

## **Aplicação da técnica de balanceamento de linha em uma indústria moveleira de médio porte**

Gerson Lourenço Junior (UTFPR) lourencojr@hotmail.com  
Karina Souza Cruz (UTFPR) karinaacruz@hotmail.com

### **Resumo**

Este trabalho tem por objetivo aplicar a técnica de balanceamento de linha em uma indústria moveleira localizada no oeste do Paraná. Neste contexto, houve a realização de algumas etapas importantes: descrição do processo produtivo, elaboração do fluxograma, cronometragem das atividades e redistribuição das tarefas nos postos com base no método heurístico de Hegelson e Birnie. As sugestões propostas resultaram na redução das estações de trabalho e adequação da quantidade de funcionários em cada posto de trabalho, impactando na eficiência e eliminando os efeitos dos gargalos.

**Palavras-Chaves:** Balanceamento; Indústria moveleira; Estudo de tempos.

### **1. Introdução**

Em razão das constantes mudanças no mercado, dos avanços tecnológicos e a competitividade entre as empresas, torna-se fundamental que as organizações tenham processos eficientes para o planejamento da montagem em uma linha de produção que gere o máximo de aproveitamento dos recursos disponíveis.

Uma técnica bastante utilizada é a do balanceamento de linha de produção que busca otimizar e sincronizar os recursos necessários para o processamento de um produto ou serviço, de forma a atender a demanda nas quantidades e datas previstas (OLIVEIRA et al, 2012).

O balanceamento de linha de montagem é uma técnica utilizada pelas empresas de manufatura com o objetivo de alcançar um equilíbrio entre a capacidade dos seus recursos e a demanda do mercado. É uma maneira da empresa melhorar seus processos e atender ao mercado de maneira adequada, reduzindo desperdícios (SOUZA; PIRES, 1999).

Segundo Silva et al. (2007), para evitar os desperdícios deve-se melhorar a sincronia entre as necessidades de produção e a capacidade da linha, nivelando a produção com a demanda. Dessa forma, na medida em que a demanda aumenta, ou diminui, deve-se ajustar o tempo de ciclo da linha alterando-se o ritmo de produção, por meio da inclusão ou retirada de recursos e/ou redistribuição de atividades entre os operadores.

Dentro deste contexto, o objetivo principal do trabalho é melhorar a eficiência do balanceamento de linhas de produção em uma empresa de fabricação de cadeiras. Para alcance desse objetivo se faz necessário: levantar as etapas do processo de produção das cadeiras, analisar o sequenciamento das atividades, levantar o tempo padrão para cada tarefa, elaborar um fluxograma do processo produtivo, levantar o tempo de duração do ciclo e realocar as atividades nos postos utilizando o método heurístico de Hegelson e Birnie.

### **2. Referencial teórico**

#### **2.1 Balanceamento de linha**

O balanceamento de linha consiste em atribuir tarefas às estações de trabalho de modo a obter o índice de produção desejado com o menor número de estações de trabalho e menor número de funcionários (MAGATÃO et al., 2011).

O balanceamento da linha procura definir conjuntos de atividades que serão feitos por homens e máquinas fazendo com que o tempo de processamento seja aproximadamente igual entre os postos de trabalho (ROCHA, 2011).

Balancear a linha de produção é definir o conjunto de atividades que serão executadas de forma a garantir um tempo de processamento aproximadamente igual entre os postos de trabalho (TUBINO, 2009).

Para Fernandes e Godinho Filho (2010), uma linha está adequadamente balanceada quando o tempo de ciclo for igual a todos os tempos que o produto gasta em cada uma das estações.

