



BALANCEAMENTO DE LINHA DE MONTAGEM PARA INDÚSTRIA DE CONFECÇÃO

Marcelo Luis Bervian¹, Francisco Uchoa Passos²

¹SENAI

²SENAI

E-mails: mlbervian@gmail.com, francisco.passos@unifacs.br

RESUMO


Neste trabalho, dois métodos de balanceamento para linhas de montagem baseados em regras de prioridades conhecidos como Ranked Positional Weight Technique e de Groover foram aplicados em um estudo de caso, com potencial para resolver o problema de balanceamento de mix de modelo em uma pequena empresa de confecção. O método Ranked Positional Weight Technique resolve problemas de balanceamento multimodelo e neste trabalho sofreu adaptações para resolver problemas de balanceamento mix de modelo. Desta forma, o artigo visa propor por meio da comparação do indicador de eficiência o método de balanceamento mais eficiente e aplicável à indústria de confecção. Os dois métodos utilizados mostraram-se aplicáveis ao problema estudado, entretanto, o método Ranked Positional Weight Technique, foi considerado mais adequado às indústrias de confecção, pois obteve um desempenho ligeiramente melhor, atingindo uma eficiência de 80,9%.

Palavras chaves: Balanceamento de linha, mix de modelos, indústria de confecção.

1. INTRODUÇÃO

O setor de confecção possui uma grande importância para a economia, pois tem uma alta capacidade de geração de postos de trabalho e seu produto pode ser consumido por todas as pessoas [1]. No Brasil, o setor têxtil é responsável por aproximadamente 16% dos empregos gerados na indústria, no cenário internacional é o quarto maior produtor em confecção [2]. A indústria de confecção caracteriza-se por cerca de 99% de micro e pequenas empresas segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas [3], assim como um grande número de empresas informais. Estas características ocasionam-se pela existência de um processo de fabricação quase artesanal, investimentos para início das operações baixos e uma grande dependência de mão de obra.

As características citadas, aliadas aos poucos investimentos em modernização tecnológica de processos e equipamentos, carência de mão de obra qualificada e a dificuldade de acesso às tecnologias desenvolvidas e difundidas pela academia, estão gerando baixa eficiência produtiva e forçando as empresas a buscarem um novo posicionamento referente às estratégias de produção [4]. Além disso, o mercado tem



exigido cada vez mais a diminuição do número de peças por modelo em razão da maior diversificação. Perante as dificuldades expostas e as novas demandas de mercado, as empresas buscam novas formas e parâmetros para otimizar e racionalizar os recursos envolvidos. Para auxiliar este processo, o balanceamento da capacidade de suas linhas de produção é uma das ferramentas mais importante [5].

Devido à diversificação e à redução do número de peças por modelo, atualmente, não mais se adequam à realidade do mercado linhas de produção para fabricação de um único modelo e, sim, linhas de produção para vários modelos com a utilização de balanceamento de linha multi ou mix de modelo, pois linhas multi ou mix de modelo são geralmente utilizadas para fabricação de diferentes modelos de um mesmo produto [6]. Assim, este trabalho tem como objetivo propor um método de balanceamento baseado em regras de prioridades para linhas de montagem, a partir do estudo comparativo dos métodos de Groover e o Ranked Positional Weight Technique, tidos como adequados às linhas de fabricação da indústria de confecção. Para comparação dos métodos utilizou-se um estudo de caso focado em uma pequena empresa do setor de confecção do segmento de camisas polo, localizada no município de Salvador, no estado da Bahia. Consequentemente, os resultados estão restritos a este universo, podendo ser generalizado apenas para aqueles segmentos que possuem características semelhantes às do estudo em questão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 LINHA DE MONTAGEM

Uma linha de montagem manual é uma linha de produção que consiste da sequência de estações de trabalho, onde são realizadas um ou mais elementos de trabalho por um ou mais trabalhadores. Os produtos são montados ou transformados à medida que se movem ao longo da linha. Em cada estação é realizada uma parte do trabalho total, até construir o produto final [7]. Os produtos podem ser transportados de estação para estação através de dois métodos: manual e mecânico [7], [8], [9]. Para Becker e Scholl [9] as linhas de montagem são sistemas de fluxo de produção orientado principalmente para a produção industrial de produtos padronizados com altos volumes, contudo possui também importância na produção de baixo volume de produtos personalizados. Para Oliveira [10] uma linha de montagem é caracterizada em função do tipo de produto a ser produzido, podendo ser classificada segundo aspectos físicos, formato, ordem de fabricação de modelos e tempo de processamento das tarefas.

