

## 5. Controle de Estoques

---

- ◆ Introdução
  - Conceitos Básicos
- ◆ Modelos de Reposição
  - Lote Econômico
  - Estoque Base
  - Revisão Contínua
  - Revisão Periódica
- ◆ Simulação em Controle de Estoques

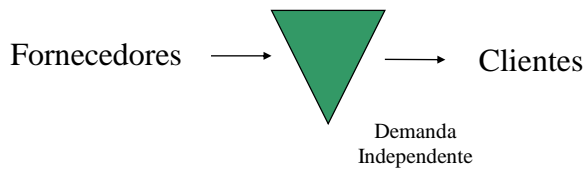
### Introdução

---

- ◆ Estoque:
  - reserva de produtos e outros materiais para venda ou consumo futuros nas organizações
- ◆ Controle de Estoque:
  - procedimentos adotados para registrar, fiscalizar e gerir a entrada e saída de produtos da empresa
- ◆ Modelos (ou Política) de Reposição de Estoques:
  - lógica de reposição que apoia a decisão de “quando” e “quanto” repor os estoques

## Sistemas de Estoque Puro

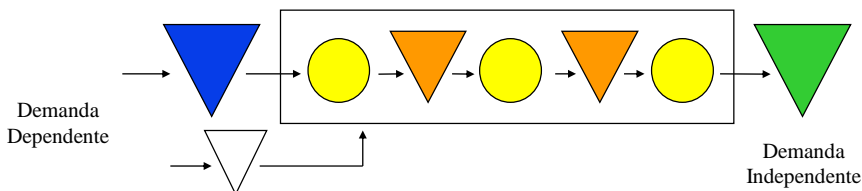
- ◆ Não há transformação física dos produtos
- ◆ Múltiplos itens (SKU's - *Stock Keeping Units*)
- ◆ Um único ou múltiplos locais (estágios)



- ◆ Planejamento: o quê, quando e quanto comprar?

## Estoques na Manufatura

- ◆ Produto Acabado – PA (FGI – *finished good inventory*)
- ◆ Matéria-Prima e Componentes – MP (RMI – *raw material*)
- ◆ Produto em Processo ou Semielaborado – PP (WIP – *work-in-process*)
- ◆ Material de Consumo – MC (MRO – *maintenance, repair and operating*)



- ◆ Planejamento: o quê, quando e quanto produzir e comprar?

## Funções de Estoques

- ◆ Pronto Atendimento da Demanda (interna/externa)
- ◆ Ganhos de Escala (lote)
  - suprimento, produção e distribuição
- ◆ Absorver Incertezas (*buffers*)
  - suprimento, produção e distribuição
- ◆ Nivelamento da Produção
  - capacidade x demanda (sazonalidade)
- ◆ Eficiência na Prestação de Serviços

## Custos de Estoques

- ◆ Custos do Item (*item cost*)
  - custos (variáveis) de produção ou compra do item
- ◆ Custos de Pedido (*setup cost*)
  - custos (fixos) de processamento do pedido
- ◆ Custos de Armazenagem (*holding cost*)
  - custos de oportunidade (capital)
  - custos operacionais (aluguel, seguros, pessoal etc)
  - custos de perda (obsolescência, extravio etc)
- ◆ Custos de Falta (*stockout cost*)
  - não atendimento ou atraso

## Objetivos

- ◆ Minimizar custos
  - investimento em estoque (custos de oportunidade)
  - custos operacionais (aluguel, salários, utilidades, seguros, perdas etc)
  
- ◆ Maximizar benefícios
  - nível de atendimento ao cliente
  - faturamento (vendas)
  
- ◆ Estoque equilibrado
  - custos versus disponibilidade



## Indicadores

- ◆ Estoque Médio
- ◆ Giro de Estoque

$$\text{giro de estoques} = \frac{\text{quantidade vendida no período (\$)}}{\text{estoque médio no período (\$)}}$$

- ◆ Cobertura

$$\text{cobertura} = \frac{\text{saldo do estoque (un.)}}{\text{demanda média (un./dia)}}$$

- ◆ Nível de Serviço

- % de pedidos atendidos no prazo e quantidade especificados
- nível de serviço x custo de falta

### Indicadores:

- Item,
- Família ou
- Global

## Exemplo 1

◆ Dados para cálculo do giro:

- Custo anual das mercadorias vendidas: \$ 24 mi
- Estoque médio no período: \$ 6 mi

$$\text{giro de estoques} = \frac{\$24 \text{ mi}}{\$6 \text{ mi}} = 4$$

◆ Considerando um custo de oportunidade de 25% a.a., qual seria o ganho para um aumento no giro de 4 para 12?

