

Conceitos, Modelos e Métricas de Produção

SISTEMAS INTEGRADOS DE FABRICAÇÃO

PROF. GUILHERME FRÓES SILVA

Introdução

Empresas de produção bem-sucedidas usam uma variedade de métricas para ajudar a gerenciar as operações de fábrica.

As métricas podem ser divididas em duas categorias:

- Desempenho da Produção
- Custos de Produção

Introdução

Uma série de conceitos da produção são quantitativos, ou requerem uma visão quantitativa para serem medidos.

Alguns parâmetros de produto:

- Volume produzido – Q
- Variedade de produtos – P
- Número de peças por produto – n_p
- Número de operações para a produção de uma peça – n_o

Taxa de Produção

Taxa de Produção

É expressa como uma taxa horária, ou seja, unidades completas por hora (pç/h).

A taxa de produção pode ser determinada para os três tipos de produção.

- Produção em lote (batch)
- Produção por encomenda
- Produção em massa

Tempo de Ciclo

É definido como o tempo que uma unidade de trabalho leva para ser processada ou montada.

É o tempo entre o início do processamento (ou montagem) de uma unidade e o início da próxima.

Tempo de Ciclo

Em uma operação típica de produção como usinagem, o T_c consiste em

- Tempo efetivo de Usinagem
- Tempo de Manuseio de Peças
- Tempo de Manuseio de Ferramentas

Tempo de Ciclo

Pode ser definido como

$$T_c = T_o + T_h + T_{th}$$

Onde:

- T_o – Tempo efetivo do processamento
- T_h – Tempo de manuseio
- T_{th} – Tempo de manuseio de ferramentas

Produção em lote

O tempo de processamento de um lote de Q unidades é a soma do tempo de setup e do tempo de processamento das unidades

$$T_b = T_{su} + QT_c$$

Produção em lote

$$T_b = T_{su} + QT_c$$

Onde:

- T_b Tempo de processamento (batch)
- T_{su} Tempo de Preparo (setup)
- Q Quantidade do lote [pç]
- T_c Tempo de ciclo por unidade de trabalho [min/pç]

Produção em lote

Se dividirmos o tempo de produção de um lote pela quantidade de peças do lote, obtemos o tempo médio de produção T_p de uma unidade de produto.

$$T_p = \frac{T_b}{Q}$$

Produção em lote

A taxa média de produção é o inverso do tempo de produção

$$T_p = \frac{T_b}{Q} = \left[\frac{\text{min}}{p\zeta} \right]$$

$$R_p = \frac{1}{T_p} = \left[\frac{p\zeta}{\text{min}} \right]$$

Produção por encomenda

Quando $Q = 1$ (Jobshop), o tempo de produção será a soma dos tempos de preparo e de ciclo.

$$T_b = T_{su} + T_c$$

Produção em massa

Considera-se, em função da quantidade, que a taxa de produção é igual a taxa de ciclo de máquina.

Depois da operação iniciada, o tempo setup é insignificante pelo fato de que a quantidade Q é muito grande.

Produção em massa

$$R_p = R_c = \frac{1}{T_c} = \left[\frac{p\zeta}{min} \right]$$

Produção em massa (fluxo de linha)

A taxa de produção se aproxima da taxa de ciclo da linha de produção (não levando em conta o tempo de preparo)

A operação das linhas de produção é complicada pela interdependência das estações de trabalho.

Produção em massa (fluxo de linha)

- Dificilmente é possível dividir o trabalho de forma igual entre as estações.
- Uma estação acaba com o tempo maior de operação e determina o ritmo da linha (Operação Gargalo).

Produção em massa (fluxo de linha)

Assim:

$$T_c = T_r + \max(T_o)$$

Onde:

- T_c Tempo de ciclo de linha [min/ciclo]
- T_r Tempo de transferência de peças entre estações
- $\max(T_o)$ Tempo da operação gargalo

Produção em massa (fluxo de linha)

A taxa de produção ideal ou teórica é determinada pelo inverso do tempo de ciclo:

$$R_c = \frac{1}{T_c} = \left[\frac{p\zeta}{min} \right]$$

Capacidade de Produção

Capacidade de Produção (*Production Capacity*)

Taxa máxima de produção capaz de se produzir (sob certas condições).

