

Fordismo é mais do que uma linha de montagem. Trata-se do modelo de complexo industrial que detêm o *know-how* e os meios de produção da matéria prima a distribuição do produto. Atualmente, com a globalização, partimos para a fragmentação total do processo produtivo.

Função Processo – acompanhamento dos objetos do trabalho (materiais) ao longo do tempo e do espaço; diz respeito ao fluxo de materiais.

Função Operação – acompanhamento dos sujeitos do trabalho (homens, máquinas, equipamentos etc.) ao longo do tempo e do espaço.

O padrão de competitividade mundial alterou o modo no qual um produto é fabricado, assim como o tipo de produção. A indústria atualmente está focada na produção de produtos customizados, mais do que produzir produtos em larga escala.

VIANA, D. S.; PULINI, I. C. and MARTINS, C. B. Using Multiobjective Genetic Algorithm and Multicriteria Analysis for the Production Scheduling of a Brazilian Garment Company. Intech open science. Chapter 1. 2013.

Gestão da Responsividade
Responsividade da Cadeia de Suprimentos
Fornecedor; Produção, Expedição e Distribuição

Gestão do Conhecimento – Know-how – expertise
Conhecimento = Experiência + Treinamento
Conhecimento gera as habilidades e competências necessárias



Enterprise Resource Planning – ERP + APS Advanced Planning System
a empresa deve estar apoiada entre outras tecnologias na tecnologia da informação & Simulação

Fonte: Adaptado de AZZOLINI (2004)

OPT – Optimized Production Technology
TOC – Theory of Constrains

Variedade

Produtos podem ser identificados individualmente

Elevado

Volume de Produção

Reduzido

+ / +
+ / +

+ / -
-

Distinção – produção em massa
Diferenciação – Grandes Projetos



O padrão de competitividade mundial alterou o modo no qual um produto é fabricado, assim como o tipo de produção. A indústria atualmente está focada na produção de produtos customizados, mais do que produzir produtos em larga escala.

VIANA, D. S.; PULINI, I. C. and MARTINS, C. B. Using Multiobjective Genetic Algorithm and Multicriteria Analysis for the Production Scheduling of a Brazilian Garment Company. Intech open science. Chapter 1. 2013.

Contínua (fluxo)

ênência de operações nas

processo por tarefas –

cação (exemplo: fábrica

Projetos	
Capa	

de móveis de cozinha por encomenda, ferramentaria, fábrica de máquinas especiais). Arranjo físico por processo ou funcional – Carta **Multi-processo & Diagrama de relacionamento**.

Intermitente ou descontínua – natureza do fluxo de materiais – (função processo)

Discreta – natureza dos produtos

Resumo das diferenças básicas entre os sistemas de produção *Job Shop* e *Flow Shop* de produção com fluxo intermitente.

Quadro – Regras básicas entre os sistemas *Job shop* e *Flow shop*

<i>JOB SHOP</i>	<i>FLOW SHOP</i>
Opera em lotes.	Opera em um fluxo de materiais e peças.
Varia a produção variando o tamanho dos lotes ou frequência dos lotes.	Varia a produção alterando a taxa de produção.
Tende a ter custos maiores de <i>setup</i> .	Tende a ter custos menores de <i>setup</i> .
Materiais são trazidos para os departamentos ou centros de trabalho onde cada operação é realizada. Filas nos centros de trabalho são maiores.	As operações de tipos diferentes são sequenciadas de modo que o fluxo seja mantido. Filas são pequenas e variações têm que ser acompanhadas.
Utilização de equipamentos de uso geral.	Utilização de equipamentos de uso especializado (dedicado).

Fonte: adaptado de Fernandes e Godinho Filho (2010).

SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Classificação e definição dos principais tipos de sistemas de Produção

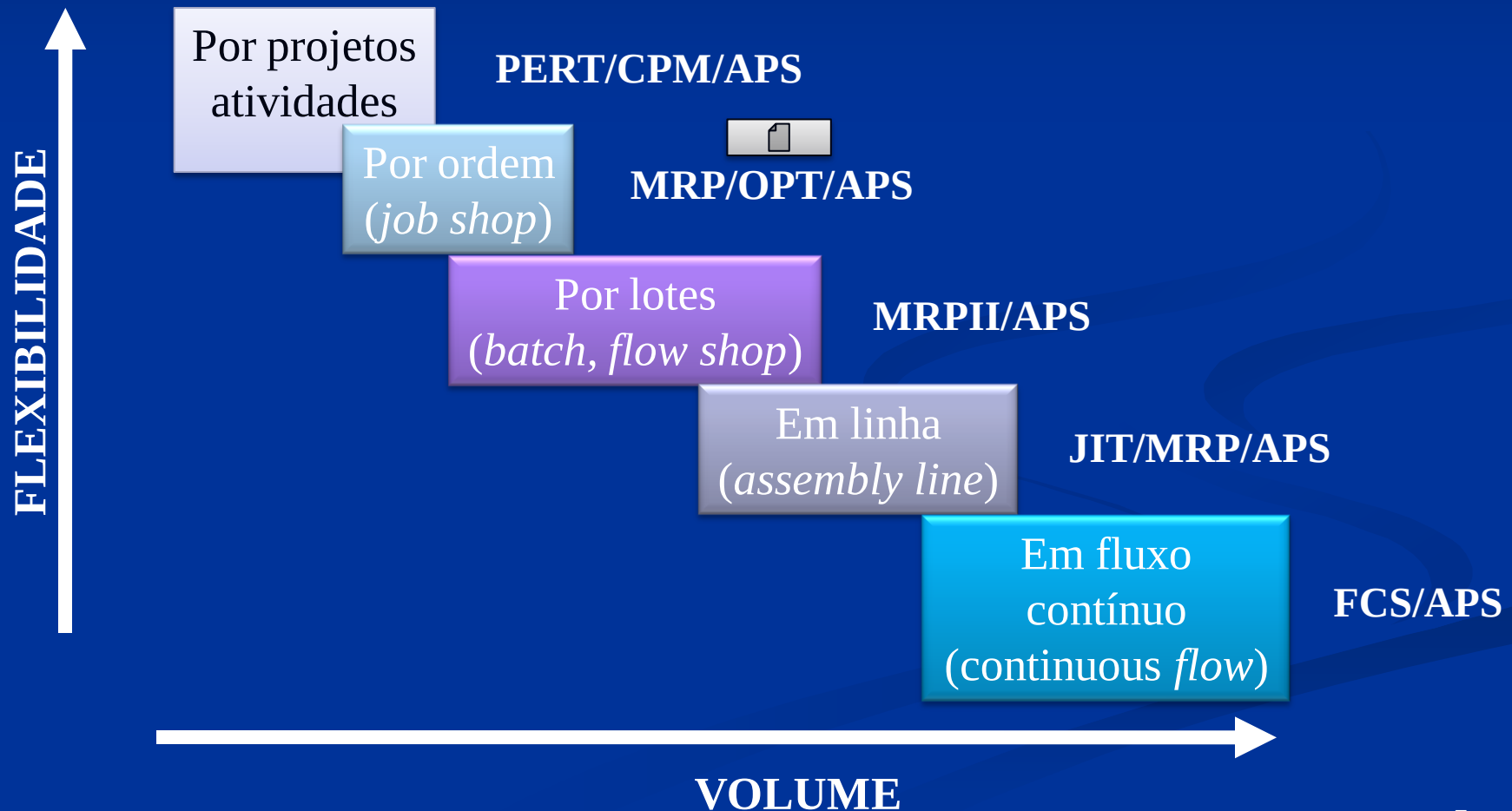
Flow Shop versus Job Shop

LAYOUT EM FLUXO (FLOW SHOP)	LAYOUT FUNCIONAL (JOB SHOP)
Produtos similares	Muitos produtos
Alto volume	Baixo volume
Fluxo linear	Fluxo irregular
Ciclo rápido (<i>lead time</i>)	<i>Lead times</i> altos
Baixo custo unitário de produção	Maior dificuldade de programação e controle

SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Classificação e definição dos principais tipos de sistemas de Produção

- A Figura ilustra a complexidade e o tempo de produção de acordo com o tipo de produção (classificada em função do tamanho do lote).