$$\text{estoque médio} = \frac{\$24 \text{ mi}}{12} = \$2 \text{ mi}$$

$$\text{economia} = (\$6 \text{ mi} - \$2 \text{ mi}) \cdot 25\% = \$1 \text{ mi}$$

## Exemplo 2

- ◆ Uma empresa dispõe de 9000 un. de um item com demanda anual de 48.000 un. Considerando 240 dias úteis por ano, calcule o índice cobertura de estoque.

$$\text{demanda média} = \frac{48.000}{240} = 200 \text{ un./ dia}$$

$$\text{cobertura} = \frac{9.000}{200} = 45 \text{ dias}$$

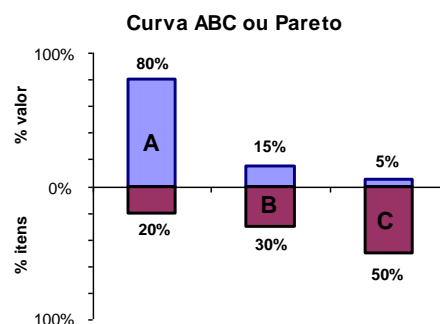
*Calcular a cobertura com base na previsão de demanda!!!*

## Controle de Estoque - Item

Data	Entrada			Saída			Saldo		
	Qtd (1)	\$ / un. (1)	\$ (1)	Qtd (2)	\$ / un. (2)	\$ (2)	Qtd (3)	\$ / un. (3)	\$ (3)
30/abr							0	0,00	0,00
04/mai	25	100,00	2.500,00				25	100,00	2.500,00
08/mai				4	100,00	400,00	21	100,00	2.100,00
13/mai				2	100,00	200,00	19	100,00	1.900,00
18/mai				3	100,00	300,00	16	100,00	1.600,00
20/mai				2	100,00	200,00	14	100,00	1.400,00
22/mai				4	100,00	400,00	10	100,00	1.000,00
29/mai				4	100,00	400,00	6	100,00	600,00
02/jun	30	105,00	3.150,00				36	104,17	3.750,00
05/jun				2	104,17	208,33	34	104,17	3.541,67
09/jun				3	104,17	312,50	31	104,17	3.229,17
12/jun				4	104,17	416,67	27	104,17	2.812,50
18/jun				5	104,17	520,83	22	104,17	2.291,67
19/jun				5	104,17	520,83	17	104,17	1.770,83
25/jun				3	104,17	312,50	14	104,17	1.458,33
30/jun				4	104,17	416,67	10	104,17	1.041,67
03/jul	20	107,50	2.150,00				30	106,39	3.191,67
	75			45			19,8		2.039,20

## Classificação ABC

- ◆ Classificação dos itens em estoque conforme o valor (prioridades)



*Conceito aplicável a itens com demanda independente...*

## Exemplo

Item	Consumo	Custo (\$)
1	1100	2
2	600	40
3	100	4
4	1300	1
5	100	60
6	10	25
7	100	2
8	1500	2
9	200	2
10	500	1

## Exemplo (cont.)

Item	Consumo	Custo (\$)	Total (\$)
1	1100	2	2200
2	600	40	24000
3	100	4	400
4	1300	1	1300
5	100	60	6000
6	10	25	250
7	100	2	200
8	1500	2	3000
9	200	2	400
10	500	1	500
Total	5510		38250

### Exemplo (cont.)

Item	Custo (\$)	Custo Ac. (\$)
2	24000	24000
5	6000	30000
8	3000	33000
1	2200	35200
4	1300	36500
10	500	37000
3	400	37400
9	400	37800
6	250	38050
7	200	38250
Total	38250	

### Exemplo (cont.)

Item	Custo (\$)	Custo Ac. (\$)	Ac. Rel.	Classificação
2	24000	24000	62,7%	A
5	6000	30000	78,4%	A
8	3000	33000	86,3%	B
1	2200	35200	92,0%	B
4	1300	36500	95,4%	B
10	500	37000	96,7%	C
3	400	37400	97,8%	C
9	400	37800	98,8%	C
6	250	38050	99,5%	C
7	200	38250	100%	C
Total	38250			