$$PC = n \times S \times H \times R_p$$

Onde:

- PC Capacidade de Produção [pç/semana]
- n Número de centros de trabalho
- S Turnos por período [turno/semana]
- H Horas por turno [h/turno]
- R_p Taxa máxima de produção para cada centro de trabalho

[Exemplo 1](#)

Análise da Capacidade

Se incluirmos a possibilidade de que cada unidade de trabalho requer n_o operações de processamento, então a equação deve ser corrida para:

$$PC = \frac{n \times S \times H \times R_p}{n_o}$$

Análise da Capacidade

Outra maneira de utilizar a equação acima é para a determinação de como os recursos deve ser alocados para obter uma certa demanda (D) desejada.

$$n \times S \times H = \frac{Dn_o}{R_p}$$

Análise da Capacidade

Se as taxas de produção são variáveis por produto:

$$n \times S \times H = \sum \frac{Dn_o}{R_p}$$

Exemplo 2 – Análise da Capacidade

Alteração da Capacidade

Ajustes a curto prazo

- Número de turnos (S)
- Número de horas por turno (H)

Ajustes a médio e longo prazo

- Número de centros de trabalho (n)
- Taxa de produção (R_p)
- Reduzir número de operações (n_o)

Utilização e Disponibilidade

Utilização

A utilização se refere a quanto uma unidade de produção produz em relação a sua capacidade

$$U = \frac{Q}{PC} = [\%]$$

Onde:

- U Utilização
- Q Quantidade real produzida em um dado período
- PC Capacidade de Produção para o mesmo período

Utilização

Geralmente é definida como a proporção de tempo em que a fábrica está operando em relação ao tempo disponível na definição de capacidade.

Exemplo 3 – Utilização

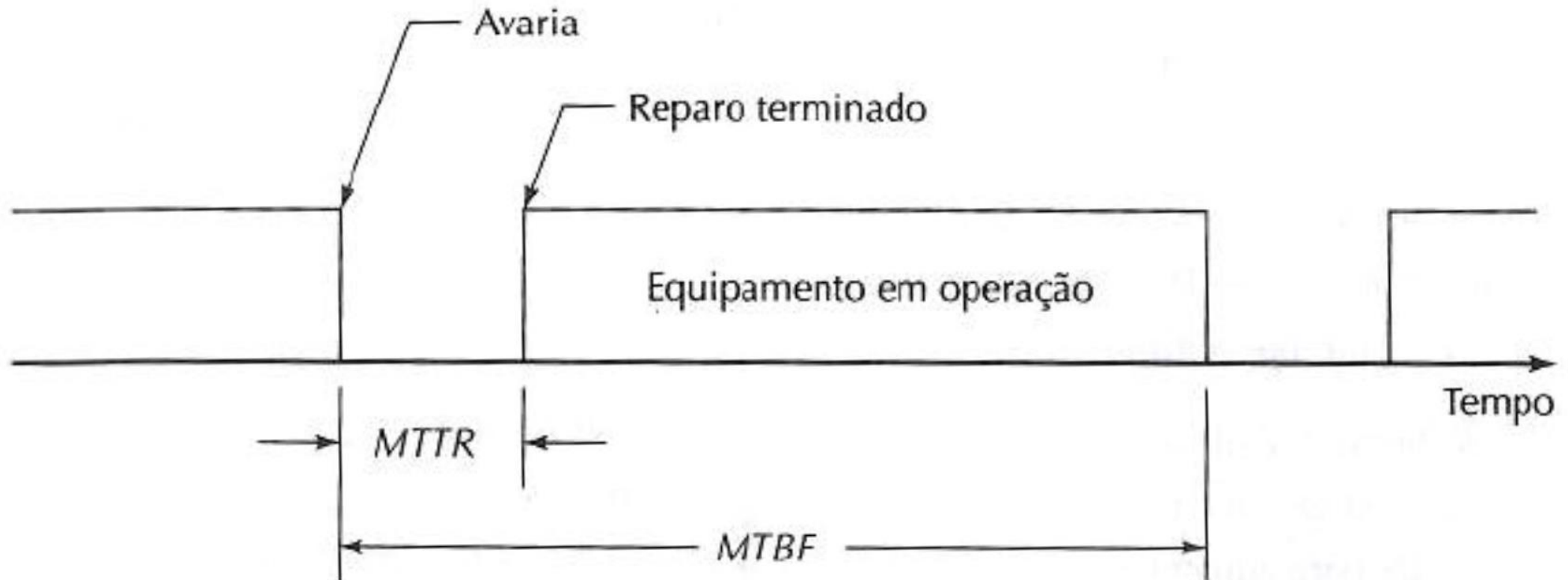
Disponibilidade

É uma medida da confiabilidade do equipamento. Definida a partir de duas outras medidas:

