

## PROPOSTA DE BALANCEAMENTO DE LINHA EM UMA LINHA DE MONTAGEM DE CAIXAS DE SORVETE E AÇAÍ

**Juliane Tristão de LIMA<sup>1</sup>**

Discente do curso de Engenharia de Produção – IFSP/*Campus* São Paulo

**Sylvy Castiglione Pereira LIMA<sup>2</sup>**

Discente do curso de Engenharia de Produção – IFSP/*Campus* São Paulo

**Tatiane Campoy Eleuterio da SILVA<sup>3</sup>**

Discente do curso de Engenharia de Produção – IFSP/*Campus* São Paulo

**Sergio Yoshinobu ARAKI<sup>4</sup>**

Mestre em Engenharia Mecânica/UNITAU

Docente do Dept<sup>o</sup> de Engenharia de Produção – IFSP/*Campus* São Paulo

### RESUMO

Este artigo apresenta o estudo de balanceamento de linha realizado em uma empresa de embalagens – Grupo IG – localizada no município de Guarulhos/SP. O estudo tem o objetivo de reduzir o tempo de produção das embalagens de sorvete e açaí e melhorar o índice de eficiência desta linha de produção em específico, aumentando a quantidade produzida, de modo a atingir a demanda exigida pelo mercado. Utilizando-se do estudo da técnica do balanceamento de linha, foi proposta uma readequação de *layout* do processo de montagem das caixas, funções dos operadores e também a unificação do processo de colagem.

**Palavras-chave:** Balanceamento de linha. Tempo de produção. Índice de eficiência.

### Introdução

Atualmente, o mercado industrial se torna cada vez mais competitivo, principalmente com o surgimento de diversas ferramentas e métodos que melhoram os processos produtivos de bens de consumo, a eficiência de produção, a qualidade, com redução de tempo de fabricação e entrega do produto ao seu consumidor final.

---

<sup>1</sup> Endereço eletrônico: julianetristao@hotmail.com

<sup>2</sup> Endereço eletrônico: sy\_castiglione@hotmail.com

<sup>3</sup> Endereço eletrônico: tatiane\_campoy@hotmail.com

<sup>4</sup> Endereço eletrônico: araki@ifsp.edu.br

O balanceamento de linha é um método utilizado para alinhar o processo produtivo, a fim de atender à demanda em sua quantidade e tempo requerido pelo cliente.

Uma linha de produção compõe-se de um conjunto de estações de trabalho, onde cada estação possui uma localização fixa, determinada a partir da sucessão das operações necessárias para finalização de todo o processo produtivo. O balanceamento de linha de produção é uma ferramenta presente no *Lean Manufacturing*, que consiste em distribuir corretamente as atividades para cada operador em cada estação de trabalho com o intuito de que cada operador tenha uma carga de trabalho igual ou aproximada aos demais operadores, ou seja, é uma forma de nivelar as atividades entre os operadores, com vistas a impedir que ocorra uma sobrecarga de atividades, gerando um tempo ocioso para os demais operadores.

Esse estudo e proposta foram realizados em uma empresa que atua no setor de embalagens de papel interligado ao setor gráfico, especificamente na linha de montagem de caixas de sorvete e açaí, atualmente localizado no município de Guarulhos/SP, devido à grande disruptura entre a demanda e a quantidade de caixas atualmente produzida que é de 42.000 caixas por mês, não conseguindo atender toda a demanda necessária dos clientes. Assim, o estudo tem por finalidade aperfeiçoar recursos, reduzindo o tempo de montagem das caixas de sorvete e açaí através da técnica do balanceamento de linha.

Para alcance desse objetivo, foi necessário verificar as etapas do processo de produção da montagem da caixa de sorvete e açaí, analisando o sequenciamento das atividades; obter o tempo padrão para cada etapa; e elaborar um fluxograma do processo produtivo atual, tempo de ciclo e do tempo de cada funcionário e cálculo do tempo produtivo ideal para que a demanda seja atendida.

## **Metodologia**

Durante a elaboração desse estudo, foi necessário o acompanhamento da linha de montagem de caixas de sorvete e açaí por meio de visitas técnicas à empresa, em que, junto ao auxílio da gerência, foi verificado o funcionamento macro de todo o

processo produtivo e, com o auxílio dos operários, foi possível obter uma visão específica de todo o processo no setor de montagem.

