APÊNDICE A

"*A objetividade é o acordo da subjetividade*"

Thomas L. Saaty

O Método AHP - Análise Hierárquica de Processos

Fonte: (Saaty, 1991)

De acordo com Thomas L. Saaty (Saaty, 1991), quando pensamos, identificamos objetos ou idéias e também sua inter-relação. Quando identificamos alguma coisa, decompomos a complexidade encontrada. Quando descobrimos relações, sintetizamos. Esse é o processo fundamental da percepção: decomposição e síntese, que é o fundamento do método AHP desenvolvido pelo Prof. Saaty, como ficou conhecido.

Trata-se de uma proposta ousada, baseada em metodologia, procura definir valores sociais da complexa sociedade.

1. O Método:

Suponha que "n" atividades estejam sendo consideradas por um grupo de pessoas interessadas e que os objetivos do grupo sejam:

1. Desenvolver julgamento sobre a importância relativa dessas atividades;

2. Assegurar que os julgamentos sejam quantificados de modo que permitam uma interpretação quantitativa dos julgamentos entre todas as atividades. Obviamente, o objetivo 2 requererá assistência técnica adequada.

O objetivo é descrever um método de derivação a partir dos julgamentos quantificados do grupo (isto é, a partir dos valores relativos associados aos pares de atividades), um conjunto de pesos que será associado a atividades individuais, conforme a seguir. Esses termos deverão refletir os julgamentos quantificados do grupo. Essa abordagem pretende tornar a informação resultante de (1) e de (2) utilizável sem omitir as informações contidas nos julgamentos qualitativos.

O conjunto de atividades será C_1, C_2, ..., C_n. Os julgamentos quantificados dos pares de atividades C_i, C_j são representados por uma matriz n-por-n.

Os elementos aij são definidos pelas seguintes regras:

Regra 1: Se $a_{ij} =$, então $a_{ij} = 1/\alpha$, α diferente de 0.

Regra 2: Se C_i é julgado como de igual importância relativa a C_j, então $a_{ij} = 1$, $a_{ji} = 1$; e em particular, $a_{ii} = 1$ para todo $_i$.

Assim, a matriz A terá a seguinte forma:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \ldots & a_{2n} \\ . & . & \ldots & . \\ 1/a_{1n} & & \ldots & 1 \end{bmatrix}$$

Sendo os julgamentos registrados e quantificados em partes (C_i, C_j), como elementos numéricos a_{ij} na matriz A, o problema agora é designar para n contingências C_1, C_2, ..., C_n um conjunto de pesos numéricos w_1, w_2, ..., w_n que refletirão nos julgamentos registrados.

Para tanto, o problema formulado vagamente deverá ser transformado num problema matematicamente preciso.

Esta etapa essencial e aparentemente benéfica é a mais crucial em qualquer problema que requeira a representação de uma situação da vida real em termos de uma estrutura matemática abstrata. É particularmente crucial no problema presente, onde a representação envolve um número de transições que não são imediatamente discerníveis. Assim, parece desejável ao presente problema identificar as etapas maiores no processo de representação, e tornar cada uma dessas etapas a mais explícita possível, a fim de capacitar o usuário potencial a formar seu próprio julgamento sobre o significado e o valor do método em relação ao seu problema e ao seu objetivo.

A questão maior está ligada ao significado de uma condição formulada vagamente na descrição do objetivo. "Estes pesos deverão refletir os julgamentos quantificados do grupo." Isto cria a necessidade de descrever, em termos aritméticos precisos, como os pesos w, deverão relacionar-se com os julgamentos aii. Em outras palavras, o problema de especificar corretamente as condições que se deseja impor aos pesos que se procura para definir seus valores em relação aos julgamentos obtidos. A descrição desejada deve ser desenvolvida em 3 etapas, partindo-se do caso especial mais simples para o mais geral.

Etapa 1: Suponha primeiro que os "julgamentos" sejam meramente o resultado de medidas físicas precisas. Os juizes receberão um conjunto de objetos C_1, C_2, ..., C_n e uma balança de precisão.

Para comparar C_1 com C_2, eles colocarão C_1 em uma balança a lerão seu peso por exemplo, $w_1 = 305$ gramas. Então, pesarão C_2 e encontrarão $w_2 = 244$ gramas. Dividindo w_1, por w_2, encontrarão 1.25. Concluirão seu julgamento, "C_1 a 1.25 vezes mais pesado que C_2", registrando-o como $a_{12} = 1.25$. Assim. neste caso ideal de medida exata, as relações entre os pesos w_1 e os julgamentos a_{ij} são simplesmente dadas por:

$$w_i/w_j \quad = a_{ij} \quad \text{(para i, j = 1, 2, ..., n)}$$

$$A = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ . & . & \cdots & . \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix}$$

Entretanto, seria irrealístico querer que estas relações significassem o caso geral. Imposição destas relações restritas tomaria insolúvel, na maioria dos casos práticos, o problema de encontrar w_1 (quando a_{ij} são dados), uma vez que mesmo medidas físicas nunca são exatas em seu sentido matemático, daí a necessidade de uma tolerância para desvios; a ainda porque em julgamentos humanos, estes desvios são consideravelmente maiores.

Etapa 2: Para permitir margem de desvios deve-se considerar a linha de ordem "i" da matriz A.

Os elementos naquela linha são: a_{i1}, a_{i2}, . . ., a_{ij}, . . ., a_{in}

No caso ideal (exato), esses valores são os mesmos das razões:

$$\frac{w_i}{w_1}, \frac{w_i}{w_2}, \ldots \frac{w_i}{w_i}, \ldots \frac{w_i}{w_n}$$

Então, no caso ideal, se multiplicar o primeiro elemento daquela linha por w_1, o segundo elemento por w_2, e assim por diante, obter-se-á:

$$\frac{w_i}{w_1} w_1 = wi, \frac{w_i}{w_2} w_2 = w_i, \ldots \frac{w_i}{w_j} w_j = w_i, \ldots \frac{w_i}{w_n} w_n = w_i$$

O resultado é uma linha de elementos idênticos,

w_i, $w_{i,}$ . . . w_i

onde, de um modo geral, obter-se-á uma linha de elementos que representaria o espelhamento estatístico dos valores em torno de w_i. Parece, assim, válido esperar que w_i seja igual à média desses valores. Conseqüentemente, em vez das relações do caso ideal (1-1),

$$w_i = a_{ij}\, w_j \; (i,\ j = 1, 2, ..., n)$$

as relações mais realísticas para o caso geral assumem a seguinte fórmula (para cada $_i$ definido)

$$w_i = \text{média de } (a_{i1}w_1,\ a_{i2}w_2, \ldots, a_{in}w_n)$$

Mais explicitamente:

$$wi = 1/n \sum_{j=1}^{n} a_{ij} w_j \qquad i = 1,2,....,n$$

Embora as relações em (1-2) representem uma flexibilidade substancial das relações mais restritas (1-1), ainda permanece a questão: é essa flexibilidade suficiente para assegurar a existência de soluções? Ou seja, pode-se assegurar que o problema de encontrar pesos únicos w_i, quando os valores de a_{ij} são dados, possui solução?

Etapa 3: Para procurarmos a resposta para a questão essencialmente matemática descrita acima, é necessário expressar as relações de (1-2) numa outra forma ainda mais simples. Para tal, precisará sintetizar a linha de raciocínio que se desenvolveu até aqui. Ao procurar um conjunto de condições para descrever como o vetor peso w deveria relacionar-se com os julgamentos quantificados, considerar-se-á primeiramente o caso ideal (exato) descrito na etapa 1 e que gerou as relações (1-1).

Depois, conclui-se que uma situação real requereria flexibilidade para desvios dos valores teóricos ideais (exatos), providenciar a flexibilidade para tais desvios na etapa 2, o que leva à formulação das equações (1-2).

Entretanto, verificamos que esta condição ainda não é suficientemente realista, isto é, (1-2) que atende ao caso ideal; ainda é restrita para assegurar a existência de um vetor peso w que venha satisfazer realmente (1-2). Nota-se que, para estimativas aceitáveis, a_{ij} tende a fixar próximo de w_i/w_j e assim causar uma perturbação pequena nesta razão. À medida que a_{ij} é modificado, percebe-se que há uma solução correspondente de (1-2), (isto é, w_i e w_j podem ser modificados para acomodar esta variação em a_{ij} partindo-se do caso ideal), se n também sofrer modificações. Representa-se esse valor de n para $\lambda_{máx.}$ Assim, o problema

$$wi = 1/\lambda_{\max} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} w_j \qquad (i = 1,2,.....,n)$$

terá uma solução que também será única. Esse é o tão conhecido problema de autovalor.

Em geral, desvios em a_{ij} podem levar a grandes desvios tanto em $\lambda_{máx}$ como em w_i, i = 1, ..., n. Entretanto, este não é o caso para uma matriz recíproca que satisfaça às regras 1 e 2. Neste caso, a solução é estável.

1.1 - Relação de Consistência:

Considere os elementos C_1, ..., C_n de algum nível em uma hierarquia. Quer-se encontrar seus pesos de influência, w_1, ..., w_n, sobre algum elemento no próximo nível. A ferramenta básica é uma matriz de números, representando o julgamento de comparações paritárias. Pode-se mostrar por que o autovetor com o maior autovalor é escolhido para definir as prioridades.

Denomina-se a_{ij} o número que indica a importância de C_i quando comparado com C_j. A matriz desses números é chamada A, onde A = (a_{ij}).

Como observado antes, $a_{ij} = 1/a_{ij}$, isto é, a matriz A é recíproca. Se o julgamento for perfeito em todas as comparações, então $a_{ik} = a_{ij} . a_{jk}$ para qualquer i, j, k, e chama-se essa matriz de consistente.

Um caso óbvio de matriz consistente é aquele no qual as comparações são baseadas em medidas exatas, isto é, os pesos $w_1, . . ., w_n$ já são conhecidos. Então:

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} i, j = 1,...,n$$

E então:

$$a_{ij}.a_{ik} = \frac{w_i}{w_j} . \frac{w_i}{w_k} = \frac{w_i}{w_k} = a_{ik}$$

Também,

$$a_{ji} = \frac{wj}{wi} = \frac{1}{w_i / w_j} = \frac{1}{a_{ij}}$$

Em um caso prático, a_{ij} são valores baseados não em medidas exatas, mas em julgamentos subjetivos. Então, os valores a_{ij} irão desviar-se das razões "ideais" w_i/w_j e, portanto, a equação (2-2) não mais será válida. Dois axiomas de teoria matricial vêm em auxílio.

O primeiro é o seguinte:

Se $\lambda_1, . . ., \lambda_n$ são os números que satisfazem a equação:

$Ax = \lambda x$

Isto é, são autovalores de A, e se $a_{ij} = 1$ para todo i, então:

$$\sum_{i=1}^{n} \lambda_i = n \text{ i}$$

Portanto, se (2-2) é válida, então, todos os autovalores são zero, exceto um, que é n. Claramente, então, no caso consistente, n será o maior autovalor de A.

O segundo fato importante é que se variar os elementos a_{ij} de uma matriz recíproca positiva A por pequenos valores, então os autovalores também variarão por pequenas quantidades.

Combinando esses resultados, encontra-se que, se o a diagonal da matriz A consistir em números em ($a_{ij} = 1$), e se A for consistente, pequenas variações de a_{ij} manterão o maior autovalor, λ_{max}, próximo de n, e os autovalores restantes próximos de zero.

Portanto, se A for a matriz de valores comparados paritariamente, a fim de encontrar o vetor prioridade, há de se encontrar o vetor w que satisfaça a equação:

$$Aw = \lambda_{max}\, w$$

Como é desejável ter uma solução normalizada, altera-se w um pouco, fazendo:

$$\alpha = \sum_{i=1}^{n} w_i$$

e substituindo w por $(1/\alpha)$ w. Isso assegura uma solução única também que:

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

Observa-se que uma vez que pequenas variações em a_{ij} implicam uma pequena variação em λ_{max} . O desvio deste último a partir de n é uma medida de consistência. Isso permite avaliar a proximidade da escala já desenvolvida e de uma escala de razões que se quer estimar. Então:

$$\frac{\lambda_{\max -} n}{n-1}$$

que é denominado o índice de consistência, o indicador de "proximidade da consistência". Em geral, se esse número for menor que 0,1, pode-se ficar satisfeito com o julgamento.

2 - Racionalidade do número 9 como limite superior

Existem várias razões para se estabelecer um limite superior de escala.

1. As distinções qualitativas são significativas na prática e têm uma característica de precisão, quando os itens comparados apresentam a mesma ordem de magnitude ou estão próximos com relação à propriedade usada para fazer a comparação.
2. Nota-se que a habilidade para fazer distinções qualitativas é bem representada por cinco atributos: igual, fraco, forte, muito forte e absoluto. Pode-se estabelecer compromissos entre atributos adjacentes quando uma precisão maior for necessária. A totalidade requererá 9 valores e eles podem ser consecutivos - a escala resultante seria, então, validada na prática.
3. Com a finalidade de reforçar (2), um método prático freqüentemente usado para avaliar itens tem sido a classificação de estímulos de sentimentos: rejeição, indiferença, aceitação. Para melhor classificação, cada um destes será dividido em uma tricotomia: baixo, médio e alto. Yoram Wind, ressaltou que estudos de marketing conduzidos por um colega comum, Paul Green, mostraram que não são necessários mais do que 7 pontos na escala para distinguir entre estímulos. Assim, não é preciso passar de 9.
4. Limite psicológico de 7 $\pm$ 2 itens em uma comparação simultânea sugere que se tomarmos mais que 7 + 2 itens satisfazendo a descrição

sob (1), e se eles diferirem entre si levemente, precisaria de 9 pontos para distinguir essas diferenças.

Quadro A1

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para os objetivos.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem uma atividade levemente em relação a outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem uma atividade fortemente em relação a outra.
7	Importância absoluta	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação a outra e pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação a outra com o mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários entre valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.
Recíprocos dos valores acima de zero	Se a atividade i recebe uma das designações diferentes de zero, comparada com j, então j tem o valor recíproco quando comparada com i.	Uma designação razoável.

Fonte: Saaty (1991)

APÊNDICE B

Sobre o Software *Expert Choice*

Desde 1983 o software Expert Choice tem ajudado diversas organizações na tomada de decisões de negócios ao redor do mundo. Está baseado no modelo denominado AHP - Análise Hierárquica de Processo, desenvolvido por Thomas L. Saaty na Universidade de Pennsylvania, Wharton School of Business nos anos setenta. Saaty aplicou o AHP para o Departamento de Estado Norte-americano em consultoria em decisão e em dúzias de corporações e agências, tais como o Departamento Norte-americano de Defesa, Força Aérea Norte-americana, Xerox, Boeing, Merck, General Eletric, Conoco Oil e os governos do Canadá, África do Sul, Cingapura, Indonésia, China, Irã, Argentina, Egito e Kuwait.

No década de 80, Ernest Forman, da *George* Washington University desenvolveu o *Expert Choice* adaptando AHP para uso com *PCs (personal computers*). *Expert Choice* foi usado em uma variedade de decisões críticas ainda nos anos oitenta para organizações como IBM, Xerox e Rockwell International. Estes e outras organizações usaram esse software para fazer planejamento estratégico, ordenação de projeto, distribuição de recurso, e seleção de vendedor de tecnologia.

Em 1990 *Expert Choice*, enquanto organização, estabeleceu uma sociedade estratégica e acordo de licença com o Gartner Group que é um dos maiores centros de pesquisas em TI do mundo. O sucesso *do Expert Choice* foi significativo que hoje se tornou um dos "*core service*" do Gartner Group.

Expert Choice também participou do desenvolvimento da capacidade de apoio de decisão na aquisição de dois centros de excelência para a Marinha Norte-americana e a *Intelligence Community*. A aplicação era usada também nas agências como o FAA, VA, HUD, GSA, e a Força Aérea em alocar orçamentos entre projetos de investimento.

Hoje, o EC é usado para alocar mais de US$ 30 bilhões ao ano para o agências governamentais e comerciais ao redor do mundo. A aplicação foi adaptada agora para uso na Internet, permitindo maior eficiência na tomada de decisão, permitindo aos usuários a darem contribuição crítica em qualquer lugar ao redor do mundo, o software elimina a necessidade por viagem de negócio desnecessária e reuniões em excesso (ver www.expertchoice.com).

APÊNDICE C

Definição de Abreviações e Siglas

AHP - *Analytic Hierarchy Process*
ALMOX - Almoxarifado
ATM - *Automated Teller Machine*
BB - Banco do Brasil
BC - Banco Central do Brasil
BSC - *Balance Scorecard*
BSP - *Business Systems Planning*
CADINF - Cadastro de Informações do Setor Financeiro
CDA - Sistema de Controle de Despesas Administrativas
CDR - *Call Detail Record*
CEO - *Chief Executive Officer*
CIO - *Chief Information Officer*
CME - Sistema de Controle de Materiais de Expediente
CMN - Conselho Monetário Nacional
CMS - Sistema de Compras e Contratação de Bens, Materiais e Serviços
CPD - *Central Prossessing Data*
CPU - *Central Prossessing Unit*
CVM - Comissão de Valores Mobiliários
DDR - *Data Detail Record*
DEORF - Departamento de Organização do Sistema Financeiro
e-commerce - Comércio Eletrônico
DEREG - Depósito Regional
DIMAT - Divisão de Materiais
DINFE - Diretoria de Infra-Estrutura
DITEC - Diretoria de Tecnologia e Infra-Estrutura
EC - *Expert Choice*
EDPP - *Eletronic Billing Presentation and Payment*
EI - Engenharia da Informação
EIS - *Executive Information System*
EM - *Enterprise Modeling*

EO - Unidade Estratégia e Organização
ERP - *Enterprise Resource Planning*
FCS - Fator crítico de sucesso
FED - *Federal Reserve* (Banco Central dos Estados Unidos
FEBRABAN - Federação Brasileira de Associações de Bancos
FGV - Fundação Getúlio Vargas
GECAF - Gerência de Administração de Dados, Canais, Ferramentas e Apoio ao Desenvolvimento
GECON - Gerência de Relacionamento com as Unidades, Controle e Segurança em TI
GERAD - Gerência de Bases Corporativas
GEPRO - Gerência de Controle do Processamento de Informações
GERIE - Gerência Regional de Infra-Estrutura
GESIS I - Gerência de Desenvolvimento Aplicativos I
GESIS II - Gerência de Desenvolvimento Aplicativos II
GESIS III - Gerência de Desenvolvimento Aplicativos III
GESIS IV - Gerência de Desenvolvimento Aplicativos IV
GESUP - Gerência de Suprimentos
GETEX - Gerências no Exterior
GETEC - Gerência de Soluções de Infra-estrutura em TI
GME - Sistema de Gestão de Material de Expediente
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBM - *Industrial Business Machines*
IT - *Information Technology*
LIC - Livro de Instruções Circulares
LPM - Livro de Padronização de Materiais
LSI - *Large Scale Integration*
Mainframe - Computador central de grande porte
MAVE TI - Modelo para Avaliação da Eficácia da TI
MBA - *Master Business Administration*
MIPS - Milhões de Instruções por Segundo
PAB - Posto de Atendimento Bancário
PAE - Posto de Atendimento Eletrônico
PAI - Projeto de Arquitetura da Informação
PC - *Personal Computer*
PDI - Plano Diretor de Informática
PGRC - Projeto Gestão e Racionalização de Custos
PIB - Produto Interno Bruto
PROER - Programa de Estímulo à Reestruturação do Sistema Financeiro Nacional
PROES - Programa de Incentivo à Redução do Setor Público Estadual na Atividade Bancária
RU - Gerente de Relações com Unidades
SI - Sistema de Informação
SISBB - Sistema de Informação do Banco do Brasil
SFN - Sistema Financeiro Nacional

TAA - Terminal de Auto-Atendimento
TELECOM - Telecomunicações
TI - Tecnologia da Informação
UF - Unidade Federativa
WAP - *Wireless Application Protocol*