

# PESQUISA OPERACIONAL E SUA APLICAÇÃO NO VAREJO

---

ROGER R. CRANE

A "PO" tem múltiplos usos em todos os setores empresariais, inclusive como instrumento de racionalização comercial.

É oportuno introduzir o assunto "Pesquisa Operacional" com uma breve discussão sobre o seu significado, apesar de ainda não existir uma definição comumente aceita. Pesquisa operacional é o que o seu nome sugere: pesquisa das operações; mais especificamente, é pesquisa científica aplicada às operações de uma organização.

Por organização aqui se entende a empresa sob seus aspectos de comando, rede de comunicações e sistema de decisões que faz com que o negócio funcione. Quando falamos de pesquisa científica, referimo-nos à pesquisa que utiliza princípios e técnicas científicas reconhecidas. "Operações", por sua vez, abrange uma grande variedade de atividades; por exemplo, no comércio varejista, pode referir-se à entrada e saída de mercadorias de uma loja de varejo, à entrega de mercadorias aos clientes, à relação da propaganda com o volume de vendas e a margem de lucro, ou às atividades relacionadas à tomada de decisões ou ao planejamento dos executivos de uma loja.

---

ROGER R. CRANE — Sócio de "Touche, Ross, Bailey & Smart" e Chefe da "Division of Management Sciences", New York, U.S.A.  
*Nota da Redação* — Este artigo foi escrito para a "Revista de Administração de Empresas". Traduzido do inglês por Raimar Richers.

Tôdas estas e muitas outras atividades podem ser objeto da pesquisa operacional, tôdas elas constituem um campo *em potencial* para o pesquisador, de operações, o que, evidentemente, não quer dizer que tôdas as operações de uma empresa se prestem igualmente bem para a realização da PO.

#### SUMÁRIO HISTÓRICO

A expressão "Pesquisa Operacional" provàvelmente surgiu na Inglaterra no início da Segunda Grande Guerra, quando alguns pesquisadores civis realizaram tarefas para as Fôrças Armadas, sobretudo no campo eletrônico. O radar é um bom exemplo onde os pesquisadores transferiram a sua atenção do desenho técnico à *aplicação* de novos meios de comunicação. A preocupação maior com a aplicação prática levou ao campo da tática e, finalmente, à pesquisa científica destinada às operações militares.

O sucesso dêsses pioneiros da PO chamou a atenção de outros cientistas militares, o que fêz com que o nôvo campo de atividade se expandisse para vários setores bélicos, tanto na Grã-Bretanha, quanto nos Estados Unidos.

Após a guerra, foram procurados outros campos de aplicação do nôvo conceito, particularmente na administração de empresas, provocando um nôvo impulso à procura de soluções científicas para os problemas dos homens de negócios, já antes evidenciados no campo da engenharia industrial. Hoje em dia, a PO faz parte das tarefas normais de muitas empresas e do Govêrno nos Estados Unidos, sendo por muitos autores considerada uma especialidade administrativa, apesar de que homens de negócio têm-se dedicado a problemas semelhantes desde há muito tempo. (Vide "Notas Bibliográficas".)

#### ESQUEMA DE APLICAÇÃO

Todos os estudos completos de pesquisa operacional seguem uma seqüência de execução mais ou menos uniforme, apesar de que um ou outro dos passos pode ser mais

desenvolvido do que outro, dependendo do objetivo do estudo. Em princípio, podemos distinguir pelo menos quatro fases fundamentais, quais sejam: (a) análise da situação atual, para responder porque, como e quanto tem sido feito; (b) síntese, que visa o desenvolvimento de uma teoria ou modelo, partindo da análise; (c) teste do modelo, aplicando-se a várias condições reais; (d) aplicação dos resultados da pesquisa à operação analisada. (1)

Quando a direção de uma empresa se propõe a conduzir um estudo de PO, deve ela, inicialmente, definir o problema de maneira clara e precisa. Esta definição preliminar pode sofrer uma alteração no decorrer do trabalho, face a informações adicionais e mais exatas sobre a natureza do problema.