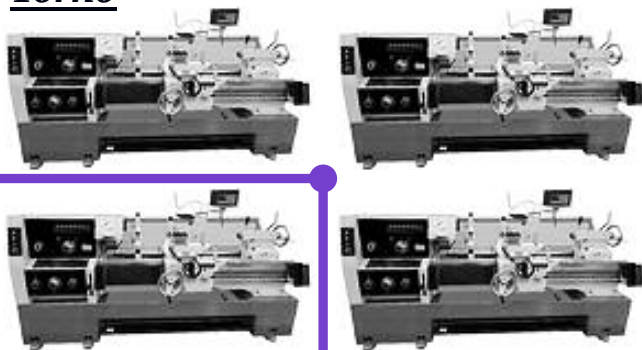


Por processo *Layout* Funcional

Job Shop

Por processo – Job Shop – Layout funcional

Torno



Fresa



Retifica



Furadeira Radial



Mandrilhadora



Plana Fresadora



1

3

2

4

1

2

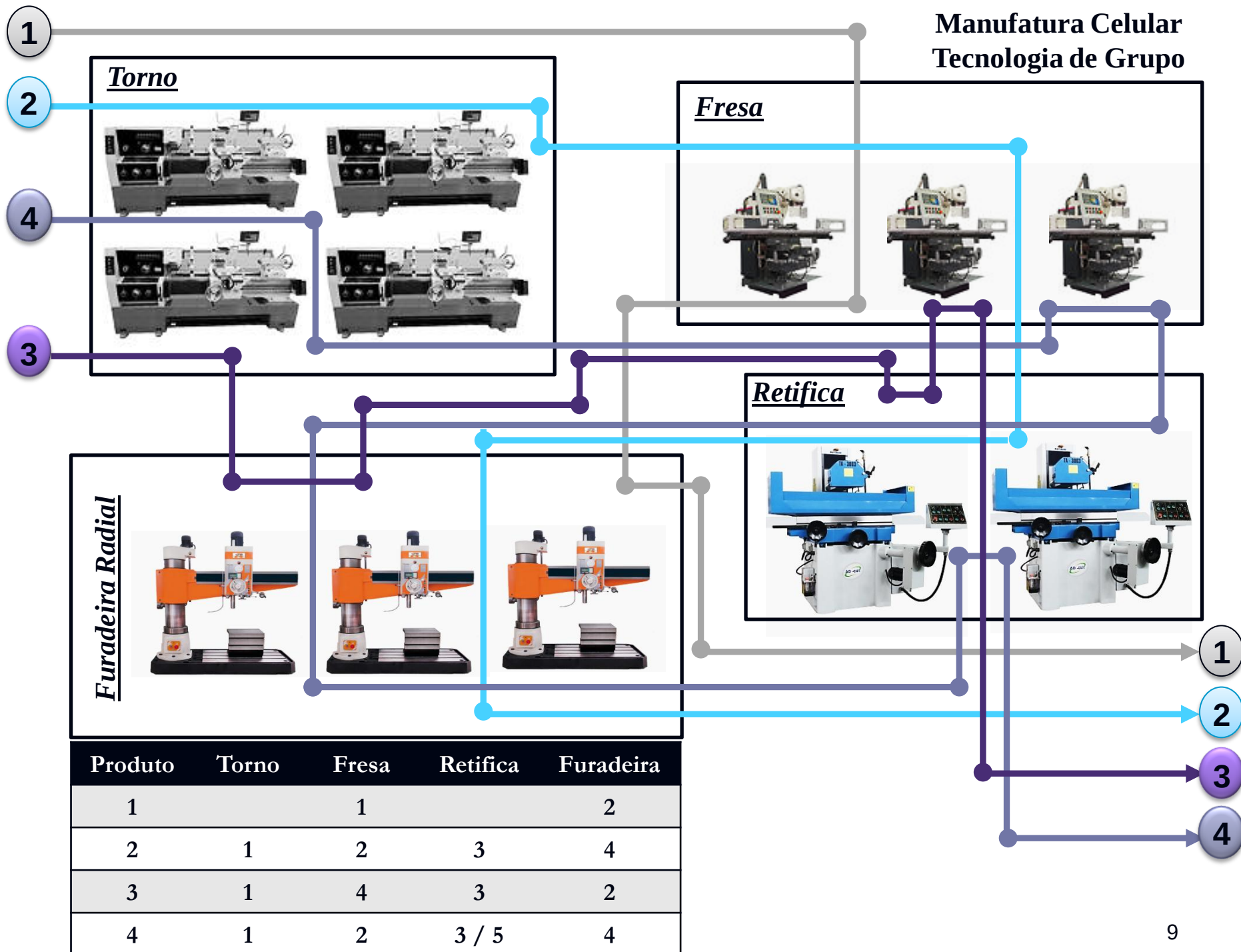
4

3

Manufatura Celular

Tecnologia de Grupo

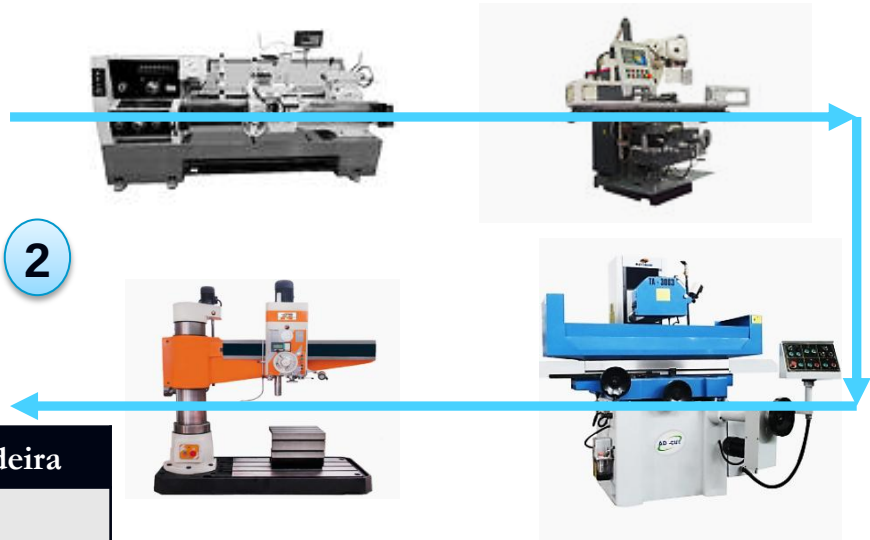
Manufatura Celular Tecnologia de Grupo



1



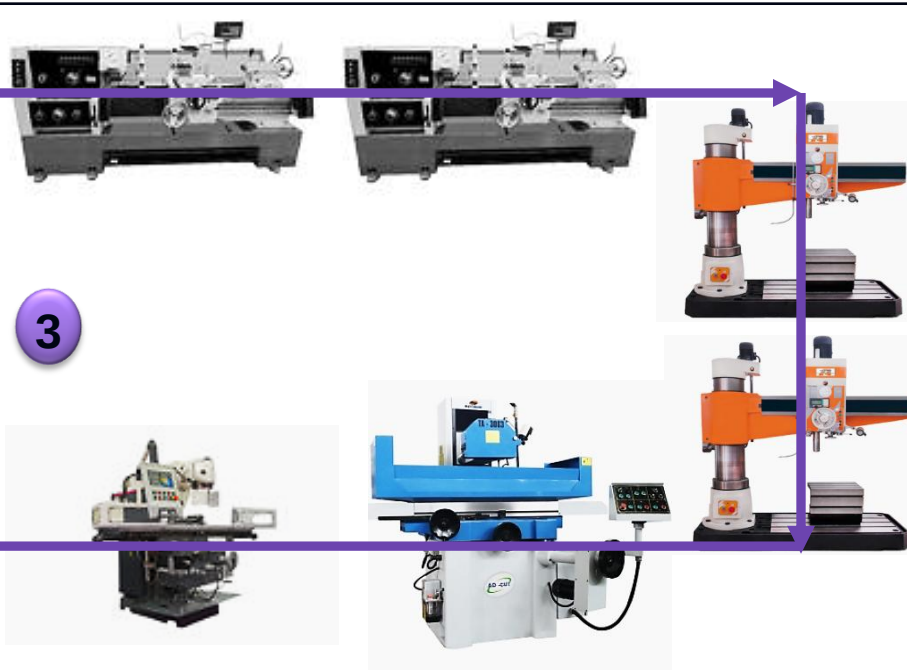
2



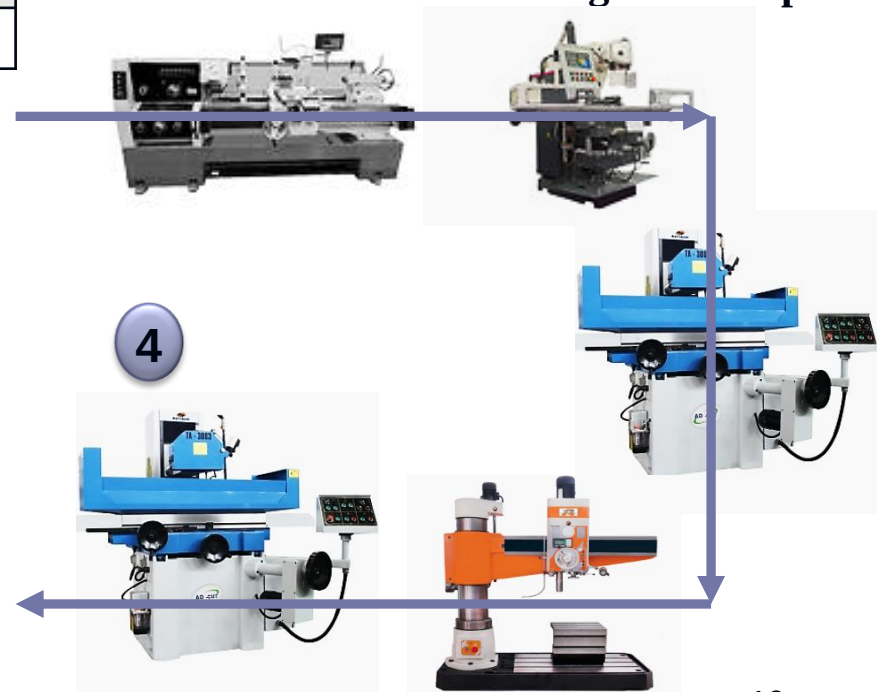
Produto	Torno	Fresa	Retifica	Furadeira
1		1		2
2	1	2	3	4
3	1	4	3	2
4	1	2	3 / 5	4

Manufatura Celular Tecnologia de Grupo

3



4



Exemplo (1)

Relação de fornecimento de
componentes 1 para 1

Equações sem ajuste

$$t_{total \text{ do fornecedor (1)}} = \Delta t_1 + \left(\frac{(Q_1 \times t_1)}{oee_1} \right) = 1.106 \text{ seg.} + \left(\frac{(200 \times 53 \text{ seg.})}{72\%} \right) = 15.828,22 \text{ seg.} = \mathbf{4,397 \text{ horas}}$$

$$t_{total \text{ do fornecedor (2)}} = \Delta t_2 + \left(\frac{(Q_2 \times t_2)}{oee_2} \right) = 1.051 \text{ seg.} + \left(\frac{(200 \times 45 \text{ seg.})}{85\%} \right) = 11.639,24 \text{ seg.} = 3,240 \text{ horas}$$

$D_{(RO)} = 20 \text{ seg.}$
 $C_{(CET)} = 40 \text{ seg.}$
 $T_{(MRORD)} = 400 \text{ seg.}$
 $(D_{(RT)}) = 23 \text{ seg.}$
 $(t_{(TF)}) = 0 \text{ seg.}$
 $C_{(TRD)} = 23 \text{ seg.}$
 $t_{(SRD)} = 600 \text{ seg.}$

$$\Delta t_1 = D_{(RO)} + C_{(CET)} + T_{(MRORD)} + (D_{(RT)}) + (t_{(TF)}) + C_{(TRD)} + t_{(SRD)}$$

$$\Delta t_1 = 20 + 40 + 400 + 23 + 0 + 23 + 600 = 1.106 \text{ segundos} = \mathbf{0,3072 \text{ horas}}$$

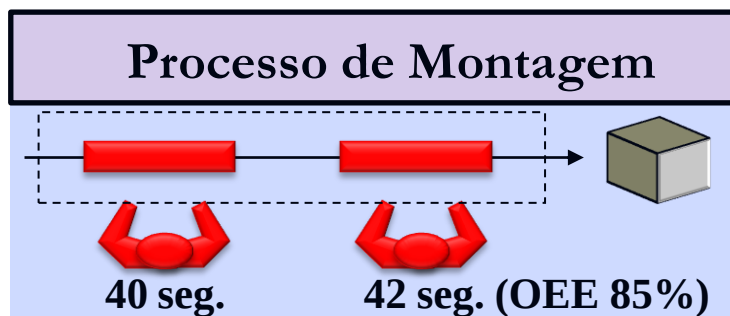
$$\Delta t_2 = D_{(RO)} + C_{(CET)} + T_{(MRORD)} + (D_{(RT)}) + (t_{(TF)}) + C_{(TRD)} + t_{(SRD)}$$

$$\Delta t_2 = 15 + 38 + 380 + 38 + 0 + 30 + 550 = 1.051 \text{ segundos} = 0,2919 \text{ horas}$$



$\Delta t_1 = 0,3072 \text{ horas}$

$\Delta t_3 = 0,03222 \text{ horas}$



3

$\Delta t < \text{tempo de processamento}$
 não há restrição