A linha de montagem é classificada conforme o aspecto físico do produto em linhas de montagem de um lado, linhas de montagem dos dois lados e linhas de montagem de lugares variados [11], [12], [9]. Segundo Baykasoglu [13], Chiang e Urban [14], Becker e Scholl [12], Agpak e Gokçen [15] a linha de montagem possui dois formatos: tradicional ou linha reta e em formato U. Para Becker e Scholl [12], Boysen et al. [16], Erel e Gokçen [17] existem três tipos de linha de montagem conforme o critério de sequenciamento: modelo único, mix de modelo e multimodelo. Em relação ao tempo de processamento das tarefas em uma linha de montagem, Ghosh e Gagnon [18] classificaram o tempo das tarefas em determinístico e estocástico.

2.2 BALANCEAMENTO DE LINHA

O balanceamento de linha consiste em buscar um ritmo equilibrado entre vários postos de trabalhos de uma linha de montagem, definindo as atividades que serão executadas por homens e máquinas de forma a garantir um tempo de processamento igual entre os postos de trabalho, atendendo economicamente uma taxa de demanda e extraindo o máximo de produtividade e sincronismo dos recursos investidos no processo produtivo [19], [20]. A primeira publicação a respeito do problema de balanceamento de linha segundo Ghosh e Gagnon [18] foi de Helgeson et al. em 1954, cabendo a Salveson, em 1955, a primeira publicação na forma matemática e uma sugestão de solução utilizando programação linear. Em 1961, Kilbridge e Wester desenvolveram um método heurístico simples para resolver problemas de balanceamento de linhas para unimodelo, utilizando diagrama de precedência e alocando as tarefas com maior tempo de forma prioritária na estação de trabalho. Desde então, o tema de balanceamento tem sido bastante pesquisado, principalmente, em linhas de montagem de fabricação em massa, englobando linhas multimodelos e mix de modelos.

Um dos primeiros autores a estudar o balanceamento de linhas mix de modelos foi Thomopoulos [21], [22]. No primeiro trabalho ele adaptou a heurística unimodelo de Kilbridge e Wester para mix de modelo e no segundo propôs combinar os diagramas de precedência dos diferentes modelos através da união dos nós e das relações de precedência de seus respectivos diagramas para simplificar o método mix de modelo, transformando-o em um método unimodelo. Em seguida, Baybars, em 1986, propôs uma classificação para problemas de balanceamento de linha de montagem dividindo-o em duas categorias: Problema de Balanceamento de Linha de Montagem Simples (Simple Assembly Line Balancing – SALB) e Problema de Balanceamento de Linha de Montagem Generalizado (General Assembly Line Balancing – GALB) [23]. Posteriormente, Ghosh e Gagnon [18] classificaram o problema de balanceamento de linha em quatro categorias e basearam esta classificação nos tempos de processamento das tarefas: i) Problemas para um único modelo com tempos das tarefas determinísticos (Single- Model Deterministic - SMD); ii) Problemas para um único modelo com tempos das tarefas estocásticos (Single- Model Stochastic - SMS); iii) Problemas para multi / mix modelos com tempos das tarefas determinísticos (Multi / Mix Model Deterministic - MMD); e iv) Problemas para multi / mix modelos com tempos das tarefas estocásticos (Multi / Mix Model Stochastic - MMS). Em 2007, foi introduzida por Boysen et al. [16] uma notação tri-upla para designar características e problemas de montagem, representada como $[\alpha | \beta | \gamma]$, sendo esta a mais recente classificação apresentada sobre balanceamento de linha de montagem, para facilitar a comunicação entre pesquisadores e profissionais. Assim, nesta classificação, um problema de balanceamento de linhas de montagem consiste de três elementos básicos: i) Características do diagrama de precedência (α); ii) Características das estações de trabalho e da linha de montagem (β); e iii) Objetivos a serem alcançados (γ).