Dessa maneira, levantamos informações sobre as etapas realizadas, quantidade de estações de trabalho, operações realizadas em cada estação de trabalho, tempo utilizado por operador em cada estação de trabalho e o tempo de ciclo da montagem da caixa de sorvete e açaí. Todas as informações foram obtidas com anotações, filmagens, fotos e um cronômetro para mensurar os tempos de cada etapa do processo de montagem.

Baseados nas informações levantadas, conseguimos determinar o tempo de ciclo (TC), conforme a Equação 1, onde pode ser entendido como o tempo máximo permitido a cada estação de trabalho. Através do tempo de ciclo (TC), podemos definir o número mínimo de estações de trabalho (N), de acordo com a Equação 2. (GOMES, 2008)

Matematicamente:

$$TC = \frac{\text{Tempo total de produção}}{\text{quantidade de peças no tempo de produção}} \quad (1)$$

Equação 1: Tempo de ciclo

$$N = \frac{1}{TC} \sum_1^n t_i \quad (2)$$

Equação 2: Número de estações necessárias

Para a constatação teórica da eficiência do balanceamento da linha de produção ( $\epsilon$ ), ou seja, visualizar se o número de estações de trabalhos está correto, é possível através de um cálculo matemático obter um índice de eficiência da linha produtiva, segundo a Equação 3.

Matematicamente:

$$\varepsilon = \frac{1}{N.TC} \sum_1^n t_i \quad (3)$$

Equação 3: Determinação da eficiência da linha produtiva

A estabilidade da linha de produção se consegue quando conseguimos que a produção se comporte exatamente como determinado pelo *Takt time*, como exposto na Equação 4, em que corresponde ao ritmo de produção necessário para o atendimento da demanda de produção e determinando quais são os recursos necessários para realização de todo o processo produtivo para que se obtenha o menor desperdício, não afetando a qualidade do produto. (GOMES, 2008)

Matematicamente:

$$Takt\ time = \frac{\text{Tempo total de produção disponível}}{\text{demanda de produção}} \quad (4)$$

Equação 4: Takt time

### Desenvolvimento – Processo de montagem atual

O processo de montagem de caixas de sorvete e açaí atual consiste em três etapas que podem ser visualizadas pelo fluxograma abaixo (figura 1).

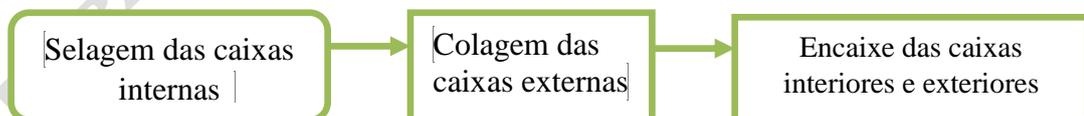


Figura 1: Fluxograma do processo atual de montagem de caixas d sorvete e açaí (Grupo IG, 2015)

Selagem das caixas internas: Feito o processo de retirada das rebarbas, começa então a selagem das folhas. Para isso, é usada uma seladora que aquece a 200°C, ela é ativada por um pedal onde a funcionária necessita aplicar uma força considerável, já que é imprescindível que a caixa seja selada completamente para evitar qualquer vazamento do produto; o processo inteiro de retirada das rebarbas e selagem demora um tempo

aproximado de 20 segundos. A operária pega uma folha por vez e insere lado a lado na seladora, o processo é realizado nos dois lados da caixa, como demonstrado na figura 2.



Figura 2: Selagem das caixas internas (Grupo IG, 2015)

Colagem das caixas externas: Essas caixas podem ser coladas ou não com a caixa interna antivazamentos já dentro da mesma. Para isso, é usada uma cola quente ou cola branca, que é passada nas abas da caixa que já chegam a esta etapa do processo recortadas e dobradas para facilitar a colagem, o processo é demonstrado na figura 3.



Figura 1: Colagem de caixas externas sem a caixa interna com cola branca (GRUPO IG, 2015)

Encaixe das caixas interiores e exteriores: A última etapa do processo consiste em encaixar uma caixa dentro da outra (a caixa impressa e com papel micro ondulada

junto com a caixa selada). O processo pode ser feito de duas formas. A primeira forma consiste em:

- ↳ Colocar a caixa externa aberta sobre uma mesa.
- ↳ Colocar a caixa selada por cima da caixa aberta.
- ↳ Dobrar a caixa exterior por cima da caixa selada.
- ↳ Colar com uma cola especial e aplicar pressão, como demonstrado na figura 4.