 (na linha de montagem)

$$\Delta t_3 = D_{(RO)} + C_{(CET)} + T_{(MRORD)} + (D_{(RT)}) + (t_{(TF)}) + C_{(TRD)} + t_{(SRD)}$$

$$\Delta t_3 = 7 + 10 + 60 + 12 + 0 + 9 + 18 = 116 \text{ segundos} = 0,03222 \text{ horas}$$

$D_{(RO)} = 15 \text{ seg.}$
 $C_{(CET)} = 38 \text{ seg.}$
 $T_{(MRORD)} = 380 \text{ seg.}$
 $(D_{(RT)}) = 38 \text{ seg.}$
 $(t_{(TF)}) = 0 \text{ seg.}$
 $C_{(TRD)} = 30 \text{ seg.}$
 $t_{(SRD)} = 550 \text{ seg.}$

μ – ritmo de processamento = $1 / TA = 1 / (42 / 0,85) = 0,02024 \text{ unid. / segundo.}$

TA – tempo de processamento = 1,2144 unidades por minuto.

λ – ritmo de chegada – $1 / (53 / 0,72) = 0,0136 \text{ unid. / segundo.}$

IC – intervalo de chegada = 0,816 unidades por minuto.

$$\frac{IC}{TA} = \frac{0,8160}{1,2144} = 0,67 \approx \text{RelVol}$$

$$t_{total \text{ do fornecedor (1)}} = \Delta t_1 + \left(\frac{(Q_1 \times t_1)}{oee_1} \right) = 1.106 \text{ seg.} + \left(\frac{(200 \times 53 \text{ seg.})}{72\%} \right) = 15.828,22 \text{ seg.} = \mathbf{4,397 \text{ horas}}$$

$$t_{total \text{ do fornecedor (2)}} = \Delta t_2 + \left(\frac{(Q_2 \times t_2)}{oee_2} \right) = 1.051 \text{ seg.} + \left(\frac{(200 \times 45 \text{ seg.})}{85\%} \right) = 11.639,24 \text{ seg.} = 3,240 \text{ horas}$$

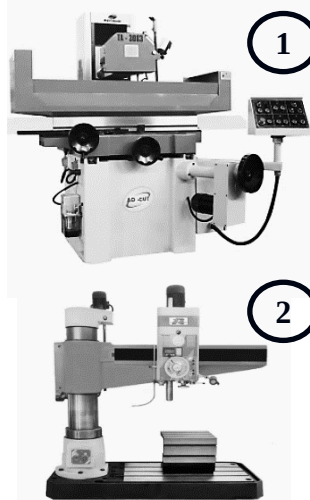
$D_{(RO)} = 20 \text{ seg.}$
 $C_{(CET)} = 40 \text{ seg.}$
 $T_{(MRORD)} = 400 \text{ seg.}$
 $(D_{(RT)}) = 23 \text{ seg.}$
 $(t_{(TF)}) = 0 \text{ seg.}$
 $C_{(TRD)} = 23 \text{ seg.}$
 $t_{(SRD)} = 600 \text{ seg.}$

$$\Delta t_1 = D_{(RO)} + C_{(CET)} + T_{(MRORD)} + (D_{(RT)}) + (t_{(TF)}) + C_{(TRD)} + t_{(SRD)}$$

$$\Delta t_1 = 20 + 40 + 400 + 23 + 0 + 23 + 600 = 1.106 \text{ segundos} = \mathbf{0,3072 \text{ horas}}$$

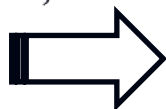
$$\Delta t_2 = D_{(RO)} + C_{(CET)} + T_{(MRORD)} + (D_{(RT)}) + (t_{(TF)}) + C_{(TRD)} + t_{(SRD)}$$

$$\Delta t_2 = 15 + 38 + 380 + 38 + 0 + 30 + 550 = 1.051 \text{ segundos} = 0,2919 \text{ horas}$$