O balanceamento de linhas de montagem para um único modelo com tempos determinísticos ocorre quando se produz apenas um único modelo com um determinado número de tarefas, cada uma com seu respectivo tempo fixo de realização e um diagrama com as relações de precedência entre elas, determinando as tarefas a uma específica sequência de estações de trabalho, de forma que as relações de precedência sejam satisfeitas e a capacidade da linha otimizada. No balanceamento de linha para um único modelo com tempos estocásticos, apenas a característica do tempo das tarefas é diferente, seguindo uma distribuição de probabilidade [24]. O balanceamento de uma linha de montagem multi / mix modelos define-se quando existir um número de

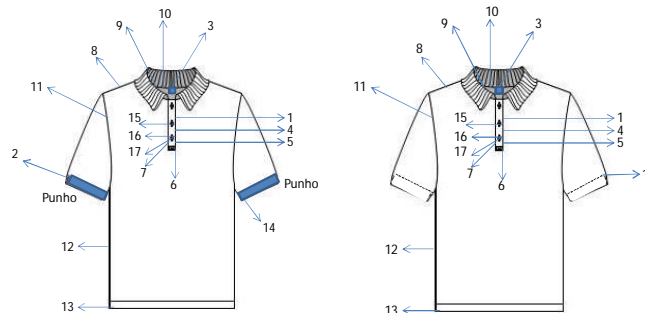
modelos e um conjunto de tarefas associadas a cada modelo com seus devidos tempos para realização de cada tarefa (determinístico ou estocástico) e suas relações de precedência para cada modelo. O balanceamento consistirá assim, em determinar as suas tarefas a uma específica sequência para cada estação de trabalho, de modo que as relações de precedências sejam satisfeitas e a capacidade otimizada [17].

A produção de multimodelo é identificada quando a homogeneidade dos produtos montados e os seus processos de produção não são suficientes para permitir a produção em sequência, mas, organizada em lotes. Quando os lotes a serem fabricados são grandes a linha a ser balanceada pode ser determinada separadamente para cada modelo. Contudo, é inerente que na produção multimodelo se tenha um grau de semelhança nos processos de produção, sendo utilizados os mesmos recursos a exemplo de máquinas e trabalhadores. Na produção de mix de modelo é assumido que todos os modelos são variações do mesmo produto base, diferenciando apenas em alguns atributos específicos, relacionados a questão de tempos de processo. Neste modelo de produção quase não existe tempo de troca de ferramentas, de modo que, vários modelos misturados em uma sequência podem ser montados na mesma linha [25].

3. METODOLOGIA


Para resolver o problema de balanceamento de linha para mix de modelo, foi realizado um estudo de caso em uma pequena empresa de confecção e investigada a produção do produto camisa polo com dois diferentes modelos, conforme figura 1. Para a definição dos modelos e da taxa de produção horária, foram considerados os modelos com maiores volumes de produção, de acordo com a entrevista com a responsável pela unidade industrial. As taxas de produção correspondem a $R_{pa} = 78$ unid./h polo masculina com punho, $R_{pb} = 26$ unid./h polo feminina sem punho e a taxa de produção hora total $R_p = 104$ unid.

Figura1- Modelos estudados e a localização das tarefas realizadas;
a) polo masculina com punho b) polo feminina sem punho



Fonte: Elaborado pelo autor (2014)

Ao usar os métodos Ranked Positional Weight Technique e Groover o problema de balanceamento de linha foi resolvido. Os dois métodos foram aplicados nos mesmos modelos de roupas, de modo que as sequências de tarefas, os tempos de produção, as taxas de produção/hora, os tempos de ciclo, a eficiência de reposicionamento e o tempo disponível por trabalhador serão idênticos. No método Ranked Positional Weight Technique foram incluídos: a determinação do tempo total de cada tarefa e o tempo total para fabricação dos modelos, atendendo à respectiva taxa de produção e à precedência dos modelos combinados, bem como os cálculos de tempo de serviço de cada ciclo, à



eficiência de reposicionamento e o tempo disponível por trabalhador para que se possam alocar as tarefas às estações e adequar o método ao ambiente mix de modelo. Helgeson e Birnie [26] desenvolveram o método Ranked Positional Weight Technique. Neste método é encontrado um valor de peso para cada tarefa possibilitando a classificação posicional da tarefa. O valor de peso de uma tarefa é obtido através da soma do tempo da tarefa considerada, com o tempo de outras tarefas que a mesma é precedente. Posteriormente, as tarefas são ordenadas de forma decrescente de valor possibilitando a sua classificação posicional. Logo, as tarefas são atribuídas a cada estação, partindo-se da tarefa com maior valor de peso até completar o tempo disponível por trabalhador, observando sempre as restrições de precedência. Este processo de atribuição segue até que todas as operações sejam atribuídas às estações.

