

Produção Enxuta:

Nivelamento da Produção /
Setup Rápido

(Planejamento e Controle *Just-in-Time*)

Depto. de Engenharia de Produção

Escola Politécnica da USP

Prof. Dr. Dario Ikuo Miyake

2023

Técnicas e ferramentas para a implantação de Sistemas de Produção Enxuta



- ▶ Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)
- ▶ 5S
- ▶ Sistema JIT/*Kanban* para Produção Puxada
- ▶ Nivelamento da Produção (*Heijunka*)
- ▶ *Setup* Rápido
- ▶ Gerenciamento Visual/Sistema *Andon*
- ▶ Manutenção Autônoma

Heijunka: Nivelamento da Produção

Conceito

- ◆ Adequação do ritmo da produção à instabilidade do mercado buscando trazer estabilidade para o processo de manufatura.
- ◆ A estabilidade é buscada desenvolvendo a capacidade de produzir um mix de produtos seguindo uma programação da produção nivelada por volume e nivelada por tipo.
- ◆ Lembrando que a produção por lotes tradicional (em indústrias de produção discreta) caracteriza-se pela fabricação de um grande número de peças iguais em sequência, o *Heijunka* promove a implementação de um sistema de produção em que diferentes produtos possam ser fabricados em lotes de tamanhos menores (idealmente unitários), numa mesma linha de produção. Portanto, o *Heijunka* se opõe ao paradigma tradicional de, ao ter de programar a produção de um dado item, tratar de produzi-lo em um grande lote.

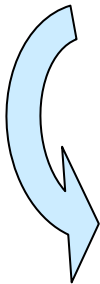
Nivelamento da Produção por Volume

semana	A	B	C	D	TOTAL
1	95	78	24	46	243
2	93	81	25	50	249
3	95	76	27	53	251
4	97	77	28	55	257
5	115	70	32	51	268
6	112	72	35	50	269
7	114	74	38	45	271
8	115	72	39	46	272
9	125	66	39	55	285
10	127	63	42	60	292
11	129	61	41	62	293
12	127	58	42	63	290

$(95+93+95+97)/4=95$

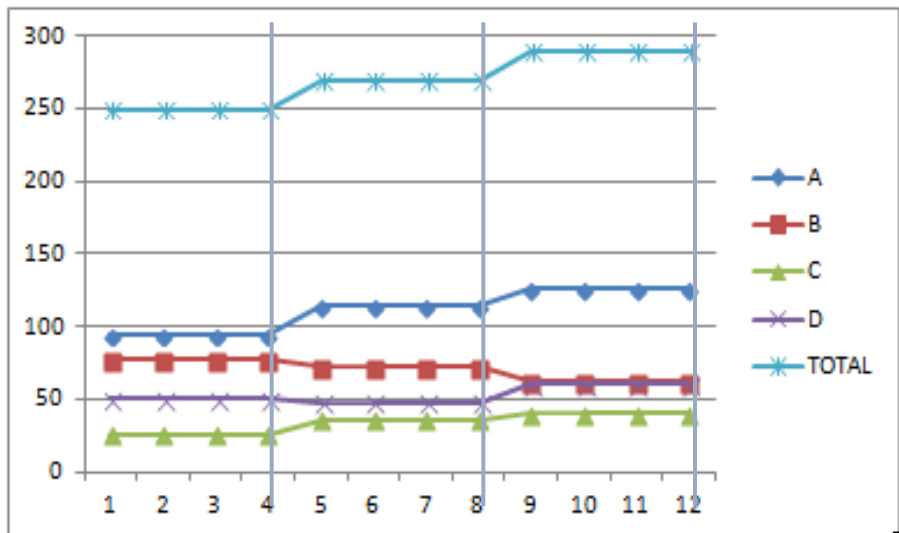
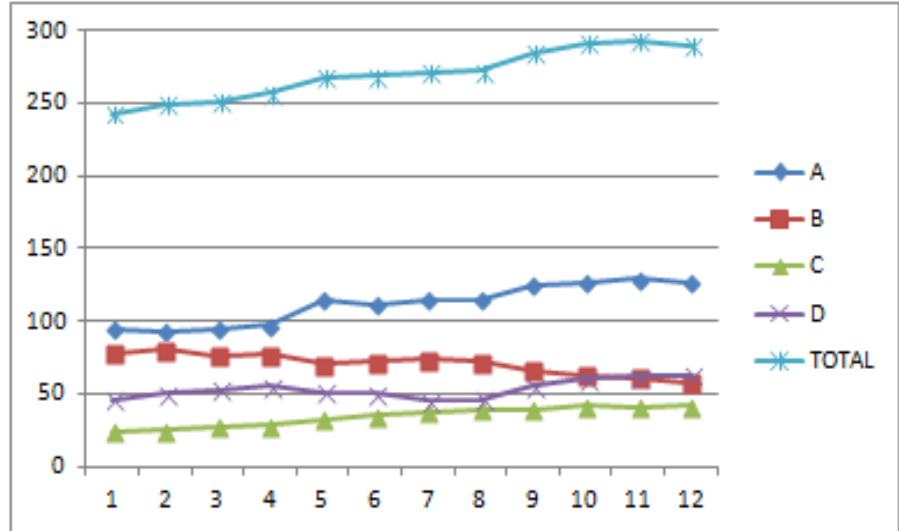
$(115+112+114+115)/4=114$

$(125+127+129+127)/4=127$



semana	A	B	C	D	TOTAL
1	95	78	26	51	250
2	95	78	26	51	250
3	95	78	26	51	250
4	95	78	26	51	250
5	114	72	36	48	270
6	114	72	36	48	270
7	114	72	36	48	270
8	114	72	36	48	270
9	127	62	41	60	290
10	127	62	41	60	290
11	127	62	41	60	290
12	127	62	41	60	290

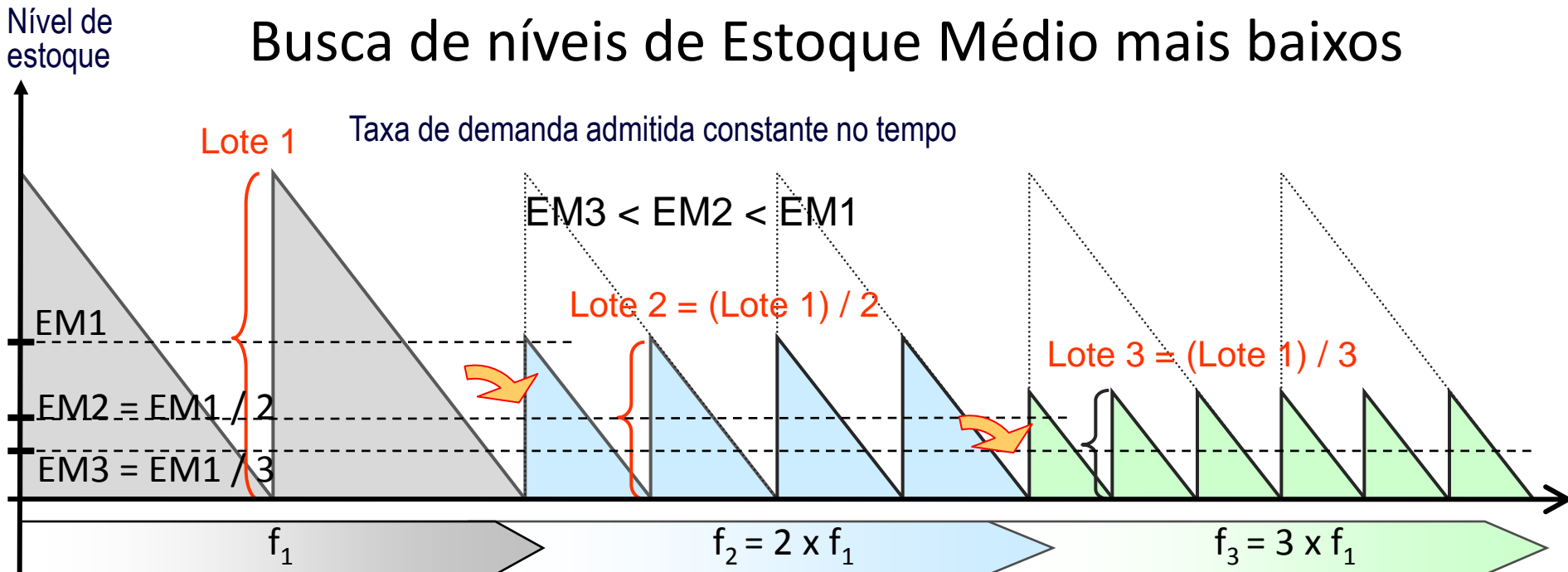
Produção Nivelada por volume em períodos de 4 semanas (~ 1 mês)



