

# BALANCEAMENTO DE LINHA – UM ENFOQUE SIMPLIFICADO

## 1. Introdução

Procurar balancear os diferentes postos que compõem uma linha de produção, ajustando-a à demanda, nem sempre é uma tarefa simples, especialmente quando o processo trabalha para atender diferentes produtos e variadas demandas. Os administradores de produção freqüentemente debruçam-se sobre cálculos visando encontrar a quantidade de postos de trabalho que proporciona um fluxo constante ao processo, reduzindo ao máximo as ociosidades de equipamentos e pessoas. Ao final, quando a racionalização é conseguida e as perdas evitadas, a produtividade alcança os patamares almejados, resultando em menores custos.

Quando as ações voltam-se para a redução dos desperdícios e otimização dos recursos, as organizações ganham poder competitivo, desejo e busca de todas elas. Só assim podem adquirir maior participação no mercado e garantir os ganhos que possibilitarão novos investimentos. É com o propósito de otimizar recursos que o balanceamento se apóia e com tal foco será aqui estudado.

## 2. O que é balanceamento

Balancear uma linha de produção é ajustá-la às necessidades da demanda, maximizando a utilização dos seus postos ou estações, buscando unificar o tempo unitário de execução do produto. Uma linha de produção é formada por uma seqüência de postos de trabalho, compondo estações, dependentes entre si, cada qual com função bem definida e voltada à fabricação ou montagem de um produto. Os postos são as etapas que vão permitir a construção do item a ser fabricado. Numa indústria de sapato, por exemplo, costurar o tecido (couro) é um posto de trabalho e juntar o couro ao solado é outro. Se a costura do couro anda mais rápido que a junção do couro ao solado, ou seja, gasta menos tempo unitário, pode-se compor uma estação de trabalho formada por vários postos do solado, visando equilibrar o sistema e fazer as duas estações terem tempos iguais ou aproximadamente iguais.

Nas etapas de fabricação do produto, cada posto ou estação de trabalho gasta determinado tempo para executar a tarefa que lhe cabe. Se o tempo que cada uma das estações gasta para fazer um produto é o mesmo, o balanceamento não tem problema. Ele já acontece e produzir mais ou menos depende somente da cadência ou velocidade imposta ao sistema. Se os tempos são diferentes, estudo adicional se faz necessário.

## 3. Etapas do balanceamento

A linha é composta por uma série de fases que se complementam. Os postos de trabalho são organizados numa seqüência lógica, seguindo um fluxo. Mas antes de entrar na análise efetiva das fases, alguns comentários devem ser destacados:

Na linha, o produto leva algum tempo para passar por todas as etapas. Se a produção do sistema, por exemplo, é de 60 unidades por hora, a cada minuto sai um produto. Esse tempo é chamado de **tempo de ciclo**. É determinado pela divisão do tempo de trabalho do posto pela

quantidade de produtos que ele libera ou fabrica no mesmo tempo. Na situação exposta, o tempo gasto é uma hora (60 minutos) e nesse intervalo saem 60 produtos. A divisão resulta em um produto por minuto.

Assim, o tempo de ciclo ( $T_c$ ) pode ser calculado por:

$$T_c = \frac{\text{Tempo de produção do posto}}{\text{Quantidade de produtos no tempo de produção}} \quad (\text{Eq. 01})$$

Aqui, faz-se necessário identificar a diferença entre um posto e uma estação de trabalho. A linha produtiva de uma empresa que faz cadeira, como indicada na Figura 01, ajuda a esclarecer.

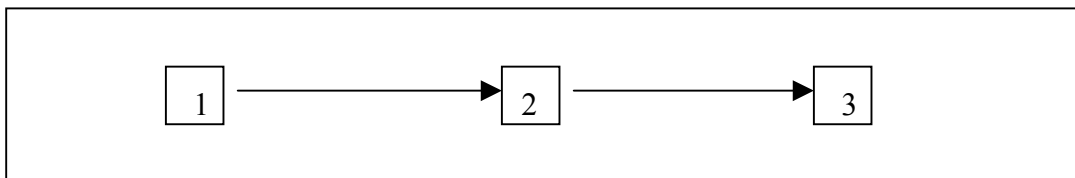


Figura 01 – Diagrama simplificado de uma linha produtiva

No primeiro posto, a madeira é cortada; no segundo, é preparada e no terceiro as madeiras preparadas pelo segundo posto são montadas, originando o produto. O diagrama identifica a seqüência do fluxo. Nele as tarefas são designadas por retângulos ou círculos e as setas mostram o sentido ou a ordem em que as tarefas acontecem. Se uma pessoa operar cada posto, a linha será composta por 3 estações de trabalho. Se uma pessoa ocupar os postos 1 e 2 e uma outra pessoa ocupar o posto 3, tem-se duas estações de trabalho. Os postos 1 e 2, juntos, formam uma estação, enquanto o posto 3, sozinho, forma outra.

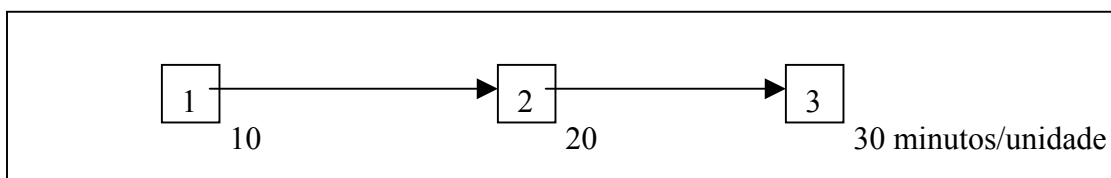


Figura 02 – Diagrama simplificado de uma linha com registro de tempo

A Figura 01 mostra a seqüência das atividades, indicando que a tarefa 1 precede a 2 e esta precede a 3. Para o diagrama ficar completo, será necessário, ao lado de cada posto de trabalho, o registro do tempo gasto por ele na execução da tarefa. A Figura 02 exhibe estes tempos e a leitura é a seguinte: o posto 1 gasta 10 minutos para cortar a madeira de uma cadeira, o posto 2 gasta 20 minutos para preparar a madeira cortada pelo posto 1 e o posto 3, usando a madeira preparada pelo 2, gasta 30 minutos para montar uma unidade do produto.

*Davis* (2001) descreve as etapas necessárias para balancear uma linha da seguinte forma:

1. Especificar a relação seqüencial entre as tarefas, utilizando um diagrama de precedência;
2. Determinar o tempo de ciclo necessário;
3. Determinar o número mínimo teórico de estações de trabalho;
4. Selecionar uma regra básica na qual as tarefas têm de ser alocadas às estações de trabalho e uma regra secundária para desempatar;
5. Delegar tarefas, uma de cada vez, à primeira estação, até que a soma dos tempos seja igual ao tempo de ciclo. Repetir o processo nas estações seguintes;
6. Avaliar a eficiência da linha.

#### 4. Balanceando a linha

Usando os dados da linha apresentada na Figura 02 e supondo que nela a empresa pretende produzir 1 cadeira por hora, o tempo de ciclo será de uma hora ( $T_c = 1,0$  h). Isso significa que uma só pessoa é suficiente para atender a produção. Ela passa 10 minutos no posto 1 - cortando a madeira, depois ocupa por 20 minutos o posto 2 - preparando, para em seguida operar o posto 3, gastando 30 minutos montando uma cadeira. O tempo total soma 60 minutos e neste intervalo um produto estará pronto. Isso significa que os três postos formariam uma estação de trabalho com uma só pessoa operando todo o sistema.

Conhecendo-se o tempo de ciclo, o cálculo teórico do número de estações (N) pode ser feito usando-se a seguinte equação:

$$N = \frac{\text{Tempo total para produzir uma unidade}}{\text{Tempo de ciclo}} \quad (\text{Eq. 02})$$

No exemplo, o tempo total para produzir cada unidade é 60 minutos ( $10 + 20 + 30$ ), ou uma hora. Como o tempo de ciclo também é uma hora, N será igual a um, conforme visto.

O cálculo é dito teórico porque o número encontrado é o menor possível. No entanto, quando a linha é composta por vários postos, nem sempre o número de estações calculado é possível de ser mantido, pela impossibilidade de agrupar todos os postos no tempo requerido. Mais à frente este assunto será tratado novamente.

Para fixar melhor os conceitos, considere-se uma empresa que deseja vender 5.280 produtos por semana, trabalhando 44 horas numa linha de produção formada por três postos. Nessa situação, a cada hora 120 produtos devem ser fabricados ( $5.280 / 44$ ), ou 1 produto a cada 30 segundos ( $3.600 / 120$ ). Assim, o tempo de ciclo será de 30 segundos/unidade. Se os três postos juntos têm tempo total de 45 segundos, o número de estações será de  $45/30 = 1,5$ , ou seja, duas estações. Uma pessoa opera dois postos e uma outra opera o terceiro posto. Neste caso um posto ficará ocioso e o sistema não será totalmente usado, isto é, não terá 100% de utilização. A eficiência da linha ficará igual a 75%, correspondente à divisão de 1,5 por 2, equivalendo a 25% de ociosidade. A situação proposta mostra que o sistema com três postos pode ser mais bem aproveitado.

No exemplo apresentado na Figura 02, viu-se que um produto pode ser fabricado em uma hora, usando uma pessoa. Em oito horas de trabalho, 8 produtos serão realizados. Mas se o número de pessoas fosse aumentado, qual a produção possível de ser realizada? Aumentaria na mesma proporção?

O desenvolvimento a seguir mostra que nem sempre aumentando o número de pessoas a produção aumenta. Com três postos, se duas pessoas forem usadas, uma pode ocupar os postos 1 e 2 e a outra ocupar o posto 3. A que ocupar os dois primeiros postos fará a tarefa no tempo de 30 minutos (10 + 20). A Segunda pessoa fará sua tarefa também em 30 minutos. Assim, a cada 30 minutos um produto estará pronto e em 8 horas 16 produtos serão fabricados. Aqui, dobrar o número de pessoas resultou em dobrar a produção. Como as pessoas estão com 100% do tempo ocupado, a eficiência do sistema é 100%.

Se, no entanto, três pessoas forem usadas, uma em cada posto, a primeira fará sua tarefa em 10 minutos, a segunda em 20 e a terceira em 30. O tempo maior vai prevalecer e cada produto continuará sendo feito em 30 minutos. Nessa situação não haverá ganho na produção, resultando em queda da eficiência, que passará de 100% para 66,7% (2 / 3). A primeira pessoa vai ficar parada durante 20 minutos e a segunda 10. Só a terceira estará totalmente ocupada. Nesse caso, portanto, aumentar o número de pessoas não resulta em ganhos.

Usando as fórmulas, o problema será assim resolvido, com a utilização de duas pessoas:

$$T_c = (8 \times 60) / 16 = 30 \text{ minutos / unidade.}$$

$$N = 60 / 30 = 2 \text{ estações.}$$

A tabela 01 sintetiza as diversas condições de trabalho da linha de produção mostradas na Figura 02, ao atender determinada demanda, com o respectivo número de pessoas utilizadas.

	Condição de trabalho	Número de pessoas	Distribuição das pessoas	Tc (min/unid.)	Produção (unid / h)
<b>Usando os dados da Figura 02</b>	Um posto por vez	1	1 nos 3 postos	60	1
	Pelo menos dois postos operando simultaneamente	2	1 nos postos 1 e 2 1 no posto 3	30	2
		3	1 em cada posto	30	2
		4	1 no posto 1 1 no posto 2 2 no posto 3	20	3
		5	1 no posto 1 2 no posto 2 2 no posto 3	15	4
		6	1 no posto 1 2 no posto 2 3 no posto 3	10	6

**Tabela 01** – Diversas situações do balanceamento de uma linha.

## 5. Aplicação prática

Nem sempre as linhas de produção têm as posições relativas dos postos como as mostradas até aqui, apresentadas linearmente, com postos sem ramificações. Esta pode não ser a disposição presente nas organizações. É comum verem-se linhas mais complexas, às vezes fazendo mais de um produto simultaneamente. Algumas situações serão abordadas a seguir.

**Exemplo 1:** Uma linha de montagem tem os processos representados pela Figura 03.

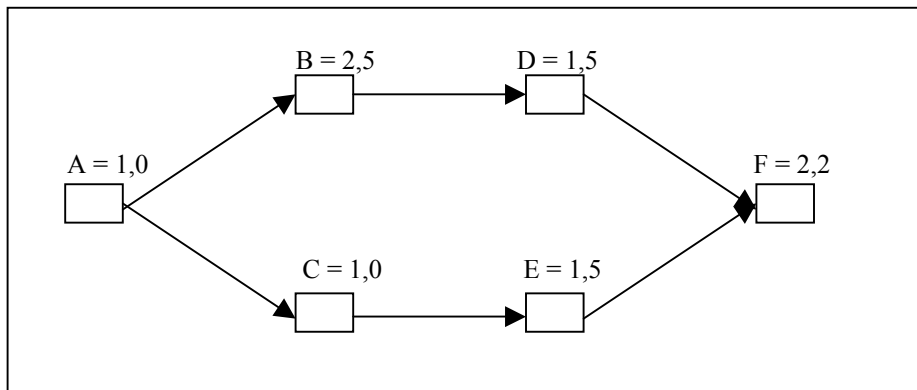


Figura 03 – linha de montagem

Os números indicam o tempo, em minutos, que cada posto gasta para fazer sua parte do produto. A empresa deseja produzir 4.000 unidades em 25 dias, com jornada de 8 horas/dia. Supondo-se que são toleradas determinadas paradas das pessoas, equivalentes a 15% da jornada (para atender necessidades pessoais e por paradas inevitáveis do sistema), determinar:

- Tempo de ciclo;
- Número teórico de operadores;
- Número real de operadores;
- A eficiência do balanceamento.

Solução

- a) São 4.000 produtos para serem feitos em 200 horas (25 x 8). Equivale a 20 unidades/h.

$$T_c = (60 \times 0,85) / 20 = 51 / 20 = 2,55 \text{ minutos / unidade}$$

- b)  $N = (1,0 + 2,5 + 1,5 + 1,0 + 1,5 + 2,2) / 2,55 = 9,7 / 2,55 = 3,8$ .

- c) Número real de operadores:

Cada pessoa pode operar mais de um posto desde que o tempo total das suas tarefas não ultrapasse 2,55 minutos – o tempo de ciclo. A distribuição será então:

- Estação 1: 1 pessoa nos postos A e C = 2,0 minutos
- Estação 2: 1 pessoa no posto B = 2,5 minutos

- Estação 3: 1 pessoa no posto D = 1,5 minutos
- Estação 4: 1 pessoa no posto E = 1,5 minutos
- Estação 5: 1 pessoa no posto F = 2,2 minutos

Observe-se que o número teórico não foi suficiente. Foram necessários 5 operadores.

- d) Note-se que todas as estações estão ociosas, com exceção número 2 que está quase totalmente utilizada (98%). A estação 1 trabalha 2,0 minutos. Sua eficiência é de  $2,0 / 2,55 = 78,4 \%$ . A eficiência geral do sistema é de 76%, correspondente a divisão de 3,8 por 5 ( operadores teóricos / operadores reais).