O segundo passo na análise consiste na determinação dos principais fatores que afetam o problema. Por exemplo, se este consiste na escolha de um armazém de um ou vários andares, alguns dos fatores principais a serem considerados são o custo de transporte e o estudo de tempo para as duas alternativas. Por uma questão de conveniência, podemos chamar esta parte da análise de "qualitativa".

Logo mais, torna-se necessário quantificar os fatores analisados para medir os seus efeitos sobre o objetivo da operação. É este um passo de medição, durante o qual o cientista se baseia na sua experiência de desenvolver critérios acurados de medida.

Uma vez que os fatores tenham sido determinados e medidos, cabe ao cientista tentar o isolamento de certos fatores e de comentar teoricamente sobre as suas inter-relações. É este o início da síntese ou da construção de um modelo de operação. Às vezes, as teorias podem ser expressas em símbolos ou fórmulas matemáticas, em outros casos são apenas registradas como enunciados lógicos. Estes modelos constituem os instrumentos básicos utilizados para

---

1) Alguns autores apresentam um desdobramento maior (vide, por exemplo, CHURCHMAN ET ALT na bibliografia) mas, para o presente artigo estas quatro fases principais são suficientes.

a formulação de recomendações à ação administrativa, ou destinados ao desenvolvimento de sistemas administrativos mais eficientes.

#### COORDENAÇÃO ENTRE CIÊNCIA E ADMINISTRAÇÃO

O controle de estoque é um exemplo clássico de um problema administrativo para o qual teorias matemáticas têm sido criadas. O problema consiste na determinação do lote mais econômico de compra, ou seja, do volume de encomenda que resulta no menor custo de estoque. O nosso segundo exemplo, descrito a seguir, ilustra como podemos desenvolver e aplicar algumas fórmulas matemáticas para determinar o lote econômico de compras de uma loja varejista. Em essência, esta teoria desenvolve as relações quantificáveis entre o volume mais econômico de encomendas e outras quantidades mensuráveis como vendas esperadas, custo de reposição e custo de estoques.

Talvez a principal distinção entre o método científico e qualquer outro meio de solução para um problema prático consista na ênfase que o método científico presta ao terceiro passo da pesquisa, ou seja, ao controle. Todos os administradores analisam e a maioria deles desenvolve teorias sobre a maneira como operações de negócios são executadas. O que muitos não fazem, contudo, é dedicar o seu tempo a um processo cauteloso de "testar" as suas teorias, a fim de averiguar sob que condições as suas hipóteses são válidas. "Testar" teorias contribui substancialmente à característica objetiva do método científico antes mencionado e representa um aspecto essencial desse método.

A rigor, não há necessidade de aplicação generalizada dos resultados da pesquisa, a não ser durante a fase de controle. Na prática, contudo, a aplicação dos resultados tem sempre constituído um fator essencial na metodologia da PO. Às vezes, a aplicação desses resultados se resume na simples determinação de uma ordem administrativa. Em outros casos, ela requer um esforço conside-

rável, dirigido à conversão de teorias tratadas a um sistema praticável e econômico.

Freqüentemente, um sistema nôvo deve ser quase que inteiramente implementado antes que se possa eliminar qualquer das partes do sistema existente que o nôvo deverá substituir, a fim de que outros aspectos administrativos que dependem do sistema não sofram com a substituição. Nenhum estudo de PO pode ser considerado bem sucedido sem que os seus resultados sejam realmente aplicados, contribuindo, de uma ou de outra maneira, à melhoria da operação analisada.

Geralmente, uma equipe de cientistas é indispensável para que certos problemas mais complexos possam ser utilizados. A aplicação dos resultados da PO na administração de emprêsas requer uma equipe devidamente qualificada.

No caso, por exemplo, de uma instalação de um sistema de contrôle de estoques, os peritos em PO muito podem beneficiar-se convidando especialistas em administração para colaborar com a sua equipe. Assim, os conhecimentos de causa e as experiências conjugadas de um contador e dos cientistas aumentarão a probabilidade de sucesso do sistema.