Em suma, o objetivo do balanceamento é obter a eficiência máxima na linha, dessa forma, pode-se buscar minimizar o desbalanceamento (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

De acordo com Davis et al. (2001), o balanceamento de linha pode ser feito em seis etapas, são elas:

- a) especificar uma relação de sequência entre as tarefas utilizando um diagrama de precedência;
- b) determinar o tempo de ciclo;
- c) determinar o número mínimo de postos de trabalho;
- d) alocar as tarefas de acordo com a seleção de uma regra básica e uma regra secundária para desempatar;
- e) distribuir as tarefas, uma por vez, na primeira estação, de forma que a soma dos tempos seja o mesmo do tempo de ciclo;
- f) calcular a eficiência da linha.

Segundo Moreira (2011), existem dois métodos heurísticos muito utilizados para fazer alocação das atividades que fornecem uma solução próxima, mas não ótima do ponto de vista da eficiência para o problema do balanceamento de linhas, são eles:

- a) Método de Helgelson e Birnie: Pode ser chamada como “técnica do peso da posição” e consiste em dar peso a cada tarefa, que é o seu tempo de execução somado aos tempos de execução de as tarefas que vem depois. As tarefas são alocadas aos postos na ordem decrescente de seus pesos;
- b) Método de Kilbridge e Webster: Para cada tarefa é determinado o número de tarefas que a precedem. As tarefas são alocadas na ordem crescente do número de predecessores. Caso exista tarefas com o mesmo número de predecessores, deve-se alocar primeiro aquela que tiver maior duração.

### **2.3 Estudo de tempos**

De acordo com Oliveira (2008), o estudo de tempos possibilita a empresa conhecer o tempo utilizado para produzir uma peça e assim é possível fazer estimativas de entrega de produto e o quanto ela poderá produzir. O estudo dos métodos consiste em analisar os métodos utilizados e de que forma eles poderiam ser melhorados para possibilitar o estudo dos tempos.

Para evitar os desperdícios deve-se melhorar a sincronia entre as necessidades de produção e a capacidade da linha, nivelando a produção com a demanda. Dessa forma, na medida em que a demanda aumenta, ou diminui, deve-se ajustar o tempo da linha alterando-se o ritmo de produção, por meio da inclusão ou retirada de recursos e/ou redistribuição de atividades entre os operadores (SILVA et al., 2007).

A cronometragem é um dos métodos mais empregados na indústria para medir os tempos das atividades (MARTINS; LAUGENI, 2005).

De acordo com Barnes (2004) existem três formas de fazer as leituras do cronômetro, tais como:

- a) Leitura contínua: inicia-se a cronometragem do primeiro elemento, mantendo o cronômetro acionado durante todo o período de estudo, até a execução de todos os elementos;
- b) Leitura repetitiva: o cronômetro é zerado ao fim de cada elemento estudado;
- c) Leitura acumulada: utilizam-se dois cronômetros acionados, de tal modo que um para quando o outro é acionado e assim por diante. Esses cronômetros permitem que o avaliador execute a leitura direta do tempo para cada elemento em estudo.

O estudo de tempos é um processo de amostragem, quanto maior o número de ciclos cronometrados, mais representativos serão os resultados obtidos (BARNES, 2004).

Não é possível esperar que uma pessoa trabalhe sem interrupções o dia inteiro (MARTINS; LAUGENI, 2005). Assim, o Fator de Tolerância é atribuído para levar em conta as condições particulares em que a operação é realizada. O fator de tolerância é sempre maior que 100%, para prever os efeitos das condições da operação sobre a ação do operador (MOREIRA, 2011).

Para Martins e Laugeni (2005), a velocidade do operador é determinada por parte do cronometrista, que a denomina velocidade normal da operação, à qual é dada um valor de 100 (ou 100%).

