) Girar Carrossel de resfriamento	A	20,74	19,89	20,33	19,33	20,00	20,06		20,06		
12) Abastecer Lift table com placa	B	10,81	9,68	7,61	12,45	10,23	10,16			10,16	
13) Retirar peça do carrossel de resfriamento	A e B	9,84	6,91	8,82	5,45	8,46	7,90	7,90			
							TOTAL	183,00	38,57	77,80	52,90
							T/CICLO	240,00			
							T/DISP.	57,00			

Fonte: o autor

No Posto 02 o tempo total das operações é de 149,31 segundos, sendo que o tempo de ciclo da máquina termofomadora é de 240,00 segundos (a máquina termoformadora dita o ritmo da linha de produção), sendo assim tendo um tempo total de ociosidade de 90,69 segundos conforme demonstrado na Tabela 15.

Tabela 15 – Cronometragem das atividades dos operadores do Posto 02

POSTO 02: CÉLULA DE USINAGEM - ROBÔ											
Operação	Operador	Tempos em Segundos					Média	Tempo/operador			
		A	B	C	D	E		C e D	C	D	
1) Transportar peça para a célula de usinagem	C e D	9,93	7,47	13,12	7,32	12,70	10,11	10,11			
2) Colocar protetor no berço	C e D	5,41	4,48	10,89	10,46	7,66	7,78	7,78			
3) Colocar tampa no dispositivo	C	6,66	5,20	4,88	8,58	6,35	6,33		6,33		
4) Posicionar plug	C e D	17,53	13,88	15,21	16,87	16,63	16,02	16,02			
5) Recuar talha	C	5,70	8,53	10,28	10,58	10,75	9,17		9,17		
6) Acionar Robô	C e D	8,21	6,98	4,12	5,32	5,84	6,09	6,09			
7) Retirar rebarba do Corpo	D	9,24	7,78	5,90	9,00	7,70	7,92			7,92	
9) Jogar rebarba do Corpo no carrinho de sucata	D	8,31	10,05	11,16	15,67	7,62	10,56			10,56	
10) Recuar dispositivo da Tampa	C	3,60	3,63	2,59	2,94	1,46	2,84		2,84		
11) Retirar rebarba da tampa e jogar no carrinho de sucata	C	7,76	6,00	6,28	4,98	6,64	6,33		6,33		
12) Elevar Plug	C	18,16	19,51	18,89	19,10	25,70	20,27		20,27		
13) Passar ar	C	19,27	50,00	24,52	28,64	20,14	28,51		28,51		
14) Retirar Corpo/Tampa dos berços	C e D	13,78	6,50	3,57	6,43	3,51	6,76	6,76			
15) Transportar Corpo/Tampa para Inspeção de Linha	C e D	9,84	11,07	11,54	7,98	12,56	10,60	10,60			
							TOTAL	149,31	57,36	73,46	18,49
							T/CICLO	240,00			
							T/DISP.	90,69			

Fonte: o autor

No Posto 03 o tempo total das operações é de 116,22 segundos, sendo que o tempo de ciclo da máquina termofomadora é de 240,00 segundos (a máquina termoformadora dita o ritmo da linha de produção), sendo assim tendo um tempo total de ociosidade de 123,78 segundos conforme demonstrado na Tabela 16.

Tabela 16 – Cronometragem das atividades dos operadores do Posto 03

POSTO 03: ACABAMENTO E INSPEÇÃO							
Operação	Operador	Tempos em Segundos					Média
		1) Inspeccionar Corpo	E	18,90	25,11	12,33	
2) Passar ar	E	33,11	37,03	25,10	30,36	41,16	33,35
3) Inspeccionar Tampa	E	36,00	19,10	27,19	21,16	9,96	22,68
4) Colar etiqueta do Corpo/Tampa	E	12,21	16,78	16,01	11,42	9,96	13,28
5) Transportar Corpo/Tampa p/ GP12	E	16,36	45,07	22,81	23,74	19,03	25,40
TOTAL							116,22
T/CICLO							240,00
T/DISP.							123,78

Fonte: o autor

No Posto 04 o tempo total das operações é de 104,16 segundos, sendo que o tempo de ciclo da máquina termofomadora é de 240,00 segundos (a máquina termoformadora dita o ritmo da linha de produção), sendo assim tendo um tempo total de ociosidade de 135,84 segundos conforme demonstrado na Tabela 17.

