

1.1 O problema

Este trabalho trata da aplicação do Método Analítico de Hierarquias (Saaty, 1977) ao problema de avaliação e seleção de projetos de desenvolvimento de novos produtos. Considera, especialmente, a questão da hierarquização de projetos, propostos em contexto de avaliação e mediação entre exercícios conflitantes das funções de *marketing*, de produção e de pesquisa e desenvolvimento.

As funções de pesquisa e desenvolvimento e de produção guardam uma interdependência conceitual com a função de *marketing*. Essa interdependência é particularmente salientada na concepção e seleção de projetos de desenvolvimento de novos produtos. A coerência na contribuição de cada uma das funções mostra-se vital para que esforços despendidos nesses projetos sejam consoantes com os propósitos maiores da organização.

Este estudo foi realizado em empresa de grande porte, do ramo de lubrificantes, cujo âmbito de operação se estende por todo território nacional, além de outros países. Contudo, foram considerados neste estudo somente projetos pertinentes ao mercado nacional.

1.2 O contexto de aplicação

Em tal empresa, o processo de desenvolvimento de novos produtos tem uma constituição própria que obedece a uma seqüência de sete fases.

Na primeira fase, identificam-se necessidades decorrentes tanto de oportunidades reveladas por segmentos de mercado emergentes no país quanto por problemas vivenciados pela empresa no exterior.

Na segunda fase, levantam-se dados e definem-se projetos. São, principalmente, projetos relativos:

- a) ao desenvolvimento de lubrificantes específicos;
- b) ao aumento de eficácia de lubrificantes já existentes;
- c) à diminuição do grau de dependência de cliente em relação ao competidor;
- d) à pesquisa de novos componentes para redução de custos em determinados produtos.

Na terceira fase, avaliam-se os projetos por meio de uma comissão chamada de "comitê de produtos". Esta comissão é formada por representantes de três setores: venda, técnico-pesquisa e produção. A possibilidade de utilização de uma metodologia mais formal para o estabelecimento de prioridades se fez sentir nesta fase em que se processa a avaliação de projetos.

Verificou-se que uma metodologia capaz de absorver de maneira ordenada o processo de julgamento do pessoal envolvido poderia trazer grandes benefícios à empresa, especialmente se essa metodologia também fosse capaz de eliminar as influências, normalmente percebidas, dos proponentes dos projetos. Portanto, o estudo concentrou-se nesta fase.

As fases seguintes são decorrentes dos resultados obtidos nas três primeiras. A quarta fase é dedicada

1. Introdução;
2. O Método Analítico de Hierarquias;
3. A aplicação da metodologia;
4. Conclusão.

Aplicação do método analítico de hierarquias à seleção de projetos de desenvolvimento de novos produtos

Paulo Cesar Motta

Professor de marketing e estratégia empresarial e diretor do Departamento de Administração, PUC/RJ.

Carlos Alberto Pamplona

Professor de administração de produção, PUC/RJ.

à pesquisa para atendimento de requisitos técnicos, teste de campo, codificação e registro do produto junto a órgãos governamentais. Na quinta fase, envia-se o projeto ao setor de produção para verificação de sua viabilidade operacional. Na sexta fase, fazem-se a consolidação das informações e a análise de viabilidade econômica. Finalmente, na sétima fase, o projeto é submetido à comissão para aprovação final e determinação da data de lançamento do produto.

1.3 Hipótese de trabalho

Ao iniciar-se este estudo, 22 projetos já haviam sido avaliados e selecionados pela própria empresa, segundo os procedimentos tradicionais. Dez projetos foram selecionados e recomendados para serem encaminhados às fases subsequentes.

A empresa concordou que fosse feita uma aplicação do Método Analítico de Hierarquias (MAH) àquelas decisões, mas ressaltou que seu interesse residia na verificação da aplicabilidade da metodologia ao problema de seleção de projetos de novos produtos, e não na revisão das decisões já tomadas. Assim posto, a aplicabilidade do método constituiu uma boa hipótese de trabalho.

1.4 Instrumento metodológico

O Método de Hierarquização, desenvolvido por Saaty (1977, 1980) mostrou-se particularmente aconselhável para o problema em questão, em virtude de a empresa satisfazer algumas particularidades típicas do método, como o julgamento do método pelos integrantes de uma comissão e a consideração simultânea de um conjunto razoável de projetos alternativos, além de favorecer a utilização de uma multiplicidade de critérios.