Para desenvolvimento do método de Groover, indentifica-se as restrições de precedência das tarefas e seus tempos de fabricação. Posteriormente, desenvolve-se o diagrama de precedência de cada modelo e o diagrama equivalente para os modelos combinados. Na sequência organiza-se o diagrama equivalente em colunas e lista às tarefas de cada coluna em ordem decrescente de valor conforme o método de Kilbridge e Wester, assegurando assim, que as tarefas de maior tempo sejam selecionadas primeiro, quando alocadas nas estações. Quando esta tarefa for selecionada para uma estação, retorna-se para lista a fim de selecionar a próxima tarefa, sempre observando as restrições de precedência. Assim que, mais nenhuma tarefa puder ser alocada na estação sem ultrapassar o tempo disponível por trabalhador, poderá passar para a próxima estação. Repetindo os passos acima até que todas as tarefas tenham sido alocadas. Em ambos os métodos, ocorrendo a restrição de ultrapassar o tempo disponível por trabalhador, poderão ser utilizadas estações e tarefas em paralelo, para eliminar esta restrição.

4. RESULTADOS

Para a coleta dos tempos utilizou-se um nível de confiança de 95%, uma precisão da medida de 5% e consideraram-se os tempos como determinísticos. Na tabela 1 são apresentadas as tarefas com seus tempos de fabricação expressos em minutos, suas precedências e o tempo total de cada modelo.

Tabela 1 – Tarefas, tempo das tarefas, tempo total do modelo e precedência

Tarefa K	T_{eAk} (min)	Precedência	T_{eBk} (min)	Precedência
1	0,08	-	0,08	-
2	0,49	-	-	-
3	0,13	-	0,13	-
4	0,17	1	0,17	1
5	0,25	4	0,25	4
6	0,36	5	0,36	5
7	0,08	6	0,08	6
8	0,31	7	0,29	7,3
9	0,65	8,3	0,65	8
10	0,52	9	0,52	9
11	0,55	8,2	0,53	8
12	0,44	11	0,42	11
13	0,31	12	0,3	12
14	0,22	12	-	-
15	0,24	10	0,24	10
16	0,13	15	0,13	15
17	0,22	16	0,22	16
18	-	-	0,48	12
T_{wc}	5,14		4,84	

Fonte: Adaptado de Groover [7]

Onde: T_{eAk} = tempo da tarefa do modelo polo masculina com punho, T_{eBk} = tempo da tarefa do modelo polo feminina sem punho, T_{wc} = Tempo total do modelo

Calcula-se o tempo de ciclo de cada estação, tempo de serviço de cada ciclo, a eficiência do reposicionamento e o tempo disponível por trabalhador para possibilitar a alocação das tarefas à cada estação. Os cálculos são apresentados a seguir: O tempo de ciclo é encontrado pela equação (1) $T_c = \frac{60 \times E}{R_p}$ $T_c = \frac{60 \times 1}{104} = 0,576 \text{ min}$ onde: E = eficiência da linha, R_p = taxa de produção hora. O tempo de serviço de cada ciclo é encontrado pela equação (2) $T_s = T_c - T_r$ $T_s = 0,576 - 0 = 0,576 \text{ min}$ onde: T_c = tempo de ciclo, T_r = tempo de reposicionamento.

O tempo de reposicionamento é igual à zero, pois o autor considerou uma linha de montagem manual. A eficiência do reposicionamento é identificada pela equação (3) $E_r = \frac{T_s}{T_c}$ $E_r = \frac{0,576}{0,576} = 1$. O tempo disponível por trabalhador é identificado pela equação (4) $AT = 60 \times E \times E_r$ $AT = 60 \times 1 \times 1 = 60 \text{ min}$ onde: E = eficiência da linha, E_r = eficiência do reposicionamento.