#### A APLICAÇÃO MÚLTIPLA DA PESQUISA OPERACIONAL

Em princípio, existem duas maneiras distintas de aplicação da pesquisa científica ao estudo das atividades empresariais. Primeiro, uma área específica bem definida, como, por exemplo, a da utilização de máquinas, pode ser selecionada, cautelosamente medida, descrita analiticamente e testada, a fim de introduzir melhorias na operação existente. Êste procedimento pode ser repetido, passo a passo, para tôdas as áreas, até que a totalidade das operações de uma organização seja estudada. Esta maneira de proceder é demorada, mas é extremamente útil para o conhecimento das operações da organização como um todo.

Uma segunda forma de aplicação parte do tópo da organização, a fim de analisar as funções de decisão como são exercidas pela direção. Neste caso, raras vêzes pode-se esperar que as medições de todos os fatores sejam realizadas a contento, nem é provável que se possa medir com exatidão o impacto de cada uma das alterações do processo de decisão na estrutura da empresa. Por conseguinte, êste processo torna-se freqüentemente difícil e frustrador para o analista; por outro lado, atinge diretamente o âmago da questão, ou seja, a própria operação de tomada de decisões.

Alguns exemplos que ilustram o primeiro tipo de aplicação são os seguintes: na área de *produção*, o contrôlo de fabricação e de estoques tem sido objeto de estudos desta natureza. Em uma fábrica, o material é movimentado de local para local, é armazenado e é transformado por homens e máquinas. Êstes movimentos podem ser registrados, medidos e analisados. Às vêzes, uma descrição matemática dêste processo de movimentação pode ser desenvolvida, que permita estabelecer uma comparação com os processos reais e uma melhoria dêstes processos. Em *mercadologia*, a distribuição dos produtos tem sido estudada de maneira semelhante; a utilização do tempo do pessoal de vendas tem sido analisada para o efeito de um melhor aproveitamento.

Algumas contribuições foram feitas, igualmente, na área de *desenvolvimento e de pesquisa tecnológica* de empresas, como, por exemplo, quando por meio da descrição matemática as despesas de uma pesquisa foram relacionadas aos prováveis benefícios dela derivadas. Posteriormente, uma avaliação foi feita quanto às vendas prováveis daqueles produtos que poderiam ser lançados no mercado. Em *contabilidade*, a determinação de preços de bens estocados pelo método chamado LIFO (última entrada em estoque será a primeira saída do estoque) representa uma aplicação específica da pesquisa operacional. Descrições matemáticas têm sido desenvolvidas para o fluxo e o pro-

cessamento de material e para o levantamento de certas informações, tais como do valor do estoque a qualquer momento.

#### A PESQUISA OPERACIONAL NO VAREJO

Não paira dúvida sobre o fato de que o comércio varejista muito se presta para aplicações da PO. Todavia, pouco se tem feito neste sentido até hoje. É de esperar, contudo, que as experiências realizadas em outros campos viam beneficiar também o varejo no futuro.

As primeiras aplicações do método científico ao varejo foram conduzidas por HORACE LEVINSON, antes da deflagração da Segunda Grande Guerra e foram descritas no livro de MC CLOSKEY e TREFETHEN (Vide "Notas Bibliográficas".) Alguns aspectos do trabalho aqui descrito se originam nas idéias sugeridas pelo Dr. LEVINSON.

Entre os muitos exemplos onde a PO pode ser aplicada no varejo, mencionamos os seguintes:

1. A distribuição do planejamento total de compras entre os vários departamentos de uma loja;
2. A distribuição da verba total de propaganda entre os departamentos;
3. A distribuição do orçamento total de propaganda entre os diversos meios disponíveis;
4. A distribuição do esforço promocional;
5. A distribuição do espaço de uma loja entre os diversos departamentos.

A fim de demonstrar a utilidade da PO no setor do varejo, selecionamos dois problemas típicos do varejo onde os métodos antes descritos encontram uma aplicação prática. O primeiro caso se baseia em observações feitas, mas não descreve uma situação real de uma loja específica. O segundo caso ilustra, em resumo, o que já foi feito na realidade com sucesso.

### CASO A: *Distribuição Econômica do Espaço*

Suponhamos, por exemplo, que uma loja disponha de 13 unidades de espaço em potencial, que devem ser distribuídas entre três departamentos da maneira mais eficiente.

A técnica a ser adotada em um problema desta natureza costuma ser denominada de “distribuição ótima do esforço” pelo pesquisador de operações. Esta técnica foi desenvolvida durante a guerra para encontrar os meios mais eficientes na procura de submarinos pela aviação. A sua idéia central se assemelha bastante ao conceito da análise marginal dos economistas. A sua aplicação é praticamente ilimitada na administração, mas pressupõe um conhecimento da contribuição, em cruzeiros, que cada um dos fatores estudados poderá fazer às vendas totais da empresa.

No nosso exemplo, a loja deve ter meios para estimar quanto cada departamento poderia vender em cruzeiros

QUADRO 1: VENDAS DEPARTAMENTAIS POR UNIDADE DE ESPAÇO

Unidade de Espaço	Dept.º 1		Dept.º 2		Dept.º 3	
	Cr\$ 1 000	Diferenças	Cr\$ 1 000	Diferenças	Cr\$ 1 000	Diferenças
1	200	200 (1)	150	150 (3)	120	120 (7)
2	360	160 (2)	280	130 (4)	240	120 (8)
3	480	120 (6)	400	120 (5)	360	120 (9)
4	560	80	510	110 (11)	470	110 (10)
5	610	50	590	80	560	90 (12)
6	650	40	670	80	650	90 (13)
7	680	30	740	70	720	70
8	700	20	790	50	770	50
9	710	10	830	40	810	40
10	720	10	860	30	840	30

por unidade de espaço durante um determinado período. Suponhamos que os valores correspondentes sejam os indicados no Anexo 1, representados no Gráfico 1.

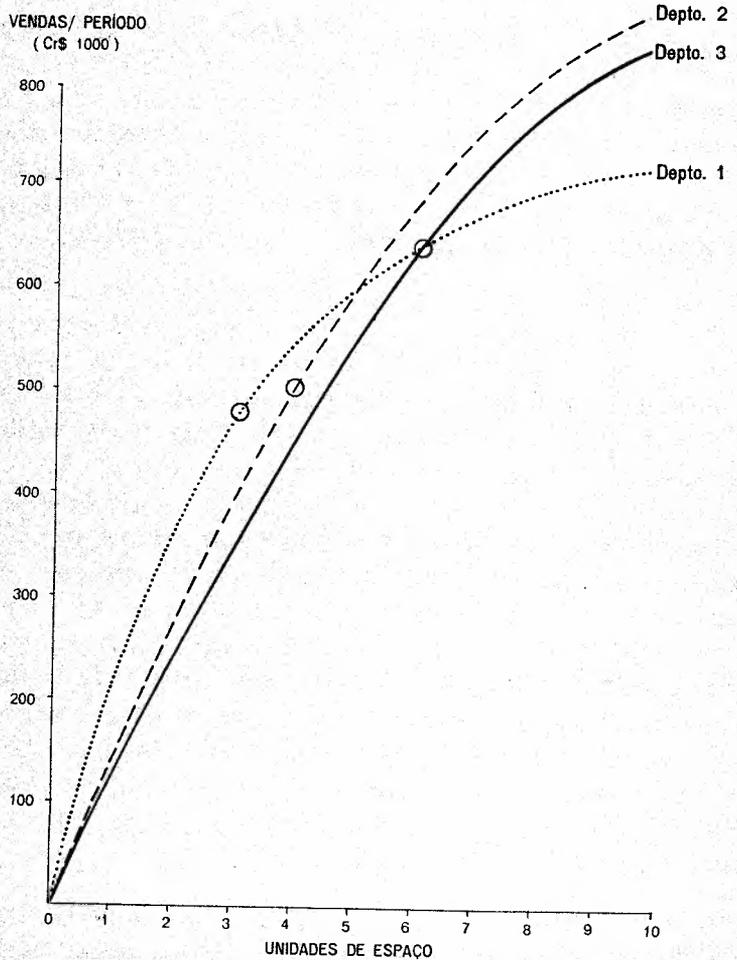
No quadro, as “diferenças” se referem aos resultados da subtração entre os valores sucessivos, o que representa a receita adicional decorrente do acréscimo de mais uma unidade de espaço às unidades já distribuídas de cada departamento; por exemplo: se a unidade 3 fôr acrescentada ao departamento 1, que já ocupa as unidades 1 e 2, a receita adicional de vendas será de Cr\$ 120 000,00.