- Exemplo 2:** Usando a mesma linha apresentada no exercício 1, com os mesmos dados (Figura 03), determinada empresa deseja fabricar dois produtos X e Y (metade de cada). No quadro a seguir estão identificados os tempos que cada produto passa em cada posto de trabalho. Determinar:
- Tempo de ciclo;
  - Número teórico de operadores;
  - Número real de operadores;
  - A eficiência do sistema.

<b>Produto</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
Produção total (unid)	2.000	2.000
Horas de trabalho	200	200
Produção por hora	10	10
<b>Tempo gasto em cada posto (min)</b>		
Posto A	1,2	1,5
Posto B	1,5	0,8
Posto C	1,4	1,2
Posto D	2,0	-
Posto E	1,6	1,4
Posto F	-	2,1

Solução

- a) Como os produtos X e Y são produzidos na mesma linha, precisa ser feita uma composição para encontrar-se o tempo médio ponderado em cada posto, considerando os dois produtos. Assim:

$$\text{Posto A: } (1,2 \times 10 + 1,5 \times 10) / 20 = 27 / 20 = 1,35 \text{ min}$$

$$\text{Posto B: } (1,5 \times 10 + 0,8 \times 10) / 20 = 23 / 20 = 1,15 \text{ min}$$

$$\text{Posto C: } (1,4 \times 10 + 1,2 \times 10) / 20 = 26 / 20 = 1,30 \text{ min}$$

$$\text{Posto D: } (2,0 \times 10 + 0,0 \times 10) / 20 = 20 / 20 = 1,00 \text{ min}$$

$$\text{Posto E: } (1,6 \times 10 + 1,4 \times 10) / 20 = 30 / 20 = 1,50 \text{ min}$$

Posto F:  $(0,0 \times 10 + 2,1 \times 10) / 20 = 21 / 20 = 1,05 \text{ min}$

$T_c = 51 / 20 = 2,55 \text{ minutos por produto}$

b)  $N = (1,35 + 1,15 + 1,30 + 1,00 + 1,50 + 1,05) / 2,55 = 7,35 / 2,55 = 2,88$

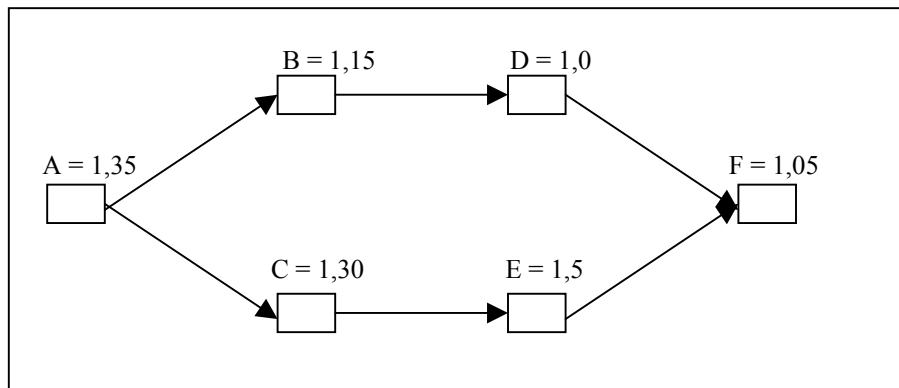


Figura 04 – linha de produção

c) Como o tempo de ciclo é 2,55 minutos, as estações não poderão superar esse tempo. Fica, portanto:

- Estação 1: 1 pessoa nos postos A e B = 2,50 minutos
- Estação 2: 1 pessoa nos postos C e D = 2,30 minutos
- Estação 3: 1 pessoa nos postos E e F = 2,55 minutos

Serão, portanto, três estações.

d) Eficiência do sistema =  $2,88 / 3,00 = 0,96$  ou 96%

## 6. Bibliografia Consultada

DAVIS, Mark; AQUILANO, Nicholas; CHASE Richard, **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MARTINS, Petronio. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 1998.

RITZMAN, Larry. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pearson, 2004.

ROCHA, Duilio. **Fundamentos da Administração da Produção**. Fortaleza: Editora LCR, 2002.