Ranked Positional Weight Technique

Com a definição dos modelos (figura1), da taxa de produção horária, das tarefas com seus respectivos tempos e precedências para cada modelo (tabela1), foi possível determinar o tempo total de cada tarefa e o tempo total para fabricação dos modelos atendendo à respectiva taxa de produção, bem como apresentar à precedência dos modelos combinados, conforme tabela 2.

Tabela 2 – Tempo total por tarefa para produção combinada dos modelos

Tarefa K	$R_{pA}T_{eAk}$ (min)	$R_{pB}T_{eAk}$ (min)	$\sum_{j=A,B} R_{pj}T_{ejk}$ (min)	Precedência
1	6,24	2,08	8,32	0
2	38,22	0	38,22	0
3	10,14	3,38	13,52	0
4	13,26	4,42	17,68	1
5	19,5	6,5	26,00	4
6	28,08	9,36	37,44	5
7	6,24	2,08	8,32	6
8	24,18	7,54	31,72	3,7
9	50,7	16,9	67,6	8
10	40,56	13,52	54,08	9
11	42,9	13,78	56,68	8,2
12	34,32	10,92	45,24	11
13	24,18	7,8	31,98	12
14	17,16	0	17,16	12
15	18,72	6,24	24,96	10
16	10,14	3,38	13,52	15
17	17,16	5,72	22,88	16
18	0	12,48	12,48	12
WL			527,8	

Fonte: Adaptado de Groover [7]

Onde: WL= tempo total para fabricação dos produtos em um determinado período de tempo atendendo a uma taxa de produção

Com o tempo total da tarefa encontra-se um valor de peso para cada tarefa, e o mesmo é obtido através da soma do tempo da tarefa considerada com o tempo de outras tarefas que a mesma é precedente. Em seguida, foram ordenadas as tarefas de forma decrescente de valor que são apresentadas na tabela 3.

Tabela 3 – Classificação posicional das tarefas

Nº Tarefa	RPW	T_{eK} (min)	Precedência
1	476,06	8,32	0
4	467,74	17,68	1
5	450,06	26	4
6	424,06	37,44	5
3	391,82	13,52	0
7	386,62	8,32	6
8	378,3	31,72	3,7
2	201,76	38,22	0
9	183,04	67,6	8
11	163,54	56,68	8,2
10	115,44	54,08	9
12	106,86	45,24	11
15	61,36	24,96	10
16	36,4	13,52	15
13	31,98	31,98	12
17	22,88	22,88	16
14	17,16	17,16	12
18	12,48	12,48	12

Fonte: Adaptado de Helgeson e Birnie [26]

Onde: RPW: Ranked Positional Weight

Posteriormente as tarefas foram alocadas, conforme tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Alocação das tarefas às estações

Estação	Tarefa	TeK (min)	Tempo da estação
1	1	8,32	52,00
	4	17,68	
	5	26,00	
2	6	37,44	59,28
	3	13,52	
	7	8,32	
3	8	31,72	31,72
4	2	38,22	38,22
5	9	67,60	67,60
6	11	58,68	56,68
7	10	54,08	54,08
8 e 9	12	45,24	115,70
	15	24,96	
	16	13,52	
	13	31,98	
10	17	22,88	52,52
	14	17,16	
	18	12,48	

Tabela 5 – Alocação das tarefas às estações

Estação	Tarefa	TeK (min)	Tempo da estação
1	1	8,32	52,00
	4	17,68	
	5	26,00	
2	6	37,44	59,28
	3	13,52	
	7	8,32	
3	8	31,72	31,72
4	2	38,22	38,22
5	9	33,80	33,80
6	9	33,80	33,80
7	11	56,69	56,68
8	10	54,08	54,08
9 e 10	12	45,24	115,7/2 = 57,85
	15	24,96	
	16	13,52	
	13	31,98	
11	17	22,88	52,52
	14	17,16	
	18	12,48	

Fonte: Adaptado de Helgeson e Birnie [26]
 Birnie [26]