Produção e Ressuprimento em Lotes de Tamanho Menor

O Nivelamento da produção por tipo implica em produzir diferentes produtos em lotes menores o que resulta em redução do nível de estoque médio (EM)

Busca de níveis de Estoque Médio mais baixos

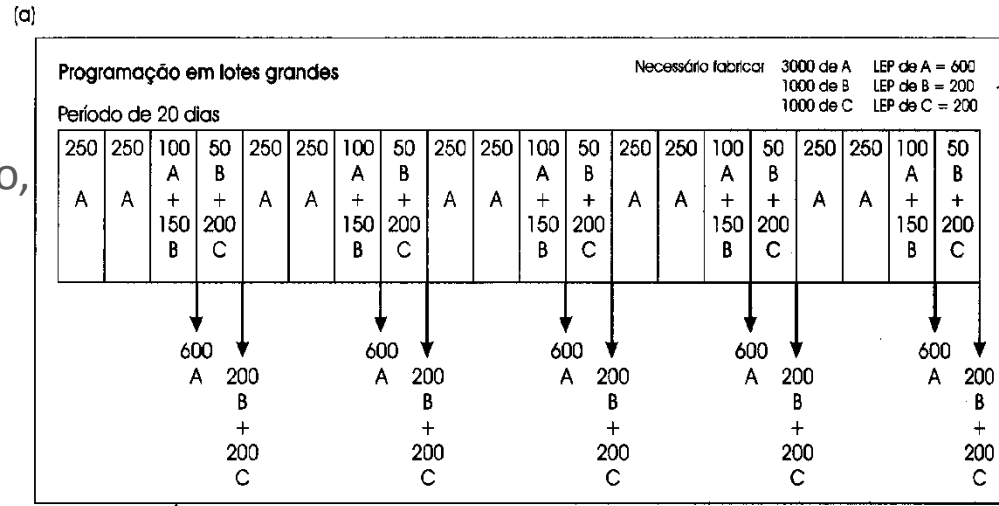


- Com a redução do tamanho de lote do item considerado, o estoque médio (EM) carregado e a capacidade de armazenagem máxima (no “pico”) requerida diminuem
- Por outro lado, para atender a demanda, a frequência de ressuprimento (f_i) aumenta e o intervalo entre os recebimentos de ressuprimentos diminui.

Programação Convencional X Programação mais Nivelada por tipo

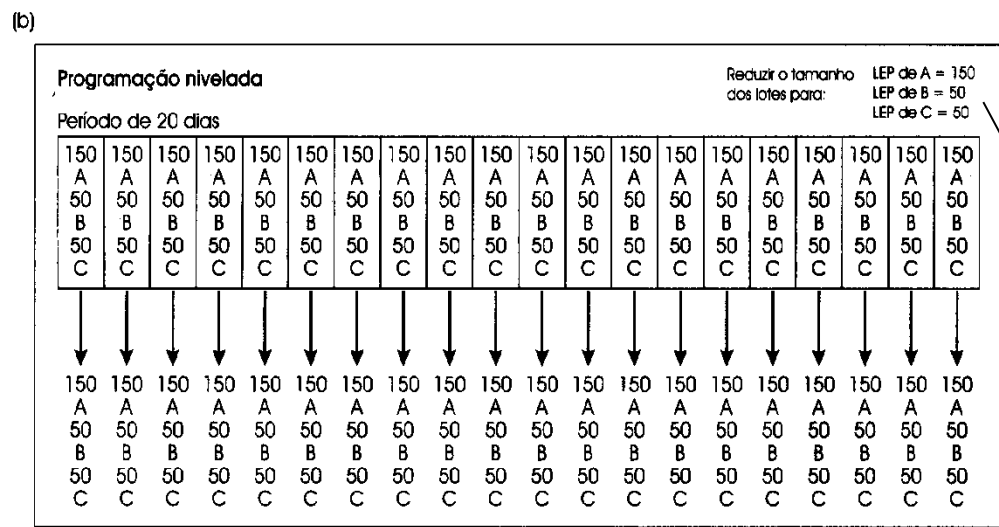
Para atender a demanda dos produtos apresentados abaixo, há diferentes alternativas para se programar a produção.

Item	Demanda (em 20 dias)
A	3000
B	1000
C	1000



Lote econômico de produção

Aumento da flexibilidade para produzir em lotes menores (sem perda de capacidade)



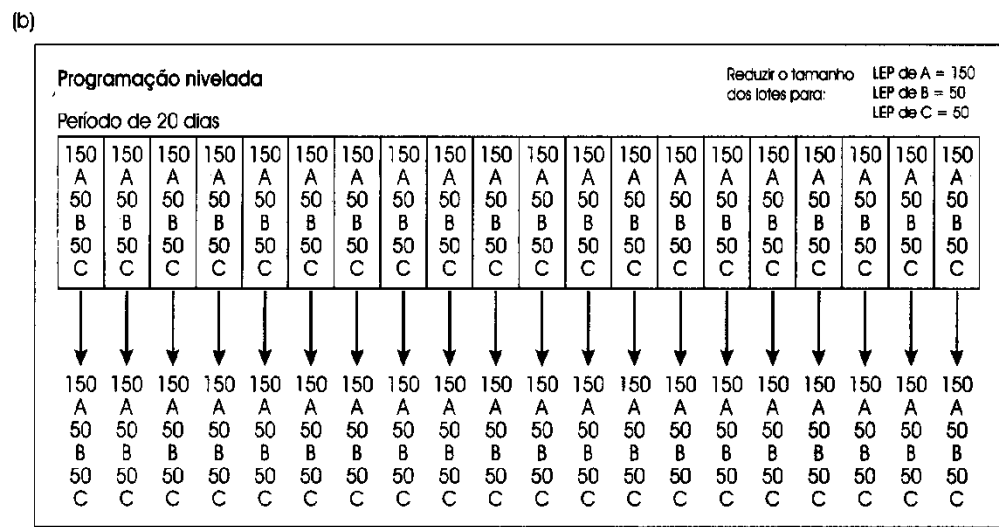
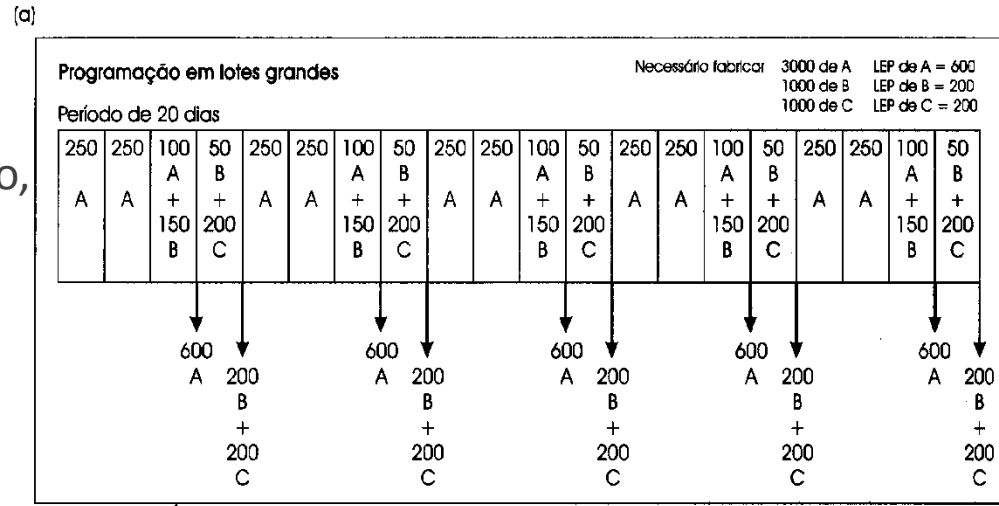
Lote econômico de produção

