

# Administração das operações de telecomunicação

## Uma análise de decisão

por Fernando Cardoso, Luiz Gomes e Moacir Junior

A Telemar, após o término do Plano de Antecipação de Metas da Anatel em 2001, deparou-se com problemas que poderão vir a causar problemas futuros na sua operação. Objetivando a melhoria contínua na administração de suas operações, a empresa tem buscado resolver tais problemas, antecipando suas soluções de forma a maximizar a qualidade do serviço de telecomunicação prestado. Um exemplo de tais problemas é a sobreposição de rede, para o qual propôs-se duas soluções: o remanejamento de Unidade Remota de Acesso (URAs) ou a instalação de centrais de cabos com Estágios de Linha Remota (ERL), ambos implicando na retirada de algumas URAs das áreas em estudo. Este estudo apresenta a análise objetivando a decisão a ser tomada a partir dessas duas alternativas. Em tal análise, fez-se uso de dados empíricos da Telemar e utilizou-se os métodos Macbeth e AHP. A análise de decisão assim realizada mostrou que a solução por ERL é a melhor. Um estudo comparativo entre os usos dos dois métodos analíticos de apoio à decisão conduziu a uma aprendizagem considerada muito relevante para futuros processos decisórios similares na Telemar.

**Palavras-chave:** Análise Multi-Critério de Decisão, Macbeth, Analytic Hierarchy Process

Em 1998, o Ministério das Comunicações do Brasil decidiu dividir a Empresa Brasileira de Telecomunicações (Telebrás) em doze companhias: três *holdings* das concessionárias regionais de telefonia fixa, uma *holding* da operadora de longa distância e oito *holdings* das concessionárias da telefonia móvel Banda A. A maior delas

### Fernando José Peçanha Cardoso

Mestre em Administração e Pesquisador Associado ao Ibmecc, Rio de Janeiro, Brasil.  
E-mail: fjpccard@terra.com.br

### Luiz Flavio Autran Monteiro Gomes

Doutorado em Filosofia, Professor Titular, Coordenador de Pesquisa e Coordenador do Mestrado em Administração do Ibmecc, Rio de Janeiro, Brasil.  
E-mail: autran@ibmeccj.br

### Moacir Sanglard Junior

Mestre em Administração e Pesquisador Associado ao Ibmecc, Rio de Janeiro, Brasil.  
E-mail: moacir.sanglard@intelig.net.br

Recebido em Janeiro de 2003 e aceite em Abril de 2003.



era a Tele Norte Leste, transformada em Telemar em Abril de 1999. A Telemar é hoje a maior empresa de telecomunicações do Brasil em faturamento e em número de telefones instalados. Com larga experiência em serviços de telefonia fixa local e de longa distância, disponibilizando serviços para Internet, transmissão de dados e imagens e videoconferência, entre outros. O seu maior objetivo é oferecer o que há de mais moderno em telecomunicações, superando os níveis de exigência dos clientes e do mercado. Os estados que integram a área de atuação original da Telemar respondem por 64% do território brasileiro. Além disso, geram mais de 300 bilhões/mil milhões de dólares do Produto Interno Bruto e abrigam 87 milhões de pessoas, o que representa mais da metade da população brasileira.

A privatização da antiga Telebrás impôs algumas regras às empresas que passaram a atuar no mercado de telecomuni-



cações no Brasil - foi estabelecido o plano geral de metas para a universalização, que estabelece as obrigações das operadoras de telefonia fixa até 2005, referentes a instalação de terminais públicos e privados. Somente com o cumprimento dessas regras, as empresas terão autorização para atuar fora de sua área de concessão. Por determinação da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) do Brasil, as operadoras que atingissem, até o fim do ano de 2001, as metas de universalização traçadas até 2003, poderiam competir em todos os mercados a partir do 1º de Janeiro de 2002.

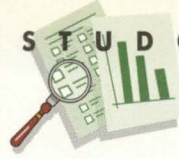
**Em apenas um ano, a Telemar mudou a rotina de milhares e milhares de pessoas, realizando obras em mais de 10 mil localidades. Aproximadamente 3.500 localidades, atualmente isoladas, ganharam telefones públicos. Assim, 1.400 delas tiveram novos terminais individuais. Além disso, cerca de 3.700 regiões, que tinham apenas telefones públicos, agora têm acesso a linhas individuais.**

Com o Programa de Antecipação de Metas, a Telemar conseguiu, em 2001, realizar todas as metas traçadas pela Anatel, antecipando as metas fixadas para 2003. Foi um desafio contra o tempo. Em apenas um ano, a Telemar mudou a rotina de milhares e milhares de pessoas, realizando obras em mais de 10 mil localidades. O objetivo era aumentar o número de terminais nas grandes cidades e levar os serviços de telecomunicações a lugares até antes isolados do mundo. Aproximadamente 3.500 localidades, atualmente isoladas, ganharam telefones públicos. Assim, 1.400 delas tiveram novos terminais individuais. Além disso, cerca de 3.700 regiões, que tinham apenas telefones públicos, agora têm acesso a linhas individuais. Foram também realizados os programas de expansão, que beneficiaram mais de 3.000 localidades diferentes. O resultado de tantos investimentos pôde ser visto no início do ano de 2002: a área de concessão da Telemar conta 730 mil telefones públicos - um aumento de 196% desde a privatização. Neste mesmo período, o total de terminais instalados cresceu 122%, atingindo 17.911.747 de unidades.