## Sistema de Controle de Estoques

---

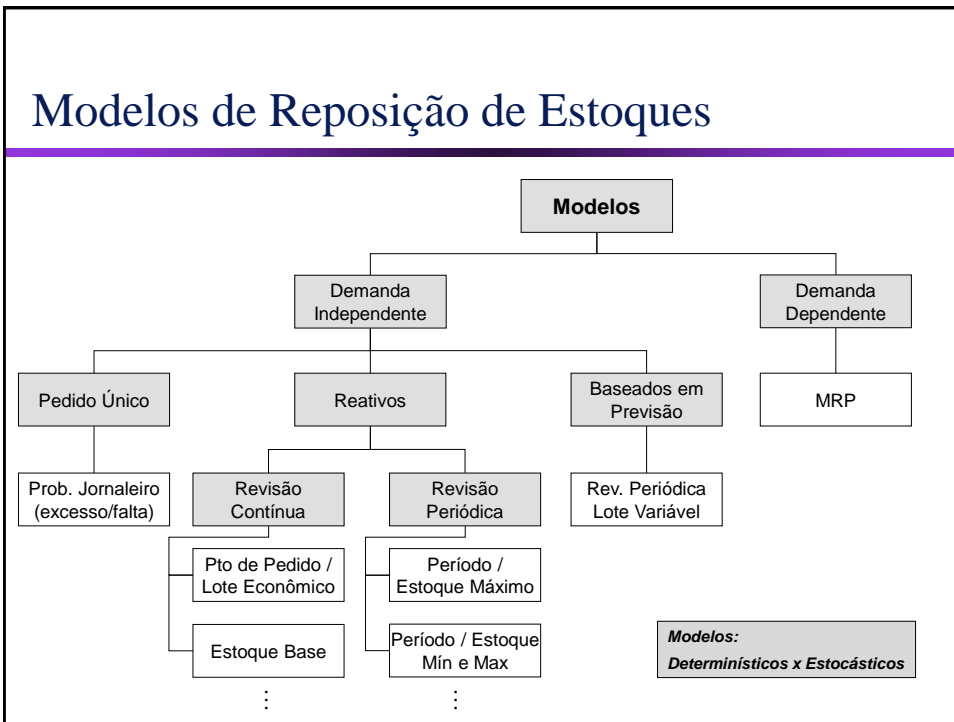
### ◆ Base de dados:

- Cadastro dos itens,
- Posição de Estoque,
- Parâmetros de Controle,
- Cadastro de Fornecedores etc

### ◆ Modelos de Reposição

- o quê, quando e quanto “comprar”?
- calibração com base na demanda e custos

## *Modelos de Reposição*



## Reposição de Estoques: Modelos Reativos

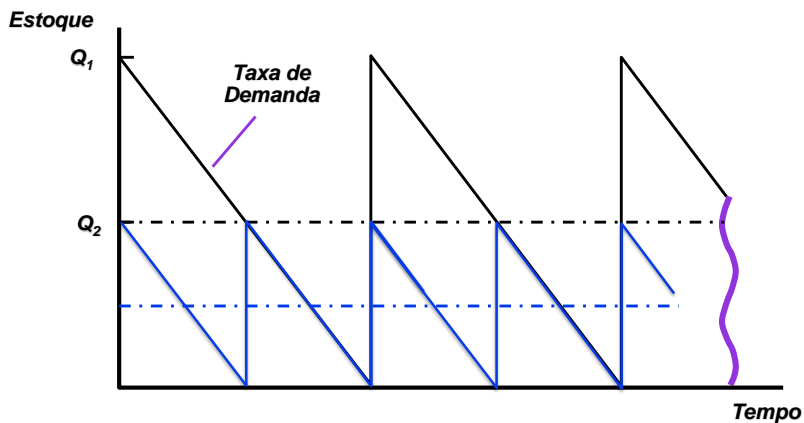
- ◆ **Revisão Contínua**
  - Verifica-se o nível de estoque em cada retirada, colocando pedido se o nível estiver abaixo do mínimo;
- ◆ **Revisão Periódica**
  - Verifica-se o nível de estoque em intervalos de tempo fixos, repondo o estoque ao nível máximo.