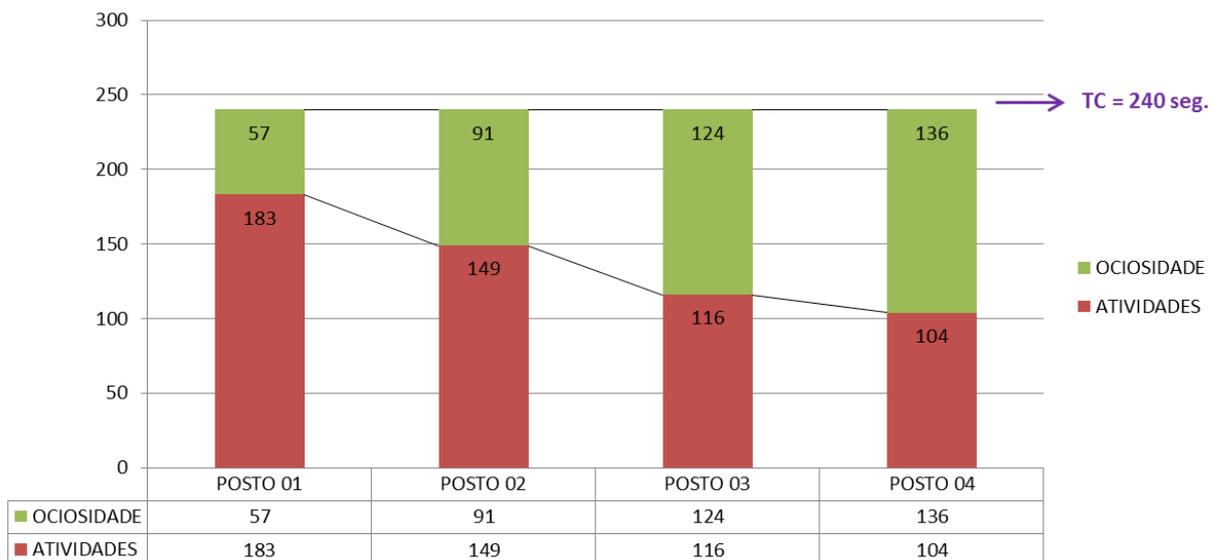
Tabela 17 – Cronometragem das atividades dos operadores do Posto 04

POSTO 04: EMBALAGEM										
Operação	Operador	Tempos em Segundos					Média	Tempo/operador		
		F	e	G	F	G		F e G	F	G
1) Colocar peça na mesa	F e G	6,26	9,38	10,87	10,59	10,73	9,57	9,57		
2) Colar espuma	F e G	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00		
3) Embalar Corpo/Tampa	F e G	30,00	15,00	22,00	25,00	23,00	23,00	23,00		
4) Colocar peça no RACK METALICO	F e G	14,85	12,03	10,76	20,32	26,48	16,89	16,89		
5) Transportar RACK METALICO com peças p área de PA	G	37,63	-	-	-	-	4,70			4,70
6) Abrir sacaria na mesa	F e G	150,00	-	-	-	-	30,00	30,00		
TOTAL							104,16	99,45	4,70	
T/CICLO							240,00			
T/DISP.							135,84			

Fonte: o autor

Nota-se que nas Tabelas do estudo realizado é possível identificar o excesso de tempo ocioso que há em cada Posto de Trabalho. Na Figura 12 mostra o gráfico de distribuição dos tempos produtivos e ociosos de cada Posto de Trabalho.

Figura 12 - Gráfico de distribuição dos tempos por Posto de Trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor

Nota-se na Figura 12 apresenta que os postos de trabalho estão com muito tempo ocioso com relação ao tempo de ciclo, numa análise prévia conclui-se que os postos de trabalho estão desbalanceados e os postos estão com tempo ocioso.

A quantidade de postos de trabalho dessa linha foi definida pela engenharia de processo, e esses postos estão fixos no *layout* da linha, o que não permite a eliminação de nenhum deles.

Como apresentado nos estudos, o primeiro estudo foi realizado por Posto de Trabalho, ou seja, foi possível verificar o desbalanceamento dos postos, e como forma de aprofundar o estudo de tempo, foi utilizado o tempo de cada operador (conforme dados do estudo) para verificar a ociosidade por operador, e assim, verificar a possibilidade de reduzir o número de operadores e assim deixar a linha produtiva com o balanceamento ideal.

Utilizando os dados do estudo, foi gerado um gráfico para melhor entendimento da linha de produção e assim, posteriormente propor as melhorias e a quantidade de operadores ideal para essa linha de produção. A Figura 13 apresenta o gráfico gerado.