Fonte: Adaptado de Helgeson e

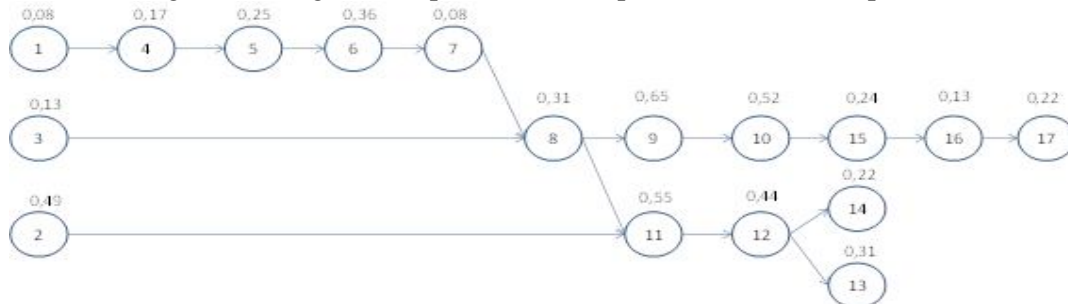
Onde: T_{eK} = Tempo da tarefa para atender a demanda de produção

Na tabela 4, estação 5, ocorreu uma restrição. Assim foi criada na tabela 5 uma estação em paralelo para que o tempo da estação ficasse no limite de tempo do trabalhador. As estações 8 e 9 na tabela 4, estarão operando em paralelo para reduzir pela metade o tempo, ficando dentro do limite de tempo do trabalhador. Com a introdução de mais uma estação na tabela 5, as estações 9 e 10 estarão agora atuando em paralelo

Groover

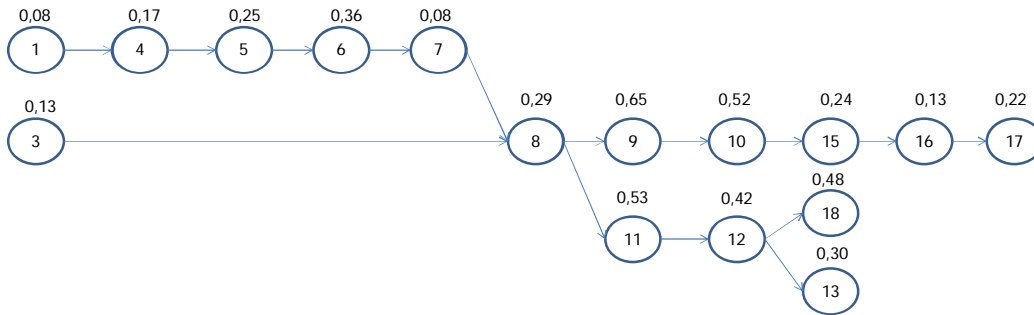
Com a definição dos modelos (figura1) e das tarefas com seus respectivos tempos e precedências para cada modelo (tabela1) foi possível desenvolver os diagramas de precedência de cada modelo, conforme figuras 2 e 3.

Figura 2 - Diagrama de precedência da polo masculina com punho



Fonte: Adaptado de Groover [7]

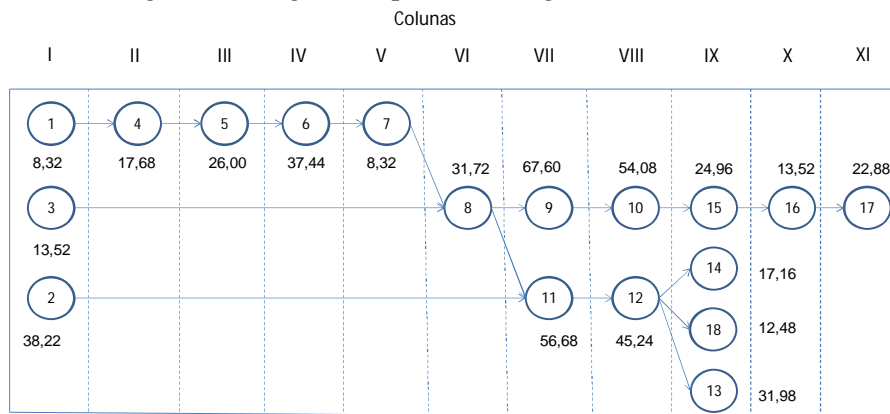
Figura 3 - Diagrama de precedência da polo feminina sem punho



Fonte: Adaptado de Groover [7]

Com o tempo total por tarefa para produção combinada dos modelos (tabela 3), desenvolveu-se um diagrama equivalente e organizou-se em colunas (figura4).