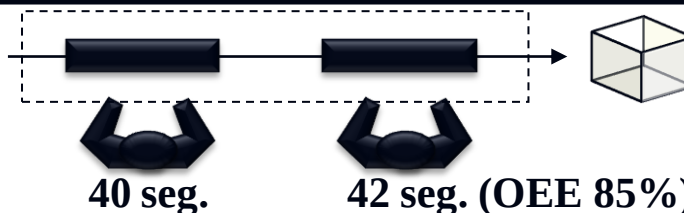


$\Delta t_1 = 0,3072 \text{ horas}$

$\Delta t_3 = 0,03222 \text{ horas}$



Processo de Montagem



3

$\Delta t < \text{tempo de processamento}$
 não há restrição
 (na linha de montagem)

$$\Delta t_3 = D_{(RO)} + C_{(CET)} + T_{(MRORD)} + (D_{(RT)}) + (t_{(TF)}) + C_{(TRD)} + t_{(SRD)}$$

$$\Delta t_3 = 7 + 10 + 60 + 12 + 0 + 9 + 18 = 116 \text{ segundos} = 0,03222 \text{ horas}$$

$D_{(RO)} = 15 \text{ seg.}$
 $C_{(CET)} = 38 \text{ seg.}$
 $T_{(MRORD)} = 380 \text{ seg.}$
 $(D_{(RT)}) = 38 \text{ seg.}$
 $(t_{(TF)}) = 0 \text{ seg.}$
 $C_{(TRD)} = 30 \text{ seg.}$
 $t_{(SRD)} = 550 \text{ seg.}$

μ – ritmo de processamento = $1 / TA = 1 / (42 / 0,85) = 0,02024 \text{ unid. / segundo.}$

TA – tempo de processamento = 1,2144 unidades por minuto.

λ – ritmo de chegada – $1 / (53 / 0,72) = 0,0136 \text{ unid. / segundo.}$

IC – intervalo de chegada = 0,816 unidades por minuto.

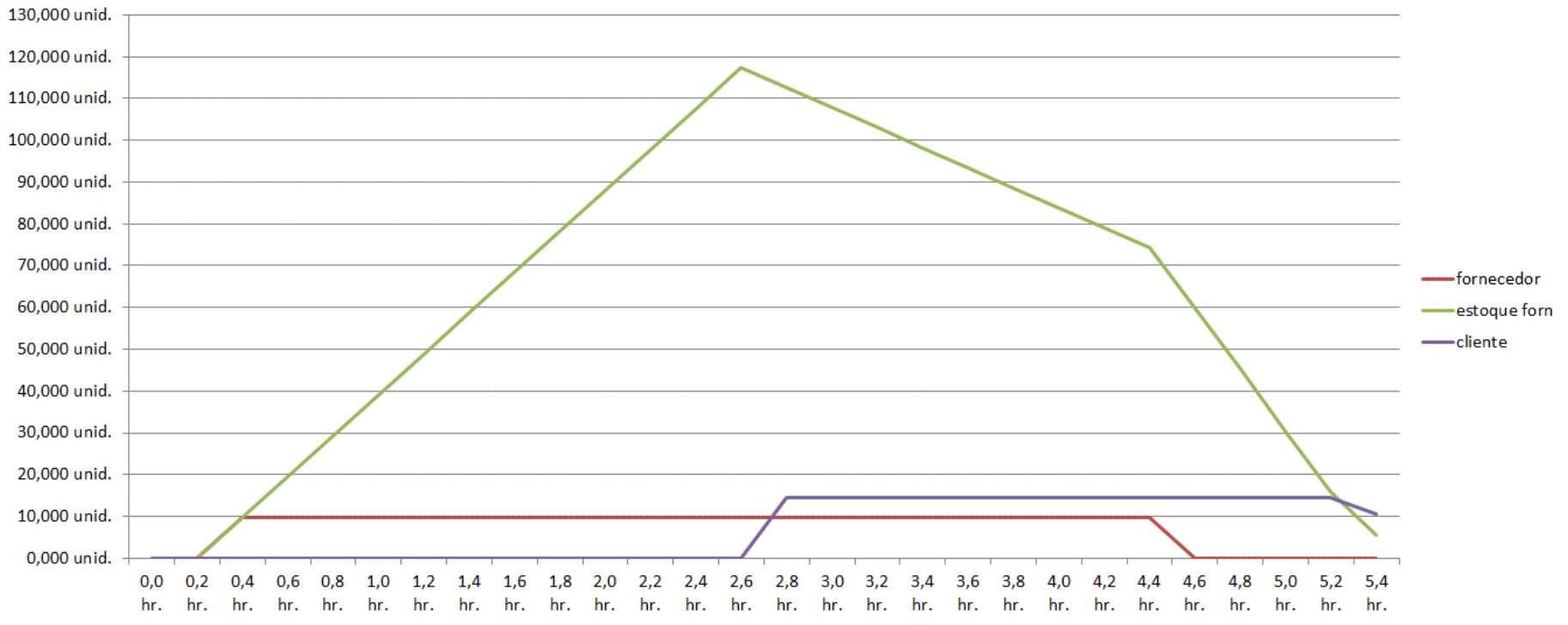
$$\frac{IC}{TA} = \frac{0,8160}{1,2144} = 0,67 \approx \text{RelVol}$$

	Fornecedor	cliente
tempo de desc rec ant forn	20,00 seg.	7,00 seg.
tempo de carreg no transp	40,00 seg.	10,00 seg.
tempo de transp	400,00 seg.	60,00 seg.
tempo de desc do transp	23,00 seg.	12,00 seg.
tempo de carreg no recurso	23,00 seg.	9,00 seg.
tempo de ajuste na máquina	600,00 seg.	18,00 seg.
Δt	1106,00 seg.	116,00 seg.
Δt	0,3072 hr.	0,0322 hr.
demanda (Lote)	200,00 unid.	
início do fornecedor	0,0000 hr.	
tempo final do fornecedor	4,4000 hr.	t proces
início do cliente	2,6000 hr.	OEE
tempo final do cliente	5,4000 hr.	
escala tempo	0,2	
RelVol	0,671254162	

	fornecedor	cliente
	53,00 seg.	42,00 seg.
	72%	85%
	73,61 seg.	49,41 seg.

Qx	112,130 unid.
taxa de produção fornecedor	9,781 unid.
taxa de produção cliente	14,571 unid.

tempo	fornecedor	estoque forn	cliente	estoque cliente
0,0 hr.	0,000 unid.	0,000 unid.	0,000 unid.	0,000 unid.
0,2 hr.	0,000 unid.	0,000 unid.	0,000 unid.	0,000 unid.
0,4 hr.	9,781 unid.	9,781 unid.	0,000 unid.	0,000 unid.
0,6 hr.	9,781 unid.	19,562 unid.	0,000 unid.	0,000 unid.
0,8 hr.	9,781 unid.	29,343 unid.	0,000 unid.	0,000 unid.
1,0 hr.	9,781 unid.	39,125 unid.	0,000 unid.	0,000 unid.
1,2 hr.	9,781 unid.	48,906 unid.	0,000 unid.	0,000 unid.
1,4 hr.	9,781 unid.	58,687 unid.	0,000 unid.	0,000 unid.
1,6 hr.	9,781 unid.	68,468 unid.	0,000 unid.	0,000 unid.
1,8 hr.	9,781 unid.	78,249 unid.	0,000 unid.	0,000 unid.
2,0 hr.	9,781 unid.	88,030 unid.	0,000 unid.	0,000 unid.
2,2 hr.	9,781 unid.	97,811 unid.	0,000 unid.	0,000 unid.
2,4 hr.	9,781 unid.	107,592 unid.	0,000 unid.	0,000 unid.
2,6 hr.	9,781 unid.	117,374 unid.	0,000 unid.	0,000 unid.
2,8 hr.	9,781 unid.	112,583 unid.	14,571 unid.	14,571 unid.
3,0 hr.	9,781 unid.	107,793 unid.	14,571 unid.	29,143 unid.
3,2 hr.	9,781 unid.	103,003 unid.	14,571 unid.	43,714 unid.
3,4 hr.	9,781 unid.	98,212 unid.	14,571 unid.	58,286 unid.
3,6 hr.	9,781 unid.	93,422 unid.	14,571 unid.	72,857 unid.
3,8 hr.	9,781 unid.	88,632 unid.	14,571 unid.	87,429 unid.
4,0 hr.	9,781 unid.	83,842 unid.	14,571 unid.	102,000 unid.
4,2 hr.	9,781 unid.	79,051 unid.	14,571 unid.	116,571 unid.
4,4 hr.	9,781 unid.	74,261 unid.	14,571 unid.	131,143 unid.
4,6 hr.	0,000 unid.	59,689 unid.	14,571 unid.	145,714 unid.
4,8 hr.	0,000 unid.	45,118 unid.	14,571 unid.	160,286 unid.
5,0 hr.	0,000 unid.	30,547 unid.	14,571 unid.	174,857 unid.
5,2 hr.	0,000 unid.	15,975 unid.	14,571 unid.	189,429 unid.
5,4 hr.	0,000 unid.	5,404 unid.	10,571 unid.	200,000 unid.