Figura 4: Operária utilizando cola quente para unir a caixa externa já com a caixa antivazamentos dentro da mesma (GRUPO IG, 2015)

A segunda maneira consiste em:

- ↳ A caixa externa é previamente colada sem a interna.
- ↳ Utiliza-se um molde do tamanho da caixa pronta.
- ↳ Primeiramente se encaixa a caixa selada no molde.
- ↳ A caixa exterior é colocada por cima.
- ↳ As duas caixas são retiradas juntamente.
- ↳ Dobramento da caixa para facilitar no armazenamento, como mostrado na figura 5.



Figura 5: Molde utilizado para o encaixe das duas caixas (GRUPO IG, 2015)

Os dois processos são utilizados atualmente na empresa, existem duas operárias nessa função, cada uma delas realiza um processo, sendo que a primeira maneira economiza mais tempo, visto que é feita toda de uma vez.

Na figura 6, podemos visualizar a caixa de açaí finalizada.



Figura 6: Caixa de açaí montada (GRUPO IG, 2015)

### Balanceamento da linha de montagem de caixas de sorvete e açaí

No quadro 1, abaixo, podemos visualizar os tempos utilizados no processo de montagem da caixa, já utilizando o novo tempo com a melhoria do equipamento de selagem.

Quadro1: Tempos no processo de montagem da caixa

Operações	Duração (S) - T <sub>i</sub> Atual	Duração (S) - T <sub>i</sub>	Precedência	Ocupação
A - Retirada Das Rebarbas, Dobragem Da Folha E Selagem Da Caixa Interna	20	9	-	50%
B - Colagem Caixa Externa	18	18	-	100%
C - Encaixe Das Duas Caixas - Tipo 1	9	9	A e B	50%
D - Encaixe Das Duas Caixas - Tipo 2	15	15	A e B	83%

Fonte: Grupo IG, 2015

As operações C e D realizam o mesmo processo, sendo assim, na figura 7, podemos visualizar o caminho tipo 1 e, na figura 8, o caminho tipo 2 para a produção:

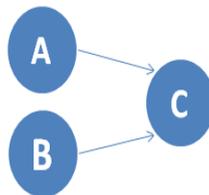


Figura 7: Caminho A, B, C com duração total de 36 segundos. (GRUPO IG, 2015)

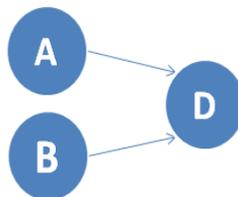


Figura 8: Caminho A, B, D com duração total de 42 segundos. (GRUPO IG, 2015)

O primeiro caminho (A, B, C) é mais curto, pois a última etapa é mais rápida, sendo assim, como primeira mudança no balanceamento de linha, iremos tirar do processo o posto de trabalho D.

Para realizar o balanceamento da linha, algumas informações são necessárias:

- $t_i$  - Tempo médio correspondente à operação de ordem  $i$ ;

$$A = 9s; B = 18s; C = 9s.$$

- $St_i$  - Tempo total necessário para produzir uma unidade.

$$St_i = A + B + C; St_i = 36s$$

- $T_c$  - Tempo de ciclo

$T_c = 18s$  (o tempo de ciclo é o tempo do posto de trabalho que leva mais tempo, no caso, a colagem da caixa externa).

- *Takt Time*

Para o *Takt Time*, consideramos 7,6h de trabalho/dia, tendo em vista que a jornada de trabalho de cada operador é de 8h, porém devem ser descontados alguns minutos para pausas necessárias.

$$Takt\ time = (7,6 \times 60 \times 60) / 2500 = 10,99s \text{ (equação 4)}$$

- $N$  - Número de postos de trabalho;

$$N = 3,27 = 4 \text{ estações de trabalho (equação 2)}$$

É possível notarmos que o tempo de ciclo é maior do que o *Takt Time*, com isso, não é possível produzir o número de caixas demandado, por esse motivo alguns ajustes na linha de produção serão feitos. No processo produtivo atual, existem 3 postos de trabalho, e os cálculos mostraram que o número mínimo de postos de trabalho é 4. O quadro 1 mostra que nem todos os operadores produzem durante 100% do tempo por conta do gargalo do processo, desse modo, é possível que, durante o tempo vago das tarefas de A e C, cada operador possa ser realocado para outra atividade, no caso, o 4º posto de trabalho que será criado.