Ao longo do ano de 2001, a Telemar instalou terminais públicos e individuais, acabando com o isolamento de milhares de pessoas nos 16 estados onde a empresa está presente. Essa iniciativa irá impulsionar a atividade econômica de cada região, gerando novos empregos e aumentando a arrecadação de impostos. O consumidor também sairá ganhando com a redução nos preços das tarifas de longa distância, em função da concorrência entre as operadoras. Quanto mais empresas disputarem o mercado DDD, maiores serão os benefícios à população. Com o cumprimento do Plano de Antecipação de Metas, a Telemar terá liberdade para atuar onde quiser, inclusive no mercado de telefonia móvel. Os serviços de *roaming*, sistema que permite que um usuário de celular use seu aparelho em localidade diferente daquela de origem, também terão melhores preços devido ao aumento da concorrência.

Entretanto, durante o cumprimento do Plano de Antecipação de Metas em 2001, por uma questão de prioridade, a Telemar executou ações que poderiam vir a causar um problema futuro na sua operação. Com o término do Plano de Antecipação de Metas, a Telemar pôde mudar o seu foco para a resolução desses problemas e para melhorias de rede, de forma a aumentar o nível de prestação de serviço. Um exemplo de problema causado é a sobreposição de rede. Como não houve um estudo de demanda durante o Plano de Antecipação de Metas, a demanda era suprida à medida que surgia. A falta de planejamento causou uma má distribuição de equipamentos e, portanto, sobreposição das suas áreas de ação e de atendimento. Com isso, tem-se um uso desnecessário de equipamento caros e um índice maior de ocorrência de problemas na rede, aumentando o custo da manutenção. Visando corrigir estas falhas da forma mais breve possível, a empresa já estuda soluções para áreas em que existe sobreposição de rede. Uma rede sobreposta significa um gasto desnecessário na implantação, seja com o custo de equipamento, seja com o custo da obra em si, mas também implica em custo elevado de manutenção. Além disso, há também o custo do equipamento mal aproveitado, pois uma Unidade Remota de Acesso (URA) não é um equipamento barato.





Devido a isso, há a necessidade de um remanejamento de equipamento, i.e., ou fazer uma melhor distribuição das URAs, ou substituí-las em parte por outro equipamento, no caso uma sala de cabos. Com isto, além de se disponibilizar este equipamento para uso futuro, haverá uma redução do custo de manutenção, tanto por parte deste, como por parte da rede que o atendia. Como em qualquer empresa de telefonia, uma redução da rede existente implica uma redução dos problemas de operação e, como foi dito anteriormente, uma redução nos custos, o que proporcionará um melhor atendimento e, portanto, uma maior satisfação do consumidor.

Assim sendo, foram propostas duas soluções: o remanejamento de URAs ou a instalação de centrais de cabos com Estágios de Linha Remota (ERL) (Panko, 2003), ambos implicando na retirada de algumas URAs das áreas em estudo. Normalmente as decisões desta natureza fundamentam-se em dados, única e exclusivamente, de custos, à luz de alguma intuição. Há, no entanto, vários outros critérios de decisão que não podem ser ignorados, sendo alguns destes critérios dificilmente quantificáveis até o momento da decisão. Por conseguinte, uma análise multi-critério de decisão (Clemen e Reilly, 2001) pareceu fortemente recomendável aos administradores das operações da Telemar.

Assim sendo, este estudo apresenta a análise, objetivando a decisão a ser tomada a partir dessas duas alternativas. Em tal análise, fez-se uso de dados empíricos da Telemar e utilizou-se os métodos Macbeth (Bana e Costa, 2001) e AHP (Saaty, 1990), como se mostrará a seguir.

### Estruturação do problema

A primeira etapa da estruturação do problema objetivou definir-se a extensão da área a ser analisada e quais os agentes de decisão que poderiam ser auscultados, no processo de levantamento de dados. Observe-se, no entanto, que as três etapas da estruturação do problema são, na verdade, interligadas. A escolha do problema apresentado foi devido a necessidade da empresa de solucioná-lo com urgência e, ao mesmo tempo, com segurança. Além disso, a existência de problemas semelhantes incentivou a criação de

um modelo que pudesse ser adaptado. Outro fator importante foi a existência de um estudo para solucioná-lo, mas que somente analisava os aspectos econômicos das soluções propostas.

A segunda etapa visou explicitar as ações alternativas que serão objeto da análise de decisão. Neste estudo, foram elas:

- reposicionamento de URAs, permitindo um melhor uso da rede, reduzindo o sobreposicionamento e os problemas causados por este;
- instalação de um ELR - esta estação substituiria as URAs centrais, sendo mantidas somente as URAs na periferia da localidade, o que tem a vantagem de exigir um baixo custo de manutenção.

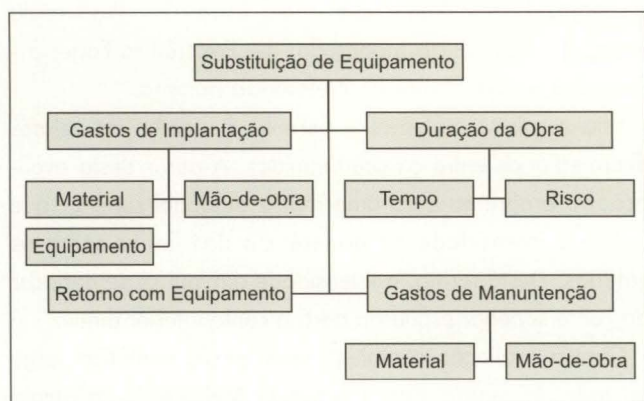
A terceira etapa da estruturação do problema consiste em tentar identificar-se quais os critérios de decisão efetivamente relevantes e como os mesmos se interrelacionam. Nesta medida, é sempre útil procurar construir-se uma hierarquia de critérios, partindo-se do conhecimento do problema.