A própria disposição do Quadro sugere a maneira como poderá ser empregada a técnica. O espaço deve ser distribuído, inicialmente, unidade por unidade. A cada passo deve ser escolhido o departamento com a mais elevada diferença ainda não distribuída. No Quadro, os números em parênteses indicam a distribuição ótima (ou seja, aquela que resulta num maior volume) consecutiva que resultou da distribuição de 13 unidades de espaço. Desta maneira, o 1.º departamento receberá 3 unidades, o 2.º departamento 4 unidades e o 3.º departamento 6 unidades, o que, em conjunto, resulta numa venda global de Cr\$ 1 640 000,00 por período. No Gráfico 1, traçamos as respectivas curvas dos três departamentos, indicando, por meio de um círculo, os pontos ótimos de cada um dos departamentos. À primeira vista as curvas não indicam a posição ótima, porque isto não depende da altura das curvas mas da sua respectiva inclinação.

Até certo ponto, esta solução é incompleta, pois na prática pressupõe-se que a forma das curvas, que reflete o resultado de vendas em função do esforço realizado, seja conhecida.

A fim de determinar estes fatos, muitas experiências cautelosas devem ser consideradas quando surge um problema desta natureza na realidade. Também a realização destas experiências é objeto do estudo da pesquisa operacional.

GRÁFICO 1 - DISTRIBUIÇÃO ÓTIMA DAS UNIDADES DE ESPAÇO



### CASO B: *Determinação do Lote Econômico de Compra*

Muitas organizações varejistas enfrentam o problema de determinar o nível mais apropriado de seus estoques, a fim de satisfazer os seus clientes e, ao mesmo tempo, atingir um alto grau de rotação do seu capital.

O conceito de controle de estoque não é novo mas tem sido desenvolvido substancialmente nos últimos tempos, devido à pesquisa operacional e também à existência de computadores eletrônicos que permitem uma aplicação minuciosa das teorias do controle de estoque nas operações empresariais. O problema que passamos a descrever ilustra um caso em que a pesquisa operacional teve aplicação ao controle de estoque. Baseando-se nos pedidos, uma loja departamental estimava que cerca de 726 500 decisões de compra tinham que ser realizadas durante um determinado ano. Essas decisões exigiam vários graus de esforço e conhecimento da equipe de compras, inclusive a necessidade de análise minuciosa para fazer pedidos de fornecimento. É natural que nestas condições surja a pergunta se existem ou não algumas regras simples que possam facilitar a encomenda de bens de baixo valor unitário, a fim de permitir que os compradores possam utilizar o seu tempo na avaliação de decisões que envolvem um risco mais substancial. A resposta a esta pergunta é positiva quando a procura pode ser prevista com um grau razoável de certeza.

A fim de determinar esta regra, os fatores que afetam os custos de estoque devem ser divididos em 2 grupos, como segue:

- a) fatores que aumentam em função do aumento do lote de compras (por exemplo, juros, remarcações, custos de armazenagem);
- b) fatores que diminuem em função do aumento do lote de compras (por exemplo, custos de processamento das encomendas, descontos de quantidades, custos de transporte).

Os fatores classificados na categoria *a* podemos chamar de custos de incremento; os da categoria *b* de custos de decréscimo. Na presente análise, fatores como descontos de quantidade, custos variáveis de armazenagem e dife-

rença nos fretes ou remarcações, não serão levados em conta. Pressupõe-se, ainda, que os custos de conservação variem em proporção direta com as quantidades conservadas em estoque; êstes custos de conservação são identificados pela letra I. Os custos de processamento das encomendas denominamos S e são considerados constantes para cada encomenda. O volume de encomenda é designado pela letra Q, o custo unitário pela letra C e as vendas unitárias por ano pela letra Y. Desta maneira, o nível de estoque varia de Q a zero, sendo que o nível médio é determinado por  $\frac{QC}{2}$ .

O custo total (CT) será então de:

CT = Custos de decréscimo + custos de incremento.

$$CT = \frac{QCI}{2} + \frac{YS}{Q}$$

Por meio de um simples cálculo, podemos determinar o valor de Q que torna o custo total mínimo. Isto ocorrerá quando:

$$Q = \sqrt{\frac{2YS}{IC}}$$

Esta fórmula elementar é básica na teoria de controle de estoque.