Figura 13 - Gráfico de distribuição dos tempos por operador.



Fonte: o autor

Analisando o gráfico da Figura 13 nota-se desperdícios na linha de produção devido ao alto tempo de ociosidade por operador, sendo a média de tempo ocioso por operador de 101,85 segundos, ou seja, 42,44% do tempo é improdutivo, gerando desperdícios para a empresa.

No estudo de tempo por operador tem-se um tempo total de 967 segundos; se utilizar a Equação 11 pode-se ter a quantidade de operadores ideais para a linha de produção estudada:

$$\text{Número de operadores} = [\text{Conteúdo de trabalho} / \text{takt time, ou ciclo}] \quad (11)$$

$$\text{Número de operadores} = \frac{967 \text{ segundos}}{240 \text{ segundos}} \cong 4,03 \text{ operadores}$$

Conforme a Equação 11 chega-se à conclusão que seriam necessários 4,03 operadores para atender a produção da linha de produção estudada, ou seja, redução de 03 operadores por turno.

3.6 Proposta para o Balanceamento de Linha

Como pode-se analisar no estudo de tempo atual, seriam necessários 4,03 operadores para atender a produção da linha estudada, mas antes será necessário fazer a distribuição das atividades dos operadores de maneira que não gere gargalos na linha.

Durante o estudo foi também possível identificar pontos na linha que poderiam ser melhorados, para que assim pudesse ser feita a distribuição das atividades e a proposta de balanceamento futuro de forma segura e dando condições para os operadores. As oportunidades de melhorias foram apresentadas à uma equipe multifuncional. A Tabela 18 exibe os pontos da linha com sugestão de melhorias.

Tabela 18 – Melhorias a serem implantadas

Antes		Depois	
Melhoria	Descrição	Melhoria	Descrição
	Dispositivo Manual; necessário 02 operadores no Posto 01		Dispositivo pneumático; necessário apenas 01 operador no Posto 01
	Corte da rebarba gerada no Posto 02 com guilhotina hidráulica		Corte da rebarba realizada pelo robô
Excesso de movimentação		Aproximação das etapas no <i>layout</i> reduzindo movimentações	

Fonte: o autor

Utilizando os dados do estudo, foi realizada a distribuição das atividades por operador e os dados foram tabulados numa planilha para análise da equipe responsável pelo processo na empresa estudada.

No Posto 01 onde é realizada a operação de pré usinagem foi implantado um berço de usinagem semiautomático, que necessita de apenas 01 colaborador (Operador 01). Nota-se que o operador 01 faz todas as operações com o tempo de 177,17 segundos, tendo um tempo disponível de 62,83 segundos, conforme demonstrado na Tabela 19, e assim, as atividades do segundo colaborador foi transferida para o único colaborador dessa linha.

Tabela 19 – Balanceamento do operador 01

PRÉ-USINAGEM - OPERADOR 01			
1) Descida da peça (Lift table)		5,83	
2) Retirar peça da máquina e colocar no berço de usinagem		10,08	10,08
3) Colocar moldador no gancho		10,01	10,01
4) Passar ar na placa		7,94	
5) Abastecer máquina com placa (Fixar no frame)		12,82	
6) destacar tampa		34,80	
7) Usinar contorno do corpo		37,30	
8) Retirar moldador		7,62	
9) Transportar Proteto/tampa para carrossel de refriam.		8,85	
10) Fixar Protetor no Carrossel de resfriamento		9,63	
11) Girar Carrossel de resfriamento		20,06	
12) Abastecer Lift table com placa		10,16	
13) Retirar peça do carrossel de resfriamento		7,90	
	TOTAL	177,17	20,09
	T/CICLO	240,00	
	T/DISP.	62,83	26%

Fonte: o autor

No Posto 02 foi realizado melhorias na programação do robô, onde o mesmo faz a separação das rebarbas, eliminando assim, a operação de cortar rebarbas com tesoura hidráulica (ver Tabela 18), sendo assim foi possível transferir outras operações para o operador desse posto conforme demonstrado na Tabela 20 dividindo essas operações para operador 02.

Nesse posto são necessários 02 colaboradores devido a necessidade de transporte do produto (produto com grandes dimensões) e a necessidade da realização do setup da célula robotizada. O operador 02 faz as operações que estão sob sua responsabilidade com um tempo total de 195,00 segundos, tendo um tempo disponível de 44,90 segundos conforme demonstrado na Tabela 20.