Tal método caracteriza-se por estruturar problemas complexos em forma hierárquica, sem exigir que dados sofisticados estejam disponíveis. Em geral, a estruturação de problemas por meio de hierarquias ajuda as pessoas a identificarem objetivos relevantes e a serem criativas na geração de linhas de ação. O envolvimento das pessoas força tanto a disciplina quanto o consenso. A hierarquização é uma forma reconhecidamente eficaz de lidar com problemas complexos, fazendo sobressair seus principais componentes.

2. O MÉTODO ANALÍTICO DE HIERARQUIAS

2.1 Características básicas

O MAH é um dos muitos métodos que servem para determinar importâncias relativas em um conjunto de atividades ou critérios. Desenvolvido recentemente por Saaty, o MAH já foi aplicado no Brasil tanto em *marketing* (Motta, 1985) quanto em outras áreas (Fortuna, Luz & Mosse, 1984). Embora Wind e Saaty (1980) tenham de pronto vislumbrado a possibilidade de utilizá-lo em *marketing*, o seu uso neste campo é praticamente desconhecido.

O MAH tem por objetivo produzir um conjunto de pesos para ponderar alternativas – uma questão fundamental nos processos de decisão. Os pesos simbolizam as prioridades para essas alternativas. Ocorre que as alterna-

tivas também são definidas hierarquicamente por meio de diversos níveis, cada um contendo seu próprio conjunto de alternativas. Assim, as alternativas podem ser ordenadas tanto em seu nível quanto em relação a um nível superior. A proposição do MAH reside na formulação de uma escala de pesos para os elementos de um dado nível da hierarquia em relação a cada elemento do nível hierárquico imediatamente superior.

O MAH exhibe algumas características distintivas, sendo que a mais marcante é a capacidade de estruturar hierarquicamente problemas complexos que envolvam muitos critérios, períodos e pessoas. De acordo com a literatura pertinente (Wind & Saaty, 1980), esse método:

- a) ajuda a identificar objetivos relevantes;
- b) induz a análise de critérios ambientais que afetam as decisões;
- c) estimula a criatividade na geração de linhas de conduta;
- d) mostra flexibilidade na assimilação dos valores gerenciais no processo de hierarquização;
- e) mostra flexibilidade para incorporar qualquer tipo de cenário ambiental e qualquer tipo de objetivo;
- f) apóia-se nas percepções dos gerentes envolvidos com o problema;
- g) facilita e disciplina tanto a resolução de conflitos como o alcance de consenso.

2.2 A formação das hierarquias

O MAH envolve a decomposição de um problema complexo em uma hierarquia cujos níveis consistem em grupos de elementos sequencialmente decompostos segundo seu grau de generalidade/especificidade. Nesse estudo, os 22 projetos selecionados pela empresa foram tomados como ponto focal de decisão, ou seja, constituíram o nível mais baixo na hierarquia do problema.

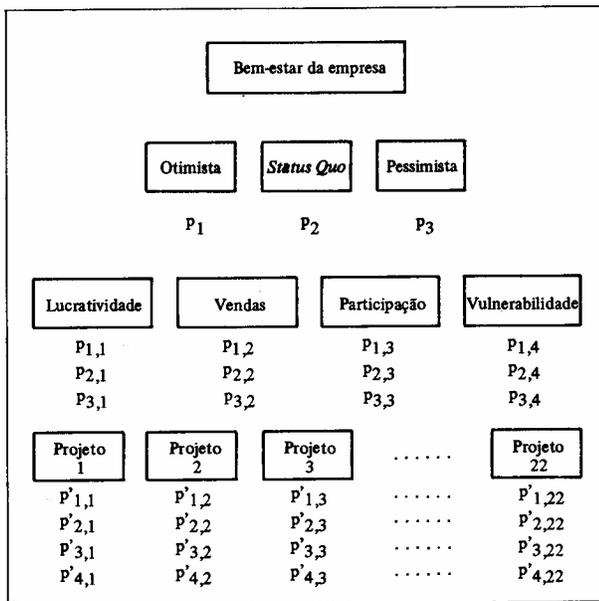
O nível imediatamente superior da hierarquia refletiu os critérios normalmente utilizados, em *marketing*, para o estabelecimento dos objetivos visados por novos produtos. Optou-se por critérios abrangentes, já que os projetos considerados pela empresa admitiam tanto o lançamento de produtos realmente inovadores quanto modificações em características de produtos já existentes. Os critérios escolhidos – parcela ou participação no mercado, crescimento de vendas, lucratividade e vulnerabilidade – foram idênticos aos utilizados no estudo de Wind e Saaty (1980).