Como a atividade que mais leva tempo para ser concluída é a colagem da caixa externa, mais um posto de trabalho com essa atividade será criado, e os operários das outras atividades trabalharão nele durante o tempo vago de suas atividades original.

O novo fluxo de produção é detalhado abaixo na figura 9:

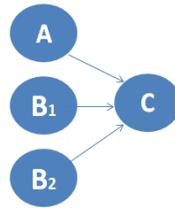


Figura 9: Novo fluxo de produção após o balanceamento. (GRUPO IG, 2015)

Com mais um posto de trabalho B se reduz ao meio o tempo de produção desta etapa, caindo de 18 para 9 segundos, assim somando um tempo total de produção de 27s. Com o balanceamento, encontramos um tempo de ciclo inferior ao *Takt time*, desta forma podendo inclusive aumentar a produção para até 3040 unidades/dia. Para o cálculo da eficiência desta linha de produção, foi utilizada a equação 3:  $E = 75,13\%$ .

## Resultados

As propostas apresentadas neste artigo reduziram o tempo do processo de montagem das embalagens de sorvete e açaí em 49%, aumentando a eficiência desta linha de produção para 75,13%.

Com essas mudanças, a quantidade produzida diariamente poderia chegar a 3040 unidades, sendo que a demanda atual do mercado é 2500 unidades por dia. Ou seja, as mudanças sugeridas permitirão à empresa superar a demanda mensal exigida pelo mercado atualmente.

Portanto, com a análise dos resultados, podemos observar que o estudo alcançou o objetivo inicial de redução do tempo de produção e aumento da eficiência da linha de produção, para que a demanda exigida atualmente fosse atingida.

## Referências

CARRAVILLA, Maria Antónia. *Layouts Balanceamento de Linhas* - FEUP, 1998.

FARNES, Vanessa; PEREIRA, Néocles. Balanceamento de linha de montagem com o uso de heurística e simulação: estudo de caso na linha branca. *XIII SIMPEP* - Bauru, SP, Brasil, 8 novembro 2006.

GESTAODALOGISTICA, 2016. Disponível em < <https://gestaodalogistica.wordpress.com> > Acesso em 24 de novembro de 2016.

GOMES, Jefferson Einstein Nobre. *Balanceamento de linha de montagem na indústria automotiva* – Um estudo de caso. Engepeg, Rio de Janeiro, 13 a 16 out. 2008. Brasil. Disponível em < [www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_tn\\_stp\\_069\\_496\\_12064.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_stp_069_496_12064.pdf) > Acesso em 26 de março de 2016.

GRUPO IG, 2015. *Manual da Empresa: Grupo IG Embalagens*. São Paulo: 2015.

JEFFREY, K. *Liker*. O Modelo Toyota – 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.

KETTER, Stefan. *World Class Manufacturing*. Disponível em < [www.fiatgroup.com/](http://www.fiatgroup.com/) > Acesso em 03 de outubro de 2015.

SANTOS, Luciano; GOHR, Claudia; URIO, Luis. *Planejamento sistemático de layout em pequenas empresas: uma aplicação em uma fábrica de baterias automotivas*. Disponível em < <http://www.revistaespacios.com/a14v35n07/14350714.html> > Acesso em 21/11/2016.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. *Operations management*. 6ª ed. England: PEARSON, 2010. vol.1. 670 p.

VARGAS, Rodrigo. *Lean Manufacturing*. Disponível em: <[www.gestaoindustrial.com/index.php/industrial/manufatura/lean-manufacturing](http://www.gestaoindustrial.com/index.php/industrial/manufatura/lean-manufacturing)> Acesso em 25 de setembro de 2016.

## ***LINE BALANCE PROPOSAL IN AN ASSEMBLY LINE OF ICE CREAM AND AÇAÍ BOXES***

### ***ABSTRACT***

*This paper presents a line balance study in a packaging company – Grupo IG – located in the city of Guarulhos, SP. The study has the objective of reducing the production time of ice cream and açai boxes and increasing the line efficiency in order to reach the demand increasing the quantity produced. Using the line balance technique, it was proposed a readjustment of the layout and operator's functions, as well as the unification of the gluing process.*

**Keywords:** *Line balance. Production time. Line efficiency.*

**Envio: fevereiro/2017**

**Aceito para publicação: março/2017**