Para o problema da Telemar em pauta, organizam-se os critérios de decisão segundo a hierarquia apresentada na Figura 1 (ver pág. 95). Nesta, define-se cada critério da forma seguinte:

- gastos com implantação: gasto previsto para a execução do projeto, dividido em custo de material para a obra (cabos, duto, etc.), o equipamento em si e mão-de-obra, sendo as obras executadas por empreiteiras contratadas - este critério desdobra-se nos subcritérios gastos com material, gastos com mão-de-obra e gastos com equipamento;
- duração da obra: tempo previsto de execução do projeto e risco de interrupção do andamento da obra, não podendo-se ignorar a potencial periculosidade do local, se a execução ocorrerá em época de chuva, etc. - desdobra-se nos subcritérios tempo e risco;
- retorno com equipamento: valor do equipamento retirado da planta e disponibilizado no almoxarifado;
- gastos com manutenção: gastos previstos para a manutenção do projeto, i.e., o mesmo que gastos de implantação, com exceção de compra de equipamento, visto que este já se encontra instalado - desdobra-se em gastos com material e gastos com mão-de-obra.



**Figura 1**  
**A hierarquia de critérios de decisão**



### O uso do Método Macbeth como «Benchmark»

O método AHP, um dos mais antigos e mais amplamente utilizados métodos para análise de decisão multi-critério, tem sido objeto de críticas surgidas na literatura principalmente desde a década de oitenta.

Goodwin e Wright (2000) resumem as críticas sobre o AHP em seis tópicos descritos a seguir:

- **Conversão da escala verbal para numérica:** Agentes de decisão usando o método verbal de comparação terão seus julgamentos automaticamente convertidos para uma escala numérica, mas a correspondência entre as duas escalas é baseada em pressupostos não testados. Por exemplo, se A é julgado fracamente mais importante que B, o AHP assumirá que A é considerado três vezes mais importante, mas este pode não ser o caso. Muitos autores têm argumentado que um fator de multiplicação de 5 é muito alto para expressar a noção de preferência forte;
- **Inconsistências impostas pela escala de 1 a 9:** Em alguns problemas a restrição de comparações par a par sobre uma escala de 1 a 9 força o agente de decisão a cometer inconsistências. Por exemplo, se A é considerado 5 vezes mais importante que B, e B é 5 vezes mais importante que C, então A para ser consistente deveria ser 25 vezes mais importante que C, mas isto não é possível. Esta crítica também é citada no artigo de Barzilai (2001), no qual ele ressalta a limitação da flexibilidade na obtenção das entradas do agente de decisão;

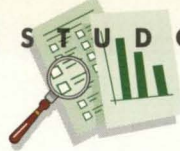
- **Significado das respostas às questões:** Os pesos são obtidos sem referência às escalas nas quais os atributos são medidos, podendo significar que as questões são interpretadas de modos diferentes, e possivelmente errados, pelos agentes de decisão. Lootsma (1990) observou a dificuldade que os agentes de decisão encontram para escolher uma de entre as qualificações verbais para expressar suas preferências por uma entre duas alternativas, principalmente quando suas performances são expressas em valores físicos ou monetários;

- **Novas alternativas podem reverter o ranking das alternativas existentes:** Esta crítica foi anteriormente citada por Belton e Gear (1982), Dyer e Ravinder (1983), Lootsma (*op. cit.*) e vários outros autores. Saaty e Vargas (1984) responderam à esta crítica alegando a legitimidade da reversão de *ranking*, o que foi novamente comentado por Belton e Gear (1985). Foi proposta uma solução para o problema no artigo de Dyer (1990). Por exemplo, suponha que se deseja escolher uma localização para um novo escritório de vendas, e os pesos obtidos pelo método, aplicado a um caso nos Estados Unidos, fornecem a seguinte ordem de preferência: 1) Albuquerque, 2) Boston e 3) Chicago. Entretanto, antes de se tomar a decisão, um novo local em Denver é descoberto e o método é repetido incluindo-se esta nova opção. Mesmo que se mantenha a importância relativa dos atributos, a nova análise fornece a seguinte ordem: 1) Boston, 2) Albuquerque, 3) Denver e 4) Chicago, revertendo o *ranking* de Albuquerque e Boston. Este problema resulta do modo no qual os pesos são normalizados para somar 1;

- **O número de comparações requeridas pode ser grande:** Enquanto que a redundância existente dentro do AHP é uma vantagem, ela também pode requerer um grande número de julgamentos pelo agente de decisão. Por exemplo, um problema com 7 alternativas e 7 atributos, vai requerer 168 comparações par a par, o que pode dificultar a aplicação do método;

- **Os axiomas do método:** Dyer (*op. cit.*) argumentou que os axiomas do AHP não são fundamentados em descrições do comportamento racional passíveis de teste, o que foi alvo de resposta por parte de Harker e Vargas (1987).





Bana e Costa e Vansnick (2001) apresentaram uma das críticas mais contundentes ao AHP, descrevendo um problema que ocorre no cálculo do vetor de prioridades, mais especificamente nas escalas derivadas do método, a partir da matriz positiva recíproca que é preenchida após os questionamentos feitos ao agente de decisão. Tal problema implica fundamentalmente na quantificação das prioridades e não na ordem em que as alternativas são priorizadas. Outro ponto também ressaltado no trabalho de Bana e Costa e Vansnick (*op. cit.*), é que o coeficiente de inconsistência proposto por Saaty não é capaz de detectar tal situação.

Mesmo sendo um método de apoio multi-critério à decisão tecnicamente controvertido, é inegável o valor do AHP como ferramenta para construir-se um modelo de requisito básico para um problema decisório, através do estabelecimento de uma estrutura hierárquica de critérios. Nesta medida, é perfeitamente justificável o uso do método AHP como *benchmark*, desde que se tenham em mente suas potenciais limitações.