$$t_{fornecedor(1)} = \left(\frac{(Q_1 \times t_1)}{oe_1} \right) = \left(\frac{(200 \times 53 \text{ seg.})}{72\%} \right) = 14.722,22 \text{ seg.} = 4,09 \text{ horas}$$

$$t_{fornecedor(2)} = \left(\frac{(Q_2 \times t_2)}{oe_2} \right) = \left(\frac{(200 \times 45 \text{ seg.})}{85\%} \right) = 10.588,24 \text{ seg.} = 2,941 \text{ horas}$$

$$t_{fornecedor(3)} = \left(\frac{(Q_2 \times t_2)}{oe_2} \right) = \left(\frac{(200 \times 42 \text{ seg.})}{85\%} \right) = 9.882,353 \text{ seg.} = 2,745 \text{ horas}$$

$$\Delta_{t1} = 1.106,00 \text{ seg.} = 0,3072 \text{ horas} = 18,432 \text{ minutos}$$

$$\Delta_{t2} = 1.051,00 \text{ seg.} = 0,2919 \text{ horas} = 17,517 \text{ minutos}$$

$$\Delta_{t3} = 116 \text{ seg.} = 0,03222 \text{ horas} = 1,9332 \text{ minutos}$$

$$\text{Taxa de produção}_1 = \frac{53,72}{0,72} = 1 \text{ unidade a cada } 74,61 \text{ seg.}$$

$$\text{Taxa de produção}_2 = \frac{45}{0,85} = 1 \text{ unidade a cada } 52,94 \text{ seg.}$$

$$\text{Taxa de produção}_3 = \frac{42}{0,85} = 1 \text{ unidade a cada } 49,412 \text{ seg.}$$

$$\text{Tempo de fila}_2 = 74,61 \text{ seg.} - 52,94 \text{ seg.} = 21,67 \text{ seg para o } 1^\circ \text{ item que deve aguardar os 200.}$$

$$\text{Tempo de fila}_2 = 21,7 \text{ seg.} \times 200 = 4.034 \text{ seg.} \approx 1,2 \text{ horas} \Rightarrow 2,941 \text{ horas} + 1,2 \text{ horas} \approx 4,1 \text{ horas}$$

$$(1) 4,090 + (18,432 / 60) = 4,3972 \text{ horas} - \text{término (48 unidades por hora)}$$

$$(2) 2,941 + (17,517 / 60) = 3,2330 \text{ horas} - \text{término (68 unidades por hora)}$$

$$(3) 2,745 + (1,9332 / 60) = 2,7770 \text{ horas} - \text{término (72 unidades por hora)}$$

EXEMPLO

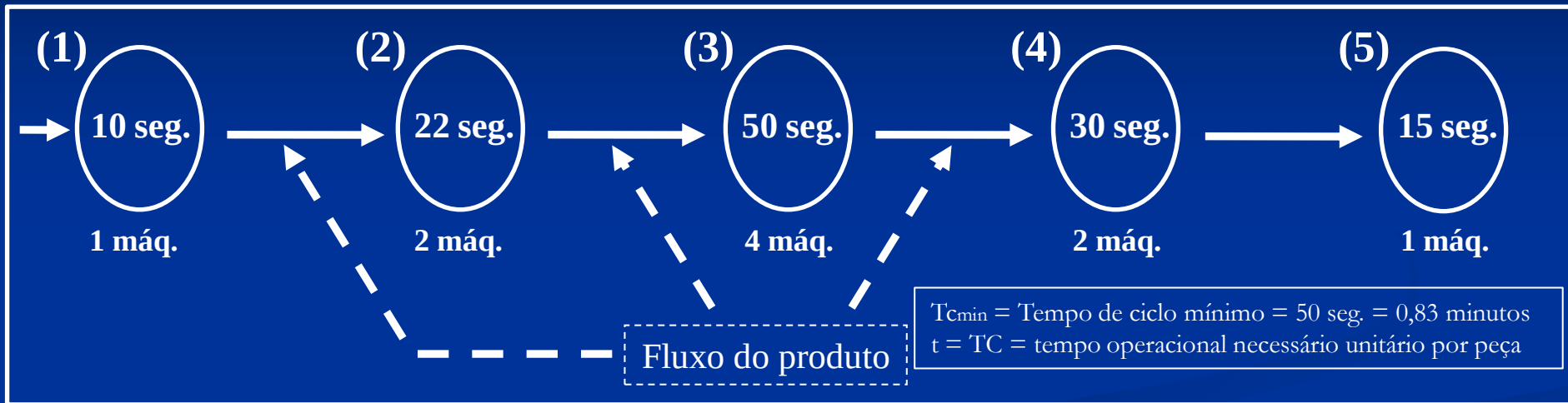
Linha de Montagem

LINHA DE MONTAGEM

Entre os processos o maior tempo de operação é 50 segundos $\Rightarrow$ **tempo de ciclo mínimo = 50 segundos**

Caso não tenha nenhum item em processamento na linha a primeira peça deve percorrer toda a linha $= 10 + 22 + 50 + 30 + 15 = 127$ segundos

A primeira peça somente sairá da linha após 127 segundos $\Rightarrow$ **tempo de ciclo máximo = 127 segundos**



t = tempo operacional necessário – unitário / peça

CD = capacidade disponível & N = demanda

m = número de máquinas necessário

$$m = (t \times N) / CD$$

Objetivo de produção da linha = 1.000.000 peças no ano (ano corresponde a 300 dias de operação)

Produção diária = $1.000.000 / 300 = 3.333,33$ peças / dia

Perda do processo $\cong 1\%$

Produção diária = $3.333,33 / 0,99 = 3.367$ peças por dia

CD = 2 turnos x 6,9 (horas por dia) = 13,8 horas = 828 minutos / dia

Processo com o maior tempo de processamento (3) $\Rightarrow t = 50 \text{ seg.} / 60 = 0,83 \text{ min.}$

$m_1 = (0,17 \text{ min.} * 3.367) / 828 = 0,70 \Rightarrow 1 \text{ máquina no processo (1).}$

$m_2 = (0,37 \text{ min.} * 3.367) / 828 = 1,50 \Rightarrow 2 \text{ máquinas no processo (2).}$

$m_3 = (0,83 \text{ min.} * 3.367) / 828 = 3,40 \Rightarrow 4 \text{ máquinas no processo de maior tempo de operação (3).}$

$m_4 = (0,50 \text{ min.} * 3.367) / 828 = 2,03 \Rightarrow 2 \text{ máquinas no processo (4).}$

$m_5 = (0,25 \text{ min.} * 3.367) / 828 = 1,01 \Rightarrow 1 \text{ máquina no processo (5).}$

$TC_{\text{máx}} = 127 \text{ segundos} = 2,1167 \text{ minutos}$

$TC_{\text{mín}} = 50 \text{ segundos} = 50 / 60 = 0,83 \text{ minutos}$

$N = \text{número de postos de trabalho} = 127 / 50 = 2,54 = 3 \text{ postos de trabalho} \Rightarrow \text{caso utilize 4 postos de trabalho por estação} \Rightarrow 36,50\% \text{ de ociosidade por estação.}$

Dimensionamento

Postos de Trabalho	Tarefa	Tempo total	Tempo total disponível	Tempo ocioso
A	1ª e 2ª operação	32 segundos	50 segundos	18 segundos
B	3ª operação	50 segundos	50 segundos	0 segundos
C	4ª operação	30 segundos	50 segundos	20 segundos
D	5ª operação	15 segundos	50 segundos	35 segundos
Tempo total ocioso da linha de produção				73 segundos

$\% \text{ ociosidade} = 73 / (4 * 50) = 36,50\%$

$\text{Capacidade de produção} = (6,9 * 2 * 60) \text{ minutos} / \text{dia} / 0,83 \text{ minutos} = 997,6 = 998 \text{ unidades por dia por estação.}$

$\text{Capacidade total de produção} = 998 \text{ unidades por dia por estação} * 4 \text{ estações} = 3.992 \text{ unidades por dia} > 3.367 \text{ unidades de demanda} \Rightarrow \text{Excesso} = 3.992 - 3.367 = 625 \text{ unidades.}$

Dimensionamento

$m = (0,83 * 3.367) / 828 = 3,4 \Rightarrow 4$ máquinas no processo de maior tempo de operação **(3)**.