Figura 4 - Diagrama equivalente organizado em colunas



Fonte: Adaptado de Groover [7]

Posteriormente, listaram-se as tarefas em colunas e alocaram-se as tarefas partindo-se daquelas com maior tempo de fabricação.

Tabela 6 – Tarefas alocadas às estações

Estação	Tarefa	Coluna	TTk	TTsi
1	2	I	38,22	51,74
	3	I	13,52	
2	1	I	8,32	52,00
	4	II	17,68	
3	5	III	26,00	45,76
	6	IV	37,44	
4	7	V	8,32	31,72
	8	VI	31,72	
5	9	VII	67,60	67,60
6	11	VII	56,68	56,68
7	10	VIII	54,08	54,08
8	12	VIII	45,24	45,24
	13	IX	31,98	
9	15	IX	24,96	56,94
	14	IX	17,16	
10	18	IX	12,48	43,16
	16	X	13,52	

Tabela 7 – Tarefas alocadas às estações eliminando a restrição

Estação	Tarefa	Coluna	TTk	TTsi
1	2	I	38,22	51,74
	3	I	13,52	
2	1	I	8,32	52,00
	4	II	17,68	
3	5	III	26,00	45,76
	6	IV	37,44	
4	7	V	8,32	31,72
	8	VI	31,72	
5	9	VII	33,80	33,80
6	9	VII	33,80	33,80
7	11	VII	56,68	56,68
8	10	VIII	54,08	54,08
9	12	VIII	45,24	45,24
	13	IX	31,98	
10	15	IX	24,96	56,94
	14	IX	17,16	
11	18	IX	12,48	43,16
	16	X	13,52	

Fonte: Adaptado de Groover [7]

Fonte: Adaptado de Groover [7]

Conforme a restrição de ultrapassar o tempo disponível por trabalhador identificada na estação 5, da tabela 6, criou-se a estação 6 em paralelo, para dividir a tarefa 9, na tabela 7.

Comparação dos dois métodos

Após a aplicação dos métodos propostos, os mesmos foram avaliados pela utilização do indicador de eficiência. Os percentuais de eficiência de cada método são calculados pela equação (5) $E_b = \frac{WL}{w(TT_{si} ou T_s)}$ onde, $TT_{si} = T_s$, WL = tempo total para fabricação dos produtos em um determinado período de tempo atendendo a uma taxa de produção, w = número de postos de trabalhos e TT_{si} = máximo valor de tempo de serviço entre todas as estações da linha. Os resultados são apresentados no quadro 1.

Quadro 1 – Resultado dos métodos aplicados

Método	Eficiência do balanceamento (%)
Groover	77,2
Ranked Positional Weight Technique	80,9

Fonte: Elaborado pelo autor (2014)

Observa-se que o método Ranked Positional Weight Technique possui 80,9% de eficiência e 3,7% a mais que o método de Groover que teve 77,2%.

5. CONCLUSÃO

Os dois métodos utilizados mostraram-se aplicáveis ao problema estudado, entretanto o método Ranked Positional Weight Technique foi considerado mais adequado às indústrias de confecção, pois obteve um desempenho melhor, atingindo uma eficiência de 80,9%, ligeiramente acima da eficiência alcançada pelo método de Groover, que foi de 77,2%. Por outro lado, utilizaram-se tempos determinísticos das tarefas e considera-se que em linhas de montagem não automatizadas, os tempos das tarefas sofrem maiores variações, assim podem-se obter resultados mais confiáveis utilizando tempos estocásticos em ambos os métodos. Desta forma, este trabalho traz benefícios para a empresa pesquisada e para outras empresas que possuam processos com características semelhantes, pois atende às dificuldades do setor expostas na introdução do presente texto, ao viabilizar, para a empresa, uma eficiência produtiva mais elevada.