## Análise de decisão pelos Métodos Macbeth e AHP

### • Macbeth

O método Macbeth (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*) (Bana e Costa, 2001) tem como foco principal a iteração entre agentes e analista de decisão. Tendo em vista a dificuldade do ser humano em avaliar preferências em escalas numéricas, este sistema utiliza uma escala nominal para as avaliações pelos diferentes agentes de decisão. Esta escala será, durante o processo de análise do problema, transformada para uma escala numérica para posterior reavaliação. O método Macbeth permite, através de um programa de interface simples e claro, questionar o agente de decisão sobre a sua avaliação, desde quando esta foi realizada até ao fim do processo. Desta forma, ao contrário de outros métodos, o método Macbeth permite que seja mais fácil achar erros de avaliação.

O primeiro passo será definir uma escala de forma a avaliar as preferências entre os critérios da tomada de decisão. Para tanto, questiona-se o decisor através de uma comparação dois a dois, identificando a existência de preferência entre dois critérios, e qual o seu grau de intensi-

dade. De forma a auxiliar nesta comparação, o Macbeth possui uma escala nominal pré-definida: 0 - Não há preferência; 1 - Preferência muito fraca; 2 - Preferência fraca; 3 - Preferência moderada; 4 - Preferência Forte; 5 - Preferência Muito Forte; 6 - Preferência Extrema.

Esta escala é maleável e permite a escolha de valores intermediários entre os pré-definidos. A partir desta avaliação, o programa gera uma matriz diagonal superior que indica a intensidade da preferência das linhas sobre as colunas. Desta forma, a intensidade diminui se se deslocar do canto superior esquerdo para o canto inferior direito.

Com a avaliação completa, uma escala numérica surge ao lado da matriz. Esta é a Escala Macbeth, uma escala numérica dada pelo programa a partir das comparações. É possível vê-la de forma gráfica e até mesmo alterá-la, o que será visto mais adiante. Com a matriz completamente preenchida, o programa testa a compatibilidade, ou seja, se a matriz é ou não consistente. Para tanto, ele se baseia em três tipos de incompatibilidade.

O primeiro caso ocorre quando não é possível associar um número real para cada elemento e ordená-los por grau de preferência. Isso ocorre quando o decisor avalia que um critério A é preferencial ao critério B, que o B é preferencial ao C, mas que o C é preferencial ao A.

No segundo caso, até é possível associar um número, mas a intensidade da preferência não está compatível. Um exemplo seria A é preferencial ao critério B, que o B é preferencial ao C, A é preferencial ao C, mas a intensidade da preferência de B sobre C é maior do que a intensidade da preferência de A sobre C.

O terceiro caso é um erro semântico devido a algum conflito existente entre o julgamento. Um exemplo seria uma decisão com quatro critérios aonde:

$W(A) - W(B) > W(C) - W(D)$  e  $W(B) - W(D) > W(A) - W(C)$   
Somando-se as duas inequações, ocorrerá o seguinte conflito:

$$W(A) - W(D) > W(A) - W(D)$$

em que  $W(.)$  designa o peso do critério argumento.

Existem quatro níveis de inconsistência semântica no Macbeth, sendo cada um classificado conforme um erro específico na semântica do problema.

Como no problema de decisão aqui tratado não houve erro de inconsistência, uma análise da matriz pode ser



realizada de forma a simplificá-lo. A partir da escala, obtêm-se os seguintes pesos (ver Figura 2), em que a soma é 100%: retorno do equipamento (29,38 %); gasto com material para manutenção (26,57%); gastos com mão-de-obra para manutenção (16,07%); tempo de obra (10,49%); risco de interrupção (6,99%); gastos com mão-de-obra de implantação (5,6%); gastos com equipamentos de implantação (4,2%); e gastos com material de implantação (0,7%). Pode definir-se que o critério gastos com material de implantação tem uma contribuição muito pequena (<1%) podendo, portanto, ser eliminado do modelo.

Com essa simplificação, os novos pesos são: retorno do equipamento (33,71%); gasto com material para manutenção (28,09%); gastos com mão-de-obra para manutenção (16,85%); tempo de obra (11,24%); risco de interrupção (5,62%); gastos com mão-de-obra de implantação (3,37%); e gastos com equipamentos de implantação (1,12%). É possível mudar a escala dos pesos, mas será mantida, já que esta permite enxergar, de forma prática, a contribuição que cada critério dá ao resultado final da análise.

Segue-se no Quadro I a avaliação das soluções obtidas dentro de cada critério remanescente na escala utilizada para o Macbeth.