Tabela 20 – Balanceamento do operador 02

ROBÔ - OPERADOR 02	
1) Transportar peça para a célula de usinagem	10,11
2) Colocar protetor no berço	7,78
3) Colocar tampa no dispositivo	6,33
4) Posicionar plug	16,02
5) Recuar talha	9,17
6) Acionar Robô	6,09
10) Recuar dispositivo da Tampa	2,84
11) Retirar rebarba da tampa e jogar no carrinho de sucata	6,33
12) Elevar Plug	20,27
13) Passar ar	28,51
14) Retirar Corpo/Tampa dos berços	6,76
15) Transportar Corpo/Tampa para Inspeção de Linha	10,60
2) Retirar peça da máquina e colocar no berço de usinagem	10,08
3) Colocar moldador no gancho	10,01
1) Inspeccionar Corpo	21,50
3) Inspeccionar Tampa	22,68
TOTAL	195,10
T/CICLO	240,00
T/DISP.	44,90

Fonte: o autor

Ainda no Posto 02, foram distribuídas as operações para operador 03 que passou a executar as operações de acabamento final do “antigo” Posto 03, pois os postos de trabalho foram aproximados para reduzir a movimentação entres os postos. O tempo total para executar as operações do operador 03 é de 199,73 segundos tendo um tempo disponível de 40,27 segundos conforme demonstrado na Tabela 21.

Tabela 21 – Balanceamento do operador 03

ROBÔ - OPERADOR 03	
1) Transportar peça para a célula de usinagem	10,11
2) Colocar protetor no berço	7,78
4) Posicionar plug	16,02
6) Acionar Robô	6,09
7) Retirar rebarba do Corpo	7,92
9) Jogar rebarba do Corpo no carrinho de sucata	10,56
14) Retirar Corpo/Tampa dos berços	6,76
15) Transportar Corpo/Tampa para Inspeção de Linha	10,60
2) Passar ar	33,35
4) Colar etiqueta do Corpo/Tampa	13,28
5) Transportar Corpo/Tampa p/ GP12	25,40
1) Colocar peça na mesa	9,57
2) Colar espuma	25,40
4) Colocar peça no RACK METALICO	16,89
TOTAL	199,73
T/CICLO	240,00
T/DISP.	40,27

Fonte: o autor

E por fim as operações do operador 04 (Tabela 22), que tem um tempo total para a execução dessas operações de 104,16 segundos e um tempo disponível de 135,84 segundos.

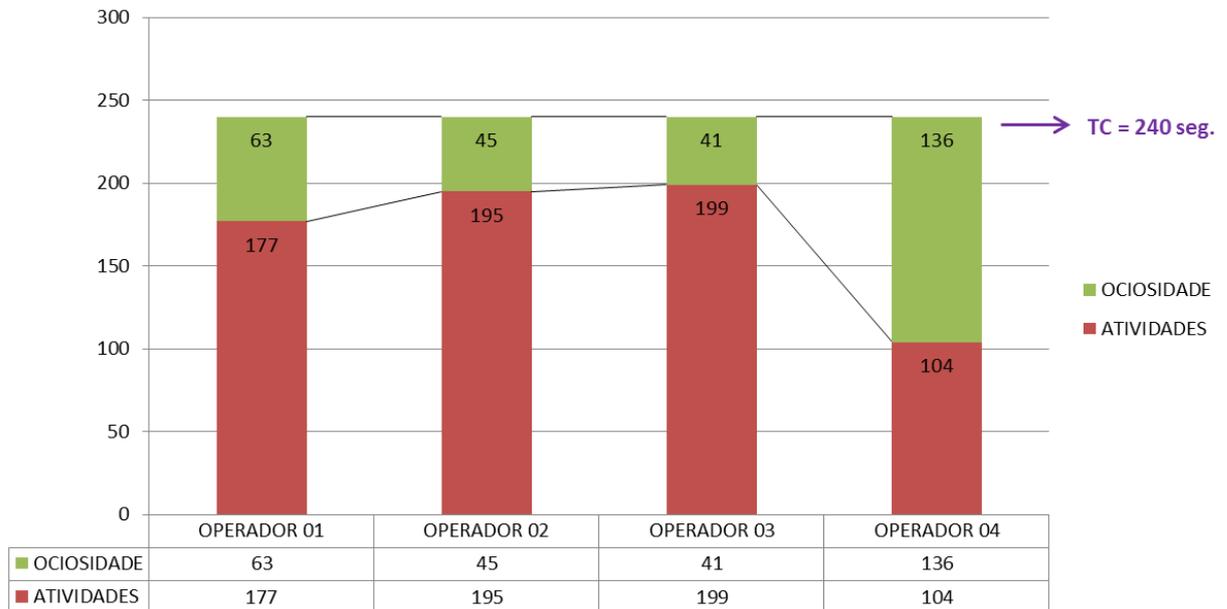
Tabela 22 – Balanceamento do operador 04