$TC_{\text{máx}} = 127 \text{ segundos} = 2,1167 \text{ minutos}$

$TC_{\text{mín}} = 50 \text{ segundos} = 50 / 60 = 0,83 \text{ minutos}$

$N = \text{número de postos de trabalho} = 127 / 50 = 2,54 = 3$ postos de trabalho $\Rightarrow$ caso utilize 3 postos de trabalho por estação $\Rightarrow 15,33\%$ de ociosidade por estação.

Postos de Trabalho	Tarefa	Tempo total	Tempo total disponível	Tempo ocioso
A	1ª e 2ª operação	32 segundos	50 segundos	18 segundos
B	3ª operação	50 segundos	50 segundos	0 segundos
C	4ª e 5ª operação	45 segundos	50 segundos	5 segundos
Tempo total ocioso da linha de produção				23 segundos

$\% \text{ ociosidade} = 23 / (3 * 50) = 15,33\%$

Capacidade de produção = $(8 * 2 * 60) \text{ minutos} / \text{dia} / 0,83 \text{ minutos} = 1.156,63 = 1.157$ unidades por dia por estação.

Capacidade total de produção = $1.157 \text{ unidades por dia por estação} * 3 \text{ estações} = 3.471$ unidades por dia > 3.367 unidades de demanda.

Excesso = $3.471 - 3.367 = 104$ unidades.

$N = 2,12 / 0,83 = 2,554 = 3$ postos de trabalho.

Observação – ajuste do turno de trabalho de 6,9 horas para 8 horas a fim de atender a demanda.

$Takt \text{ time} = 960 / 1.157 = 0,83 \text{ minutos (por estação)}$

2º exemplo

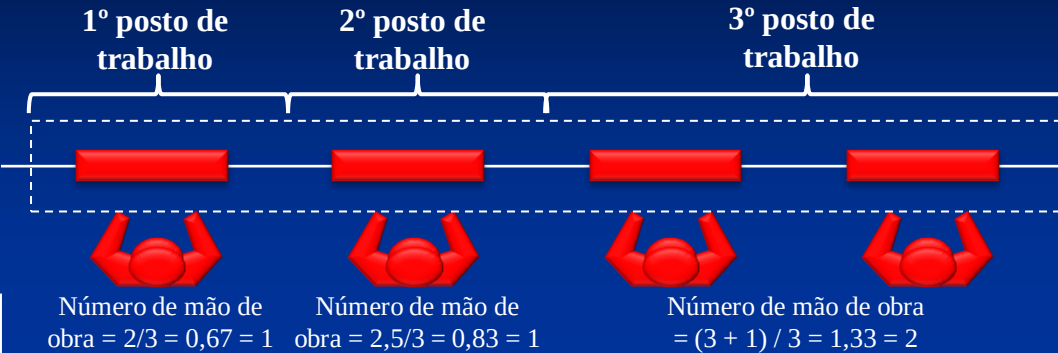
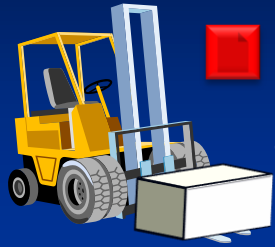
Linha de montagem

Tempo de ciclo para uma linha ou célula de produção

De acordo com ROTHER & SHOOK (1998) o tempo de ciclo é “o tempo transcorrido entre a saída de uma peça e a saída da seguinte, em segundos”

Maior tempo de processo = 3 minutos $\cong$ tempo de ciclo $\cong$ *takt time* = tempo de trabalho / número de peças produzidas

Grau de utilização = a porcentagem de produção da linha de produção = $1 - \% \text{ de ociosidade} = 1 - 0,2778 = 72,22\%$



Produto Montado

% de ociosidade = $\sum (\text{tempo ocioso de cada estação}) / (\text{número de estações} * \text{tempo de ciclo}) = ((3 - 2) + (3 - 2,5) - (3 - 3) + (3 - 1) / (3 * 3)) = 3,5 / 9 = 27,78\%$

Postos de trabalho = $(2 + 2,5 + 3 + 1) / 3 = 3$ postos de trabalho

Considerando um operário alocado a cada máquina/posto, não é possível produzir mais que 20 peças por hora nessa linha.

A Tp = 2 min	B Tp = 2.5 min	C <u>Tp = 3 min</u>	D Tp = 1 min
-------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------

$$\text{Takt-time} = \frac{(8 * 60)}{3 \text{ (min.)}} = 160 \text{ peças / dia}$$

$$\text{peças / hora} = 160 / 8 = 20 \text{ peças}$$

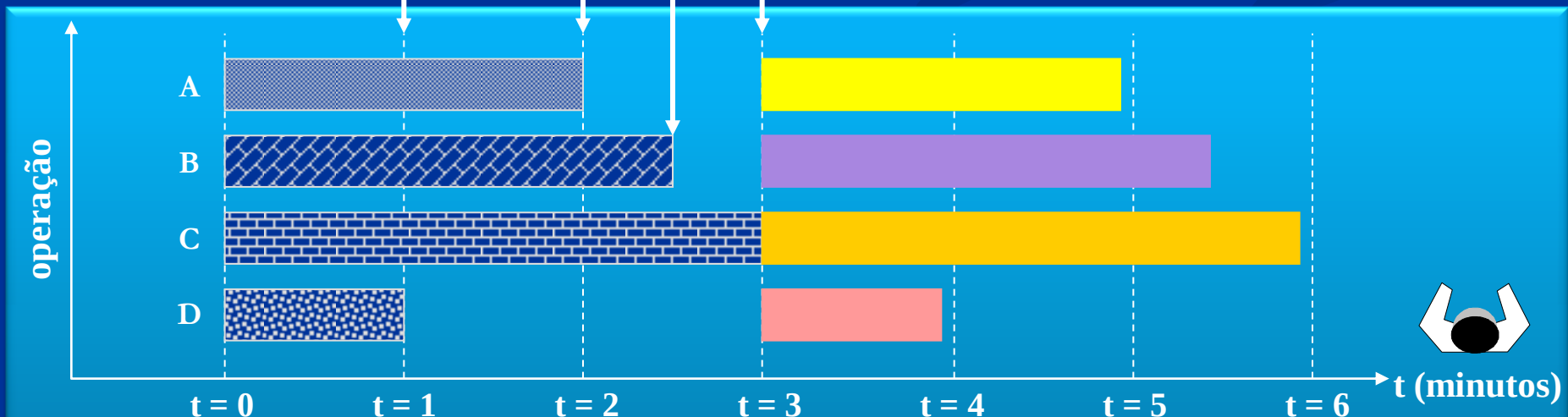
Término da operação – A

Término da operação – B

Tempo disponível para produção = 8 horas

Término da operação – D

Término da operação – C (Término do ciclo)



Tempo de ciclo para o exemplo

Ponderação dos tempos

Linha de montagem

Dimensionamento

$m = (3 * 160) / 480 = 1 \Rightarrow 1$ máquina para o posto de trabalho de maior tempo de operação

$TC_{\text{máx}} = 8,5$ minutos

$TC_{\text{mín}} = 3$ minutos

Postos de Trabalho	Tarefa	Tempo total	Tempo total disponível	Tempo ocioso
A	1ª operação	2,0 minutos	3,0 minutos	1,0 minutos
B	2ª operação	2,5 minutos	3,0 minutos	0,5 minutos
C	3ª operação	3,0 minutos	3,0 minutos	0 minutos
D	4ª operação	1,0 minutos	3,0 minutos	2,0 minutos
Tempo total ocioso da linha de produção				3,5 minutos

% ociosidade = $3,5 / (4 * 3) = 29,17\%$ por estação de trabalho.

Capacidade de produção = $(8 * 1 * 60)$ minutos / dia / 3 minutos = 160 unidades por dia por estação.

Capacidade total de produção = 160 unidades por dia por estação * 1 estação = 160 unidades por dia = 3.367 unidades de demanda

Excesso = $160 - 160 = 0$ unidades.