A teoria em questão foi aplicada retroativamente à loja acima mencionada. Foi feita uma análise cuidadosa dos custos envolvidos no processamento de uma encomenda de um determinado departamento. Para efeito da presente análise, podemos desconsiderar a maneira como êsse custo foi determinado; cabe apenas salientar que o custo de processamento de uma encomenda no departamento

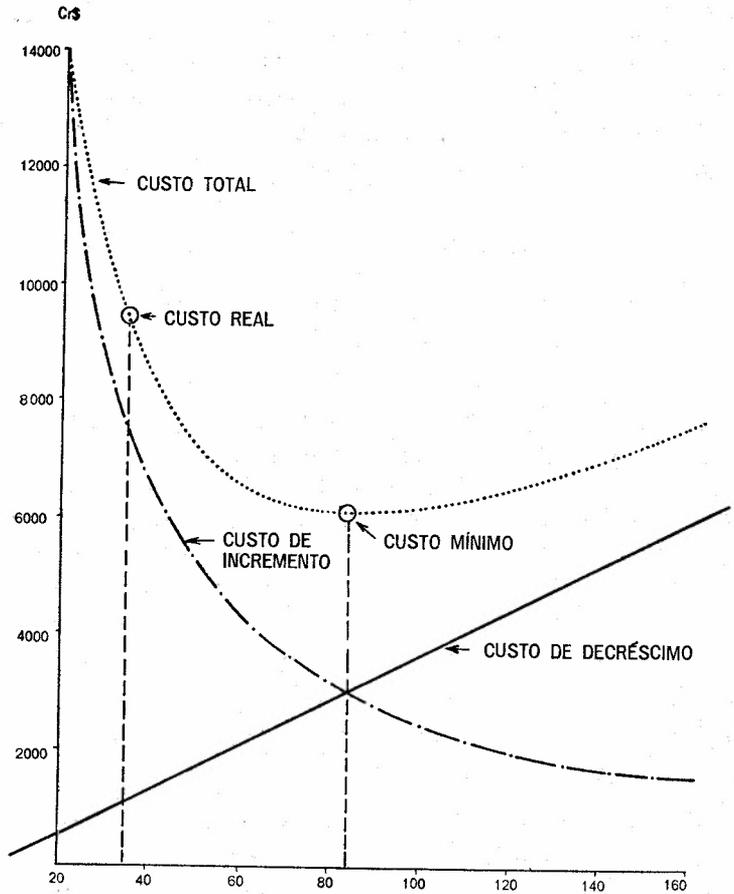
em questão era de Cr\$ 250,00. Os custos de decréscimo representavam 10,4% do custo total da encomenda. Os resultados provenientes da aplicação teórica do lote de encomendas foram comparados aos dados reais alcançados durante um determinado ano. Reproduzimos abaixo os resultados da comparação de um dos itens cujo custo unitário era de Cr\$ 737,00 e cujo volume de vendas atingiu 1.065 unidades durante o ano. Ao aplicar-se a fórmula, o seguinte lote de encomenda fôra determinado:

$$Q = \frac{2 (1065) (250)}{(0,104) (737)} = 84 \text{ unidades}$$

Na realidade, uma quantidade de 33 unidades tinha sido encomendada durante o ano em questão. Uma análise dos custos totais para várias quantidades encomendadas fôra feita, resultando nos dados que representamos no Gráfico 2. Verifica-se, neste gráfico, que o custo real para estocar o item acima mencionado era de Cr\$ 9.333,00, comparado com um custo mínimo de Cr\$ 6.389,00. Demonstra isto que um excesso de Cr\$ 2.944,00 ou 46% tinha sido gasto acima do custo mínimo. Ao se aplicar êste tipo de cálculo a um lote de departamento que tiver, digamos, 2.000 itens, uma economia substancial poderá ser atingida.