Fonte: adaptada da Fig. 15.7 Nigel Slack et al. (2002) Administração da produção, Cap.15.

Programação Nivelada “ideal” em lotes de tamanho = 1

Para atender a demanda dos produtos apresentados abaixo, há diferentes alternativas para se programar a produção.

Item	Demanda (em 20 dias)
A	3000
B	1000
C	1000



Se a flexibilidade do sistema de produção for aumentada ainda mais tornando a produção em lotes unitários viável, na programação nivelada ideal, a demanda diária exibida no quadro b) à esquerda (150 A, 50 B, 50 C) poderá ser atendida repetindo, por exemplo, a sequência mesclada do ciclo mínimo abaixo 50 vezes/dia:



Fonte: adaptada da Fig. 15.7 Nigel Slack et al. (2002) Administração da produção, Cap.15.

Nivelando a produção por tipo

Exemplo de diferentes alternativas de programação para a produção dos produtos A, B e C admitindo meses com 4 semanas e semanas de 5 dias

Um lote de cada item **por mês**

Item	Tamanho do lote
A	2000
B	1200
C	800

1 lote grande de cada item/mês

Um lote de cada item **por semana**

Item	Tamanho do lote
A	500
B	300
C	200

4 lotes médios de cada item/mês

Um lote de cada item **por dia**

Item	Tamanho do lote
A	100
B	60
C	40

20 lotes pequenos de cada item/mês

Produção não-enxuta...

Um pouco melhor...

Bem melhor...

Menor

Grau de Nivelamento

Maior

Nivelando a produção por tipo

Exemplo de diferentes alternativas de programação para a produção dos produtos A, B e C admitindo meses com 4 semanas, semanas de 5 dias, 2 turnos de trabalho por dia e 8 horas (480 min.) de produção por turno

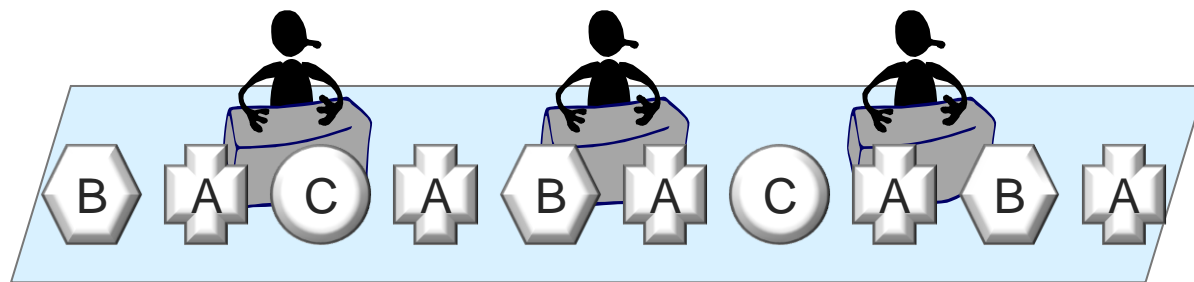
Um lote de cada item **por turno**

Item	Tamanho do lote
A	50
B	30
C	20

40 lotes bem pequenos de cada item/mês

Muito melhor!

Se os 3 itens são montados numa mesma linha flexível o **IDEAL** seria completar uma unidade a cada 4,8 min. em lotes “unitários” conforme o seguinte ciclo:



Fluxo da linha

Este ciclo deve ser repetido 10 vezes por turno

Menor

Grau de Nivelamento

Maior

Nivelando a produção por tipo

Produção em Massa



Linha de montagem final do Modelo T da Ford em Michigan (EUA) – década de 1920

Produção Nivelada



Linha de montagem final da Toyota em Mississippi (EUA) - 2017



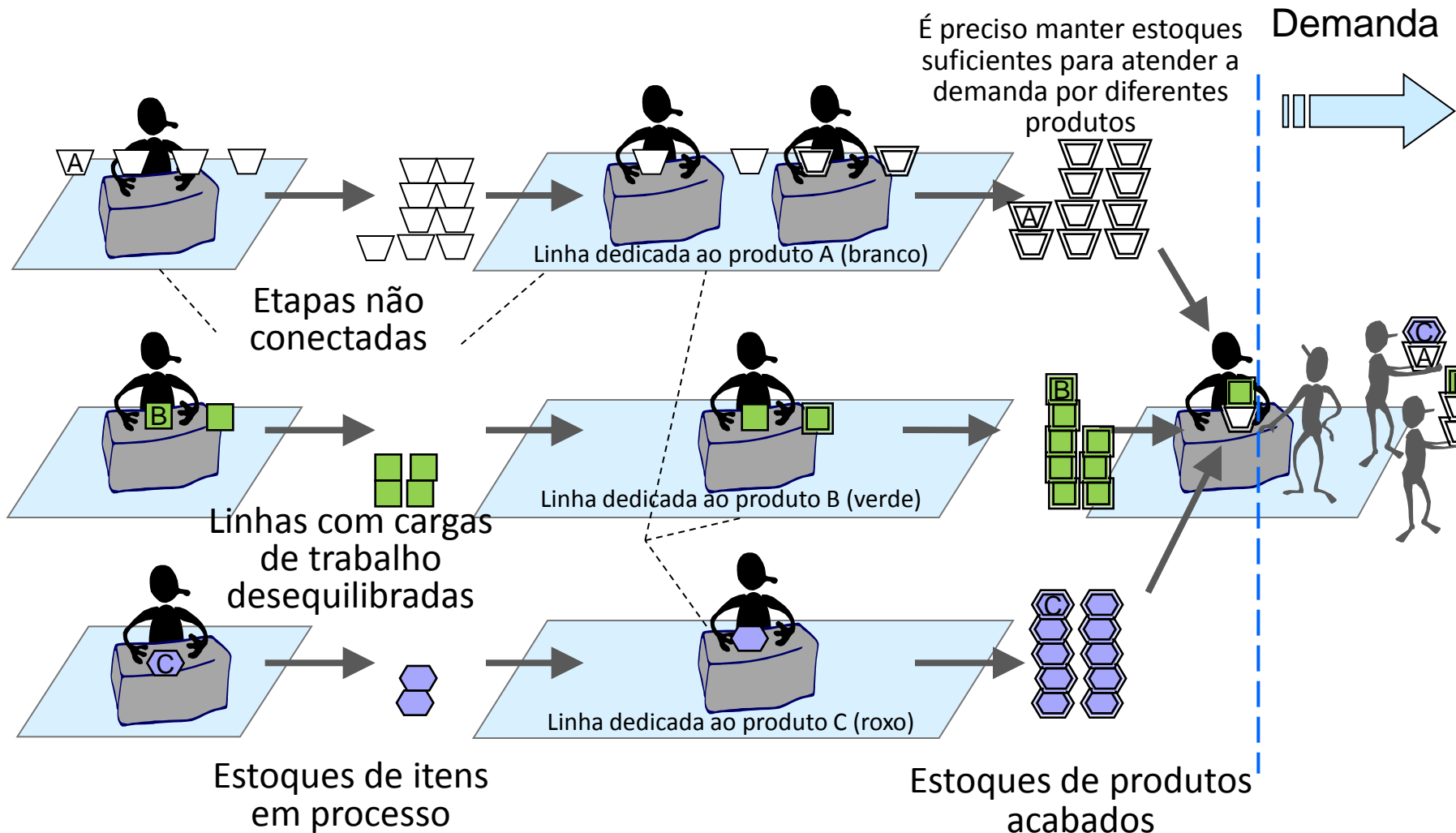
Linha de montagem final do Volkswagen Beetle