Dimensionamento

$m = (4 * 160) / 480 = 1,33 \Rightarrow 2$ máquinas para o posto de trabalho de maior tempo de operação
 $TC_{\text{máx}} = 8,5$ minutos
 $TC_{\text{mín}} = 4,0$ minutos

Postos de trabalho	Tarefa	Tempo total	Tempo total disponível	Tempo ocioso
A	1ª operação	2,0 minutos	4,0 minutos	2,0 minutos
B	2ª operação	2,5 minutos	4,0 minutos	1,5 minutos
C	3ª e 4ª operação	4,0 minutos	4,0 minutos	0,0 minutos
Tempo total ocioso da linha de produção				3,5 minutos

$\% \text{ ociosidade} = 3,5 / (3 * 4) = 29,17\%$

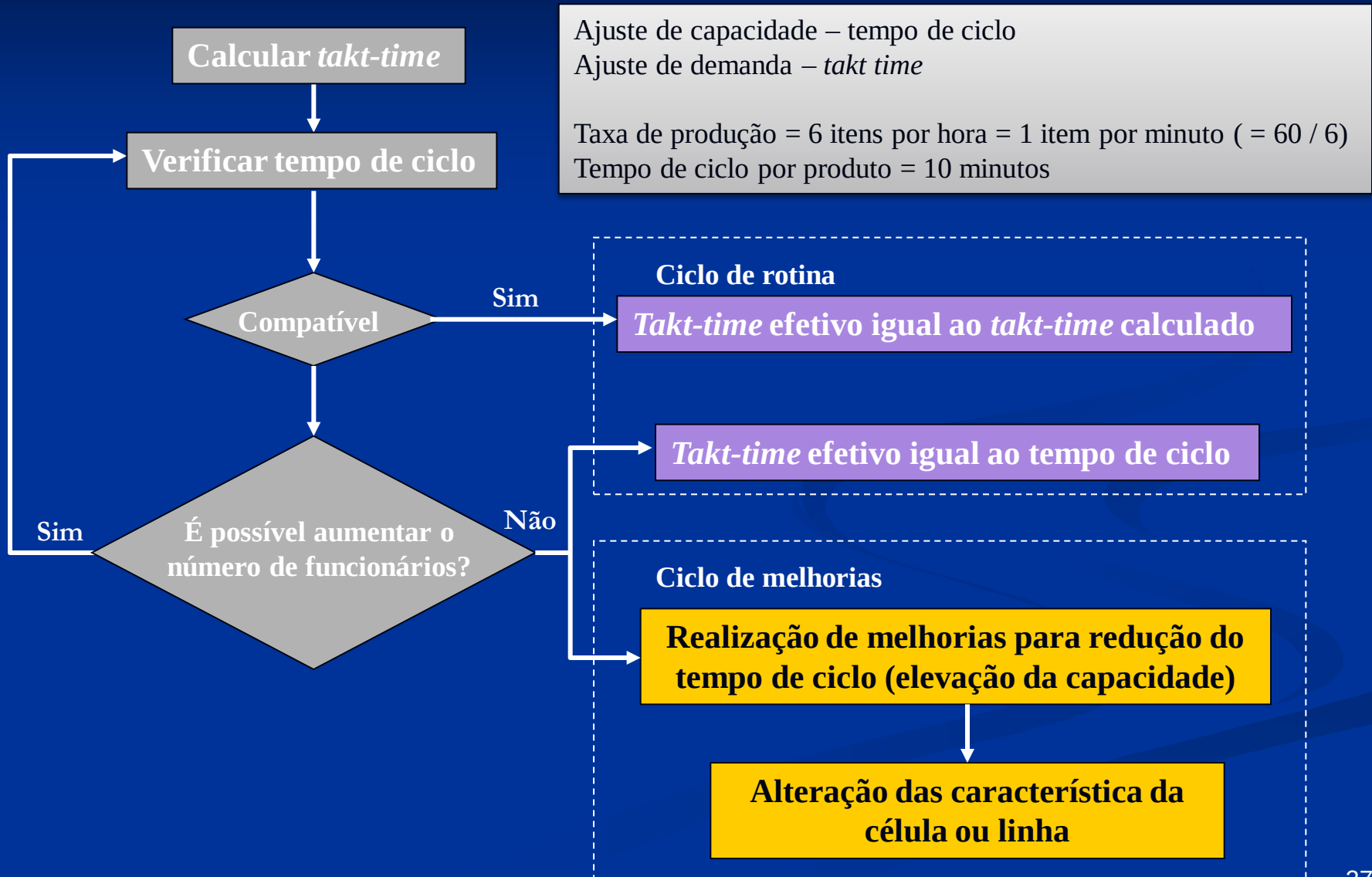
Capacidade de produção = $(8 * 2 * 60)$ minutos / dia / 3 minutos = 160 = 160 unidades por dia por estação.

Capacidade total de produção = 160 unidades por dia por estação * 1 estação = 160 unidades por dia = 160 unidades de demanda.

Excesso = $160 - 160 = 0$ unidades.

$N = 8,5 / 3 = 2,83 = 3$ postos de trabalho.

GESTÃO COM BASE NO *TAKT-TIME*: OS CICLOS DE ROTINA E DE MELHORIAS





Etapas de configuração da linha de montagem

- 1) Dividir a operação em elementos que possam ser executados de um modo independente;
- 2) Levantamento do tempo padrão de cada elemento;
- 3) Definir a sequência de trabalho e identificar as operações predecessoras (diagrama de precedência);
- 4) Calcular o tempo de ciclo (TC);
- 5) Calcular o número das estações de trabalho (N);
- 6) Atribuir as tarefas às estações de trabalho;
- 7) Calcular o percentual de tempo ocioso e o grau de utilização.

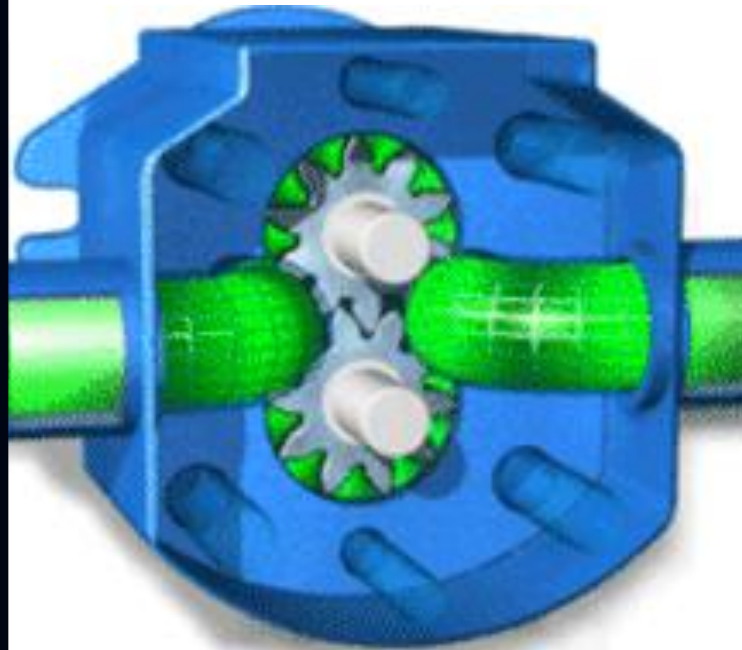
Heijunka

Programação da Produção

È um programa nivelado e estruturado a partir do sequenciamento dos pedidos que tem como objetivo principal: converter a instabilidade da demanda dos clientes em um nivelado e previsível processo de manufatura.