Convém ressaltar que um êrro no sentido de estabelecer um lote de encomenda excessivamente alto é menos oneroso do que um êrro equivalente em direção oposta. Por êste motivo, recomenda-se que seja acrescentada uma margem de precaução ao mínimo teórico a ser encomendado, a fim de reduzir o risco de uma encomenda excessivamente baixa, proveniente de uma eventual medição inexata dos custos. Esta recomendação é válida, apesar de muitas lojas departamentais tenderem a aplicar um critério inverso, ou seja, reduzindo o seu estoque ao mínimo, a fim de utilizar um mínimo de capital.

GRÁFICO II - CUSTO REAL E CUSTO MÍNIMO NA ESTOCAGEM DE UM ARTIGO



No exemplo acima, mencionamos apenas um item dentre os muitos que foram analisados pela loja em questão. Cabe reconhecer que o item selecionado foi aquele que registrou a maior disparidade entre custos de estoque mínimo e reais. O estudo também revelou que para a maioria dos itens analisados a diferença entre o lote ótimo e as quantidades encomendadas na realidade não era substan-

cial. Isto parece indicar que a intuição ou a experiência tenha sido um guia bastante razoável para as decisões de compra. Todavia, a aplicação da fórmula àqueles itens que registraram uma diferença considerável resultou em uma economia substancial de tempo e esforços dedicados pelos compradores às tarefas de encomenda. Além do mais, como subproduto, o estudo em questão revelou informações valiosas devido à determinação dos custos de processamento das encomendas. Estes tipos de informações são particularmente importantes quando se trata de uma empresa que opera com um volume considerável de encomendas especiais.

#### CONCLUSÕES

Um dos problemas mais comuns da administração de cúpula de uma empresa é aquele que surge em face dos conflitos de decisões entre os vários componentes de uma organização. Por exemplo, algumas perguntas que os administradores se fazem freqüentemente são as seguintes: quanto podemos oferecer aos nossos clientes em forma de "serviços prestados" sem prejudicar a nossa disponibilidade financeira aplicável em outras áreas, tais como a promoção? Como podemos reduzir o nosso estoque a um mínimo e, ao mesmo tempo, comprar material em lotes tão grandes que sejamos protegidos pelo futuro surto inflacionário? Os recursos monetários atualmente disponíveis na empresa estão sendo distribuídos entre as diversas atividades da organização de maneira a nos proporcionar um lucro máximo a longo prazo?

É evidente que o empresário que disponha de uma descrição inteiramente satisfatória de cada departamento dispõe também de uma descrição precisa de sua organização total; cabe-lhe apenas combinar as informações individuais. É claro, também, que para se chegar a este ponto, alguns anos de trabalho são necessários.

Compensa isto? Ao que parece, a resposta a esta pergunta pode ser afirmativa, pois alguns trabalhos de pesquisa operacional têm sido realizados, na área de administra-

ção, que contribuíram algo ao processo da tomada de decisões, melhorando consideravelmente a eficiência administrativa.

Dois exemplos que procuram comprovar esta afirmação foram descritos no presente trabalho. Ambos se aplicam a uma área administrativa — o varejo — em que a pesquisa operacional ainda não tem penetrado muito até hoje.

### NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

Muitos casos ilustrativos, em que a PO foi aplicada com sucesso, já fazem parte da literatura sobre o assunto. Em uma bibliografia de 1958 (*"A Bibliography of Operations Research"*, John Wiley Sons, Inc., New York, 1953) acima de 3.000 artigos foram registrados.

Há duas revistas especializadas no campo, "Operational Research Quaterly" da *Operational Research Society of the United Kingdom* e "Management Science", do *Institute of Management Sciences*. Várias outras revistas continuam a publicar trabalhos sobre PO, dentre elas "Harvard Business Review", "Fortune", "Business Week" e "Dun's Review of Modern Industry".

Alguns livros já foram publicados sobre o assunto, dentre eles: Joseph F. McCloskey, Florence N. Trefethen, and John M. Coppinger, *Operations Research for Management*, vols. 1 e 2, The John Hopkins Press, Baltimore, 1954 e 1956; Churchman, Ackoff and Arnoff, *Introduction to OR*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1957.

Um inquérito realizado em 1957 pela "American Management Association" demonstrou que de 631 empresas respondentes a um questionário enviado a 3.000 organizações, 324 (ou 51,3%) utilizavam a pesquisa operacional.