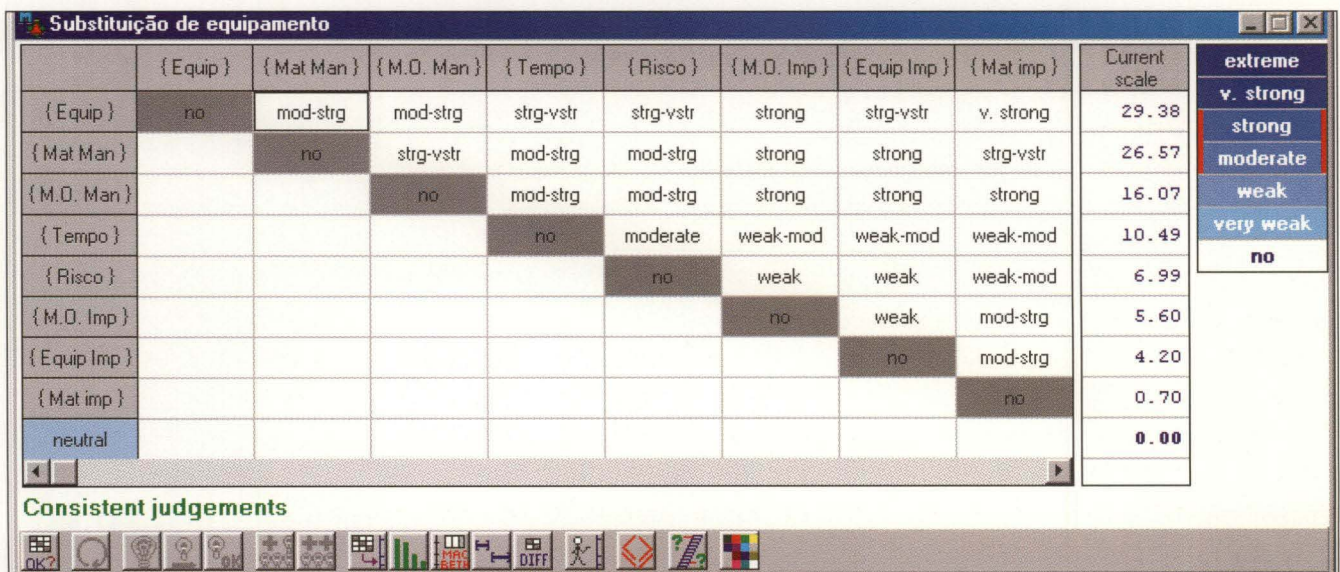
**Quadro I**  
**Avaliação**

	ELR	URA
Equip./Implant.	Fraca (2)	Muito fraca (1)
M.O./Implant.	Muito Forte/Extrema (5/6)	Forte/Muito Forte (4/5)
Ret. Equip.	Forte/Muito Forte (4/5)	Moderada (3)
Tempo	Forte/Muito Forte (4/5)	Fraca (2)
Risco	Moderada (3)	Moderada (3)
Mat./Manut.	Muito fraca (1)	Fraca (2)
M.O./Manut.	Fraca (2)	Moderada (3)

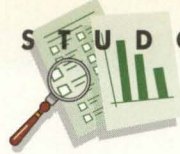
Outra simplificação se torna possível. Como Risco recebeu a mesma avaliação nos dois tipos de tecnologia, pode ser eliminado da avaliação, causando uma nova distribuição de pesos: retorno do equipamento (34,79%); gasto com material para manutenção (28,26%); gastos com mão-de-obra para manutenção (17,39%); tempo de obra (10,87%); gastos com mão-de-obra de implantação (6,52%); e gastos com equipamentos de implantação (2,17%). Sendo estes, portanto, os critérios que serão usados de forma definitiva.

O próximo passo é colocar estas comparações no

**Figura 2**  
**Matriz e escala**







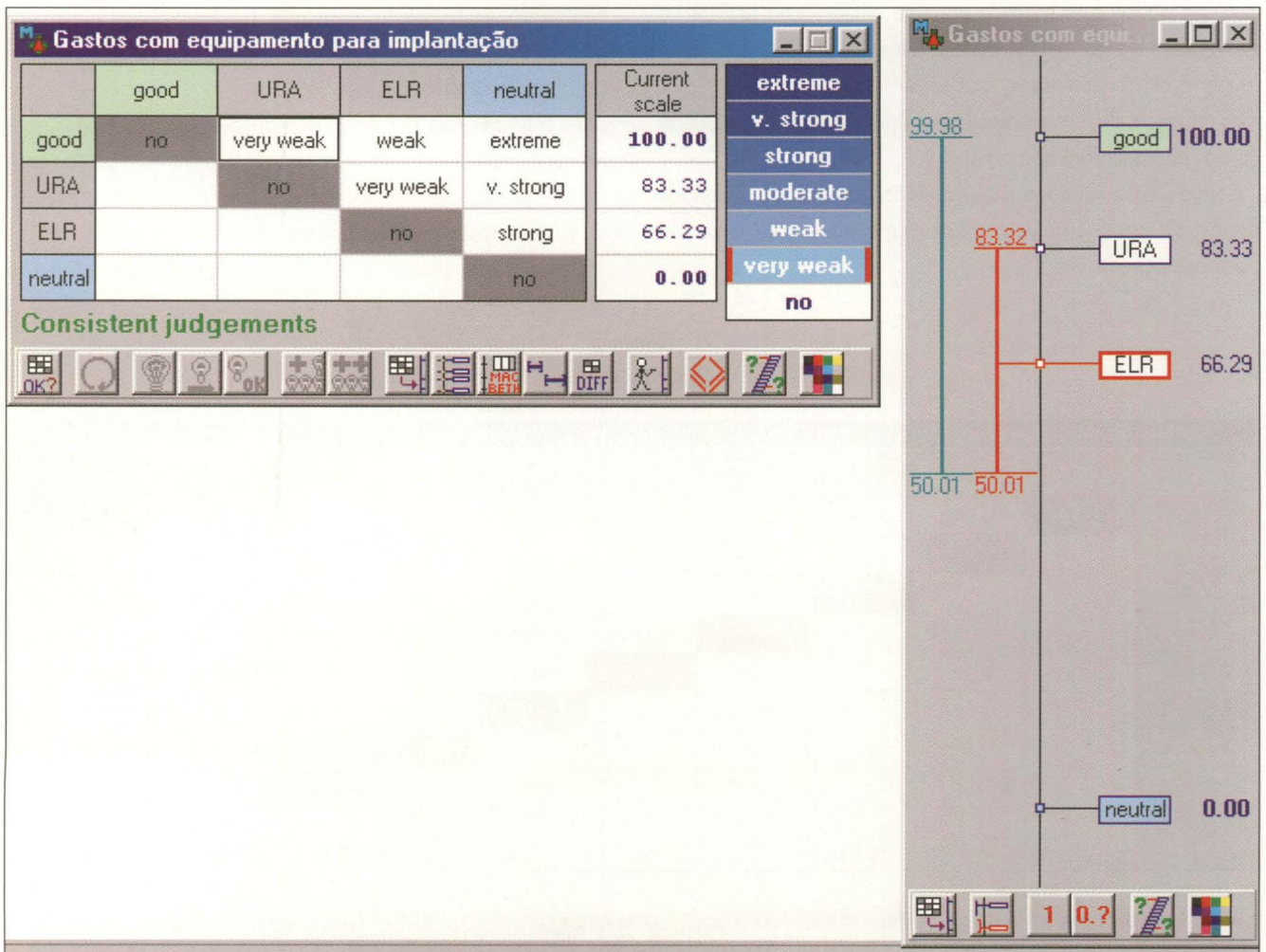
Macbeth para se obter o resultado final. Durante este processo, o programa permite comparar as avaliações através de dois referenciais, bom e neutro. Assumir-se-á que bom tem o valor 100 na escala e neutro tem valor 0, e a comparação dos critérios com estes será feita de acordo com a avaliação da tabela.