Contínua	Periódica
Qtd Fixa, Período Var.	Período Fixo, Qtd Variável

## *Lote Econômico* (custos de pedido e armazenagem)

### Nível de Estoque (demanda constante)



## Lote Econômico (QLE)

### ◆ Premissas:

- demanda constante
- tempo de reposição fixo
- custo unitário e custo de pedido constantes
- um único item

## Equação dos Custos no Lote Econômico

$$C_T = pD + \frac{D}{Q}c_P + \frac{Q}{2}c_A$$

Diagram illustrating the cost equation components:

- $C_T$  (Custo Total) is the sum of:
  - $pD$  (Custo do Item)
  - $\frac{D}{Q}c_P$  (Custo de Pedido (ou Setup))
  - $\frac{Q}{2}c_A$  (Custo de Armazenagem)

- ◆ O custo total é usualmente calculado para um período anual, então:
  - D – demanda anual,
  - Q – tamanho do lote,
  - $c_P$  e  $c_A$  os custos unitários de pedido e armazenagem respectivamente.
- ◆ Se o preço “p” não varia com a quantidade, o custo de aquisição pode ser retirado do cálculo, calculando-se apenas o custo total de pedido e armazenagem.

## Exemplo

### ◆ Dados:

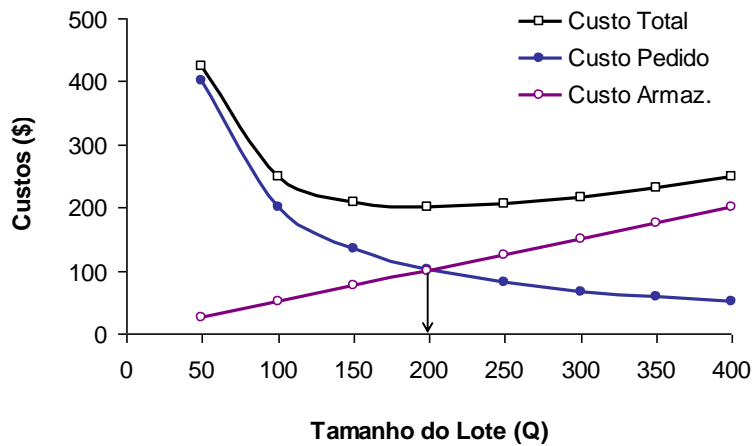
- Demanda anual: 1000 un.
- Custo unitário: \$5
- Custo de Pedido: \$20
- Custo de Armazenagem: 20% a.a.
- Tamanho do Lote: 400 un.

$$C_T = 1000(\$5) + \frac{1000}{400}(\$20) + \frac{400}{2}(0,2)(\$5) = \$5250$$

## Exemplo (cont.)

Q	Custo Pedido	Custo Armaz.	Custo Total
50	400	25	425
100	200	50	250
150	133	75	208
200	100	100	200
250	80	125	205
300	67	150	217
350	57	175	232
400	50	200	250

## Minimização do Custo Total



## Fórmulas do Lote Econômico

$$Q^* = \sqrt{\frac{2Dc_P}{c_A}} \quad C_T^* = \sqrt{2 \cdot D \cdot c_P \cdot c_A}$$

◆ Onde:

- D = demanda (anual)
- $c_p$  = custo de pedido (\$)
- $c_a$  = custo de armazenagem (\$/a.a.)

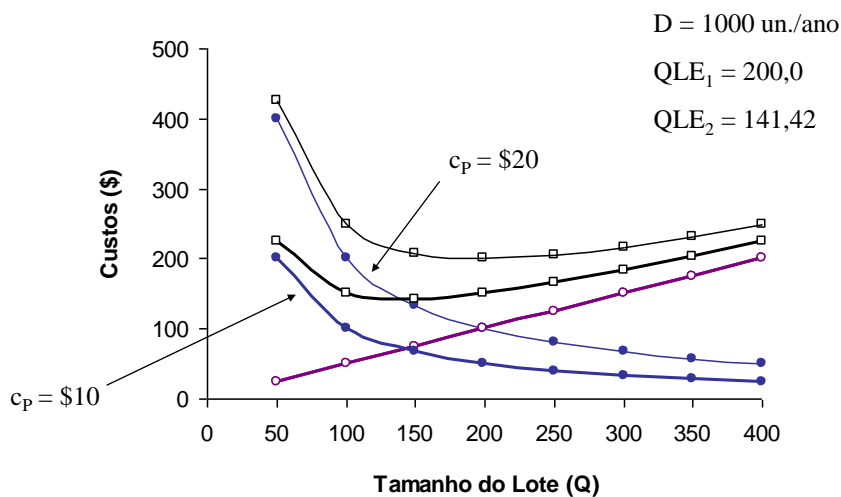
➤ Exemplo (cont.):

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot 1000 \cdot \$20}{0,2 \cdot \$5}} = 200 \quad C_T^* = \sqrt{2 \cdot 1000 \cdot \$20 \cdot \$1} = \$200$$

## Comentários sobre o QLE

- ◆ **Análise de Sensibilidade**
  - pequena variação do custo total no intervalo em torno do QLE
- ◆ **Parâmetros do Modelo**
  - dificuldades para estimar os custos (prática: lotes mínimos e múltiplos)
  - custo de pedido (*set up*): parâmetro ou variável?
- ◆ **Lote Econômico x Período Econômico**
  - Ex.:  $D = 5200$  un./ano e  $Q = 500 \Rightarrow T = Q/D = 500/5200 = 0,096$  ano = 5 semanas
- ◆ **Extensões do Modelo Básico**
  - Descontos, Taxa de Produção, Múltiplos Itens etc
- ◆ **Demanda Variável**
  - Dimensionamento de Lotes (*dynamic lot sizing*, MRP)
- ◆ **Incerteza da Demanda**
  - Modelos Probabilísticos (complexidade matemática, aproximações pela Normal)
- ◆ **Considera cada item isoladamente!**

## Efeito da Redução do *setup*



## Revisão Contínua (R,Q) (Lote Econômico com Ponto de Pedido)

### Revisão Contínua

- ◆ Revisão Contínua
  - verifica-se o estoque a cada retirada e repõe o estoque quando a “posição de estoque” estiver abaixo ou igual ao “ponto de pedido”
- ◆ Posição de Estoque
  - a posição de estoque ( $I_p$ ) é igual ao estoque em mãos ou físico ( $I_f$ ), mais recebimentos em aberto ou planejados (A) menos pedidos em atraso ou *backorders* (B)
    - »  $I_p = I_f + A - B$
- ◆ Ponto de Pedido (R)
  - quantidade necessária para atender a demanda durante o tempo de reposição (*lead time*), incluindo um estoque de segurança
- ◆ Estoque de Segurança
  - absorver incerteza da demanda durante o tempo de reposição (L)
- ◆ Nível de Serviço e Falta:
  - “*cycle service level*” (% de ciclos de reposição com falta) x “*fill rate*” (% da demanda atendida)
  - “*backorder*” (atraso) x “*stockout*” (falta)



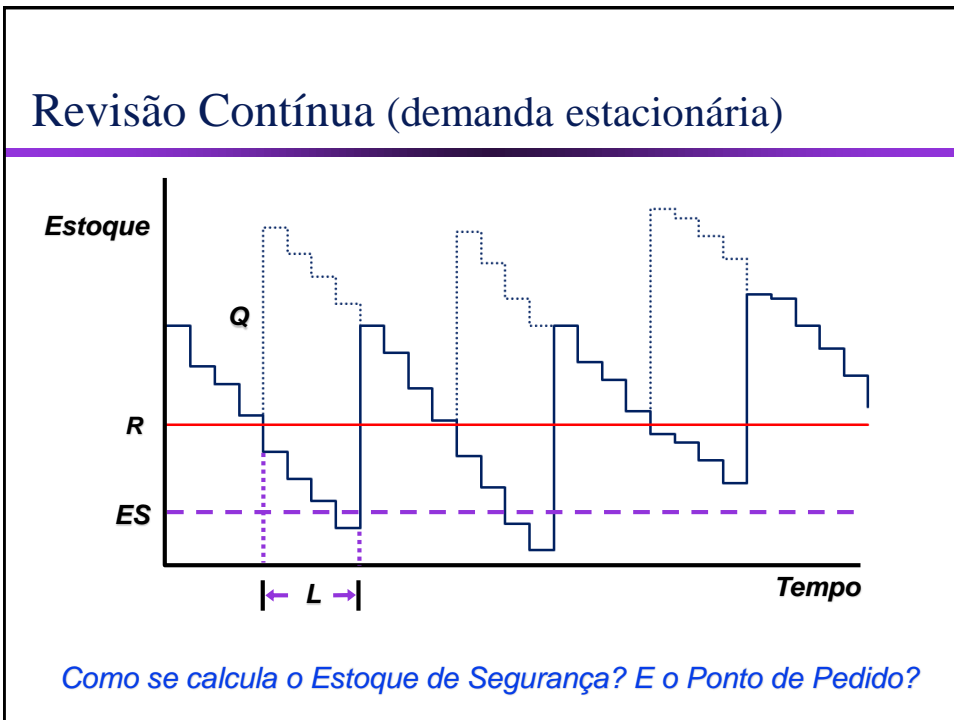
## Exemplo: Varejista 1

### Revisão Contínua (R,Q)

Parâmetros	
Tamanho do Lote	50
Ponto de Pedido	28
Prazo de Entrega	4
Estoque Inicial	50
Período de Simulação (dias)	30

Resultados	
Demanda	
Vendas	
Nível de Serviço	
Estoque Médio	
Qtd de Pedidos	

Dia	Estoque Inicial		Pedido Qtd	Dia a receber	Unidades recebidas	Demanda	Venda	Estoque Final	
	Físico	Posição						Físico	Posição
1	50	50	0	0	0	9			
2						4			
3						7			
4						8			
5						6			
6						5			
7						6			
8						7			
9						6			
10						8			
11						7			
12						8			
13						7			
14						8			
15						9			
16						8			
17						8			
18						4			
19						7			
20						5			
21						2			
22						4			
23						5			
24						8			
25						1			
26						6			
27						5			
28						6			
29						7			
30						5			



### Ponto de Pedido e Estoque de Segurança

- ◆ Estoque de Segurança
  - absorver incertezas durante o tempo de reposição

$$R = d \cdot L + ES$$

$$ES = z \cdot \sigma_d \cdot \sqrt{L}$$

» onde: d = demanda média diária  
 L = lead time (em dias)  
 $\sigma_d$  = desvio-padrão da demanda diária

z	% falta
1,04	85%
1,28	90%
1,64	95%
2,33	99%
2,58	99,5%

- ◆ Rever parâmetros periodicamente!

## Exemplo

- ◆ Determine o tamanho do lote e o ponto de pedido para a reposição contínua de um produto com:
  - demanda diária média: 25 un./dia (~6.250 un./ano)
  - desvio padrão da demanda (diária): 5 un.
  - custo de pedido: \$20
  - custo de armazenagem: 20% a.a.
  - custo unitário do produto: \$5
  - tempo de reposição (*lead time*): 10 dias
  - nível de serviço: 99% ( $z_{1\%}=2,33$ )

## Solução

$$Q = \sqrt{\frac{2Dc_P}{c_A}} = \sqrt{\frac{2(6.250)(\$20)}{(0,2)(\$5)}} = 500 \text{ un.}$$

$$ES = 2,33 \cdot 5 \cdot \sqrt{10} = 36,8$$

$$R = 25 \cdot 10 + 36,8 = 286,8 \text{ ou } 290 \text{ un.}$$

*Quando o nível de estoque atingir 290, pedir 500 un.*

## Efeito da Incerteza da Demanda

Semana	Item A	Item B
1	1200	400
2	1000	600
3	800	1600
4	900	1300
5	1400	200
6	1100	1100
7	1100	1500
8	700	800
9	1000	1400
10	800	1100
Total	10000	10000
Média	1000,0	1000,0
D.P.	210,8	480,7
L	2 semanas	

## Efeito da Incerteza da Demanda

Semana	Item A	Item B
1	1200	400
2	1000	600
3	800	1600
4	900	1300
5	1400	200
6	1100	1100
7	1100	1500
8	700	800
9	1000	1400
10	800	1100
Total	10000	10000
Média	1000,0	1000,0
D.P.	210,8	480,7
L	2 semanas	

$$ES = z \cdot \sigma \cdot \sqrt{L}$$

$$ES_A = 2,33 \cdot 210,8 \cdot \sqrt{2} = 694,6$$

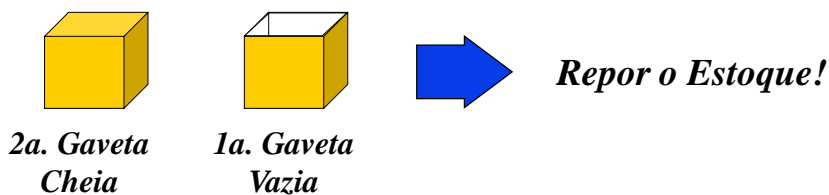
$$ES_B = 2,33 \cdot 480,7 \cdot \sqrt{2} = 1.584,0$$

$$R = d \cdot L + ES$$

$$R_A = 1.694,6 \quad R_B = 2.584,0$$

## Sistema das duas gavetas

- ◆ O sistema de duas gavetas é um caso particular de revisão contínua, que permite um controle visual dos níveis de estoque.



*Uma gaveta equivale ao ponto de pedido!*

## Exemplo

- ◆ Dimensione o estoque para reposição contínua de duas gavetas de um produto com:
  - demanda média: 50 un./dia
  - desvio padrão da demanda diária: 5 un.
  - tempo de reposição (*lead time*): 2 dias
  - nível de serviço: 99% ( $z_{1\%}=2,33$ )

$$Q = R = 50 \cdot 2 + 2,33 \cdot 5 \cdot \sqrt{2} \cong 120 \text{ un.}$$

*Duas gavetas com 120.*

## *Revisão Periódica (T,S)*

### *(Período de Revisão e Estoque Máximo)*

### Revisão Periódica

---

- ◆ **Revisão Periódica**
  - verificar periodicamente nível de estoque, repor o estoque ao nível máximo (planejado)
- ◆ **Nível Máximo**
  - quantidade necessária para atender a demanda entre as revisões do estoque, incluindo um estoque de segurança
- ◆ **Estoque de Segurança**
  - absorver incerteza da demanda durante o período de revisão
- ◆ **Modelo pressupõe demanda estacionária e pode incluir também um estoque mínimo “s”, dando origem ao modelo (T,s,S).**

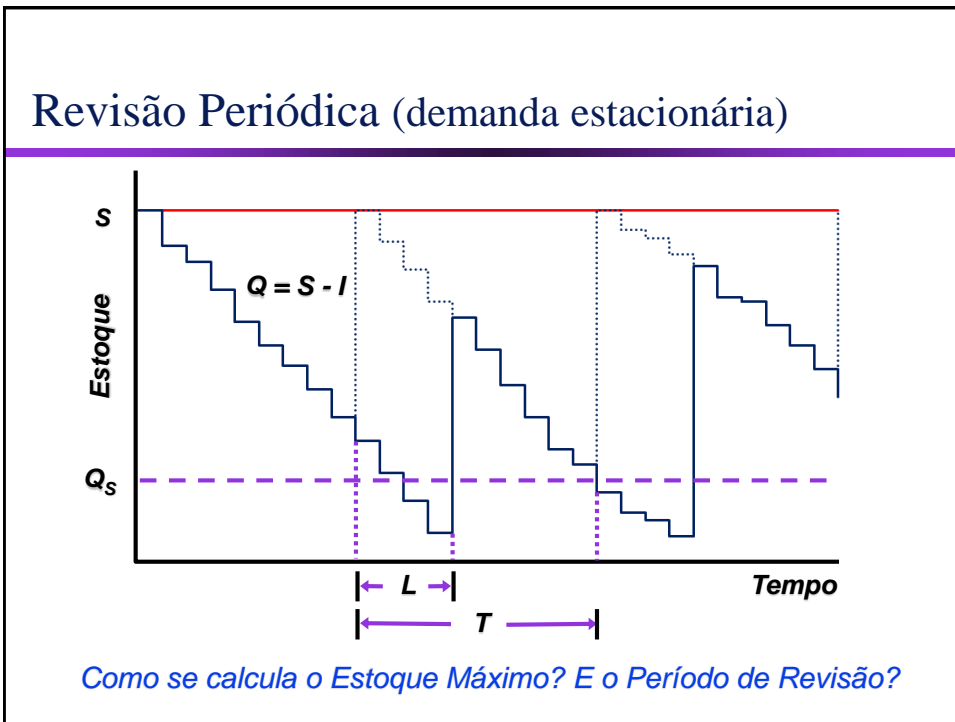
## Exemplo: Varejista 2

### Revisão Periódica (T,S)

Parâmetros	
Estoque Máximo	85
Período (dias)	10
Prazo de Entrega	4
Estoque Inicial	85
Período de Simulação (dias)	30

Resultados	
Demanda	
Vendas	
Nível de Serviço	
Estoque Médio	
Qtd de Pedidos	

Dia	Estoque Inicial		Pedido Qtd	Dia a receber	Unidades recebidas	Demanda	Venda	Estoque Final	
	Físico	Posição						Físico	Posição
1	85	85	0	0	0	9			
2						4			
3						7			
4						8			
5						6			
6						5			
7						6			
8						7			
9						6			
10						8			
11						7			
12						8			
13						7			
14						8			
15						9			
16						8			
17						8			
18						4			
19						7			
20						5			
21						2			
22						4			
23						5			
24						8			
25						1			
26						6			
27						5			
28						6			
29						7			
30						5			



### Estoque Máximo

$$S = d \cdot (T + L) + Q_s$$

$$Q_s = z \cdot \sigma_d \cdot \sqrt{T + L}$$

$d$  = demanda diária média  
 $T$  = período de revisão  
 $L$  = tempo de reposição (lead time)  
 $Q_s$  = estoque de segurança

$S$

$\uparrow$   
 $Q = S - I$   
 $\downarrow$

$I$



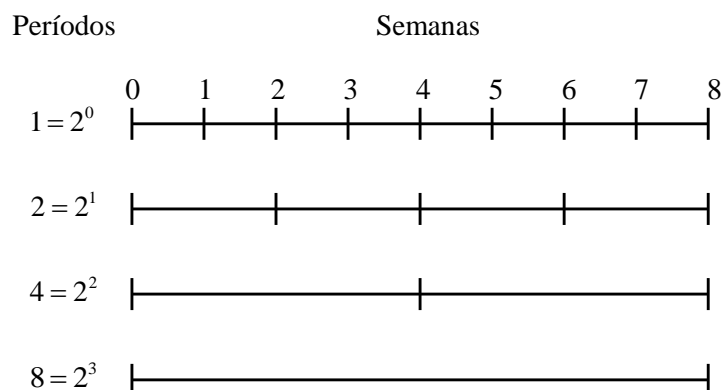
## Exemplo

### ◆ Dados:

- Demanda: 6 un./dia (d.p.=1,2)
- Período de Revisão (T): 60 dias
- Tempo de Reposição (L): 15 dias
- Nível de Serviço: 95%

$$\begin{aligned}
 S &= d \cdot (T+L) + Q_s \\
 &= 6 \cdot (60+15) + 1,65 \cdot 1,2 \cdot \sqrt{60+15} \\
 &= 467,15 \quad \text{ou} \quad 470 \text{ un.}
 \end{aligned}$$

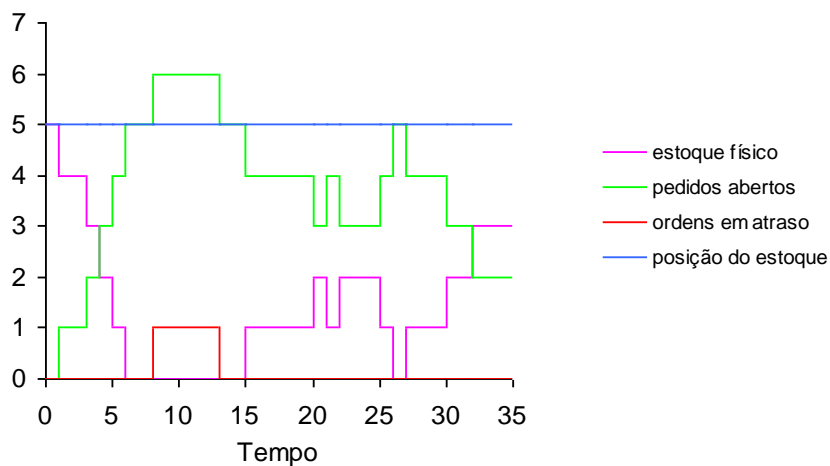
## Período de Revisão – Regra $2^k$



## Estoque Base

- ◆ Posição de Estoque:
  - a posição de estoque ( $I_p$ ) é igual ao estoque em mãos ou físico ( $I_f$ ), mais recebimentos em aberto ou planejados (A) menos pedidos em atraso ou *backorders* (B)
    - »  $I_p = I_f + A - B$
- ◆ No Estoque Base, a posição do estoque é constante, ou seja, a soma do estoque em mãos com recebimentos pendentes menos pedidos em atraso será sempre igual ao valor base do estoque (B).
- ◆ Para manter a posição constante, cada saída gera automaticamente um pedido de reposição
- ◆ Controle de Estoque de itens com demanda esporádica (p.ex.: MRO)

## Dinâmica do modelo Estoque Base (B=5)



## Gestão de Estoques

---

- ◆ Múltiplos Itens
- ◆ Múltiplos Clientes
- ◆ Múltiplos Fornecedores
- ◆ Classificação dos Itens (custo, demanda, criticalidade etc)
- ◆ Sistema de Informação
- ◆ Administração do Estoque Físico
- ◆ Administração Financeira do Estoque (reposição)
- ◆ Precisão dos Registros
  - acurácia =  $\text{qtd itens corretos} / \text{qtd total de itens} (\%)$
- ◆ Inventário Físico (frequência e abrangência)

## Referências

---

- ◆ Arnold. “Adm. de Materiais”, 3.ed, 1998.
- ◆ Hoop & Spearman. “Factory Physics”, 2.ed, cap.2, 2000.
- ◆ Lustosa, *et al.* “PCP”, cap.5, 2008.
- ◆ Nahmias. “Prod. & Op. Mgmt”, 6.ed., cap.4 e 5, 2010.
- ◆ Silver, *et al.* “Inventory Mgmt”, 3.ed., 1998.
- ◆ Winston. “Op. Research”, 4.ed., cap.16, 2004.