Barnes (2004) define esta etapa como o processo durante o qual o analista de estudos de tempos compara o ritmo do operador em observação com o seu próprio conceito de ritmo normal. Utiliza-se o seguinte padrão:

$V = 100\%$  - Ritmo normal

$V > 100\%$  - Ritmo acelerado

$V < 100\%$  - Ritmo lento

Acrescentando a velocidade do operador ao tempo cronometrado tem-se o tempo normal, conforme a Equação 1 (GOMES et al, 2008).

$$TN = TR \times V \quad (1)$$

Tem-se que:

TN - Tempo Normal

TR - Tempo real

V - Velocidade do operador

O tempo padrão é determinado utilizando o tempo normal e acrescentando o fator de tolerância, conforme a Equação 2 (GOMES et al, 2008).

$$TP = TN \times FT \quad (2)$$

Tem-se que:

TP - Tempo Padrão

FT - Fator de tolerância

Tempo de ciclo é “o tempo máximo permitido para cada estação de trabalho antes que a tarefa seja passada para a estação seguinte” (PEINADO; GRAEMI, 2007, p. 206). É o tempo em que a linha irá fornecer um produto acabado. A Equação 3 apresenta a fórmula para se calcular o tempo de ciclo.

$$TC = \frac{\text{Tempo disponível para produção}}{\text{Demanda}} \quad (3)$$

A eficiência da linha é definida como o quociente entre o tempo de trabalho efetivo e o tempo de ciclo (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

### 3. Estudo de caso

#### 3.1 A empresa

A indústria moveleira em estudo é de médio porte e está localizada no Paraná. Os produtos produzidos pela referida empresa são: cadeiras, mesas e bases para mesas de jantar, balcões, aparadores, poltronas, rack's e mesas de centro. As cadeiras são os produtos mais vendidos da empresa e mais rápidos de serem produzidos, são vendidas 6000 cadeiras por mês, em média. São 178 funcionários distribuídos nos departamentos administrativo, financeiro, comercial e operacional. A indústria conta com uma área construída de 18000 m<sup>2</sup>.

Este estudo foi realizado na linha de montagem das cadeiras, mais especificadamente em um único modelo. As cadeiras têm o processo de montagem semelhantes com poucas operações diferentes. A cadeira estudada é composta por componentes, tais como: chapéu, pés dianteiros, pés traseiros, travessa traseira, travessa frontal e travessas laterais. No setor de montagem, os funcionários utilizam os componentes prontos do estoque para montar as cadeiras.

O estudo de caso focou-se inicialmente na identificação do processo de montagem de uma determinada cadeira da empresa. Em seguida, foi realizada a coleta dos tempos das tarefas in loco, com o uso de cronômetros. A cronometragem foi realizada a partir do momento em que o funcionário iniciou sua atividade até o seu término. Para cada tarefa, foram realizadas dezoito medições do tempo requerido para execução, adotando-se como parâmetro a eliminação de tempos discrepantes e a média das medições. Os funcionários foram avisados a respeito do trabalho e da cronometragem a fim de evitar qualquer viés na coleta dos dados.

Após a realização das etapas descritas anteriormente, foi elaborado um fluxograma do processo. Por fim, foram realizados os cálculos necessários para encontrar o tempo padrão de cada atividade e o tempo de ciclo. Usou-se a tolerância de 15% para encontrar o tempo padrão (informação coletada com a engenheira da empresa) e o ritmo do operador foi considerado normal em todas as atividades.

### **3.2 Processo produtivo**

O processo produtivo inicia-se com a fabricação dos componentes. Esses componentes são armazenados e, no setor de montagem, é realizado o agrupamento e colagem dos componentes para dar formato da cadeira e outras atividades até o cadastramento da cadeira acabada no sistema. O setor da montagem das cadeiras é composto por 24 atividades. A Figura 1 exibe o fluxograma das atividades.

Na montagem do espaldar, é realizado a junção da travessa traseira, chapéu e pés traseiros. A montagem dessas peças é prensada para ter boa fixação, e usinado para dar o formato planejado com o auxílio dos moldes.

Na montagem da parte dianteira é realizada junção dos pés dianteiros com a travessa frontal. Na sequência, a parte montada é prensada para ter uma boa fixação das peças, é realizado o lixamento para dar acabamento nas partes visíveis e é realizado o fresamento para deixar com a estética planejada.

Com a montagem da parte dianteira, com a montagem do espaldar e com as laterais é realizado a montagem da estrutura da cadeira completa. Posteriormente, é realizado a prensagem para firmar as partes coladas. O nivelamento é feito na sequência para evitar que a cadeira fique bamba.

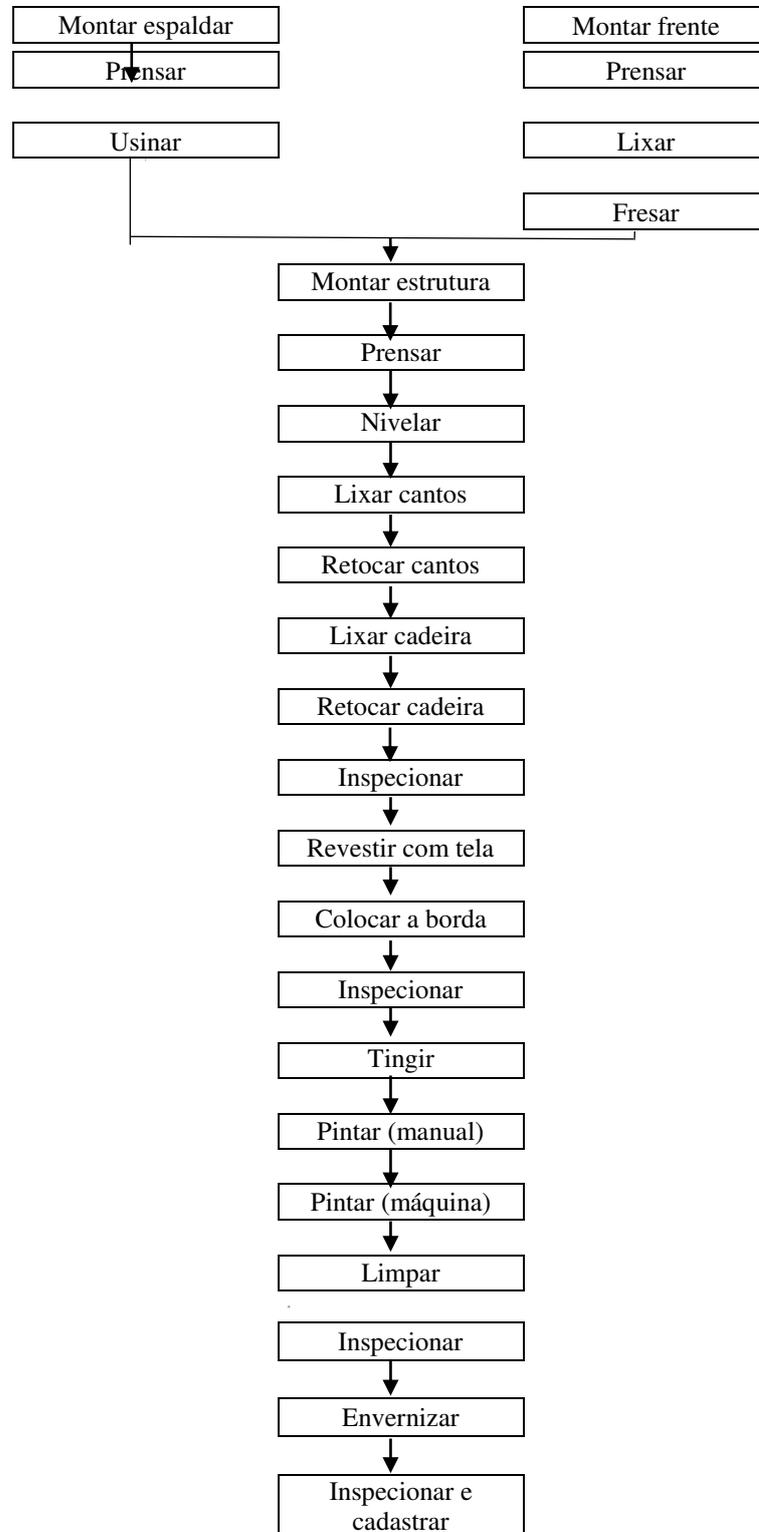
Após isso, é realizado o lixamento dos cantos da cadeira para ficar curvo e melhorar a estética. O retoque nos cantos é realizado com uma massa para cobrir as imperfeições.

Depois desta etapa, a cadeira é lixada completamente e é feito o retoque como uma forma de acabamento para deixar a madeira com boa aparência. A cadeira passa pela inspeção, etapa na qual será feito uma vistoria detalhada para garantir boa qualidade da cadeira. Na sequência, é colocado o revestimento de tela de palha no espaldar e assento e a borda de madeira ao redor, e é realizado a inspeção desta etapa.

Posteriormente, é passado tingidor nos cantos da cadeira, pois as máquinas e equipamentos utilizados nas etapas seguintes (pintura manual e pela máquina) não pintam com precisão os cantos. Depois disso, a cadeira passa pela pintura manual e pela pintura por meio da máquina automatizada. Após a pintura, as cadeiras passam para a

etapa da limpeza para retirar o excesso de brilho da pintura. Após isso, as cadeiras são inspecionadas e envernizadas. Por fim, há uma inspeção final e cadastramento da cadeira acabada no sistema da empresa.

Figura 1- Fluxograma do processo produtivo



A Tabela 1 apresenta o tempo padrão de cada atividade e as relações de precedência.

Tabela 1- Tempo e precedência das atividades

Item	Descrição	Preced.	Tempo (min)
1	Montar (espaldar)	-	1,77
2	Prensar	1	1,17
3	Usinar	2	1,39
4	Montar (frente)	-	0,95
5	Prensar	4	0,77
6	Lixar	5	0,7
7	Usinar	6	1,49
8	Fresar	7	0,48
9	Montar	3 e 8	1,48
10	Prensar	9	0,75
11	Nivelar	10	0,64
12	Lixar cantos	11	1,76
13	Retocar cantos	4 e 8	1,69
14	Lixar cadeira	12	17,29
15	Retocar cadeira	13	7,06
16	Inspecionar	14	1,53
17	Colocar tela	5 e 8	8,95
18	Colocar borda	15	10,24
19	Inspecionar	16	1,29
20	Tingir	17	0,61
21	Pintar (manual)	6 e 8	2,37
22	Pintar (máquina)	18	0,26
23	Tirar excesso da pintura	19	2,9
24	Inspecionar	20	0,48
25	Envernizar	7 e 8	1,08
26	Cadastrar e inspecionar	21	0,73

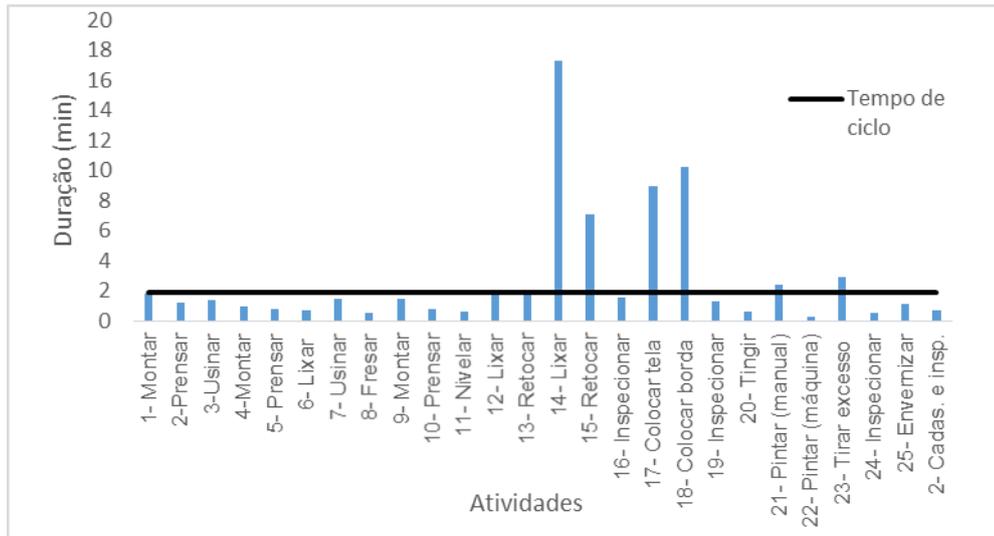
Devido à grande quantidade de modelos de cadeiras produzidas na linha de produção da empresa (158 modelos) e por esta produção não ser contínua, foi realizada uma simulação em que as 275 cadeiras demandadas mensalmente fossem produzidas em um único dia. Foi estipulado um único dia, porque a quantidade de cadeiras acabadas de vários modelos que são cadastradas diariamente no sistema é de 280 cadeiras (próxima da quantidade demandada por mês do modelo estudado). Dessa forma, foi calculado o tempo de ciclo utilizando o tempo disponível de 528 minutos/dia conforme informações coletadas na entrevista informal. A Equação 4 exibe cálculo do tempo de ciclo.

$$TC = \frac{528 \text{ min} \times \text{dia}}{275 \text{ peças} \times \text{dia}} = 1,92 \text{ min/peça} \quad (4)$$

O tempo de ciclo encontrado foi de 1,92 minutos por peça, ou seja, para atender a demanda dos clientes dentro do tempo disponível, a empresa precisa produzir a média de uma cadeira a cada 1,92 minutos.

A Figura 1 exibe o tempo de ciclo e o tempo de cada atividade. Notou-se que as atividades 14, 15, 17, 18 e 23 necessitam de mais do que um funcionário, pois é necessário trabalhar no tempo de ciclo.

Figura 2- Duração das atividades e tempo de ciclo



### 3.3 Aplicação do Método de Hegelson e Birnie

Utilizou-se o método heurístico de Hegelson e Birnie para realocar as atividades nos postos. Dessa forma, foi dado peso a cada tarefa, que é o seu tempo de execução somado aos tempos de execução de as tarefas que vem depois. A Tabela 2 exhibe o peso de cada atividade.

Tabela 2- Peso das atividades

Tarefa	Peso
1	65,44
2	63,67
3	60,73
4	65,5
5	64,55
6	63,78
7	63,08
8	61,59
9	61,11
10	59,63
11	58,88
12	58,24
13	56,48
14	54,79
15	37,5
16	30,44
17	28,91
18	19,96
19	9,72
20	8,43
21	7,82
22	5,45

23	5,19
24	2,29
25	1,81
26	0,73

Pelo método a alocação das atividades devem ser em ordem decrescente de seus pesos, ou seja, sequência de alocação neste caso será: 4, 1, 5, 6, 2, 7, 8, 9, 3, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 26. A alocação das tarefas nos postos deve ser realizada de forma que o somatório das durações das tarefas alocadas seja compatível com o tempo de ciclo em cada posto de trabalho. A nova alocação das tarefas aos postos se dá conforme exibido na Tabela 3.

Tabela 3- balanceamento de linha

Postos	Tarefa	Tempo consumido	Eficiência	Funcionários necessários	Funcionários atuais
Posto 1	4	0,95	49%	1	1
Posto 2	1	1,77	92%	1	1
Posto 3	5 e 6	1,47	77%	1	2
Posto 4	2	1,17	61%	1	1
Posto 5	7	1,49	78%	1	1
Posto 6	8	0,48	25%	1	1
Posto 7	9	1,48	77%	1	1
Posto 8	3	1,39	72%	1	1
Posto 9	10 e 11	1,39	72%	1	2
Posto 10	12	1,76	92%	1	1
Posto 11	13	1,69	88%	1	1
Posto 12	14	17,29	900%	9	8
Posto 13	15	7,06	368%	4	4
Posto 14	16	1,53	80%	1	1
Posto 15	17	8,95	466%	5	1
Posto 16	18	10,24	533%	6	1
Posto 17	19 e 20	1,9	99%	1	2
Posto 18	21	2,37	123%	2	2
Posto 19	22	0,26	14%	1	1
Posto 20	23	2,9	151%	2	4
Posto 21	24, 25 e 26	2,29	119%	2	3

A distribuição das atividades pelo método de Hegelson e Birnie permitiu a redução de 5 postos de trabalhos. Verificou-se que algumas atividades necessitam de reajustes, essas atividades estão marcadas em amarelo na Tabela 3. Verificou-se que várias atividades poderiam ser realizadas no mesmo posto de trabalho, é o caso das atividades: 5 e 6; 10 e 11; 19 e 20; 24, 25 e 26. Além disso, notou-se que algumas atividades precisam de alterações no quadro de funcionários, pois estão sobrecarregados é o caso das atividades 14, 17, 18 e 23.

O objetivo principal do balanceamento de linha é melhorar a eficiência da linha de produção por meio da readequação da carga de trabalho dos funcionários.

#### 4. Conclusão

Esse estudo procurou fazer uso da técnica de balanceamento de linha de produção por meio de algumas etapas: observação e cronometragem dos tempos das operações, elaboração do fluxograma, redistribuição das atividades no posto de trabalho utilizando o método Hegelson e Birnie. A solução gerada teve foco no aumento da eficiência, por meio da redução dos postos de trabalho e atribuição da quantidade de funcionários ideais em cada posto, que consequente, eliminará os efeitos negativos dos gargalos produtivos. Observando os valores obtidos, torna-se evidente a importância do balanceamento como forma de melhorar o processo produtivo de uma linha de montagem. Verificou-se a relevância do balanceamento para reduzir o tempo ocioso da linha de montagem e uma melhor distribuição das tarefas às estações de trabalho. De uma forma ampla, é possível afirmar que o balanceamento de linhas de produção é indispensável para que um processo produtivo seja completado com eficiência. É importante comentar que este trabalho é uma proposta inicial de melhoria no processo produtivo da indústria em estudo.

## REFERÊNCIAS

- Davis; M. M. et al. **Fundamentos da Administração da Produção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- FERNANDES, F. C. F.; GODINHO FILHO, M. **Planejamento e controle da produção: Dos fundamentos ao essencial**. 1. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2. Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- BARNES, Ralph M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6 ed. São Paulo, Edgard Blucher, 2004.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. Ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- ROCHA, H. M. **Apostila da disciplina: Arranjo Físico industrial**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 2011. Disponível em: <<http://www.fat.uerj.br>>. Acesso em: 11 abr. 2015.
- SOUZA, F. B.; PIRES, S. R. I. **Análise e proposições sobre o balanceamento e uso de excesso de capacidade em recursos produtivos**. Revista Gestão & Produção, v. 6, n.2, p.111-126, ago.1999.
- SILVA, G. G. et al. **A manufatura enxuta aplicada no setor de serviços: um estudo de caso**. 2007, Foz do Iguaçu. Anais... XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, 2007.
- MAGATÃO, L. et al. **Otimização do balanceamento de uma linha de montagem de cabines de caminhões por meio de programação linear inteira mista**. Anais do XLIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 2011, Ubatuba. Pré-Anais... SBPO, 2011.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Unicenp: Curitiba, 2007.
- OLIVEIRA, F. N. et al. **Balanceamento de linha de produção: um estudo de caso em uma indústria naval**. 2012. Gonçalves-RS. Anais... XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, 2012.
- OLIVEIRA, P. **Estudo sobre balanceamento de produção em uma indústria de camisaria que utiliza sistema vac**. Trabalho de conclusão de curso – FAED, Universidade do Estado de Santa Catarina, Santa Catarina, 2008.
- GOMES, J. E. et al. **Balanceamento de linha de montagem na indústria automotiva – Um estudo de caso**. 2008, Rio de Janeiro. Anais... ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ENEGEP 2008.