Imediatamente acima desses critérios, foram considerados três cenários, representativos das percepções ambientais que afetam a tomada de decisão. Foram eles o pessimismo, *status quo* e otimismo.

Finalmente, acima desses cenários, considerou-se o propósito global do estudo como o bem-estar da empresa. A figura 1 reproduz visualmente a estrutura hierárquica do problema. O nível mais elevado representa o propósito final da decisão. O segundo nível compõe-se dos cenários alternativos em que as decisões foram consideradas.

Cada cenário foi ponderado — pesos p_1 , p_2 e p_3 — segundo as expectativas do grupo decisor.

Figura 1
Representação gráfica da estrutura hierárquica do problema



O terceiro nível compreende os critérios empregados nos julgamentos. A cada critério são atribuídos pesos, levando-se em conta um cenário de cada vez. São pesos p_{ij} , onde $i = 1, 2$ e 3 corresponde aos cenários e $j = 1, 2, 3$ e 4 corresponde aos critérios. Por considerar três cenários, cada critério adquire três pesos, totalizando 12 pesos nesse nível. O último nível engloba os 22 projetos e representa o nível básico de decisão. Cada projeto é avaliado de acordo com cada critério, gerando pesos p'_{jh} ($j = 1, 2, 3$ e 4 ; $h = 1, 2 \dots 21, 22$). Portanto, obtêm-se quatro pesos para cada projeto ou 88 pesos no total.

A multiplicação vertical dos pesos, como se verá adiante, dá origem a um peso para cada projeto. Este peso, que leva em consideração toda a distribuição de pesos ao longo da hierarquia, reflete a posição de ordem do projeto.

Os resultados do MAH contêm pesos tanto para os elementos de cada nível hierárquico quanto para estes em relação ao nível imediatamente superior. Cada elemento do cenário recebe pesos e gera pesos para cada critério. Assim, no nível dos critérios, são três pesos por elemento, um para cada tipo de cenário. E assim por diante, até o nível de projetos.

2.3 A natureza dos julgamentos

Como na prática não se conhecem esses pesos, a proposta do MAH é que sejam estabelecidos por meio de julgamentos realizados por pessoas com experiência e conhecimento relevantes ao problema.

Os julgamentos são, em princípio, qualitativos, embora sejam subsequente incorporados a uma escala. O MAH não exige que haja, por parte de um indivíduo, consistência do tipo cardinal, ou seja, que ele conheça fórmulas e dados específicos sobre os elementos em questão.

A escala é um meio de aproximação da realidade. Embora seja propósito do MAH uma boa aproximação, não existe qualquer tipo de garantia de que esse propósito seja alcançado. O fato de se obter consistência não implica afirmar que uma boa aproximação tenha ocorrido. Todavia, uma boa aproximação exige consistência nos julgamentos.

Na construção da escala, Saaty se pautou pelas experiências psicológicas de Miller (1956), em que o número sete mais ou menos dois é considerado como limite no número de informações que um indivíduo é capaz de processar. Assim, sugeriu diferentes tipos de escala, preferindo, porém, a que vai de 1 a 9.

Essa escala considera, em princípio, somente os valores ímpares, isto é, 1, 3, 5, 7 e 9. O valor 1 serve para demonstrar a identidade entre dois elementos e o valor 9, o maior grau de diferenciação ou dominância de um sobre o outro. Os valores 3, 5 e 7 refletem avaliações intermediárias entre os extremos 1 e 9. Os números pares são reservados para facilitar consenso ou convergência entre julgamentos adjacentes.

Por conseguinte, a atribuição do valor 1 ao resultado da comparação entre dois projetos traduz a idéia de identidade ou semelhança entre eles. A atribuição do valor 9 denota a maior diferença ou superioridade máxima de um sobre o outro. Como a própria figura 1 indica, cada peso resulta da comparação de um par. Para se chegar a esses pesos, procede-se à comparação de todos os pares relevantes:

- entre cenários;
- entre critérios por cenário; e
- entre projetos por critério.

2.4 Matriz de julgamentos

Portanto, a determinação dos pesos se origina na construção de matrizes de comparação por pares. Cada matriz é composta de entradas que medem o grau de domínio de um elemento sobre o outro de um mesmo nível, com respeito ao elemento de nível superior, que serve de base de comparação. O grau de domínio é explicitado pelo valor da escala, conforme explicação anterior.

Quadro 1
Modelo de matriz de julgamentos
Base: cenário otimista

	LC	VD	PR	VL
LC	1	1/3	.	9
VD	3	1	.	.
PR	.	.	1	.
VL	1/9	.	.	1

((LC-lucratividade, DV-vendas, PR-parcela, e VL-vulnerabilidade)

Qualquer matriz de comparação é apresentada como no exemplo do quadro 1. Tendo como base o cenário otimista, compõe-se para cada elemento do nível dos critérios.

Em cada posição da diagonal da matriz, entra-se com o valor 1, visto que todo critério é idêntico a si mesmo. No lado superior à diagonal, entra-se com os julgamentos ou avaliações. São ao todo seis avaliações. Se a lucratividade for julgada extremamente mais importante do que a vulnerabilidade, a posição correspondente será preenchida com o valor 9, conforme indica o quadro 1. Logicamente, a posição transposta será preenchida com o valor recíproco, ou seja, 1/9. O valor três na matriz indica que o critério vendas é julgado ligeiramente superior ao critério lucratividade. Opostamente, o critério lucratividade é julgado ligeiramente inferior ao critério vendas, o que é demonstrado pelo valor 1/3 na posição transposta de 3.

Procede-se dessa maneira até preencher-se toda a matriz. A posição superior à diagonal deverá indicar os valores dos julgamentos, e a posição inferior, os valores recíprocos, mantendo-se a postura de partir sempre das posições de linha para efetuar as comparações, ao longo das colunas.

2.5 O problema do MAH

O problema geral do MAH pode ser estruturado da seguinte forma. Se p_i , onde $i=1, 2, \dots, n$ (n é o número de elementos), representar pesos que reflitam o grau de domínio entre esses elementos e E_i representar um desses elementos, pode-se ter uma matriz E como no quadro 2.

Quadro 2
Modelo de matriz de pesos

		E	E	...	E	
		1	2		n	
E	:	p/p	p/p	...	p/p	:
1		1/1	1/2		1/n	
	:					:
E	:	p/p	p/p	...	p/p	:
2		2/1	2/2		2/n	
E =	:					:
:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:
	:					:
E	:	p/p	p/p	...	p/p	:
n		n/1	n/2		n/n	
	:					:

Todas as posições da matriz são constituídas de números positivos. Como cada posição i, j é o inverso da j, i , a matriz é recíproca. Se a matriz for multiplicada pelo transposto do vetor (p_1, p_2, \dots, p_n) , obtém-se um novo vetor np , isto é:

$$Ep = np.$$

O problema do MAH reside exatamente em descobrir os valores de p . Donde o problema que se tem para resolver:

$$(E - nI)p = 0$$

Se, e somente se, n for uma raiz da equação característica de E , a solução não será nula, ou, seja, se n for um autovalor de E . A ordem da matriz é um, porque cada linha é um múltiplo da primeira. Assim, todos os autovalores da matriz E são nulos, exceto um.

Como se sabe, sendo

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = \text{traço}(E) = \text{soma das posições diagonais} = n,$$

onde λ_i representa o autovalor, tem-se que somente o maior autovalor é igual a n e os demais são iguais a zero. Isto faz com que n seja o maior autovalor de E , donde o problema a ser resolvido:

$$Ep = \lambda_{\text{máx}} p$$

Nesse sentido, a formulação do problema se resume na determinação do autovalor dominante de uma matriz e de seu autovalor associado.

O teorema de Perron-Frobenius (Saaty, 1977) garante a existência de um autovalor dominante, real, positivo e único para matrizes cujos elementos sejam positivos. O vetor associado ao autovalor dominante é o vetor de pesos. Nas aplicações do MAH, este vetor é usualmente normalizado de tal forma que a soma de seus elementos seja 1.

Após a construção de todas as matrizes que a hierarquia exigir, os vetores dos pesos em qualquer nível serão representados pelas colunas da matriz gerada para aquele nível. Multiplicando-se, à direita, a matriz de pesos de um determinado nível pelo vetor ou matriz de pesos do nível superior, obtém-se um vetor ou matriz de prioridades relativas dos elementos do nível inferior, que representa uma ordenação geral de contribuição ao propósito mais elevado da hierarquia.

2.6 A questão de consistência

Na prática, não se obtém os pesos p_i diretamente, mas indiretamente, através de julgamentos qualitativos. A matriz que se obtém não é necessariamente idêntica à matriz E , mas uma estimativa dela.

Mas, ao considerar valores estimados dos pesos, haverá, logicamente, perturbações no autovalor dominante da matriz E . Saaty sugere, por essa razão, que se calcule um índice de consistência, que meça o grau de distanciamento entre $\lambda_{\text{máx}}$ e n . Como se sabe que $\lambda_{\text{máx}}$ é sempre maior do que n para matrizes recíprocas, a medida proposta para esse índice é:

$$(\lambda_{\text{máx}} - n) / (n - 1)$$

e a consistência só é obtida se, e somente se, $\lambda_{\text{máx}} = n$.

A inconsistência no caso do MAH transcende o princípio da transitividade, mas pode ser admitida desde que se examinem seus efeitos sobre os resultados (Wind & Saaty, 1980). Saaty (1977) apresenta um quadro de médias de índices de consistência para diversos tipos de escala de mensuração e ordem de matrizes, gerados aleatoriamente através de amostragem. Calculando-se o índice de consistência de uma matriz de julgamentos e dividin-

do-o pelo índice do quadro proposto, deve-se obter um valor igual ou inferior a 10% para a consistência ser considerada boa.

3. A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

3.1 Etapas da aplicação

A aplicação da metodologia foi conduzida em três etapas. Em primeiro lugar, organizaram-se reuniões preparatórias com o "comitê de produtos" envolvido no processo de julgamento.

Em segundo lugar, foram estabelecidos os níveis de hierarquia e definidos seus elementos. Os dois primeiros níveis se pautaram na estrutura já apresentada na figura 1.

O quarto nível da hierarquia foi redefinido a fim de agrupar os projetos, segundo a orientação adotada pela empresa. Isto se justificou porque o quadro de recursos humanos da área técnica é fixo e especializado, sendo grande a dificuldade de ampliá-lo a curto prazo. Os projetos foram distribuídos em quatro grupos: projetos de atendimento à especificação do cliente, projetos de equivalência a competidores, projetos de desenvolvimento de produtos mais competitivos e outros novos produtos. Portanto, nesse nível ficaram os 22 projetos, alocados a seus respectivos grupos, fazendo supor que os grupos assumissem pesos iguais.

Na terceira etapa, os participantes foram reunidos para efetuar os julgamentos. Todas as informações relevantes foram apresentadas, inclusive planilhas adequadas aos registros das avaliações. Os julgamentos foram feitos por consenso de grupo.

Estabeleceram-se algumas premissas sobre a experiência passada da empresa com diferentes projetos, realçando razões de sucesso e de fracasso, o que facilitou a homogeneização de visão dos problemas e o alcance de consenso.

3.2 Resultados

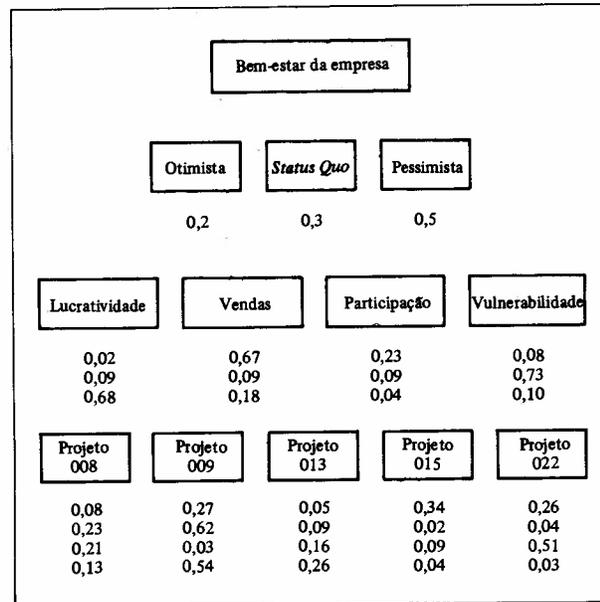
Dirigiu-se o primeiro esforço de julgamento para a fixação de probabilidades de ocorrência dos cenários ambientais, chegando-se aos seguintes valores: otimista, 0,2; *status quo*, 0,3; e pessimista, 0,5.

Em seguida, efetivou-se a comparação dos elementos do segundo nível com cada cenário do primeiro, formando-se, assim, três matrizes, segundo procedimento explicado anteriormente.