Linha de montagem final da Toyota em Kentucky (EUA) - 2008

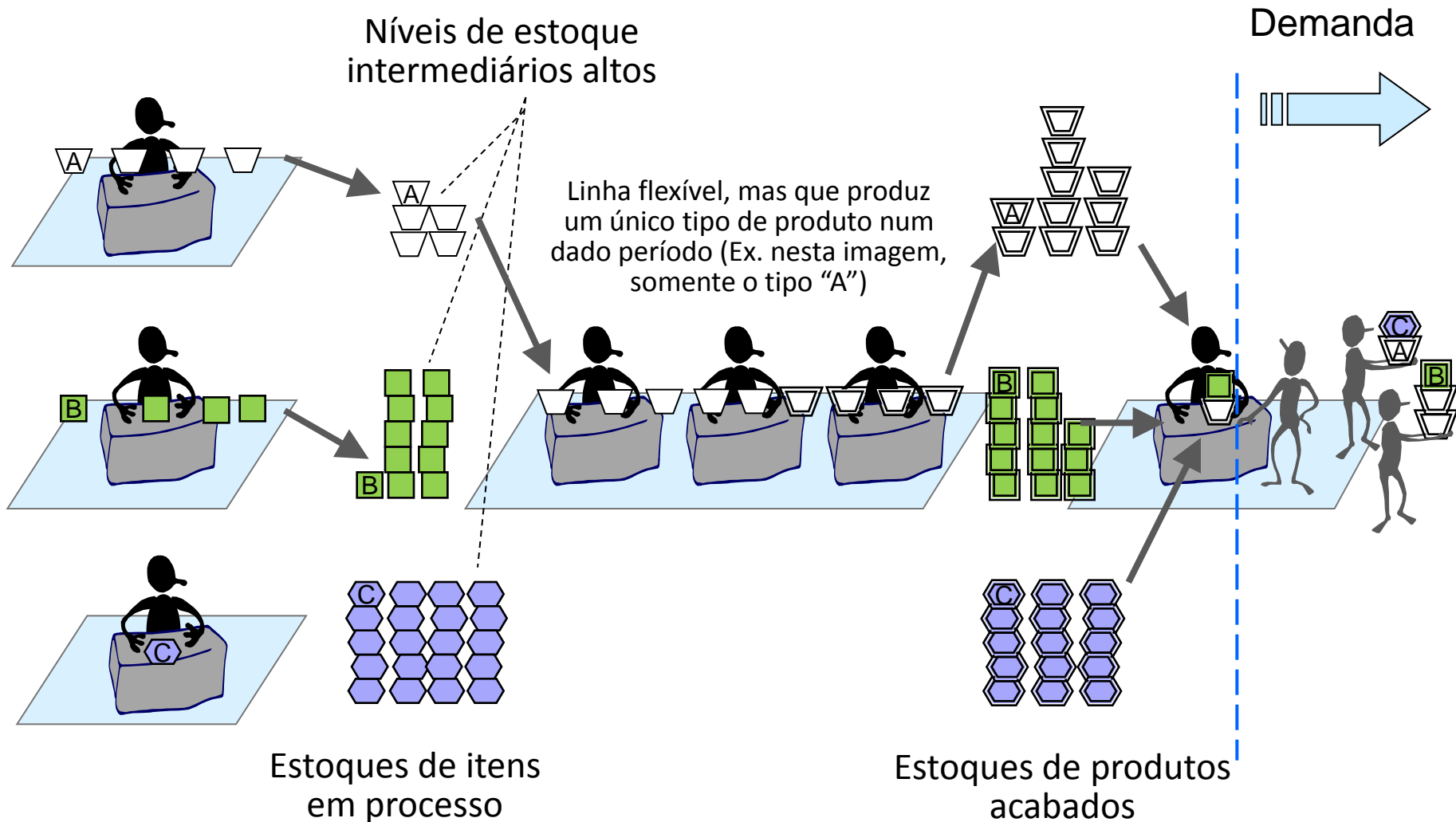
Nivelando a produção

Produção de Grandes Lotes em Linhas Dedicadas



Nivelando a produção

Produção numa Linha Flexível, mas em Lotes Grandes

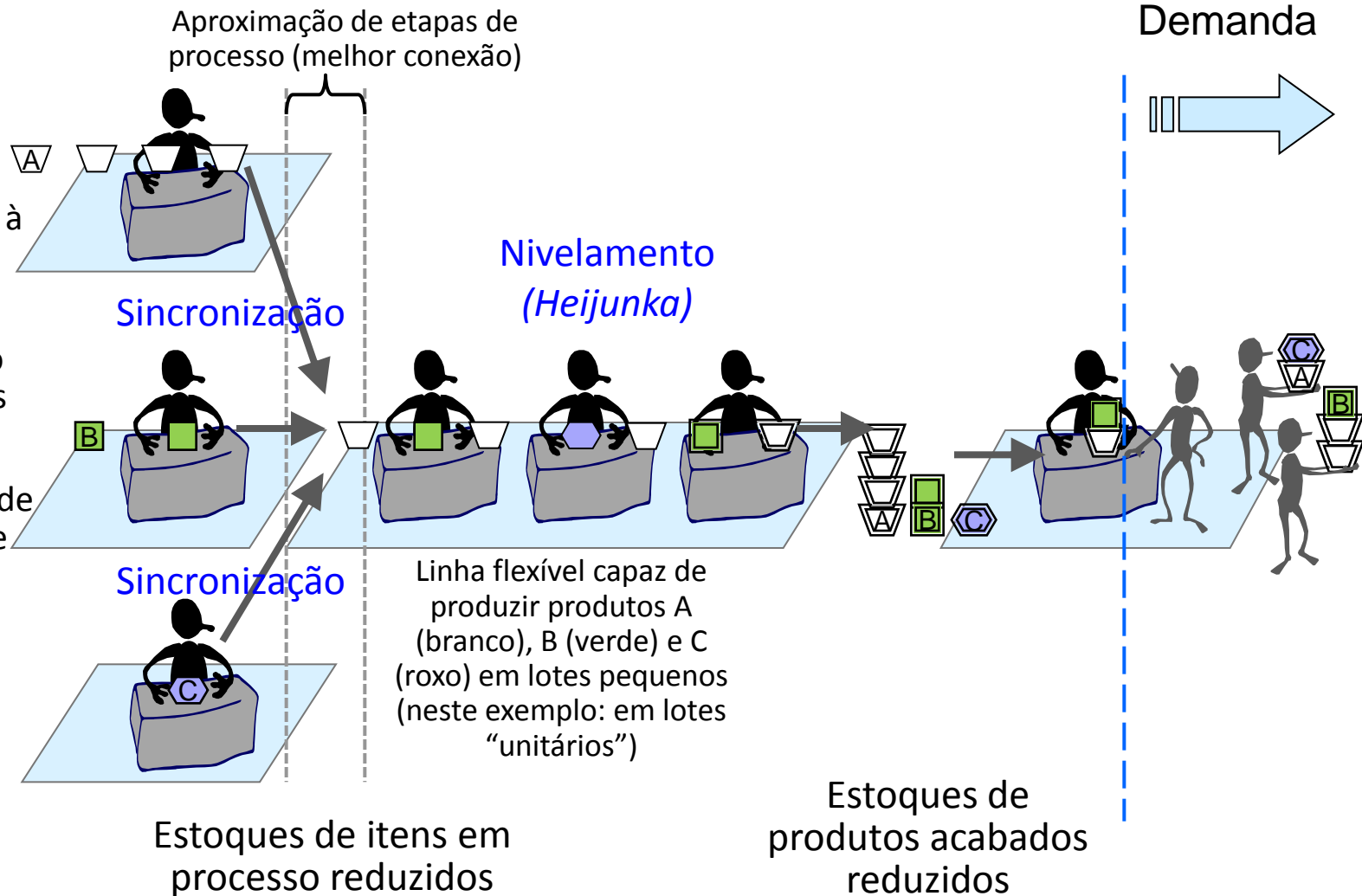


Nivelando a produção

Produção Mesclada em Lotes Pequenos

Benefícios:

- Necessidade de carregar menor volume de estoques, graças à flexibilidade de produção
- Redução do risco de não vender os produtos
- Uso balanceado de recursos (mão de obra, máquinas)
- Nivelamento da demanda dos processos anteriores e fornecedores da planta



Quadro de Nivelamento

- Ferramenta para nivelar o mix e volume de produção
- Cada linha é destinada a um tipo de produto
- Cada coluna representa intervalos idênticos de tempo para a retirada ritmada de *kanbans* de modo a satisfazer a demanda média de cada tipo de produto (ex. um A a cada 10 minutos, um B a cada 20 minutos, um C a cada 30 minutos ...).

	7:00	7:20	7:40	8:00	8:20	8:40	9:00	9:20	9:40
Tipo A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A
Tipo B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Tipo C	C		C	C		C	C		C
Tipo D		D						D	
Tipo E					E				

Obs.: Neste exemplo cada *kanban* puxa uma unidade de produto. Caso puxasse um contentor, cada letra representaria a quantidade de unidades que ele deve conter.

Deslocamento do cursor para a direita conforme o tempo for avançando no decorrer do turno de produção

Sequência nivelada em que os produtos A, B, C, D e E serão produzidos

A A B C A A B D A A B C A A B C ...
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ...

Quadro de Nivelamento

- Ferramenta para nivelar o mix e volume de produção
- Cada linha é destinada a um tipo de produto