- MTBF – *Mean Time Between Failure* (Tempo médio entre falhas)
- MTTR – *Mean Time To Repair* (Tempo médio de repato)

$$\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF}$$

Disponibilidade



Tempo de Produção

MANUFACTURING LEAD TIME

Tempo de Produção

É o tempo total necessário para processar uma dada peça ou produto pela fábrica, incluindo:

- Qualquer tempo perdido devido à atrasos
- Tempo gasto em armazenamento
- Problemas de confiabilidade

Referido como a habilidade de uma empresa de produção entregar um produto ao consumidor no menor tempo possível.

Tempo de Produção

Descrevemos a produção como um processo que exige uma série de passos individuais (processamento e montagem) entre os quais existam operações de manipulação, armazenamento, inspeções e outras atividade não-operativas.

Tempo de Produção

Dividimos então as atividades de produção em duas categorias: operacionais e não-operacionais.

- Os elementos operacionais são quando um produto está sendo produzido em uma máquina.
- Os elementos não-operacionais são fontes de atraso, como manipulação, armazenamento temporário, inspeções, etc. Ou seja, quando a unidade de trabalho não está sendo processada.

Nomenclaturas

T_o	Tempo de operação de uma determinada máquina
T_{no}	Representa o tempo sem operação da mesma máquina
n_o	Número de operações (máquinas) as quais o produto é submetido
Q	Tamanho do lote (número de peças a serem produzidas)
T_{su}	Tempo de <i>Setup</i> da máquina

Manufacturing Lead Time (MLT)

Tempo total em que uma peça leva para ser produzida pelo sistema de produção (planta).

$$MLT = \sum_{i=1}^{n_o} (T_{su_i} + QT_{o_i} + T_{no_i})$$

Manufacturing Lead Time (MLT)

Se assumirmos que todos os tempos operacionais, não-operacionais e de *setup* forem iguais nas n_o máquinas:

$$MLT = n_o (T_{su_i} + QT_{o_i} + T_{no_i})$$

Para *Jobshop* $Q = 1$.

Manufacturing Lead Time (MLT)

Para produção em massa onde Q é muito alto, o MLT será o tempo de operação da máquina gargalo após começada a operação e o *setup* completo.

Para o ambiente de produção em massa do tipo fluxo, o tempo de não-operação entre os passos de processamento consiste do tempo de transporte do produto de uma máquina para outra. [Exemplo 4](#)

$$MLT = n_o(T_h + \max(T_o))$$

Material em Processo

WORK-IN-PROCESS (WIP)

Material em Processo

Work-In-Progress represente a quantidade de produto localizado na fábrica que está em processamento ou entre operações.

É o estoque que está no estado de transformação.

$$WIP \cong \frac{PC \times U}{S \times H} MLT = [p\zeta]$$

Taxa WIP

Indica a quantidade de WIP em relação ao trabalho efetivamente realizado. É a quantidade total de uma peça na fábrica dividida pela quantidade sendo fabricada.

$$n_p = n \times U \times \frac{Q \times T_o}{T_{su} Q T_o}$$

WIP_r Ideal 1:1, na prática 50:1 (lotes)

$$WIP_r = \frac{WIP}{n_p}$$

Onde:

- n_p Número de máquinas em processamento

Taxa TIP

Mede o tempo que o produto gasta na manufatura em relação ao seu tempo de fabricação

Ideal 1:1, na prática 20:1

$$TIP = \frac{MLT}{n_o T_o}$$

Onde:

- n_p Número de máquinas em processamento

Exemplo 1 – Capacidade de Produção

Uma seção de tornos têm 6 máquinas, todas para a produção de uma mesma peça. Esta seção trabalha 10 turnos por semana. O número de horas por turno é em média 6,4 devido a atrasos do operador e quebras de máquinas. A taxa de produção média é de 17 unidades por hora. Determine a capacidade do centro de torneamento.