EMBALAGEM - OPERADOR 4	
1) Colocar peça na mesa	9,57
2) Colar espuma	20,00
3) Embalar Corpo/Tampa	23,00
4) Colocar peça no RACK METALICO	16,89
5) Transportar RACK METALICO com peças p área de PA	4,70
6) Abrir sacaria na mesa	30,00
TOTAL	104,16
T/CICLO	240,00
T/DISP.	135,84

Fonte: o autor

Na Figura 14 (Gráfico do Balanceamento Proposto) pode-se observar como ficaram distribuídas as atividades por operador.

Figura 14 - Gráfico do Balanceamento Proposto



Fonte: o autor

No balanceamento proposto foram consideradas as seguintes premissas:

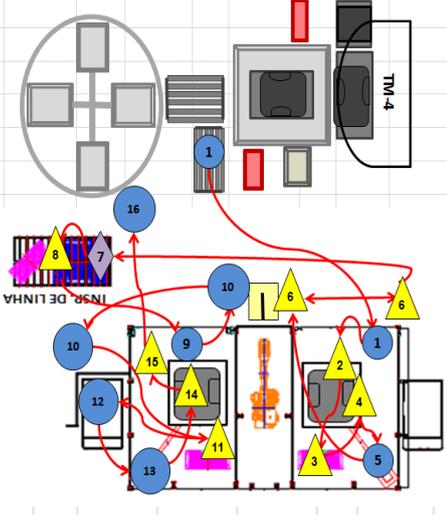
- O tempo de fadiga adotado pela empresa estudada é de 15% com relação ao tempo de ciclo de 240 segundos, ou seja, operador que está com menor tempo de ociosidade é o operador 03 com um tempo de 41 segundos, representando 17% de fadiga atendendo a necessidade da empresa;
- Foi deixado para o operador 01 um tempo disponível de 63 segundos, pouco mais de um minuto, devido esse operador, além de fazer a pré-usinagem, também atuar na operação da máquina termoformadora.
- Nota-se que o operador 04 está com um tempo ocioso maior que os demais operadores, mas devido particularidades da linha não é possível eliminar esse operador.

3.6.1 Procedimentos Operacionais Padronizados

Com o intuito de padronizar as operações e garantir estabilidade no processo da linha estudada, foram desenvolvidas procedimentos operacionais padronizados. Esses procedimentos foram necessários para que todos os operadores de todos os turnos fizessem a mesmas operações de forma padronizada afim de manter a linha num ritmo contínuo e balanceado.

A Figura 15 mostra a ficha de trabalho padronizado e o fluxo de um Posto de Trabalho no qual contém todas as operações e a na Figura 16 a folha de elementos de trabalhado onde mostra de forma detalhada as características de cada operação.

Figura 15 - Ficha de Trabalho Padronizado da Linha

FICHA DE TRABALHO PADRONIZADO					Elaborado:	Data:	/	/		
PRODUTO: CORPO PROT CACAMBA VIVA GM 94758233					RG.: 1187556					
POSTO DE TRABALHO: CÉLULA DE USINAGEM					MÁQUINA: TM-4					
EPI's Obrigatório  Protetor auricular Óculos Sapato Bico de Aço Luva Avental					SIMBOLOS  Segurança do Operador Processo Crítico C Inspeção Sequencia Mandatória ●					
OPERADOR A e B										
S I M B O L O	S E Q U E N C I A	Número de registro	NOME DA ATIVIDADE	Tempo das Operações		T/C:	229		DIAGRAMA DO FLUXO DE TRABALHO LEGENDA:  Operador C/D  Operador C  Operador D	
				OPERAÇÃO	MOVIMENTO					
		1	A1	1) Transportar peça para a célula de usinagem						
		2	A2	2) Colocar protetor no berço	8					
		3	A3	3) Colocar tampa no dispositivo	6					
		4	A4	4) Posicionar plug	17					
		5	A5	5) Recuar talha	9					
		6	A6	6) Acionar Robô	7					
		7	A7	7) Inspeccionar Corpo/Tampa	41					
		8	A8	8) Colar etiqueta no Corpo/Tampa	10					
		9	A9	9) Retirar rebarba do Corpo e Cortar rebarba	42					
		10	A10	10) Jogar rebarba do Corpo no carrinho de sucata		11				
		11	A11	11) Recuar dispositivo da Tampa	3					
		12	A12	12) Retirar rebarba da tampa e jogar no carrinho de sucata		7				
		13	A13	13) Elevar Plug	21					
		14	A14	14) Passar ar	29					
		15	A15	15) Retirar Corpo/Tampa dos berços	7					
		16	A16	16) Transportar Corpo/Tampa para Inspeção de Linha		11				
				Totais	190	39				
				Total do tempo de ciclo	229					
BLOCO DE REVISÃO										
Número da Revisão		Data		Descrição da Alteração			Responsável			
BLOCO DE ASSINATURAS										
Aprovação da Engenharia:				Data:	/	/	Líderes de Produção:	1º TURNO	2º TURNO	3º TURNO
Aprovação da Produção:				Data:	/	/	Data:	/	/	/

Fonte: o autor

Enquanto a Figura 15 demonstra o Posto de Trabalho de forma macro, na Figura 16 (Folha de Elemento de Trabalho) demonstra cada etapa de forma detalhada.

4 RESULTADOS

Conforme estudos realizados e com as melhorias propostas já implantadas, quatro operadores são suficientes para realizar todas as tarefas da linha de produção estudada, e atendendo as premissas mencionadas no estudo de caso.

Os resultados desse estudo apontam que foi possível fazer o balanceamento de linha por meio da redução do número de operadores na linha de produção. Anteriormente eram necessários 7 operadores por turno. Como a empresa realiza suas atividades produtivas em três turnos (24 horas por dia), essa linha necessitava de 21 operadores. A proposta de implantação do balanceamento possibilitou a redução a 3 operadores por turno, ou seja, 9 operadores no total. Os operadores que foram retirados da linha foram alocados em outros setores da empresa.

Houve alterações no processo realizado, com a padronização das operações, a qual trouxe benefícios adicionais, como a redução da movimentação dos colaboradores. Foram aproximadas as etapas reduzindo em 45m² de área na linha de produção. Operações próximas facilitam o trabalho do operador reduzindo esforços físicos e caminhadas excessivas entre os postos de trabalho.

Havia movimentação entre alguns postos de trabalho, as operações estavam distantes umas das outras, particularmente as operações do Posto 03 (acabamento e inspeção) e o Posto 04 (embalagem).

Também houve eliminação de atividades devido a confecção de uma mesa com recursos pneumáticos automatizando o posto de pré-usinagem com o custo de aproximadamente R\$ 28 000,00 e a programação do robô para que as rebarbas fossem picotadas durante o processo de usinagem, com o custo de aproximadamente R\$ 3 500,00 e com isso eliminando a tesoura hidráulica na qual era utilizada para fazer o corte das rebarbas geradas na célula robotizada o que demandou o investimento total de R\$ 31 500,00.

Conforme apresentado nesse trabalho, durante os estudos de tempo para o balanceamento da linha de produção foram feitos investimentos em melhorias no qual contribuiu para o bom resultado do projeto, sendo assim, os dados desse estudo, investimentos e redução de operadores, foram enviados para o setor de controladoria da empresa, no qual o estudo foi realizado e, com a implantação do projeto a empresa estudada teve um retorno anual de aproximadamente R\$250 000 conforme demonstrado na análise financeira na Tabela 23.

Tabela 23 – Análise Financeira

AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS
(Análise Financeira com Base em Redução de Custo)

Anexo X

CUSTO TOTAL DO INVESTIMENTO		31.500,00				
IMPACTO NO DRE	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	
Impacto da Redução de Custo no CPV						
(+) Redução de 9 pessoas TM4	255.964,70	255.964,70	255.964,70			
(+) Disponibilização área	3.600,00	3.600,00	3.600,00			
(+)						
(+)						
(+)						
(+)						
(+)						
(+)						
(+)						
Total	259.564,70	259.564,70	259.564,70			
(-) Depreciação	(10.500,00)	(10.500,00)	(10.500,00)			
Redução de Custo Bruta	249.064,70	249.064,70	249.064,70			
(-) Despesas (Manutenção, etc)						
(-) Provisão Imposto de Renda	(62.266,17)	(62.266,17)	(62.266,17)			
(-) Provisão Contribuição Social	(22.415,82)	(22.415,82)	(22.415,82)			
Redução de Custo Líquido	164.382,70	164.382,70	164.382,70			

Fonte: Empresa do estudo de caso

Essa análise é de fundamental importância para apresentar os ganhos obtidos em um projeto, pois é realizado pelo setor especializado em fazer cálculos de retornos financeiros. Com essas informações em mãos pode-se apresentar para toda equipe e para a diretoria da empresa estudada os resultados e os ganhos financeiros obtido no projeto.

O estudo de tempo realizado para o balanceamento de linha foi muito importante para a empresa, pois obteve ganhos financeiros, padronização das operações da linha de produção e redução de desperdício e, o mais importante, sem afetar a integridade física dos operadores garantindo assim, que os mesmo trabalhem de forma segura.

Com a proposta apresentada, com os resultados aprovados e as melhorias implantadas, por fim, foi realizado os treinamentos com os operadores conforme procedimentos elaborados no estudo de caso.

5 CONCLUSÕES

Com a constante necessidade de melhorias nos processos produtivos, as empresas devem sempre analisá-los e melhorá-los. Isso possibilita reduzir custos, melhorar a qualidade de produtos e processos de uma maneira geral, permitindo maiores lucros e maior competitividade.

O Estudo de Tempos e Métodos, bem como o Balanceamento das Operações de uma linha de produção são técnicas adequadas para se alcançar essas melhorias. Entre os benefícios dessas técnicas está a redução dos desperdícios, tanto em tempos ociosos quanto em atividades desnecessárias.

Assim, o objetivo desse trabalho foi balancear as operações em uma linha de produção de uma máquina termoformadora, eliminando desperdícios de mão de obra, excesso de movimentações, “gargalos” e tornar o fluxo produtivo mais eficiente, onde foi realizado o estudo de tempo e métodos para identificar as operações que estavam desbalanceadas e com os dados identificar as fontes de desperdícios, propondo e realizando as melhorias necessárias. Por fim, realizar o treinamento com os operadores.

Para isso, foi realizado o estudo de caso na linha de produção de uma de uma empresa na região de Marília/ SP, de transformação de polímeros, especificamente em uma máquina termoformadora. Nessa linha de produção é fabricado um protetor de caçamba para uma indústria montadora de veículos, na linha possuía quatro postos de trabalho no qual, após os estudos, foi possível identificar tempos ociosos e excesso de operadores.

O processo de coleta de dados seguiu o disposto na fundamentação teórica que apresentou como deve ser adquirido os tempos de ciclo, tempo normal e o tempo padrão de uma operação ou Posto de Trabalho, o número necessário de cronometragem para a realização de um estudo de tempo, os instrumentos necessários para a realização do estudo de tempo, o tipo de linha de produção a ser estudada e por fim as etapas para o balanceamento de linha de produção. Seguindo essa fundamentação teórica foi possível fazer o balanceamento de linha estudada e obter os resultados esperados.

As análises permitiram identificar que, com a padronização das operações e a automação de atividades seria possível reduzir a quantidade de colaboradores na linha criando um fluxo contínuo e balanceado, e isso dentro das tolerâncias exigidas para que operador tenha um período de descanso para o alívio dos efeitos da fadiga das suas atividades, pois segundo a fundamentação teórica desse trabalho o mesmo tem suas necessidades fisiológicas e pessoais, sendo assim, durante o período de trabalho existirá algumas interrupções.

Os resultados apontam que houve redução de movimentação, redução no número de operadores, de vinte e um operadores para doze operadores, ou seja, redução total de nove operadores, sendo três por turno (a empresa estudada trabalha em três turnos), e com isso trazendo retorno financeiro para empresa devido eliminação dos tempos ociosos e o balanceamento da linha.

Nesse trabalho foi possível aplicar o aprendizado teórico na prática, realizando o balanceamento de linha, com a padronização das atividades e do processo, obtendo um fluxo sem gargalos, desperdícios e fadigas. Além disso, obteve-se a redução do número de operadores na linha de produção, aspecto importante para a redução dos custos de produção. Deve-se ressaltar que pelo fato da redução de operadores na linha, não significa que os mesmos foram demitidos, mas sim alocados para outros setores/linhas de produção.

Esse estudo demonstra também a importância da atuação dos engenheiros de produção, profissionais capazes de desenvolver sistemas e processos otimizados a fim de reduzir custos e garantir a qualidade do produto, mas dando condições para os colaboradores executar suas atividades de maneira segura sem afetar sua integridade física.

REFERÊNCIAS

ABDULLAH, F. M.. **Lean Manufacturing tools and techniques in the process industry with a focus on steel**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departament of Industrial Engineering - University of Pittsburgh, 2003. 245 p.

AGUIAR, G. F.; AGUIAR, B. C. X. C.; WILHELM, V. E. Obtenção de Índices de eficiência para a metodologia data envelopment analysis utilizando a planilha eletrônica Microsoft Excel. **Revista Da Vinci**. Curitiba, v.3, n.1, p. 157-169, 2006.

AGUIAR, Giancarlo F., PEINADO, Jurandir, & GRAEML, Alexandre, R., **Simulação de arranjos físicos por produto e balanceamento de produção**: O estudo de um caso real no ensino para estudantes de engenharia, XXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Curitiba, 2007.

ALVARES, Roberto dos Reis & ANTUNES JR., José Antônio. **Gestão de Produção**. Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. v.8, n.1, p.1-18, abr. 2001

ÁLVAREZ, R.; CALVO, R; PEÑA, M.M.; DOMINGO, R. Redesigning in assembly line through lean manufacturing tools. **Internacional Journal of Advanced Manufacturing Technology**, London, v. 43, n. 10, p. 949 – 958, 2008.

ASSIS, Rui. **Balanceamento de uma Linha de Produção**, 2011. <http://www.rassis.com/artigos/Operacoes/Balanceamento.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2016.

BARNES, Ralph M., Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho. São Paulo: Edgard Blücher. 1977.

BARNES, Ralph Mosser – **Estudo de Movimentos e de Tempos**. Projeto e medida do trabalho. 6ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1999.

BLATI, Anderson Caldeira; KELENCY, Luiz Gustavo & CORDEIRO, Ramon William Lessa. **Balanceamento de Operações**. Aplicação da Ferramenta de Balanceamento em uma Linha de produção de bombas de combustível. São Paulo, Publicado em: dez. 2010

CORRÊA, H. L; CORRÊA C. A. Administração de produção e operações: Manufatura e serviços. Uma abordagem estratégica. São Paulo: Atlas, 2004.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da administração da produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila. <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Publicado em:

GIL, Antônio. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://wp.ufpel.edu.br/ecb/files/2009/09/Tipos-de-Pesquisa.pdf> >. Publicado em: Set. 2009.

GOMES, J. E.; OLIVEIRA, J. L.; ELIAS, S. J.; BARRETO, A. F.; ARAGÃO, R. L. Balanceamento de linha de montagem na indústria automotiva – Um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008. p. 1- 13.

GORI, Rodrigo Martinez, **O balanceamento de uma linha de montagem seguindo a abordagem LEAN MANUFACTURING**, XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio Grande do Sul, Publicado em: 2012

HEIZER, Jay; RENDER, Barry. **Administração de Operações: Bens e serviços**. Livros Técnicos e Científicos, Ltc Editora, 2001.

HINES, P.; TAYLOR, D. Going Lean. A guide to implementation. Lean Enterprise Research Centre Cardiff Business School, 2000. 54p. Disponível em <<http://www.learninggrid.co.uk/pdocs/goinglean.pdf> > Acessado em 04 de maio. 2011.

MARTINS, Petrônio Garcia. LAUGENI, Fernando P.. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva. 2005

MINAYO, M. C. S.; MINAYO-GOMÉZ, C. **Difíceis e possíveis relações entre métodos quantitativos e qualitativos nos estudos de problemas de saúde** <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Publicado em:

MOREIRA, Daniel Augusto – **Administração de Produção e de Operações**. Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 1ª ed. São Paulo: Editora Pioneira

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

PARANHOS FILHO, M. **Gestão da Produção Industrial**. Curitiba: IbpeX, 2007

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da Produção**. Operações Industriais e de Serviços. Curitiba: UnicemP, 2007.

ROTHER, M.; HARRIS, R. Criando o Fluxo Contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002. 103p.

SAHOO, A.K.; SINGH, N.K.; SHANKAR, R.; TIEARI, M.K. Lean philosophy: Implementation in a forging company, **International Journal of Advance Manufacturing Technology**. London, 2008, p. 125-131..

SELEME, Robson. **Métodos e Tempos**. Racionalizando a produção de bens e serviços. Curitiba, IbpeX 2009.

SLACK, Nigel & CHAMBERS, Stuart & JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 2ª ed. São Paulo: Atlas. 2002.

TAPPING, D; LUYSTER, T.; SHUKER, T. **Value Stream Management**: eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements. Productivity Press. New York, 2002. 169p.

TAYLOR, Frederick W. **Princípios da Administração Científica**. São Paulo: Atlas. 1995.