A seguir, desenvolveu-se a comparação entre os projetos. Por estarem divididos em grupos, o passo seguinte deveria ter sido a avaliação dos grupos. Contudo, em virtude dos critérios empregados para o agrupamento, presumiu-se que os grupos não afetariam a decisão final e não teriam, portanto, efeitos sobre a ponderação. Compararam-se os projetos entre si de acordo com o grupo a que pertenciam.

Uma vez concluídas a formulação e o processamento dos dados de todas as matrizes envolvidas, obtiveram-se os pesos da estrutura da hierarquia, conforme previsto na figura 1 e reproduzido na figura 2. Pode-se notar a articulação hierárquica e as ponderações de cada elemento.

Figura 2



Ao nível inferior, aparecem somente os projetos do Grupo 4, referente a outros novos produtos.

O vetor de pesos para a hierarquização completa é obtido pela multiplicação de uma matriz formada pelos autovetores de um nível pelo transposto do vetor do nível imediatamente superior. A hierarquização dos projetos, combinando o próprio nível dos projetos com o nível dos critérios, ficou expressa para o Grupo 4 da seguinte forma:

Projeto	008	009	013	015	022
Peso	0,14	0,41	0,13	0,15	0,16

Como o objetivo primordial foi o de testar a viabilidade da metodologia como forma de substituir o sistema tradicional de decisão, não foram desenvolvidos esforços para melhorar alguns índices de consistência, tornando-se esta a principal limitação do estudo.

4. CONCLUSÃO

Apesar de a seleção dos 10 projetos já ter sido feita pela empresa, e mesmo tendo obtido alguns níveis indesejáveis de consistência nas matrizes de julgamento, a empresa resolveu comparar os resultados produzidos pelo método tradicional com os resultados gerados pelo MAH. Notou-se que sete projetos coincidiam e três divergiam.

A divergência detectada provocou um reexame, por parte da empresa, dos projetos divergentes. Nova avaliação foi efetuada. Esta reavaliação concluiu que dois projetos apontados como prioritários pelo MAH mereciam ser contemplados para investimento. A decisão final foi revista. Dois projetos selecionados pelo processo tradicional foram abandonados e substituídos por aqueles indicados pela aplicação do MAH.

Para os gerentes envolvidos no teste, o MAH mostrou-se útil ao processo de seleção de projetos de desenvolvimento de novos produtos. Tanto que a hipótese inicial do trabalho foi confirmada pela empresa, que passou

a adotar o MAH formalmente em muitas decisões gerenciais.

Miller, G. A. The magical number seven plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63:81-97, 1956.

Motta, Paulo Cesar. A seleção de candidatos como questão de marketing político: uma ilustração com pretendentes à Prefeitura do Rio de Janeiro pelo PMDB. *Anais da IX Reunião Anual da ANPAD*, Santa Catarina, Ed. da Universidade Federal de Santa Catarina, 1985. p. 249-54.

Saaty, Thomas. Scaling methods for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15: 234-81, 1977.

———. *The analytic hierarchy process*. New York, McGraw-Hill, 1980.

Wind, Yoram & Saaty, Thomas. Marketing applications of the analytic hierarchy process. *Management Science*, 26(7): 641-57, 1980.

BIBLIOGRAFIA

Fortuna, V.; Luz, V. & Mosse, A. — Aplicação de método de ordenação de prioridades no planejamento de P & D do Exército. *Revista de Administração*, São Paulo, Edusp, 19(1): 29-37, 1984.

Como introduzir o profissional no complexo labirinto das técnicas de arquivo

**Arquivo:
Teoria e prática**
MARILENA LEITE PAES
162 págs. — 1986 —

Obra didática que, além de modelos e exemplos ilustrativos, inclui bibliografia, legislação sobre a matéria e exercícios seguidos de respostas, que habilitam o leitor a avaliar sua aprendizagem. Atende-se, assim, às inúmeras solicitações de alunos de cursos de Arquivologia, Biblioteconomia e Documentação bem como de empresas, instituições técnicas e culturais e pessoas interessadas em adquirir ou ampliar seus conhecimentos sobre teoria e prática arquivísticas.

Pedidos mediante envio antecipado de cheque nominal à FGV, pagável na praça do Rio de Janeiro, ou pelo serviço de Reembolso Postal.

À FGV/Editora/Divisão de Vendas ARQUIVO
Caixa Postal 9.052
20000 — Rio de Janeiro — RJ
 Reembolso Postal
 Cheque n.º _____ Banco _____

Nome _____
Endereço _____
CEP _____ Cidade _____ Estado _____

Assinatura