- Cada coluna representa intervalos idênticos de tempo para a retirada ritmada de *kanbans* de modo a satisfazer a demanda média de cada tipo de produto (ex. um A a cada 10 minutos, um B a cada 20 minutos, um C a cada 30 minutos ...).

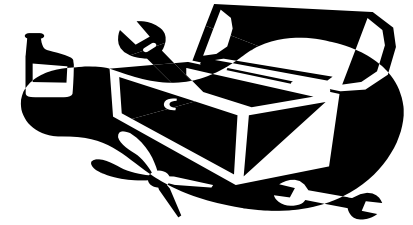
	7:00	7:20	7:40	8:00	8:20	8:40	9:00	9:20	9:40	...
Tipo A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	
Tipo B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Tipo C	C		C	C		C	C		C	
Tipo D		D						D		
Tipo E					E					

Obs.: Neste exemplo cada *kanban* puxa uma unidade de produto. Caso puxasse um contentor, cada letra representaria a quantidade de unidades que ele deve conter.

Sequência nivelada em que os produtos A, B, C, D e E serão produzidos

A A B C A A B D A A B C A A B C A A B E A A B C A A B C A A B D A A B C ...
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ...

Técnicas e ferramentas para a implantação de Sistemas de Produção Enxuta



- ▶ Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)
- ▶ 5S
- ▶ Sistema JIT/*Kanban* para Produção Puxada
- ▶ Nivelamento da Produção (*Heijunka*)
- ▶ ***Setup* Rápido**
- ▶ Gerenciamento Visual/Sistema *Andon*
- ▶ Manutenção Autônoma

Setup Rápido: Histórico

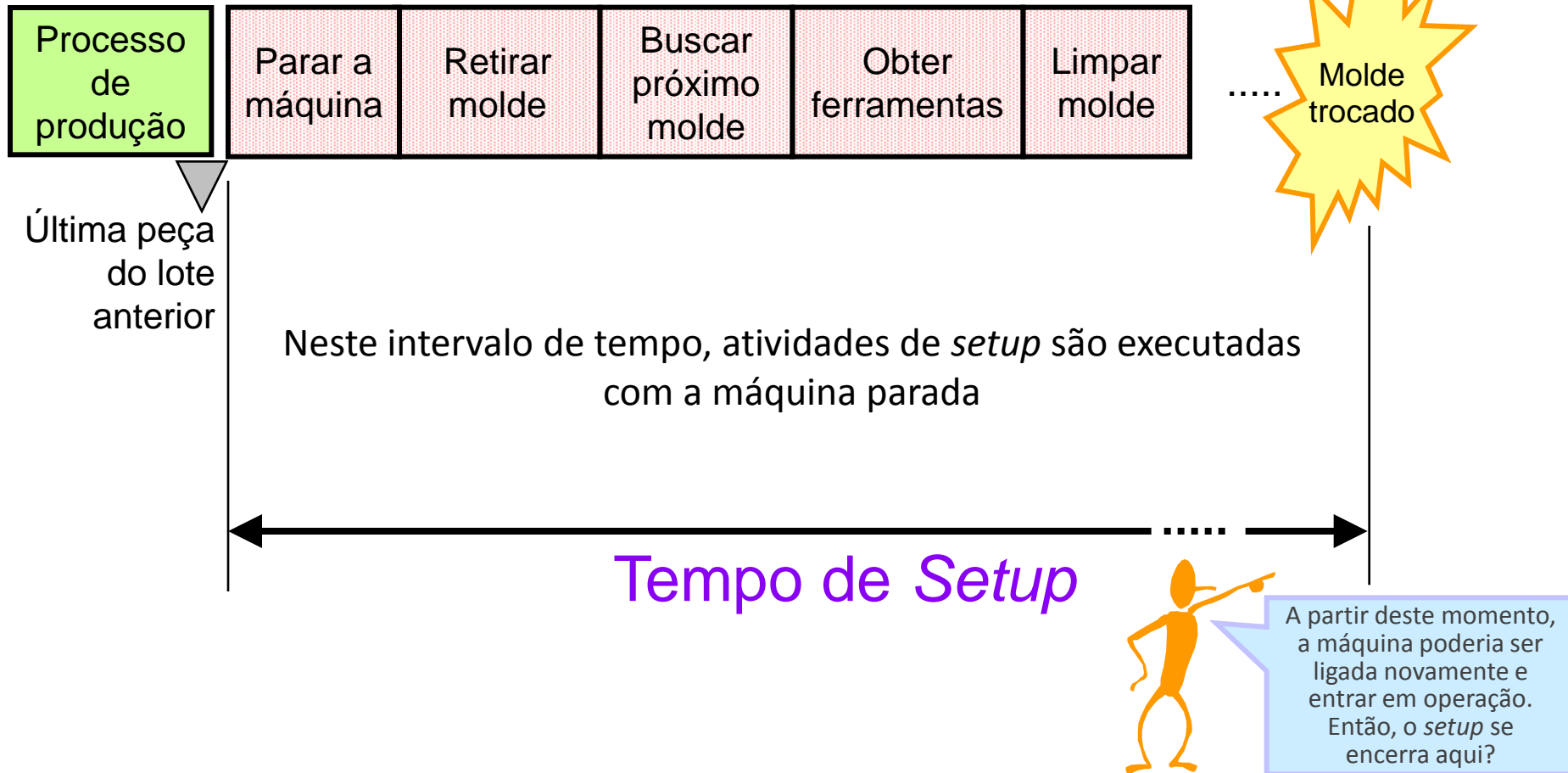
- ▶ Técnica desenvolvida por Shigeo Shingo
- ▶ Aplicada pela primeira vez na *Toyota Motor Co.* (Sistema de Produção Toyota)
- ▶ Também chamada de *Rapid Changeover* ou *Troca Rápida de Ferramentas (TRF)*
- ▶ Em inglês: *Single Minute Exchange of Dies – SMED*
- ▶ Meta: Realizar o *setup* da máquina num tempo cuja duração em minutos seja de somente um dígito (< 10 minutos)*
- ▶ Viabiliza:
 - Diversificação da produção para atender demanda
 - Flexibilidade para produção em pequenos lotes