REFERÊNCIAS

- ¹GÓES, Thiago Reis; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.
- ²CNI/ABIT - Confederação Nacional da Indústria /Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção; *TÊXTIL E CONFECÇÃO: Inovar, Desenvolver e Sustentar*. CNI/ABIT, Brasília. 2012.
- ³SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Onde estão as micro e pequenas empresas no Brasil. 1ª ed., São Paulo, 2006.
- ⁴BNDES Setorial – Banco Nacional de Desenvolvimento. Panorama da Cadeia Produtiva Têxtil e de Confecções e a Questão da Inovação. Rio de Janeiro, n. 29, p.159-202, 2009.
- ⁵ROCHA, Duílio Reis da.; *Balanceamento de Linha - Um Enfoque Simplificado*. 2003.
- ⁶SARKER, B.R.; PAN, H.; Designing a mix-model assembly line to minimize the costs of idle and utility times. *Computers & Industrial Engineering*, v. 34, n. 3, p. 609-628, 1998.
- ⁷GROOVER, M.P.; *Automation, production, and computer-integrated manufacturing*. 2ª ed., Prentice Hall: New Jersey, 2000.
- ⁸ÖZCAN, U., TOKLU, B. Balancing of mixed-model two-sided assembly lines. *Computers & Industrial Engineering*, 2009.
- ⁹BECKER, Christian; SCHOLL, Armin.; Balancing assembly lines with variable parallel workplaces: Problem definition and effective solution procedure. *European Journal of Operational Research*, n.199 p. 359–374, 2009.
- ¹⁰OLIVEIRA, Fernanda da Silva.; *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, Salvador, 2011.
- ¹¹GRZECHCA, Waldemar.; Assembly line balancing problem single and two-sided structures. *Automation Control – Theory and Practice*, Ad Rodi ed. Intech, 2009.
- ¹²BECKER, Christian; SCHOLL, Armin. A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, n.168 p. 694–715, 2006.
- ¹³BAYKASOGLU, Adil. Multi-rule multi-objective simulated annealing algorithm for straight and U type assembly line balancing problems. *J Intell Manuf*, n. 17 p. 217-232, 2006.
- ¹⁴CHIANG, Wen-Chyuan; URBAN, Timothy, L.; The stochastic u-line balancing problem: A heuristic procedure. *European Journal of Operational Research*, n. 175, p. 1767-1781, 2006.

- ¹⁵AGPAK, Kursad; GÖKÇEN, Hadi.; A chance-constrained approach to stochastic line balancing problem. *European Journal of Operational Research*, n. 180, p. 1098–1115, 2007.
- ¹⁶BOYSEN, N.; FLIEDNER, M.; SCHOLL, A.; A classification of assembly line balancing problems. *European Journal of Operational Research*, n.183, p. 674–693, 2007.
- ¹⁷EREL, E.; GÖKÇEN, H.; Shortest-route formulation of mixed-model assembly line balancing problem. *European Journal of Operational Research*, n. 116, p. 194-204, 1999.
- ¹⁸GHOSH, S.; GAGNON, R. J.; A comprehensive literature review and analysis of the design, balancing and scheduling of assembly systems. *International Journal of Production Research*, v. 27, n. 4, p. 637-670, 1989.
- ¹⁹TUBINO, Dalvio Ferrari.; *Manual de planejamento e controle da produção*. 2^a ed., Atlas: São Paulo, 2000.
- ²⁰MOREIRA, Daniel Augusto.; *Administração da produção e operações*. 2^a ed., Pioneira: São Paulo, 1996.
- ²¹THOMOPOULOS, N.T.; Line balancing-sequencing for mixed model assembly. *Management Science*, v. 14, n. 2, p. 59-75, 1967.
- ²²THOMOPOULOS, N.T.; Mixed model line balancing with smoothed station assignment. *Management Science*, v. 16, n° 9, p. 593-603, 1970.
- ²³FERNANDES, F. C. F.; GODINHO FILHO, M.; CUTIGI, R. A.; GUIGUET, A. M.; O uso da programação inteira 0-1 para o balanceamento montagem: modelagem, estudos de caso e avaliação. *Produção*, v. 18, n. 2, p. 210-221, 2008.
- ²⁴EREL, E.; SARIN, S. C.; A survey of the assembly line balancing procedures. *Production.Planning & Control*, v. 9, n. 5, p. 414-434, 1998.
- ²⁵BOYSEN, N.; FLIEDNER, M.; SCHOLL, A.; Assembly line balancing: Which model to use when?. *Int. J. Production Economics*, n.111, p. 509–528, 2008.
- ²⁶HELGESON, W. P.; BIRNIE, D. P.; Assembly line balancing using the ranked positional weight technique. *Journal of Industrial Engineering*, v. 12, n.6, p. 384-398,1961.