O primeiro critério a ser analisado será gasto com equipamento para implantação. Neste caso, pode-se dizer que a URA tem uma preferência muito fraca (1) sobre o ELR. De acordo com os valores da tabela, bom tem uma preferência muito fraca (1) sobre URA e fraca (2) sobre ELR, enquanto

que URA e ELR têm, respectivamente, uma preferência muito forte (5) e forte (4) por neutro. Lembre-se: bom tem o valor máximo e neutro é o valor mínimo da escala, por isso existe uma preferência extrema de bom sobre neutro. Na Figura 3, é possível ver a matriz, a escala e a faixa de ajuste desta permitido dentro desta.

De forma a permitir este ajuste, o programa fornece o valor de cada avaliação na escala Macbeth em valores numéricos e através do uso de gráficos, no qual é possível ver a faixa permitida e possibilita ao decisor realizar qualquer correção na sua comparação. Assim, se o decisor achar

**Figura 3**  
**Avaliação de gastos com equipamento para implantação**





que a diferença entre a comparação de dois objetos for grande ou pequena, poderá ajustá-la. Para isso, o decisor migra da escala Macbeth, para uma escala de valores cardinais, como, por exemplo, de 0 a 100, sendo este ajuste possível tanto para objetos como para critérios. No caso de ELR, é possível ajustar a escala dentro da faixa vermelha.

Sendo o mesmo passo a passo realizado para os demais critérios, obtém-se a seguinte avaliação final no marcador global representado no Quadro II.

Fica fácil verificar que, do ponto de vista global, o ELR é a melhor solução segundo a análise do Macbeth. A grande vantagem da tabela de marcador das ações é a possibilidade de analisar ao mesmo tempo o placar global e o placar com relação a cada um dos critérios. Com informações mais detalhadas, o decisor se sentirá mais seguro para seguir ou não a avaliação do método.

Como qualquer ação envolvendo o ser humano tem um grau de incerteza, deve-se fazer uma análise de sensibilidade de cada um dos critérios, verificando a flexibilidade das comparações realizadas pelo decisor.

Através da análise de sensibilidade, verificou-se que: nos critérios gastos com material para manutenção e gastos com mão-de-obra para manutenção, há um domínio do ELR sobre a URA, ou seja, em nenhum momento este tem um placar inferior ao da URA. Quanto aos demais critérios, seria necessária uma mudança muito grande na avaliação de alguma opção para que a classificação fosse alterada. Assim, pode-se dizer que o modelo é bastante flexível e que somente um erro grosseiro de avaliação mudará a classificação das opções.

**Quadro II**  
**Placar global**

Ações	Global	Equip. Imp	M.O. Imp.	Ref. Equip.	Tempo	Mat. Man.	M.O. Man.
Bom	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
ELR	68,61	66,67	11,10	83,33	28,57	83,33	62,50
URA	57,11	83,33	44,40	50,00	71,43	66,67	50,00
Neutro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Constantes de escala		0,02	0,07	0,35	0,11	0,28	0,17

• **AHP**

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) (Saaty, 1990) utiliza em um modelo hierárquico, aonde o primeiro nível é o objetivo e nos níveis inferiores seus respectivos critérios e subcritérios. A estes são dados pesos, distribuídos pelo *Expert Choice*, de acordo com a comparação realizada pelo decisor. A comparação é feita par a par, verificando, como no Macbeth, o grau de preferência de um critério sobre o outro. No caso dos subcritérios, a comparação é feita desde que pertençam ao mesmo nível e estejam abaixo do mesmo critério ou subcritério.

Para o caso exposto, usou-se como referência a seguinte escala de preferências utilizada pelo *Expert Choice for Windows V.9*: 1 - Igual; 2 - Muito Fraca; 3 - Fraca; 4 - Moderada; 5 - Forte; 6 - Forte/Muito Forte; 7 - Muito forte; 8 - Muito Forte/Extrema; 9 - Extrema.

Através de um *brainstorming*, dois decisores chegaram às comparações apresentadas nos quadros seguintes, sendo que, em alguns casos, foi necessário um ajuste dos valores de forma a corrigir problemas de inconsistência.

**Quadro III**  
**Comparação dos critérios**

	Retorno	Manutenção	Duração	Implantação
Retorno	1	4	6	5
Manutenção	1/4	1	4	5
Duração	1/6	1/4	1	2
Implantação	1/5	1/5	1/2	1

Taxa de inconsistência: 0,09

Gastos com Implantação, no Quadro IV (ver pág. 100).





**Quadro IV**

**Comparação dos subcritérios de gastos com implantação**

	Mão-de-obra	Equipamento	Material
Mão-de-obra	1	2	4
Equipamento	1/2	1	5
Material	1/4	1/5	1

Taxa de inconsistência: 0,09

Duração da obra, no Quadro V.