* Atualmente, os tempos buscados podem ser menores muito menores

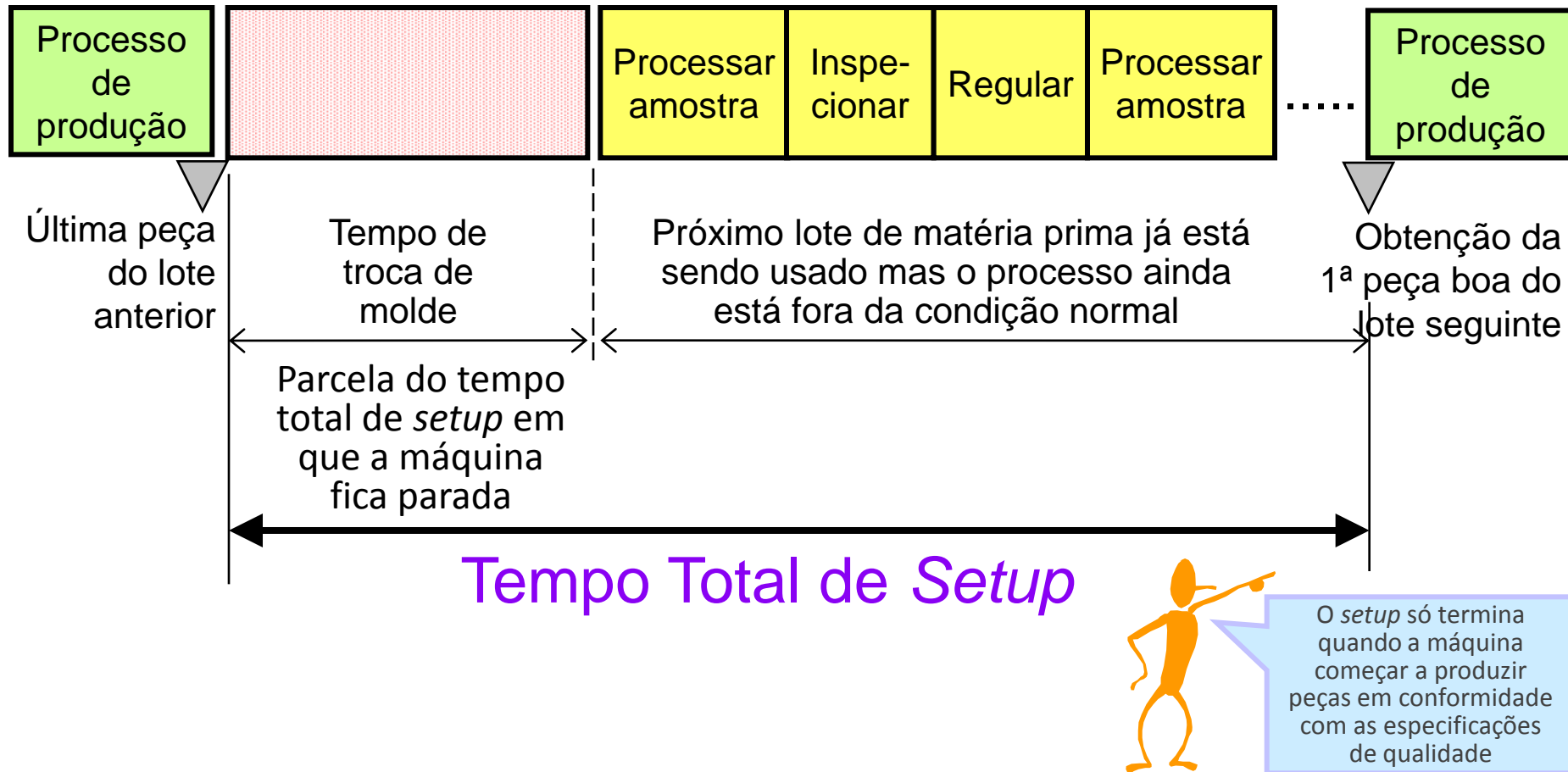
Setup Rápido: Tempo de Setup

Na manufatura: Ex. Produção de diferentes peças em lotes



Setup Rápido: Tempo de Setup

Na manufatura: Ex. Produção de diferentes peças em lotes

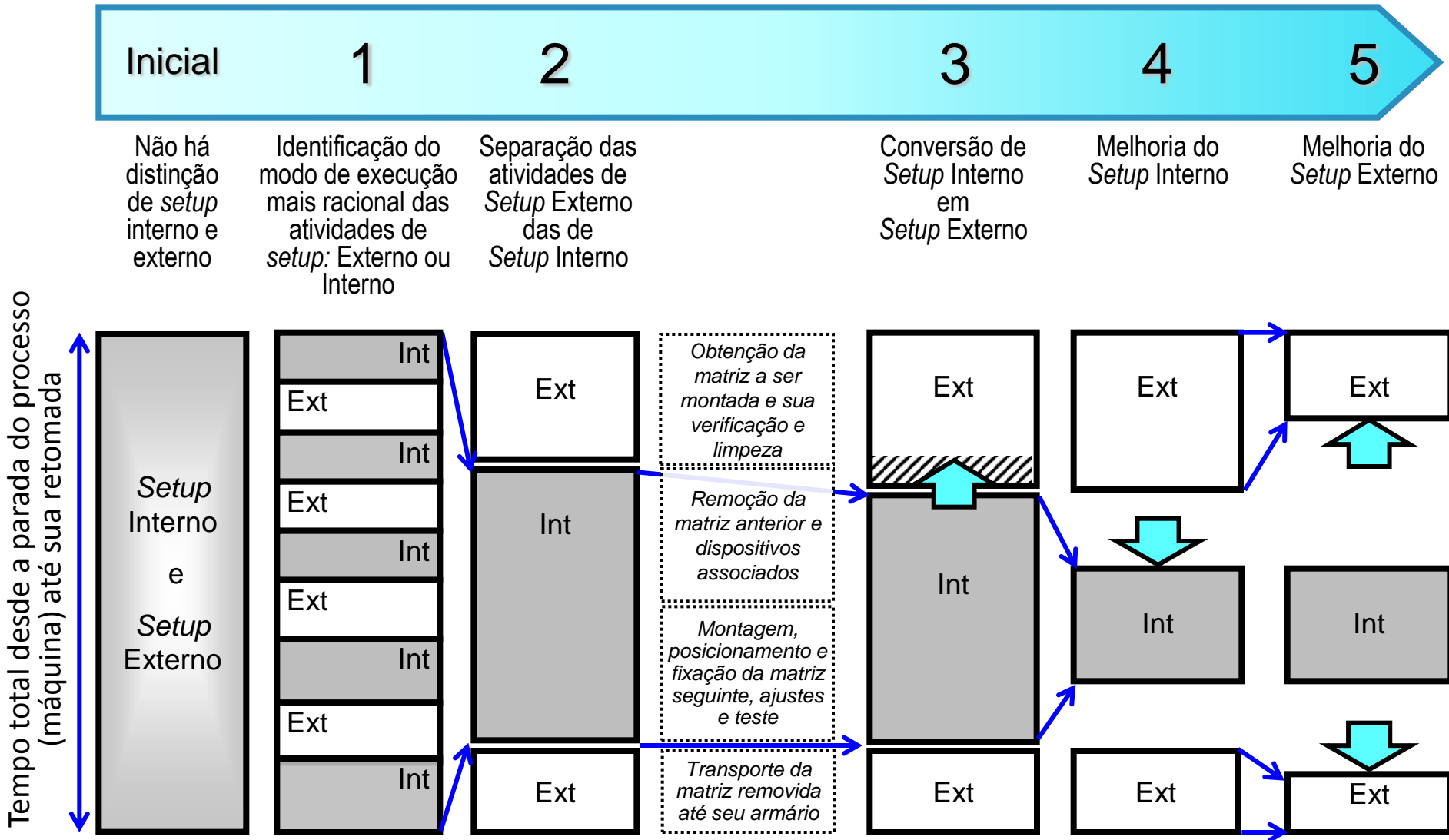


Setup Rápido:

Natureza das atividades de *Setup*

Tipos	Setup Interno ao tempo de interrupção do processo de produção	Setup Externo ao tempo de interrupção do processo de produção
Natureza da atividade	<ul style="list-style-type: none"> Realizada depois que a máquina ou o processo foi parado 	<ul style="list-style-type: none"> Pode ser feita enquanto a máquina ou processo ainda estiver operando na produção de itens do lote anterior Pode ser feita após a retomada da produção
Exemplos em processo de manufatura	<ul style="list-style-type: none"> Soltar o molde usado no processo anterior Retirar o molde usado no processo anterior Prender o molde a ser usado no próximo processo 	<ul style="list-style-type: none"> Buscar o molde a ser usado Buscar ferramentas Buscar o material a ser processado Limpar o molde a ser usado