Solução:

Exemplo 1 – Capacidade de Produção

Uma seção de tornos têm 6 máquinas, todas para a produção de uma mesma peça. Esta seção trabalha 10 turnos por semana. O número de horas por turno é em média 6,4 devido a atrasos do operador e quebras de máquinas. A taxa de produção média é de 17 unidades por hora. Determine a capacidade do centro de torneamento.

Solução:

$$PC = W.S_w.H.R_p$$

$$PC = 6(10)(6,4)(17) = 6528 \frac{unids}{sem}$$

Exemplo 2 – Análise da Capacidade

Três produtos estão para ser processados por um certo tipo de centro de trabalho. Dados pertinentes são dados na tabela abaixo:

Produto	Demanda semanal	Taxa de produção (un/h)
1	600	10
2	1000	20
3	2200	40

Determine o número de centros de trabalho necessários para satisfazer a demanda. Dado que a planta trabalha 10 turnos por semana e existe 6,5 horas disponíveis para a produção por turno. O valor de $n_o=1$.

Exemplo 2 – Análise da Capacidade

Solução:

$$\text{Produto 1: } \frac{D}{R_p} = \frac{600}{10} = 60h / \text{sem}$$

$$\text{Produto 2: } \frac{D}{R_p} = \frac{1000}{20} = 50h / \text{sem}$$

$$\text{Produto 3: } \frac{D}{R_p} = \frac{2200}{40} = 55h / \text{sem}$$

soma : $(60 + 50 + 55) = 165h$ Tempo total necessário

Como cada centro opera com : $(10 \text{ turnos/sem})(6.5 \text{ horas}) \Rightarrow 65 \frac{h}{\text{sem}}$

assim,

$$W = \frac{165}{65} = 2.54 \text{ centros de trabalho} \Rightarrow 3 \text{ centros de trabalho}$$

Exemplo 3 – Utilização

Uma máquina de produção é operada 65 horas por semana com capacidade máxima. Sua taxa de produção é de 20 unidades por hora. Durante uma certa semana, a máquina produziu 1000 produtos e ficou parada o resto do tempo.

Solução:

- a) Determine a capacidade de produção da máquina
- b) Qual foi a utilização da máquina durante esta semana?

Exemplo 3 – Utilização

Uma máquina de produção é operada 65 horas por semana com capacidade máxima. Sua taxa de produção é de 20 unidades por hora. Durante uma certa semana, a máquina produziu 1000 produtos e ficou parada o resto do tempo.

a) Determine a capacidade de produção da máquina

b) Qual foi a utilização da máquina durante esta semana?

Solução:

$$a) \quad PC = 65 \times 20 = 1300 \frac{\text{unids}}{\text{semana}}$$

b.1)

$$U = \frac{1000}{1300} = 0.7692 = 76,92\%$$

b.2)

$$H = \frac{1000}{20} = 50h$$

$$U = \frac{50}{65} = 0.7692 = 76,92\%$$

Exemplo 4 – Manufacturing Lead Time (MLT)

Uma certa peça é produzida em um lote de tamanho de 50 unidades e requer uma sequência de oito operações na planta. O tempo médio de Setup é de 3h, e o tempo médio de operação por máquina é de 6 minutos. O tempo médio de não-operação devido ao transporte, atrasos e inspeções é de 7h. Calcule quantos dias levará para produzir o lote, assumindo que a fábrica opere 7 horas por dia.

Solução:

Exemplo 4 – Manufacturing Lead Time (MLT)

Uma certa peça é produzida em um lote de tamanho de 50 unidades e requer uma sequência de oito operações na planta. O tempo médio de Setup é de 3h, e o tempo médio de operação por máquina é de 6 minutos. O tempo médio de não-operação devido ao transporte, atrasos e inspeções é de 7h. Calcule quantos dias levará para produzir o lote, assumindo que a fábrica opere 7 horas por dia.

Solução:

$$MLT = n_m (T_{sui} + Q.T_{oi} + T_{noi})$$

$$MLT = 8(3 + 50 \times 0.1 + 7) = 120h$$

$$\frac{120}{7} = 17,14 dias$$

Próxima Aula

SISTEMAS DE TRANSPORTE E MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS