

Estimando Padrões Agregados de Estoques*

Robert G. Brown

1. Descrição da Linha de Produtos. 2. Contrôles ABC. 3. Padrões para Investimentos. 4. Efeitos das Alterações. 5. Fundamentos Matemáticos.

Uma empresa em funcionamento necessita de estoques de matérias-primas, produto sem fabricação e produtos acabados. Estes estoques desempenham uma variedade de funções úteis na separação entre uma etapa da operação e outra. Estoques podem ser usados para obter preços melhores, reduzir custos, proteger contra incertezas e reduzir a necessidade de organização.¹

Embora o investimento em estoques possa servir um propósito útil, deve haver um nível adequado para os mesmos. Estoques exagerados constituem um investimento não lucrativo; o reconhecimento dessa verdade tem conduzido muitos administradores a forçar uma redução desse tipo de investimento. Igualmente verdadeiro, mas não tão claramente reconhecido, é o fato de que estoques extremamente baixos são também dispendiosos.

O empresário astuto procura obter um padrão pelo qual o desempenho atual possa ser avaliado. Reconhece-se que o nível de vendas deve ter alguma relação com os estoques necessários. Dessa observação resulta que o padrão para apreciação do investimento em es-

* *Nota da Redação:* Traduzido do original publicado na *Naval Research Logistic Quarterly*, março de 1963, por RUY VIANNA BRAGA e reproduzido sob autorização.

¹ MAGEE, J. F. *Guides to Inventory Policy*, *Harvard Business Review*, janeiro-fevereiro, março-abril, maio-junho de 1956.

toques será a sua rotação de estoques, isto é, o volume de vendas dividido pelo valor do estoque.

Este artigo descreve um novo padrão, muito mais sensível que o de rotação de estoques, e diretamente relacionado com aquilo que se deseja que o estoque faça. Se se pretender alterar a relação entre o estoque de produtos acabados e o volume de ordens de fabricação emitidas, ou a relação entre os níveis de estoque e os serviços de atendimento a clientes, será possível determinar antecipadamente o valor do investimento que será necessário em consequência de tal decisão. À medida que o volume de vendas se altera, o padrão também variará, mas muito dificilmente, se é que isto jamais venha a ocorrer em proporção direta. Poder-se-á até mesmo estimar o investimento adicional, em estoques, necessário à manutenção de uma linha maior de produtos.²

Este trabalho resulta de estudos de estoques agregados, em contraste com a maioria de outros estudos de pesquisa operacional que se têm concentrado em cada item, um por vez. Suporemos que o leitor esteja familiarizado com os conceitos de lotes econômicos de compras (L.E.C.) e estoques de segurança variáveis, baseados em métodos de previsão estatística.

1. Descrição da Linha de Produtos

A base para obtenção destes padrões é uma simples descrição do nível relativo de vendas para cada um dos itens em estoque. Começamos com um procedimento minucioso para obter a descrição do estoque de peças sobressalentes, mantido pela Companhia Warmdot, um fabricante de equipamentos de aquecimento e ar condicionado. Os fatores padrões utilizados são fornecidos nas Tabelas 1 e 2, a fim de que o exercício possa ser repetido para o caso de outros produtos.

A segunda seção faz uso desta descrição:

- Estabelecimento de categorias ABC para controle;³
- Cálculo do nível normal de investimento exigido pelo sistema de controle de estoques em uso;

² MAGEE, J. F. Logistics of Distribution, *Harvard Business Review*, julho-agosto de 1960.

³ DICKIE, H. F. ABC Inventory Analysis Shoots for Dollars, *Factory Management and Maintenance*, julho de 1951.

TABELA 1:

Três Peças Seleccionadas como Percentis da Contagem Total dos Itens

Percentil	Peça Nº	Vendas Anuais (unidades)	Preço Unitário	Vendas Anuais (US\$)
15,9	1C6735	84	US\$ 2,17	182
50,0	9E2154	3	6,00	18
84,1	1A7365	2	0,90	1,80

TABELA 2:

Três Peças Seleccionadas como Percentis do Volume Total de Vendas

Percentil	Peça Nº	Vendas Anuais (unidades)	Preço Unitário	Vendas Anuais (US\$)
15,9	9C1771	42,788	US\$ 0,85	36.370
50,0	2Q3970	695	5,23	3.635
84,1	3B3359	50	7,22	361

- Estimativa das alterações em investimento resultantes das alterações nas vendas, do número de itens, da diretriz quanto à presteza do atendimento a fregueses e do valor do dinheiro.

A Cia. Warmdot estoca 32.385 peças diferentes ligadas ao equipamento de aquecimento e ar condicionado que fabrica. Em 1961, o volume total de vendas correspondeu a US\$ 8.813.253 e o valor do estoque final a US\$ 1.625.826, avaliado a preços de venda.

Uma vez por ano, a Warmdot prepara, a partir de seus cartões de estoque, um cartão perfurado para cada item do estoque. Este cartão contém:

- o número de estoque do item, para fins de identificação;
- as vendas correspondentes aos últimos 12 meses; as unidades podem ser peças, pês, galões, ou caixas, dependendo da unidade normal com que os registros de estoque eram mantidos;

- preço unitário;
- número de unidades em estoque.

Os cartões são processados com auxílio de uma calculadora que determina as vendas anuais e o valor do estoque, perfurando os resultados em dois outros campos do cartão. A próxima etapa consiste na classificação dos cartões pela ordem decrescente do volume anual de vendas, em dólares. Após procedida a classificação dos cartões, são os mesmos listados num tabulador. À medida que a linha referente a cada número de estoque é impressa, a máquina também imprime três totais de valores acumulados:

- número de ordem do cartão;
- valor das vendas acumuladas;
- valor dos estoques acumulados.

O resultado é um relatório de umas 600 páginas — uma pilha de papel de duas polegadas de espessura. As primeiras páginas são importantes em virtude de identificarem os itens que são mais importantes para a empresa, mas ninguém irá ler as 600 páginas, que contêm 32.385 lançamentos. Mais adiante veremos quantos itens devem ser considerados importantes, merecendo, conseqüentemente, controle especial.

Vamos, portanto, selecionar alguns poucos itens que sejam suficientes para descrever todo o estoque:

15,9% dos 32.385 itens correspondem a 5.139;

50% dos 32.385 itens correspondem a 16.193;

84,1% dos 32.385 itens correspondem a 27.246.

Os primeiros três itens que observaremos são aqueles referentes a cartões com número de ordens iguais: 5.139, 16.193 e 27.246. Estas percentagens específicas foram escolhidas por representarem a média, e um desvio padrão para cada lado da mesma, para o caso de uma distribuição normal. Mais adiante, neste artigo, veremos como a distribuição normal tem importância particular na descrição de, quase, qualquer estoque.

O resultado mais surpreendente é que o volume anual de vendas, em dólares, para o primeiro item é 10 vezes maior que aquele corres-

pondente ao segundo item, sendo êste último também 10 vêzes maior do que o volume correspondente ao terceiro item.

Tomemos agora três outras peças, nos mesmos percentis, aplicados agora ao valor total de vendas de US\$ 8.313.253:

15,9% de US\$ 8.313.253 correspondem a US\$ 1.319.313, valor acumulado pelo 26.º item da tabulação.

50,0% de US\$ 8.313.253 correspondem a US\$ 4.156.627, valor acumulado pelo 421º item da tabulação.

84,1% de US\$ 8.313.253 correspondem a US\$ 6.993.940, valor acumulado pelo 3.336.º item da tabulação.

Observe-se mais uma vez que os níveis anuais de vendas estão relacionados por um fator igual a 10, entre o primeiro e o segundo e entre o segundo e o terceiro itens.

Chamamos êste fator comum de relação padrão, que se constitui na característica chave de todo o estoque. Uma vez que a Warmdot vende peças para várias outras indústrias, esperávamos mesmo encontrar uma relação padrão igual a 10. Esta relação padrão constitui característica comum para tôdas as compnhias que têm como seus clientes outras emprêsas.

Para o caso de uma companhia que venda no varejo diretamente ao consumidor, esperaríamos encontrar uma relação padrão aproximadamente igual a 3, para os itens correspondentes aos mesmos percentuais. Uma companhia apoiada numa tecnologia sujeita a rápidas e freqüentes alterações, e que estoque muitas peças ainda utilizadas em produtos antigos, pode vir a ter uma relação padrão tão alta com 25 ou 30, para os mesmos percentis. Até o momento não existe nenhum modelo teórico que nos conduza a estas conclusões — elas são meramente o resultado de observações colhidas em algumas centenas de emprêsas.

Escolhemos êstes percentis específicos, porque uma boa quantidade de relações podem ser verificadas uma vez conhecido o valor da relação padrão. Por exemplo, as vendas relativas à peça de número 2Q3970 (correspondente à linha da tabulação geral em que o valor acumulado de vendas corresponde à metade do total correspondente à totalidade dos itens) correspondem a US\$ 3.635. O item correspondente à mediana, aquêle localizado na metade da lista, foi a

9E2154, com vendas iguais a US\$ 18. A relação entre êsses dois níveis de venda corresponde a:

$$\frac{3635}{18} = 201,9$$

resultado bem compatível com aquêle da Tabela 3.

Outra verificação da compatibilidade interna dos dados pode ser observada através dos seguintes cálculos. O nível médio das vendas por peça corresponde a:

$$\frac{\text{US\$ 8.313.253}}{32.385 \text{ peças}} = \text{US\$ 256,70 por peça.}$$

TABELA 3:

Relações dos Volumes Anuais de Vendas

Item A: As vendas acumuladas correspondem à metade das vendas totais.

Item B: A contagem acumulada corresponde à metade da contagem total dos itens.

Relação Padrão	Vendas do Item A ÷ Vendas do Item B
1,0	1,000
1,5	1,179
2	1,617
3	3,346
4	6,833
5	13,33
7	44,11
10	200,7
15	1.531
20	7.898
25	31.608
30	105.678

As vendas médias por peça são 14,3 vezes maiores que as vendas do item correspondente à mediana (peça n.º 9E2154). As vendas relativas ao item correspondente a um valor acumulado de venda igual à metade do volume total, peça n.º 2Q3970, são 14,1 vezes maiores do que as vendas médias por peça. Este fator está, também, em perfeita concordância com a relação teoricamente calculada na Tabela 4.

TABELA 4:

Relação dos Volumes Anuais de Vendas

Vendas do Item A ÷ Vendas Médias por Item, ou
Vendas Médias ÷ Vendas do Item B

Relação Padrão	$\frac{\text{Vendas de A}}{\text{Média}} = \frac{\text{Média}}{\text{Vendas de B}}$
1,0	1,0000
1,5	1,0858
2	1,2716
3	1,8292
4	2,6140
5	3,6510
7	6,6415
10	14,167
15	39,128
20	88,871
25	177,79
30	325,08

Relações consistentes e previsíveis entre níveis de venda para todo um estoque não seriam normalmente refletidas nos níveis de venda de apenas seis itens. Variações devidas às amostras freqüentemente obscurecem os resultados. A utilização de uma amostra maior pode, conseqüentemente, tornar-se desejável. Por êste motivo a Tabela 5 revela dados relativos a 17 itens: os seis anteriormente discutidos, o item isolado da maior importância (4B3275), e dez outros selecionados na tabulação geral em intervalos correspondentes a níveis de vendas anuais aproximadamente iguais a US\$ 10.000, US\$ 3.000 US\$ 1.000, US\$ 300 e assim por diante, até chegarmos a US\$ 3 e US\$ 1.

TABELA 5:
Seleção de Itens da Lista Geral por Ordem Decrescente do Valor Anual das Vendas

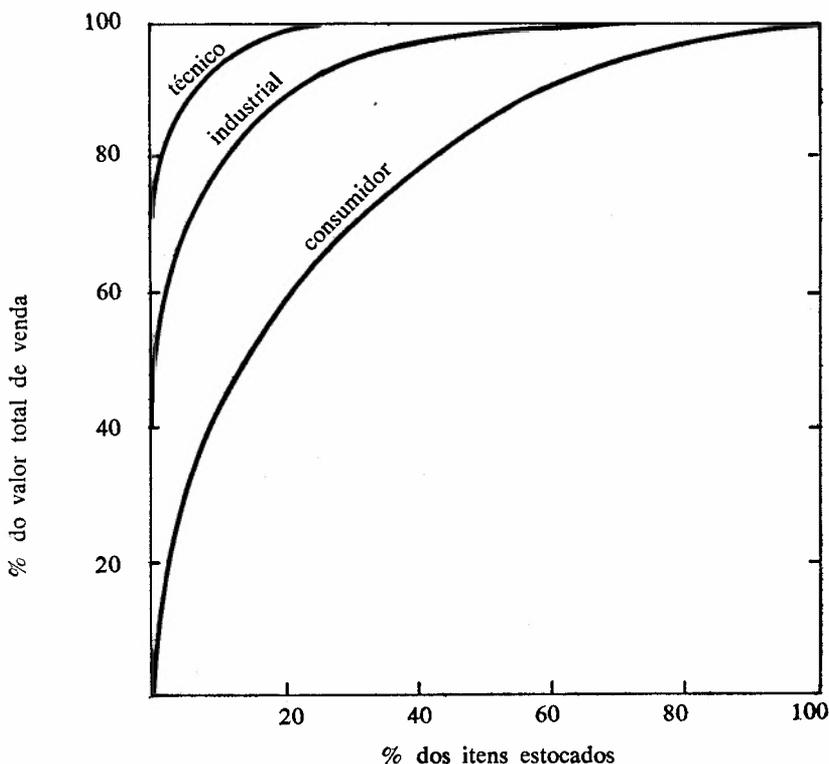
Item (Peça nº)	Número de Ordem do Cartão		Vendas Anuais (Unid.)	Custos Unitários (US\$)	Custos Anuais (US\$)	Vendas Acumuladas		Estoque Disponível (unid.)	Estoque Acumulado (US\$)	%
	(Real)	(%)				(US\$)	(%)			
4B3275	1	0,003	17.703	3,75	66.385	66.385	869	3259	3.259	0,2
9C1771	26	0,08	42.788	0,85	36.370	1.319.313	2845	2418	52.026	3,2
1H0562	133	0,41	1.249	8,01	10.004	2.660.241	112	897	159.331	9,8
2Q3970	421	1,3	695	5,23	3.635	4.156.627	90	471	321.158	19,2
5A5112	453	1,4	1.220	2,50	3.050	4.430.964	166	415	349.947	21,5
4A5973	1.490	4,6	102	9,83	1.003	5.943.976	21	206	595.573	36,6
3B3359	3.336	10,3	50	7,22	361	6.993.940	16	116	869.817	53,5
2B1970	3.627	11,2	64	4,67	299	7.166.024	22	103	917.108	56,4
4C6735	5.139	15,9	84	2,17	182	7.398.795	35	76	1.056.786	65,0
3D5935	7.805	24,1	20	5,00	100	7.739.639	11	55	1.187.246	73,0
2F4007	13.926	43,0	5	6,00	30	8.146.988	5	30	1.410.942	86,8
9E2154	16.193	50,0	3	6,00	18	8.205.181	4	24	1.484.379	91,3
2E1392	19.366	59,8	4	2,50	10	8.271.687	6	15	1.535.118	94,4
4F2790	25.584	79,0	6	0,50	3	8.305.431	15	8	1.596.878	98,2
1A7365	27.246	84,1	2	0,90	1,80	8.309.096	7	6	1.609.567	99,0
3D9534	29.147	90,0	20	0,05	1	8.311.977	91	5	1.617.787	99,5
2C7177	32.385	100,0	0	4,28	0	8.313.253	3	13	1.625.826	100,0

A Tabela 5 apresenta os três totais acumulados como percentagens do total geral:

- Número de ordem do cartão (percentagem dos 32.385 itens da lista);
- vendas auais (percentagem do volume total de vendas igual a US \$ 8.313.253);
- valor do estoque (percentagem do investimento total igual a US \$ 1.625.826).

Observe-se, por exemplo, que apenas 1,3% dos itens dão lugar a 50% do volume total de vendas. Algumas companhias têm-se surpreendido ao constatarem que um número reduzido de itens dá lugar à maior parcela de seus negócios. O Gráfico 1 indica três curvas típicas que relacionam o volume de vendas com os itens, quando os

GRÁFICO 1: *Distribuição por Valor*



mesmos são classificados por ordem do valor de vendas. As curvas *consumidores*, *industriais* e *técnicos* correspondem, respectivamente, às relações padrões de 3, 10 e 25, de conformidade com uma aparente classificação de indústrias que têm realizado estudos neste campo.

A fim de verificarmos mais claramente a característica geral do estoque, passaremos estas informações para um tipo especial de papel de desenho.⁴ A escala ao longo de um dos eixos é dividida logaritmicamente e pode ser utilizada para registros dos níveis anuais de vendas em dólares. A outra escala é dividida numa escala de probabilidades. O gráfico pode ser ampliado através da inclusão de folhas adicionais de papel. (Vide Gráfico 2.)

Observe-se que, quando desenhados num gráfico lognormal, os pontos se situam, aproximadamente, sobre uma linha reta: isto é, uma distribuição lognormal⁵ descreve a linha de produtos. Quando utilizávamos os percentis 15, 9, 50,0 e 84,1 nós nos antecipávamos à descoberta desta distribuição. Caso a demanda possa ser descrita por uma distribuição como esta, as relações padrões na Tabela 2 serão então as mesmas que aquelas indicadas na Tabela 1.

Num dos extremos dos níveis de vendas, os pontos parecem em alguns casos divergir da linha. Duas linhas retas podem até mesmo ajustar-se melhor aos pontos. Isto indica duas classes distintas de itens, com duas características diferentes de mercado. O reconhecimento deste fenômeno e a separação dos métodos de se lidar com as duas classes pode vir a ser de importância para o esforço mercadológico.

Um dos primeiros casos em que duas linhas foram observadas relacionava-se com a demanda de quartos de hotéis com tarifas diferentes. Quando os quartos para solteiros foram tratados separadamente dos apartamentos, um padrão linear nítido emergiu para cada classe. Apartamentos não devem ser considerados simplesmente como quartos grandes, uma vez que interessam a mercados diferentes.

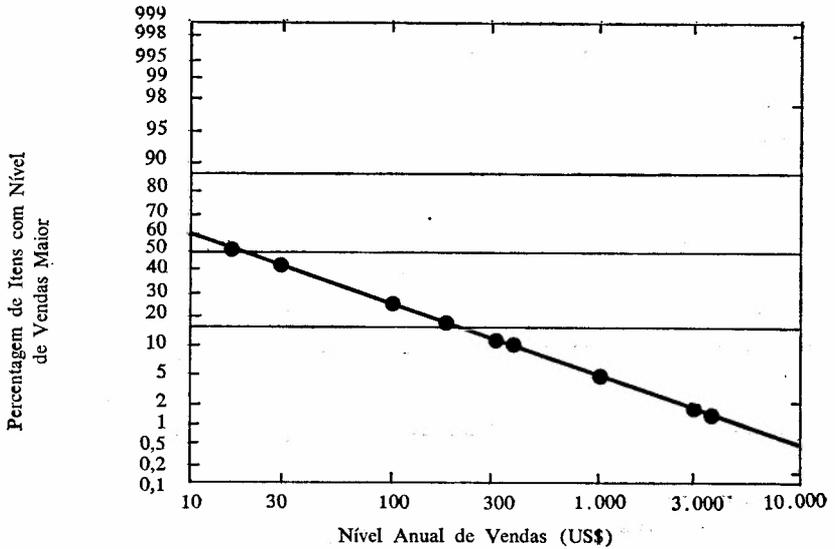
A tendência dos pontos de baixa demanda em se afastarem da linha constitui uma indicação da presença de um bom número de *ferro*

⁴ Keuffel & Esser, 60 East 42nd Street, Nova Iorque, N.I., revende este papel (Cat. No. 385-22). Codex Book Company, Norwood, Mass., tem (Cat. No. 32.376). Na Inglaterra, Chartwell Graph Sheet No. 5575.

⁵ BROWN, R. G. *Statistical Forecasting for Inventory Control*, Nova Iorque, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1959. Appendix C.

velho no estoque — isto é, itens ainda em estoque, mas para os quais não existe nenhuma demanda significativa.

GRÁFICO 2: *Percentagem de Itens com Nível de Vendas Maior que um Nível de Vendas Fornecido*



Os pontos podem afastar-se acima e abaixo de uma linha, mais do que aqueles indicados no exemplo da Warmdot. O modelo lognormal, entretanto, pode ser uma ferramenta extremamente útil na estimativa de padrões de estoques.

Na margem direita do Gráfico 2, a escala aparece assinalada em *probits*, unidades padrões de medida estatística de afastamento. Numa distribuição normal, por exemplo, um *probit* corresponde a um desvio-padrão. Observe as linhas adicionais incluídas no Gráfico 1 nos percentis 15,9 e 84,1. Estes dois percentis correspondem a um *probit* acima e abaixo da mediana.

Quando os pontos se situam em volta da linha, torna-se mais interessante inferir a relação padrão a partir da linha do que a partir de três itens isolados do estoque como fizemos anteriormente.

Nível de vendas para o qual a linha de itens corta o percentil 84,1:

$$x_{84,1} = \frac{\text{---}}{\text{---}}$$

Nível de vendas para o qual a linha de itens corta o percentil 50,0:

$$x_{50,0} = \frac{\quad}{\quad}$$

Nível de vendas para o qual a linha de itens corta o percentil 15,9:

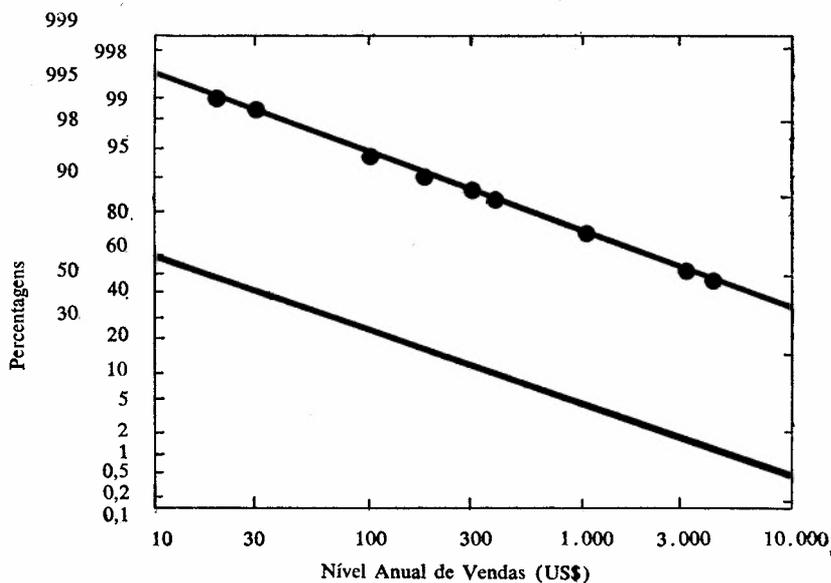
$$x_{15,9} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$\text{Relação Padrão} = \frac{x_{50,0}}{x_{84,1}} = \frac{x_{15,9}}{x_{50,0}} = \frac{\quad}{\quad}$$

Pode ser que exista alguma confusão quanto à escolha da melhor das linhas. Embora a estimativa de padrões de estoques dependa da relação padrão, tal relação não é muito sensível ao valor exato. É sempre interessante, entretanto, valer-se de uma cautela razoável na escolha de uma linha tão boa quanto possível. Um teste que podemos realizar é tentar várias linhas plausíveis e selecionar aquela para a qual a relação padrão seja compatível com a relação da Tabela 4, baseada na relação entre as vendas médias por peça e o valor de $x_{50,0}$.

O Gráfico 3 adiciona uma linha ao Gráfico 2. Os novos pontos são as percentagens das vendas totais acumuladas para cada um dos itens

GRÁFICO 3: Percentagem da Receita Total Proveniente dos Itens com Nível de Vendas Superior a um Nível de Vendas Fornecido



da Tabela 5. Estes pontos também caem numa linha reta que é paralela à linha do Gráfico 2.

Podemos agora realizar uma nova verificação de compatibilidade.

Nível de vendas para o qual a linha de receita corta 84,1%.

$$y_{84,1} = \text{_____}$$

Nível de vendas para o qual a linha de receita corta 50,0%.

$$y_{50,0} = \text{_____}$$

Nível de vendas para o qual a linha de receita corta 15,9%.

$$y_{15,9} = \text{_____}$$

$$\text{Relação Padrão} = \frac{y_{50,0}}{y_{15,9}} = \frac{y_{84,1}}{y_{50,0}} = \text{_____}$$

Esta estimativa da relação padrão deve coincidir com a mesma obtida através do Gráfico 2. Além disso, $y_{50,0} / x_{50,0}$ deve ser compatível com o fator fornecido pela Tabela 3.

2. Contrôlo ABC

A distribuição característica por valor (Gráfico 1) tem sido há bastante tempo reconhecida,⁶ e muitos autores têm sugerido que a longa lista dos itens de estoque seja classificada em três categorias:

Classe A — Aquêles poucos itens que representam uma grande percentagem do valor das vendas e que por conseguinte merecem especial atenção a fim de que os lucros possam ser aumentados.

Classe B — Aquêles itens na classe intermediária para os quais um controle formal se justifique embora não haja necessidade de dedicar-se aos mesmos nenhuma atenção especial.

Classe C — Um grande número de itens que coletivamente representam um investimento muito reduzido, e para os quais um esquema de controle muito simples venha a

⁶ WELCH, W. E. *Tested Scientific Inventory Control*, Management Publishing Corp., 1956, e DICKIE, H. F. *op. cit.*

propiciar economias maiores do que a aproximação de um sistema pouco rigoroso venha a perder.

Os volumes de vendas críticos que distinguem as classes de itens podem ser determinados de diversas maneiras. Uma das maneiras seria selecionar os itens principais que representam 50% das vendas como itens da Classe A, e os últimos 50% como itens da Classe C. Partindo de uma representação como a do Gráfico 3, encontraremos:

Classe dos Itens	Mercado Consumidor (Relação Padrão=3)	Mercado Industrial (Relação Padrão=10)	Mercado Tecnológico (Relação Padrão=25)
A (50% das vendas)	14% dos itens	1,2% dos itens	0,1% dos itens
B (restante)	36% das vendas 36% dos itens	48,8% das vendas 48,8% dos itens	49,9% das vendas 49,9% dos itens
C (50% dos itens)	14% das vendas	1,2% das vendas	0,1% das vendas

Uma outra maneira para selecionar-se as categorias é considerar que a capacidade disponível de pessoal para dar tratamento especial seria suficiente apenas para atender 3% dos itens. Os itens da Classe A deveriam corresponder àqueles mais importantes.⁷ O dirigente, por outro lado, deveria propiciar o mínimo de atenção ao maior número possível de itens, desde que as importâncias envolvidas representem apenas 5% das vendas. O Gráfico 3 conduz-nos à seguinte subdivisão:

Classe dos Itens	Mercado Consumidor	Mercado Industrial	Mercado Tecnológico
A (3% dos itens)	22% das vendas	66% das vendas	90% das vendas
B (restante)	68% dos itens 71% das vendas	23% dos itens 29% das vendas	3,5% dos itens 5% das vendas
C (5% das vendas)	29% dos itens	74% dos itens	93% dos itens

A classificação pode ser levada a efeito de uma outra maneira. Isso torna-se mais importante quando os mercados envolvidos são do tipo industrial ou tecnológico. Usando a primeira definição, a Warndot selecionou 421 itens, cada um com níveis de vendas superiores a US\$ 3.635, na Classe A e 16.193 itens, cada um com volume de vendas inferior a US\$ 18, na Classe C.

⁷ O Escritório de Suprimentos Eletrônicos da Marinha identifica tais itens como prioritários, dedicando aos mesmos tratamento e acompanhamentos especiais.

Os estoques de todos os itens incluídos na Classe C são administrados por contróle muito simples de níveis máximos e mínimos. Muitos itens são administrados segundo um critério de *estoque aberto*, podendo ser retirados sem a emissão de requisições. Apoiada em métodos de pesquisa operacional, a Companhia Warmdot possui um sistema de contróle de estoques apreciavelmente rigoroso para todos os itens da Classe A e B, utilizando, para fins de determinação dos níveis de colocação de pedidos,⁸ a técnica de previsão com médias exponenciais e lotes econômicos de encomendas.⁹ Os itens da Classe B são reencomendados rotineiramente por um sistema de processamento eletrônico com verificações esporádicas isoladas, de exatidão.

Os itens da classe A são também rotineiramente controlados pelo computador, mas as requisições (com um resumo da posição de estoque e do comportamento da demanda) são remetidas a um analista especial que verifica o pedido observando fatores especiais que possam vir a influenciar a demanda futura. O analista acompanha também o andamento da ordem na fábrica ou no fornecedor, a fim de certificar-se de que os prazos decorridos entre a emissão do pedido e o recebimento da mercadoria são mantidos tão curtos quanto possível. Uma vez que os estoques de segurança são mantidos em níveis baixos, freqüentemente tem o analista necessidade de apressar a reestocagem de um item da Classe A.

3. Padrões para Investimentos¹⁰

A Warmdot formalizou seu contróle sobre o reabastecimento de estoques a fim de assegurar que: 1) cada item seja encomendado a tempo de evitar-se o desapontamento de fregueses, 2) lotes econômicos sejam encomendados. Os itens da Classe C são encomendados sempre que o estoque disponível (o existente no almoxarifado somado a qualquer outro previamente encomendado) atinja ou caia abaixo do nível mínimo anotado na ficha de contróle de cada item. Os itens da Classe A e B são encomendados quando o estoque disponível seja inferior ou atinja o ponto de reestocagem. Os níveis mínimos e os

⁸ BROWN, R. G. Less Risk in Inventory Estimates, *Harvard Business Review*, julho-agosto de 1959.

⁹ MAGEE, J. F. Guides to Inventory Policy, *Harvard Business Review*, janeiro-fevereiro, março-abril, maio-junho de 1956.

¹⁰ BROWN R. G. *Operations Research Aids Management*, Proceedings AIIE, Tenth Annual Conference, Atlanta, Georgia, 14 de maio de 1959.

pontos de reestocagem constituem uma estimativa (baseada numa previsão de vendas) do quanto será necessário durante o prazo decorrido desde a emissão da requisição e o recebimento do material. O estoque de segurança incluído nesta estimativa é destinado a propiciar o atendimento dos fregueses a despeito das incertezas inerentes nas previsões.

Presentemente, a administração da companhia decidiu ser suficiente trabalhar-se com uma probabilidade de 5% de que a demanda venha a ultrapassar o estoque disponível antes que o próximo lote de material seja entregue. Em virtude dos itens da Classe C serem encomendados apenas uma vez cada dois ou três anos e o estoque destes itens exaurir-se apenas em 5% destas ocasiões tais itens acabam praticamente propiciando serviço perfeito e necessitando quase que nenhuma atenção por parte da companhia.

Os itens da Classe A são encomendados em quantidades bem menores. Conseqüentemente as oportunidades de ocorrência de faltas de estoque são mais freqüentes aqui. Planeja-se que nos 5% das ocasiões¹¹ em que existe uma possibilidade potencial de falta de estoque, um apressamento possa garantir um serviço adequado à clientela. O custo do apressamento é menor do que aquele que teria de ser incorrido mantendo-se estoques adicionais a fim de melhorar a prestação rotineira de serviços.

O estoque de segurança necessário a assegurar uma falta de estoque potencial em 5% dos ciclos de reestocagem está baseado em 1,65 vezes o desvio padrão dos erros de previsão de vendas. Resulta (como ocorre na maioria dos estoques) que o valor de um desvio padrão (unidades multiplicadas pelo preço de venda) possui uma relação aproximada com o valor do volume de vendas relativo ao item.

A fim de obter esta relação, a Warmdot selecionou 300 itens de sua lista. O processo adotado foi projetado de forma a selecionar muitos dos itens mais importantes e progressivamente menos itens à medida que a importância dos mesmos diminuía. A Warmdot principia com o valor total das vendas US\$ 8.313.253 dividido pelo tamanho da amostra $300 = \text{US\$ } 27.710$. Uma lista de 300 números selecionados é então preparada: (2) (27.710), (3) (27.710) e assim por

¹¹ Outras companhias podem adotar outras políticas de atendimento aos fregueses, que são discutidas em *Statistical Forecasting for Inventory Control*, cap. 4.

diante até (300) (27.710). Estes números são então comparados com o total de vendas acumulado da tabulação geral. Um item é selecionado se as vendas acumuladas, incluindo o item em questão, excederem um do conjunto dos números selecionados.

Para cada item selecionado, o desvio padrão dos erros de previsão foi então obtido a partir do registro de controle de estoque e do volume anual de vendas. Ambos foram expressos em dólares a preços de venda. Um ponto é então marcado no Gráfico 4 para cada item da amostra.

Os pontos dispersam-se um pouco, mas ajustam-se razoavelmente bem numa linha reta quando trabalhamos com uma fôlha em escala log-log. Esta linha pode ser usada como uma relação média. A inclinação da reta é de 0,8, isto é, para cada unidade aumentada da esquerda para a direita a linha sobe em 0,8 unidades. O desvio padrão dos erros de previsão é proporcional (em média) ao consumo elevado à potência 0,8:

$$\sigma = 0,21 w^{0,8}$$

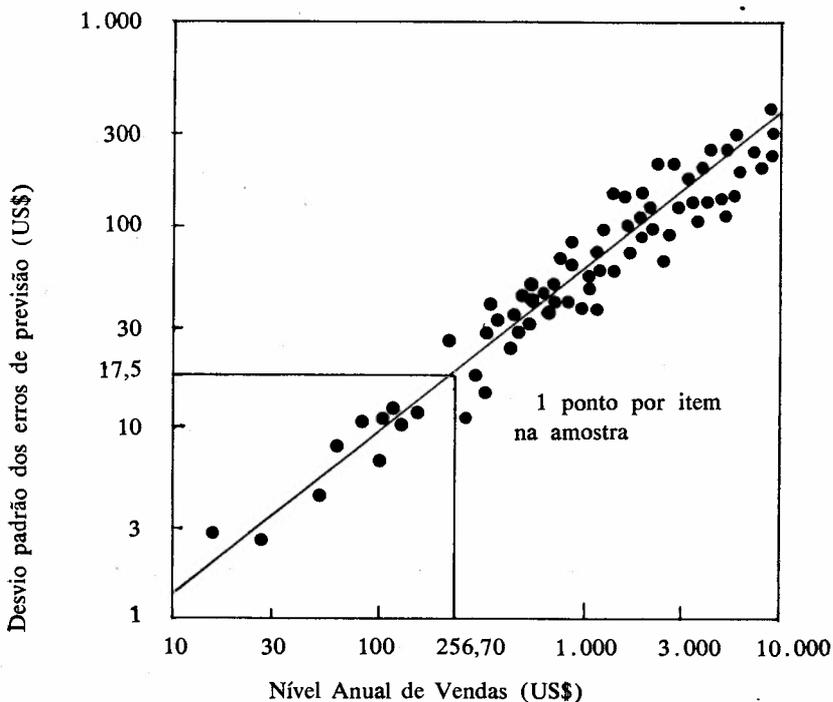
Possuímos agora as informações básicas necessárias à rápida determinação do investimento total que se faz necessário relativamente aos 32.385 estoques de segurança individuais. Para um item qualquer, com um consumo igual a w dólares por ano, estimariamos o estoque de segurança da seguinte maneira:

$$\text{Estoque de Segurança} = (1,65) (0,21 w^{0,8}).$$

Para todos os 32.385 itens, o valor total seria a soma dos estoques de segurança individuais. Uma outra maneira de determinar-se o total seria simplesmente multiplicar-se 32.385 vezes o estoque de segurança médio; o estoque de segurança médio é aproximadamente igual a 1,65 vezes o valor médio de $0,21 w^{0,8}$.

Aqui é que usamos a relação padrão da distribuição lognormal. A média de $w^{0,8}$ é um fator vezes (média w)^{0,8}, onde o fator depende da relação padrão. O Gráfico 4 observamos que $(0,21) (256,7)^{0,8} = 17,65$. Uma vez que para outras companhias a relação indicada no Gráfico 4 pode vir a ter uma inclinação diferente, a Tabela 6 nos fornece fatores para diversas inclinações possíveis. Para o caso da Warmdot, a inclinação é 0,8 e a relação padrão 10; conseqüentemente, o fator é 0,655.

GRÁFICO 4: *O Desvio Padrão dos Erros de Previsão é proporcional às (Vendas Anuais)^{0,8}*



O estoque de segurança total é estimado por

$$(32.385) (1,65) (0,21) (0,655) (256,70)^{0,8} = \text{US\$ } 617.709$$

Durante algum tempo a Warmdot utilizou, para cada um dos itens, um estoque de segurança simplesmente igual ao suprimento de um mês. O valor total daquele estoque aos níveis correntes de vendas corresponderia a US\$ 692.771, valor pouco acima daquele referente ao estoque exigido pelas regras mais sofisticadas agora utilizadas. O benefício maior decorreu da redistribuição do esforço de apressamento dos itens de menos importância para os itens da Classe A, onde o esforço em questão é mais econômico do que o investimento em estoque. A Tabela 7 ilustra como o saldo de estoque ficou alterado. A política atual implica, para cada item, uma chance de 5% de falta de estoque.

TABELA 6:

*Fatores para Conversão da Potência k da Média
Para a Média da Potência k*

Relação Padrão	k=				
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1,5	0,980	0,981	0,983	0,987	0,993
2	0,944	0,946	0,953	0,964	0,980
3	0,860	0,866	0,881	0,908	0,947
4	0,786	0,794	0,817	0,858	0,917
5	0,723	0,733	0,762	0,813	0,890
7	0,624	0,636	0,673	0,750	0,844
10	0,515	0,530	0,573	0,655	0,788
15	0,398	0,413	0,461	0,554	0,718
20	0,325	0,340	0,389	0,487	0,668
25	0,275	0,289	0,337	0,437	0,628
30	0,235	0,250	0,296	0,396	0,594

TABELA 7:

Serviços Prestados por um Estoque de Segurança de 1 Mês

Nível Anual de Vendas	Desvios Padrões Equiva- lentes a Dois Meses de Suprimento	Probabilidade de Falta de Estoque (%)
10	0,63	26,4
30	0,78	21,8
100	1,01	15,6
300	1,43	7,6
1.000	1,58	5,7
3.000	2,00	2,3
10.000	2,48	0,7

Um item com nível de vendas igual a US\$ 10 por ano costumava ter uma chance de 25% de falta de estoque antes que uma nova remessa viesse a ser recebida. Os funcionários responsáveis pelo atendimento à clientela viam-se muito freqüentemente em grandes embaraços a fim de justificar a razão de um item de valor tão reduzido não existir em estoque. Existe agora uma chance de 5% de têmos de explicar ou apressar, qualquer item, com um mesmo investimento. Uma vez que o número de itens de saída reduzida (com uma grande chance de faltas de estoque) é bem maior do que o número de saídas maiores, a nova política possibilitou uma redução no número de faltas de estoque por ano de cêrca de 30.000 para, apenas, 2.500. Êste resultado leva também em consideração as oportunidades reduzidas de faltas de estoque decorrentes da colocação muito menos freqüente dos pedidos relativos aos itens de baixa saída.

O outro componente do investimento normal em estoque refere-se ao estoque decorrente do reabastecimento das unidades em lotes. A Warmdot trabalha agora com um lote econômico que visa a equilibrar os custos de estocagem com os custos de aquisição. O valor da quantidade encomendada por vez é igual a:

$$8 \sqrt{\text{consumo anual (em dólares)}}$$

onde o fator 8 foi escolhido levando-se em conta os custos típicos de preparação de máquinas fornecidos pelo setor de fabricação da emprêsa e os custos de estocagem.

O estoque médio (chamado estoque de ciclo) mantido em função desta política corresponde à metade do lote de cada item. O estoque total, conseqüentemente, corresponde à soma destas metades de lotes, ou 32.385 vêzes o valor médio da metade de um lote.

Mas o valor médio da metade de um lote corresponde a

$$\begin{aligned} & \frac{8}{2} \cdot \text{média} \sqrt{w} \\ & = 8/2 (w \text{ médio})^{0,5} \cdot \text{fator} \end{aligned}$$

Para uma relação padrão de 10, a Tabela 6 indica que o fator de conversão apropriado para a potência 0,5 é 0,515.

O valor total do estoque de ciclo pode, conseqüentemente, ser estimado por:

$$(32.385) (8/2) (\sqrt{256,7}) (0,515) = \text{US\$ } 1.067.410$$

A Warmdot costumava encomendar cada item quatro vezes por ano: um suprimento de 3 meses por vez. A contribuição resultante ao investimento de estoque correspondia às vendas de 1,5 meses, equivalente a US\$ 1.039.157 aos níveis atuais de venda. Observe que a introdução dos lotes econômicos trouxe como conseqüência uma pequena alta no investimento. Os benefícios da regra decorrem da melhor redistribuição do esforço de preparação de máquinas que se tornou possível no setor de fabricação.

Anteriormente, cada item era, em média, fabricado quatro vezes por ano. Faziam-se necessárias, assim, 129.540 preparações. A regra do lote econômico implica na fabricação mais freqüente de uns poucos itens de alto valor (o que implica numa redução do estoque de ciclo mantido) e na fabricação muito menos freqüente de muitos itens de baixo valor (o que implica numa redução do número de preparações). O número de preparações por ano relativas a um item de venda anual igual a US\$ w corresponde a $1/8\sqrt{w}$. Através de um cálculo precisamente análogo àquele referente ao estoque de ciclo total, verificamos então que o número de preparações corresponde a:

$$\begin{aligned} N &= (32.385) (1/8) (\sqrt{256,7}) (0,515) \\ &= 33.357 \end{aligned}$$

Por conseguinte, embora o estoque seja ligeiramente mais alto, o número de preparações ficou reduzido a cerca de um quarto número inicialmente necessário.

O padrão estimado para o investimento total de acôrdo com as regras atuais é:

$$\text{US\$ } 1.067.410 + \text{US\$ } 617.709 = \text{US\$ } 1.685.119$$

que pode ser muito favoravelmente comparado com o total de fim de ano reportado de US\$ 1.625.826. Compara-se, também, favoravelmente com o investimento de US\$ 1.731.928 que seria exigido caso as regras anteriores fôssem utilizadas.

4. Efeito das Alterações

A Warmdot parece ter passado por um bom número de pormenores complicados a fim de obter estas estimativas para comparação com os estoques atuais. Uma simples adição de informações já existentes nos arquivos possibilitaria um resultado mais preciso de uma maneira, talvez, mais inteligível.

Uma vez desenvolvidas as informações relativas à relação padrão e às relações entre o consumo anual e o desvio padrão dos erros de previsão, torna-se muito fácil estimar o que aconteceria caso fossem introduzidas alterações na política de controle de estoques.

Vamos considerar três problemas típicos¹² a fim de verificar como esta informação uma vez desenvolvida pode ser utilizada.

- De que maneira altera-se a *rotação* desejada em função de uma alteração no volume de vendas?
- Que investimento seria necessário caso a política quanto ao atendimento de clientes fosse alterada?
- Que aconteceria com o investimento caso o Departamento de Vendas viesse a expandir a linha de produtos da companhia em 10%?

A rotação é a relação que obtemos dividindo as vendas anuais totais pelo investimento médio em estoques. Constitui um padrão de aferição muito comum para avaliar-se se o estoque está num nível adequado.

Ao verificarmos os cálculos relativos aos estoques totais de segurança e de ciclo, torna-se aparente que o único dado que se alteraria, em função de uma alteração no volume de vendas, seria aquele referente às vendas médias por item.

$$\begin{aligned} \text{Estoque de Ciclo Total} &= (32.385) (16/2) (0,515) \sqrt{\text{Vendas}} \\ \text{Médias} + \text{Estoque de Segurança Total} &= (32.385) (1,65) (0,42) \\ & (0,655) \cdot (\text{Vendas Médias})^{0,8} = 133.426 \sqrt{\text{Vendas Médias}} + \\ & + 14.700 (\text{Vendas Médias})^{0,8} \end{aligned}$$

¹² BROWN, R. G. The Use of the Carrying Charge to Control Cycle Stocks, *APICS Quarterly Technical Journal*, vol. 2, julho de 1961; Control Limits for Total Inventory Levels, Operations Research Society of America, Seventh Annual Meeting, Washington, D.C., maio de 1959; e MENNELL, R. F. Standards for Judging Inventory Investment, *APICS Quarterly Technical Journal*, vol. 2, outubro de 1961.

Investiguemos agora o que aconteceria com a rotação de estoques da Companhia Warmdot caso o volume de vendas passasse de US\$ 8,3 milhões (Veja Tabela 8), para diversos valores situados numa faixa entre US\$ 6 milhões a US\$ 10 milhões.

TABELA 8:

Efeito da Alteração do volume de Vendas na Rotação de Estoques

Volumes Eventuais de Vendas (US\$ milhões)	Vendas Médias por Item Volume = 32.385	$\sqrt{\text{vendas médias}}$	Vendas Médias Veja Gráfico 4	Investimento Total em Estoques (US\$ milhares)	Rotação
6	US\$ 185	13,6	65,5	US\$ 2.777	2,16
7	216	14,7	73,5	3.042	2,30
8	247	15,7	81,5	3.293	2,43
9	278	16,7	90,0	3.551	2,53
10	309	17,6	98,0	3.789	2,64

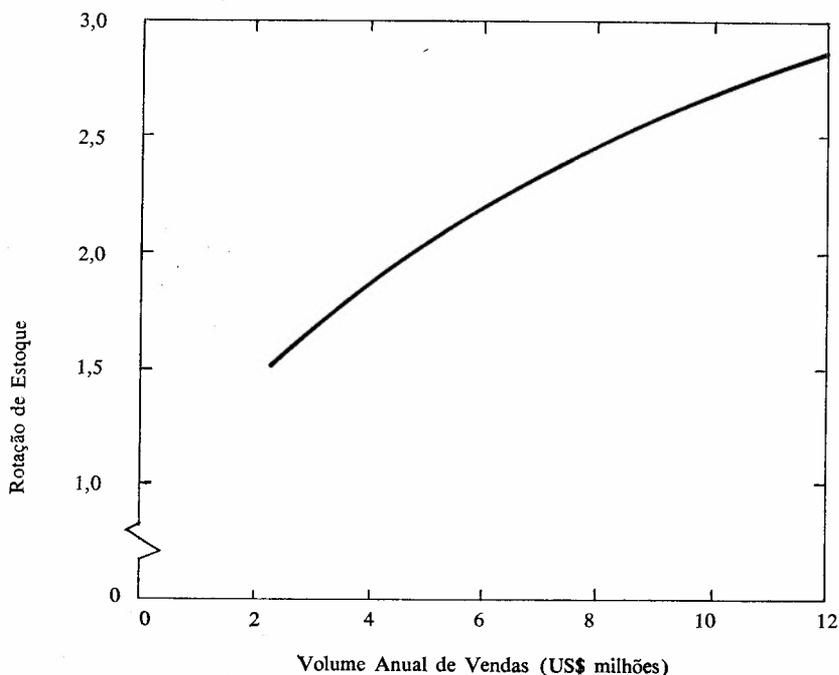
Observe no Gráfico 5 que a rotação de estoques adequada para uma empresa varia com o volume de vendas. Um guia que depende unicamente de uma simples rotação de estoques pode, conseqüentemente, funcionar contra os melhores interesses da empresa. Esta observação é aplicável ao caso de uma cadeia de depósitos ou de lojas de varejo. A característica chave para cada ponto de venda é a venda média por item estocado.

Uma grande loja em Nova Iorque, com grande volume, deveria ter uma rotação alta. Uma outra pequena em Salt Lake City pode manter quase a mesma quantidade de item em estoque embora as vendas por itens possam corresponder a apenas 5% daqueles relativos à loja de Nova Iorque.

Suponha que as vendas anuais em Nova Iorque correspondam a US\$ 250 por item. De acordo com o sistema adotado pela Warmdot a rotação anual deveria corresponder a aproximadamente 2,43. Caso as vendas anuais em Salt Lake City correspondam a apenas US\$ 10 por item, a rotação anual nesta cidade corresponderia a apenas 0,63.

Em virtude desta rotação parecer desfavorável, pressões apreciáveis seriam muito provavelmente impostas à loja de Salt Lake City no sentido de manter-se o estoque da loja num nível adequado. A taxa

GRÁFICO 5: *A Rotação de Estoques Correta para a Companhia Warmdot Depende do Volume Atual de Vendas*



de rotação de estoque da loja de Nova Iorque, por outro lado, por fôrça de parecer tão favorável poderia fãcilmente conduzir a um afrouxamento de contrôle.

O atendimento à clientela é afetado pela escolha do fator de segurança. Para o caso da probabilidade de ocorrência de exaustão do estoque em qualquer ciclo de reestocagem corresponder a 5% o fator de segurança é igual a 1,65. O componente relativo ao estoque de ciclo permanece constante é igual a US\$ 2.135.000, mas para outras alternativas, quanto ao fator de segurança, o estoque de segurança seria

igual a $\frac{k}{1,65}$ (1.235.000). (Veja Tabela 9.)

A administração da companhia deve evidentemente decidir se está disposta a investir US\$ 300.000 adicionais a fim de melhorar o atendimento à clientela de 95 para 98%, ou para qualquer outro valor

TABELA 9:

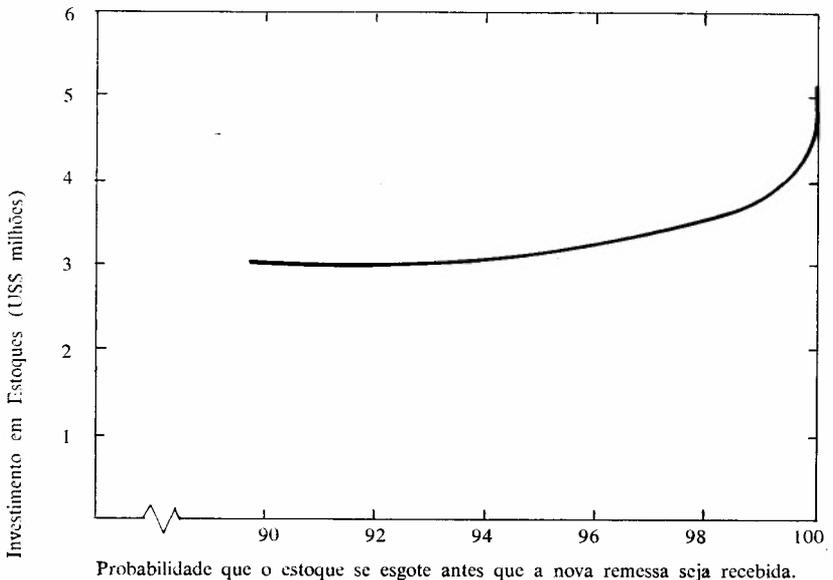
Efeito da Alteração da Política de Atendimento aos Fregueses no Investimento Padrão

Probabilidade de Falta de Estoque	Fator de Segurança Correspondente	Estoque de Segurança (US\$ milhares)	Estoque Total (US\$ milhares)
0,01	2,33	1,744	3.879
0,02	2,05	1,534	3.669
0,05	1,65	1,235	3.370
0,08	1,41	1,055	3.190
0,10	1,28	0,958	3.093

(Gráfico 6). Caso isto seja aconselhável, uma simples alteração no fator de segurança propiciará o resultado.

A linha de produtos de uma companhia constitui freqüentemente fronteira de operações da Gerência de Vendas. Supõe-se que uma maior quantidade de côres, estilos ou tamanhos tendam a aumentar a participação de uma companhia junto a seu mercado. A Warmdot pode utilizar os cálculos acima a fim de estimar o investimento adicional exigido ao apoio de uma linha de produtos maiores.

GRÁFICO 6: *O Investimento da Companhia Warmdot Depende da Política de Atendimento aos Fregueses*



Esta alteração é um pouco mais acentuada em virtude de tanto o número de itens como as vendas médias por item se alterarem. Caso um aumento de 10% no número de itens estocados resultasse, realmente, num aumento de 10% de vendas, o investimento necessário aumentaria também em 10%

Suponhamos, entretanto, que a Warmdot decidisse passar de 32.385 itens para 35.000 ou mesmo 40.000 itens respectivamente, aumentos de 8 e 24%. Examinemos (Tabela 10) o que aconteceria caso as vendas permanecessem no mesmo nível anterior ou numa segunda hipótese que o aumento no volume de vendas correspondesse à metade do aumento no número de itens.

Um aumento de 32.000 para 35.000 itens exigiria um investimento adicional em estoques de U.S.\$ 100.000 caso as vendas não aumentassem ou um investimento de U.S.\$ 200.000 caso elas sofressem um aumento de 4%. Esta informação pode ser de muita utilidade a fim de se tomar uma decisão mercadológica acertada. Torna-se importante observar que, caso dois depósitos estejam atendendo um mesmo mercado, o número de itens estocados será duas vezes superior do que no caso de existir apenas um único depósito. A Tabela 10 pode ser de utilidade na determinação do custo de se operar com pontos de estocagem adicionais.

TABELA 10:

Conseqüência da Alteração do Número de Itens Estocados

Número de Itens	Volume de Vendas	Vendas Médias por Item	$\sqrt{\text{Vendas Médias}}$	$(\text{Vendas Médias})^{0,8}$	Valor Médio de Estoque	Valor Total do Estoque (US\$ milhares)
32.385	US\$8.313.253	US\$256,70	16,0	84,0	US\$104,06	3.370
35.000	8.320.000	237,70	15,4	78,5	99,09	3.468
35.000	8.650.000	247,10	15,7	82,0	101,91	3.567
40.000	8.320.000	208,00	14,4	71,5	91,79	3.672
40.000	9.310.000	232,75	15,3	78,0	98,45	3.938

5. Fundamentos Matemáticos

Caso o nível de vendas para o item correspondente à mediana fôr x_{50} e a relação padrão fôr ρ os dois parâmetros essenciais da distribuição lognormal serão:

$$m = \text{Log}_e x_{50} \quad \text{e} \quad \sigma = \text{Log}_e \rho$$

Os fatores na Tabela 3 são e^{σ^2} e aqueles na Tabela 4 são $e^{\sigma^2/2}$. A referência 4 apresenta a demonstração de que a potência k -ésima de uma variável com distribuição lognormal é dada por:

$$\bar{x}^k = (\bar{x})^k \cdot e^{k(k-1)\sigma^2/2}$$

A Tabela 6 relaciona valores para o fator: $e^{k(k-1)\sigma^2/2}$

A ERA ESPACIAL

Aquilo que foi ficção ontem é realidade científico-tecnológica hoje, será rotina amanhã. O problema crucial para o homem contemporâneo é o conhecimento.

Na era do computador, as mãos, que foram a primeira ferramenta do ser inteligente, capaz de ajudá-lo a ajustar-se ao meio, transformando-o e arrancando dêle elementos de subsistência e agasalho contra a intempérie, terão maior emprêgo em pressionar botões de comando e contrôle, expressando grãficamente algum pensamento ou sentimento artístico.

O homem não luta, nem constrói muito mais com as mãos e sim com o cérebro. Este é que precisará cada vez mais e rapidamente ser adestrado, informado, armado de recursos e agilizado. Tudo o de que necessita é conhecer para escolher, decidir, organizar, avaliar, inovar e projetar. Suas armas são os dados de informação. A natureza de sua relação com os outros homens é a comunicação.

Já havendo desembarcado na Lua e determinado datas para chegar a outros planetas, estranhamente ainda está, ora mais ora menos distanciado de seu semelhante na superfície de seu próprio planeta, onde persistem barreiras e desníveis de várias ordens, entre povos e indivíduos.

O satélite de comunicações colocado entre todos os homens e os planetas ajudará aqueles a se aproximarem e se reforçarem para a conquista destes e de si mesmos.

Com a edição em língua portuguesa de *Comunicação na Era Espacial*, no qual grandes especialistas convocados pela UNESCO revelam como isso poderá acontecer e, em realidade já está acontecendo, a Fundação Getúlio Vargas, por sua Editora, cumpre um de seus compromissos como representante dos interesses editoriais daquela agência das Nações Unidas: tornar acessível ao grande público no Brasil os seus principais documentos em prol do desenvolvimento da educação, da ciência e da cultura.