**Quadro V**

**Comparação dos subcritérios de duração da obra**

	Tempo	Risco
Tempo	1	4
Risco	1/4	1

Gastos com manutenção, no Quadro VI.

**Quadro VI**

**Comparação dos subcritérios de gastos com manutenção**

	Material	Mão-de-obra
Material	1	6
Mão-de-obra	1/6	1

Com a comparação realizada, deve-se, então, determinar a prioridade relativa de cada critério, normalizando os elementos de cada matriz, através da divisão pela soma dos elementos da coluna a que pertencem. A prioridade relativa de cada critério será obtida através da média aritmética dos valores normalizados da linha referente a este. De forma a demonstrar o funcionamento do método, será utilizada a matriz referente a gastos com implantação (ver Quadro VII).

**Quadro VII**

**Comparação dos subcritérios de gastos com implantação e totais**

	Mão-de-obra	Equipamento	Material
Mão-de-obra	1	2	4
Equipamento	1/2	1	5
Material	1/4	1/5	1
Totais	1,75	3,2	10

Ex.: Normalizando a coluna mão-de-obra, tem-se:  $1 / 1,75 = 0,5714$ ;  $(1/2) / 1,75 = 0,2857$ ;  $(1/4) / 1,75 = 0,1429$ .

Obtém-se, desta forma, a Prioridade Relativa de mão-de-obra:  $(0,5714 + 0,2857 + 0,1429) / 3 = 0,3333$ .

No Quadro VIII apresentam-se as Matrizes de Comparações Paritárias com os valores normalizados e as Prioridades Relativas.

**Quadro VIII**

**Matriz de comparações paritárias normalizada**

	Mão-de-obra	Equipamento	Material	Prioridade Relativa
Mão-de-obra	0,5714	0,6250	0,4	0,5322
Equipamento	0,2857	0,3125	0,5	0,3660
Material	0,1429	0,0625	0,1	0,1018
Totais	1	1	1	1

Através da Prioridade Relativa, é possível observar que a mão-de-obra tem uma preferência razoável com relação aos outros dois critérios. Assim, a Prioridade Relativa é útil na identificação do critério de maior importância em níveis com três ou mais critérios. Por motivos óbvios, nos casos aonde se têm somente dois critérios não há necessidade de utilizar a Prioridade Relativa para tal fim.

De forma a testar a consistência das avaliações, é necessário calcular o vetor dos pesos, multiplicando a coluna com os valores não normalizados referentes a cada critério por sua Prioridade Relativa, conforme se mostra a seguir:

Mão-de-obra:  $0,5322 \times (1 \ 1/2 \ 1/4)^T = (0,5322 \ 0,2661 \ 0,1331)^T$

Equipamento:  $0,3660 \times (2 \ 1 \ 1/5)^T = (0,7200 \ 0,3660 \ 0,0732)^T$

Material:  $0,1018 \times (4 \ 5 \ 1)^T = (0,4072 \ 0,5090 \ 0,1018)^T$

O vetor dos pesos será a soma destes três vetores:  
 $(0,5322 \ 0,2661 \ 0,1331)^T + (0,7200 \ 0,3660 \ 0,0732)^T + (0,4072 \ 0,5090 \ 0,1018)^T = (1,6594 \ 1,1411 \ 0,3081)^T$

Para obter o vetor de consistência, divide-se cada peso (elemento do vetor de pesos) pela sua respectiva Prioridade Relativa, obtendo-se:

Vetor de consistência  
 $= (1,6594 / 0,5322 \ 1,1411 / 0,3660 \ 0,3081 / 0,1018)^T$   
 $= (3,1180 \ 3,1178 \ 3,0265)^T$

O maior autovalor  $\lambda_{max}$  da Matriz de Comparações



Paritárias é a média aritmética dos elementos do vetor de consistência:

$$\lambda_{\max} = (3,1180 \quad 3,1178 \quad 3,0265) / 3 = 3,0874$$

Utilizando o autovalor, calcula-se o Índice de Consistência (CI):

$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ , aonde  $n$  é a quantidade de critérios considerados; assim, tem-se que

$$CI = (3,0874 - 3) / (3 - 1) = 0,0437.$$

Resta agora determinar a taxa de consistência CR.  $CR = CI / ACI$ , onde ACI é o índice de consistência referente a uma grande quantidade de comparações paritárias realizadas, dependendo somente do número de critérios, conforme o Quadro IX.

**Quadro IX**  
**Índice de consistência**

N	3	4	5	6	7	8
ACI	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41

Logo, obtém-se:  $CR = 0,0437/0,58 = 0,0753$ .

A matriz é consistente, já que apresentou uma taxa de inconsistência de valor menor que 0,1, podendo ser utilizada no modelo.

Para as outras matrizes, o mesmo foi feito com a ferramenta *Expert Choice*, mas não será demonstrado neste trabalho. Através do *Expert Choice*, obtiveram-se os seguintes pesos, que refletem a contribuição sobre o total do objetivo: gastos de implantação (6,6%), correspondentes a 0,7% com material, 2,4% com equipamento e 3,5% com mão-de-obra; retorno (58,6%); duração da obra (9%), correspondentes a 7,2% com tempo e 1,8% com risco; gastos com manutenção (25,8%), correspondentes a 22,1% com material e 3,7 com mão-de-obra.

Devido à sua baixa contribuição ao resultado final do problema (0,7%), gastos com material de implantação não será utilizado, simplificando o modelo. Vale lembrar que os pesos foram estabelecidos para o caso em estudo, de acordo com informações internas da empresa.