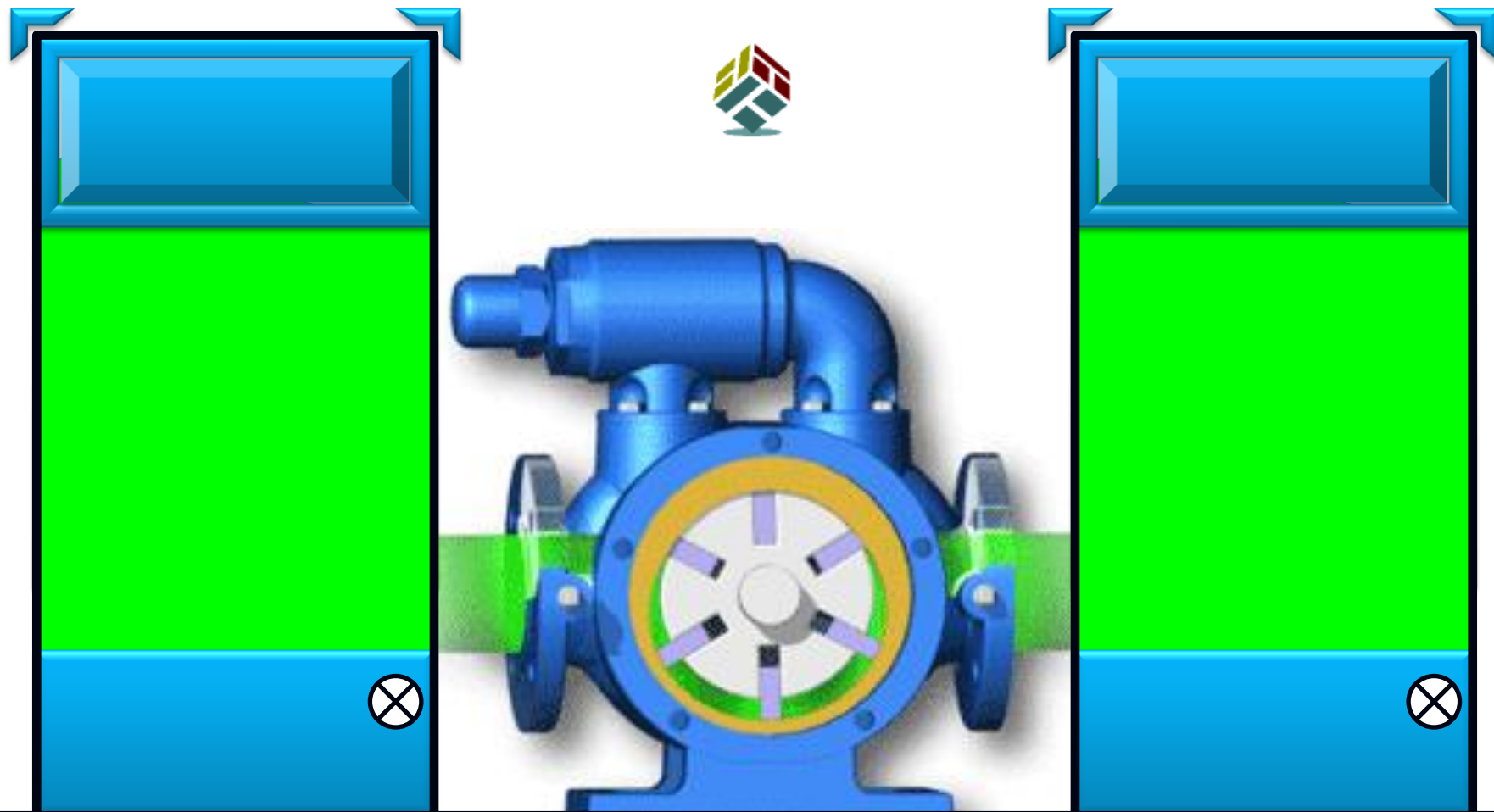
Requer: estratégias de manufatura bem definidas e aborda Aspectos Estratégicos do Planejamento e Controle da Produção.

Há perdas de tempo no fluxo?



O par de engrenagens que rodam no interior de um compartimento estreito. O óleo é colocado de um lado do compartimento e transportado em torno da área exterior entre os dentes de engrenagem e para fora do ponto de descarga no lado oposto.

Há perdas de tempo no fluxo?



O fluído é colocado no compartimento e é transportado em torno dele, nas palhetas do ponto de descarga, local onde é forçado a sair. **Esses modelos são ainda mais eficientes em comparação às bombas de engrenagens.**

Prováveis perdas no fluxo bombeado pelas bombas

- 1) Vazamento do fluído bombeado;
- 2) Atrito no fluxo entre o fluído bombeado e a superfície da tubulação;
- 3) Perda no sistema de bombeamento em função da eficiência funcional do sistema;
- 4) Perdas se houver fases intermediárias de processamento do fluído, por exemplo, tanque intermediário de adição de cloro caso o fluído bombeado for água potável. Havendo interrupção o sistema deixa de ser contínuo e passa a ser intermitente.

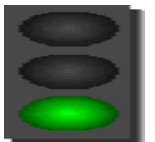


heijunka (平準化)

O conceito *Heijunka* aplicado no Sistema Toyota de Produção trata do nivelamento da produção a partir da programação da produção na busca da melhor sequência de execução das ordens de fabricação, a fim de atender aos pedidos dos clientes nos prazos e quantidades requeridas buscando minimizar os custos operacionais e a otimizar o uso dos recursos de manufatura.

É um programa nivelado e estruturado a partir do sequenciamento dos pedidos que tem como objetivo principal: converter a instabilidade da demanda dos clientes em um nivelado e previsível processo de manufatura.

Técnicas de planejamento do *Lean Manufacturing*, como por exemplo, o mapeamento do fluxo de valor, auxiliam no ajuste da programação da produção, podendo ser combinado com outras técnicas *Lean* de com o propósito de estabilizar o fluxo de valor.



Projeto e Operação de Sistemas de Produção

Variáveis

1) Variável – nível de repetição (MacCarthy e Fernandes (2000))

Nível de repetição: um item é repetitivo se ele consome uma porcentagem significativa do tempo total disponível da unidade produtiva (pelo menos 5%). Um sistema de produção é definido como sendo repetitivo se apresentar pelo menos 75% dos itens de produção repetitivos.

Um sistema de produção não repetitivo é aquele no qual pelo menos 75% dos itens são não repetitivos. Já semi repetitivo é o sistema de produção com pelo menos 25% de itens repetitivos e pelo menos 25% não repetitivos. Sistema de produção em massa é aquele no qual a grande maioria dos itens é repetitiva.

Projeto e Operação de Sistemas de Produção



Variáveis

- 2) Variável – distinção e diversificação (MacCarthy e Fernandes (2000))
 - a) Distinção é a habilidade de o sistema de produção (SP) responder a mudanças no *mix* de produtos dentro de uma gama de produtos muito similares. Portanto distinção relaciona-se com a variedade de modelos semelhantes. Essa habilidade depende da obtenção de baixos tempos de *setup*. **Exemplos**: alterações de cor e tamanho na indústria de calçados.
 - b) Diversificação é a habilidade de o Sistema de Produção responder a grandes mudanças no *mix* de produtos dentro de uma gama de produtos muito diferentes entre si, ou seja, o processo é capaz de fornecer grande variedade de produtos muito diferentes. Portanto, diversificação relaciona-se com a variedade de produtos muito diferentes. Essa habilidade depende da obtenção de baixos tempos de *setup*, uso de equipamentos universais e versáteis e mão de obra versátil.
 - c) Diferenciação: um produto é considerado diferenciado se não existe nenhum produto similar no mercado.

Projeto e Operação de Sistemas de Produção

Variáveis

- 3) Variável – funcionalidade e inovação (Fisher (1997))
 - a) Produtos Funcionais, de acordo com a classificação de Fisher (1997), são os produtos que possuem alto nível de padronização, produzidos em alto volume;
 - b) Produtos Inovadores, de acordo com a classificação de Fisher (1997), são os produtos com alto nível de customização e produzidos em baixo volume.

- 4) Variável – desse modo a classificação dos produtos definida por Fisher (1997) implica em relacionar a cadeia de suprimentos envolvida na fabricação dos produtos em duas categorias de cadeia de suprimentos:
 - a) Com foco na eficiência dos processos definida como Cadeia de Suprimentos *Lean Manufacturing*; e
 - b) Com foco na responsividade perante o mercado consumidor definida como Cadeia de Suprimentos Ágil.

Projeto e Operação de Sistemas de Produção

- 1) Com esses conceitos em mente, o nível de repetição para os itens discretos está relacionado à definição de distinção e diversificação vista e não diferenciação.
- 2) Dessa forma, em um ambiente com nível de repetição produção em massa a diversificação é muito baixa (inexistente) e a distinção pode ser baixa ou média.
- 3) Por outro lado, pode haver ou não diferenciação, que é uma questão de inovação. Em ambientes repetitivos a diversificação deve ser baixa e a distinção pode ser média ou alta.
- 4) Em ambientes semi repetitivos temos uma média diversificação e uma alta distinção e, finalmente, em ambientes não repetitivos temos ambos, diversificação e distinção, altos.

Projeto e Operação de Sistemas de Produção

Níveis de repetição dos sistemas de produção discretos	Diversificação	Distinção
Produção em massa	Inexistente (produto único)	Baixa/Média
Repetitivo	Baixa	Média/Alta
Semi repetitivo	Média	Alta
Não repetitivo	Alta	Alta