Setup Rápido: Estágios Teóricos



Setup Rápido

Análise do tempo de *setup*

1. Observar e enumerar as etapas do processo de *setup*
2. Registrar o tempo gasto em cada etapa (elemento)
3. Classificar o modo como cada etapa deve ser feita (*setup* interno ou externo) para reduzir o tempo total de *setup*
4. Obter o total dos tempos de etapas que devem ser feitas como *setup* interno (I) e das que podem ser feitas como *setup* externo (E)

Formulário de Análise do Método de <i>Setup</i>									
Setor:		Máquina:		Matriz:		Folha:			
nº	Etapas do processo de <i>setup</i>	Executor	Tempo (min) por tipo de <i>setup</i> E: Externo I: Interno		Régua de tempo			Problema	Ação de melhoria
			E	I	1h	2h	3h		
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
Total				Hora início:	Hora término:	Tempo total:	Data:	Visto:	<i>PGO</i>

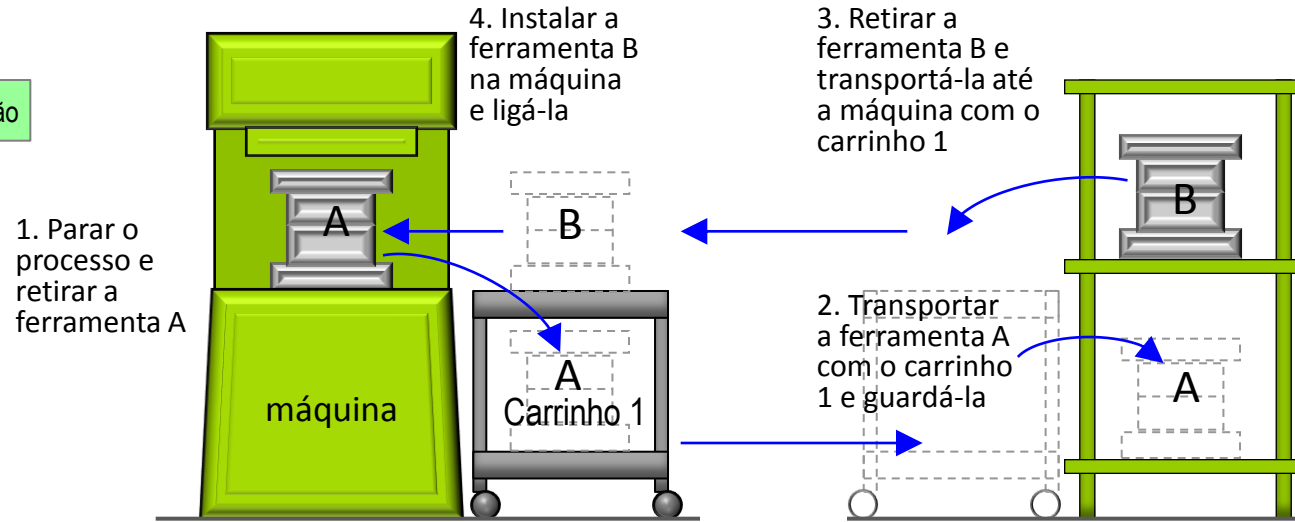
Formulário para coleta de dados sobre o método atual de *setup* para sua análise

Setup Rápido: Exemplo de Separação de Setup Externo do Setup Interno

Antes:



Tempo de Setup Interno

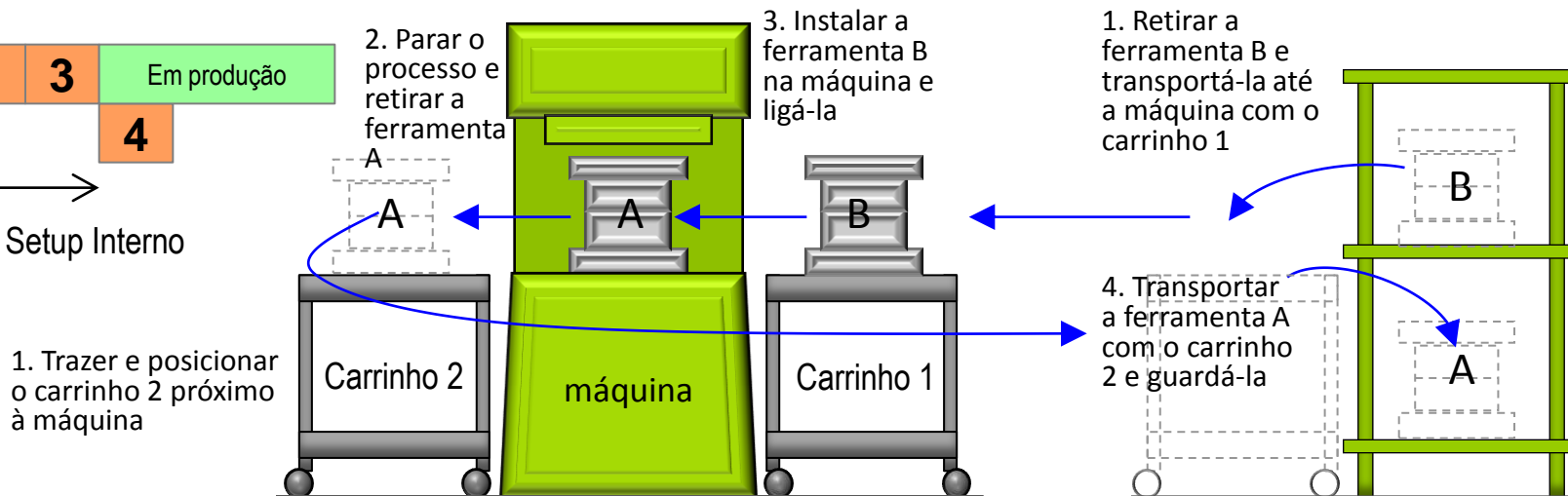


Depois:

Utilização de um carrinho adicional

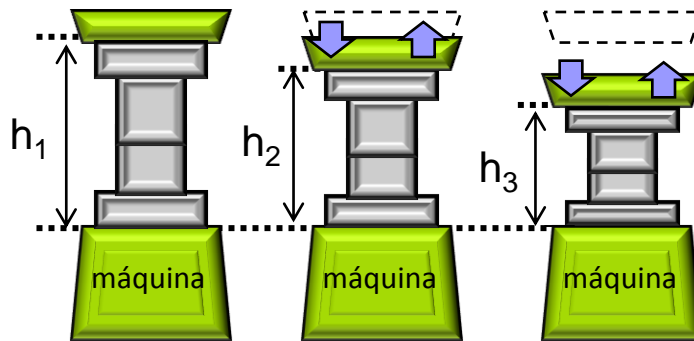


Tempo de Setup Interno

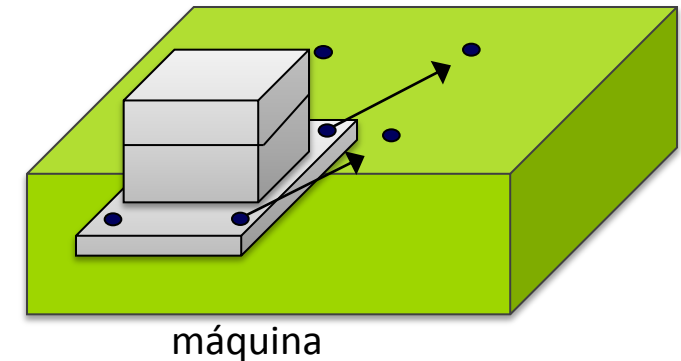


Setup Rápido: Exemplos de Redução do Tempo de *Setup* Interno

Antes:

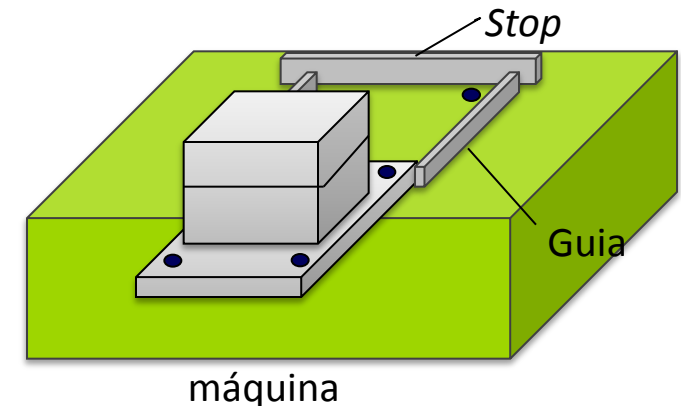
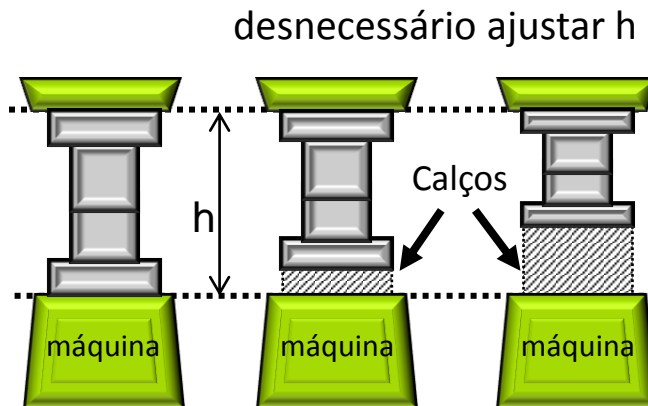


Padronização das dimensões da ferramenta a ser instalada



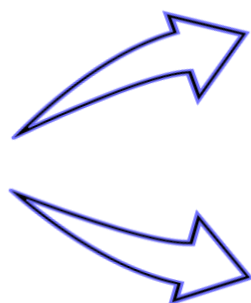
Facilitação do posicionamento na máquina

Depois:

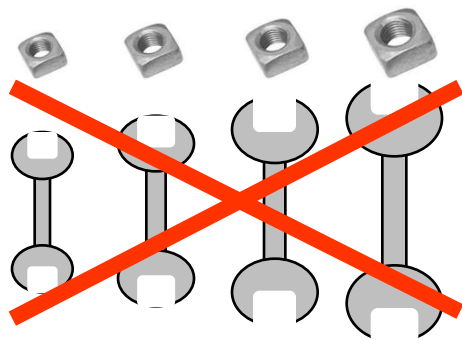


Setup Rápido: Exemplos de melhorias que reduzem o tempo tanto de Setup Interno como de Setup Externo

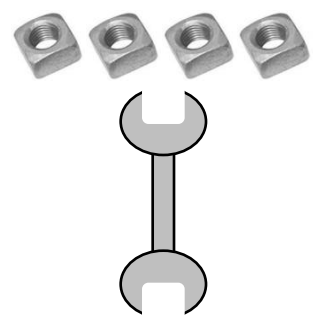
Padronização de ferramentas



Antes:

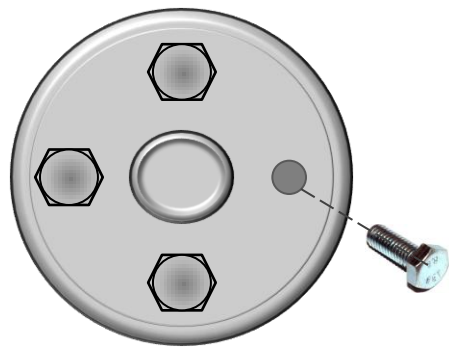


Depois:

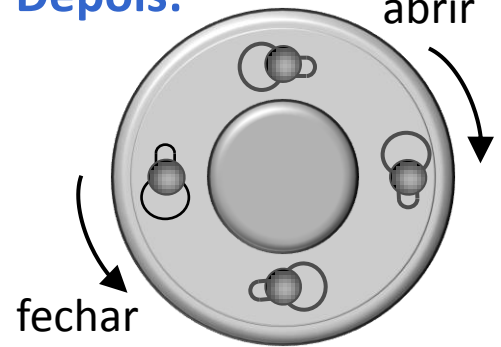


Substituição do uso de parafusos por furos em formato de pera

Antes:



Depois:



Setup Rápido: Benefícios

- Redução do tempo de *setup*
- Eliminação dos erros de *setup*
- Maior padronização das atividades
- Aumento da segurança
- Maior liberdade na escolha dos operadores
- Aumento do índice de utilização das máquinas
- Redução da perda de produção
- Fabricação em lotes/bateladas menores e Redução do capital em estoques
- Redução de tarefas improdutivas (tanto de *setup* interno como externo)
- Eliminação da necessidade de inspeção
- Capacidade de produção adicional e Redução do investimento em novas máquinas
- Aumento de faturamento