O próximo passo será não comparar, mas sim avaliar no Quadro X as duas opções (ELR - Estágio Linha Remota e URA - Unidade Remota de Acesso) dentro de cada subcritério, utilizando a mesma escala.

**Quadro X**  
**Avaliação**

	ELR	URA
Equip./Implant.	3	2
M.O./Implant.	8	6
Ret. Equip.	6	4
Tempo	6	3
Risco	4	4
Mat./Manut.	2	3
M.O./Manut.	3	4

Com essas informações, as seguintes comparações foram feitas: a preferência de ELR sobre a URA no critério gastos com equipamento para implantação é fraca (2); mão-de-obra de implantação, neste caso, quanto menor o valor atribuído melhor, portanto, a URA tem uma preferência moderada (3) sobre o ELR; retorno com equipamento, o ELR tem uma preferência moderada/forte (4) sobre a URA; tempo de duração da obra, neste caso, também, quanto menor melhor, logo, a URA tem uma preferência forte para muito forte (6) sobre o ELR; risco, não há preferência, portanto, este critério pode ser eliminado da avaliação; gasto com material de manutenção, o ELR tem uma preferência fraca (2) sobre a URA; mão-de-obra de manutenção, o ELR tem uma preferência moderada (3) sobre a URA.

Lançando-se estes valores no *Expert Choice*, obtém-se a avaliação final do programa no Quadro XI.

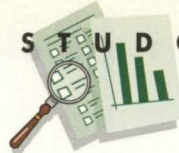
**Quadro XI**  
**Avaliação final**

	Avaliação final
ELR	0,687
URA	0,313

Pelo método AHP, a solução por ELR é muito melhor do que uma solução por URA. É possível através do programa um placar detalhado de cada critério, exposto no Quadro XII (ver pág. 102).

Este quadro permite ao decisor ver de forma clara os placares individuais de cada uma das opções dentro de cada critério e, assim, verificar quais critérios terão maior peso na sua avaliação.





**Quadro XII**  
**Avaliação final detalhada**

Nível 1	Nível 2	Nível 3
Retorno = 0,597	ELR = 0,478	
	URA = 0,119	
Manutenção = 0,253	Material = 0,202	ELR = 0,135
		URA = 0,067
	M.O. = 0,051	ELR = 0,038
		URA = 0,013
Duração = 0,089	Tempo = 0,089	URA = 0,076
		ELR = 0,013
Implantação = 0,061	M.O. = 0,041	URA = 0,030
		ELR = 0,007
	Equipamento = 0,020	ELR = 0,014
		URA = 0,007

Mas a análise ainda não acabou: resta realizar uma análise de sensibilidade para verificar a flexibilidade da avaliação dos decisores (**ver caixa**).

### Análise de sensibilidade

- *Análise de sensibilidade para o critério gasto com implantação:* através da análise do *Expert Choice*, a URA tem uma preferência mais forte sobre o ELR, caso a avaliação deste não seja modificada para menos ou para mais, respectivamente, em um valor maior que aproximadamente 35%.
- *Análise de sensibilidade para o critério retorno com equipamento:* neste caso, o ELR tem uma preferência mais forte sobre a URA, caso a avaliação deste não seja modificada para menos ou para mais, respectivamente, em um valor maior que aproximadamente 75%.
- *Análise de sensibilidade para o critério duração da obra:* a URA tem uma preferência mais forte sobre o ELR, caso a avaliação deste não seja modificada para menos ou para mais, respectivamente, em um valor maior que aproximadamente 97%.
- *Análise de sensibilidade para o critério gastos com manutenção:* o ELR tem uma preferência mais forte sobre a URA, caso a avaliação deste não seja modificada para menos ou para mais, respectivamente, em um valor maior que aproximadamente 90%.

Pode-se verificar que apenas um erro grosseiro de avaliação por parte dos decisores faria com que o placar final fosse alterado. Isso pode ser afirmado, pois no critério gastos com implantação seria necessária uma mudança de, no mínimo, 35% na avaliação comparativa entre as duas ações, para que a colocação no placar fosse invertida e nos outros critérios o erro tem que ser bem maior. Pode-se, portanto, dizer que o ELR é realmente a melhor opção.

### Conclusões e recomendações

De acordo com a análise multi-critério pelos dois métodos, a solução por ELR é a melhor. Deve-se chamar à atenção para a diferença significativa entre as pontuações obtidas pelas ações alternativas segundo cada um dos dois métodos. Isso ocorre, pois, como o AHP opera sobre uma hierarquia de critérios, a eliminação de um subcritério causa uma redistribuição dos pesos somente dentro do critério a que este estava ligado, enquanto que, no uso do Macbeth, ocorre uma redistribuição em todos os critérios fundamentais. Dessa forma, a eliminação de um subcritério em pouco afetará os valores obtidos pelas ações, tendo-se em vista que os critérios no primeiro nível pesam mais na avaliação. Outro fator causador da distorção é a escala, que, por não ser a mesma nos dois métodos, faz com que os pesos e avaliações sejam próximos, mas não exatamente os mesmos.

Do ponto de vista da administração das operações, o estudo que resultou neste artigo comprovou que a mesma pode ser consideravelmente melhorada se os processos decisórios, a ela associados, passarem a ser sistematicamente apoiados por métodos analíticos sólidos. Isto definitivamente permite, além de uma análise mais abrangente do problema, a transparência e a conseqüente aprendizagem sempre desejáveis nas organizações. ■

### Bibliografia

BANA E COSTA, C. A. (2001), «The Use of Multi-Criteria Decision Analysis to Support the Search for Less Conflicting Policy Options in a Multi-Actor Context: Case Study», *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, Vol. 10, April, pp. 111-124.

BANA E COSTA, Carlos A. e VANSNICK, Jean-Claude (2001), «Une critique de base de l'approche de Saaty: mise en question de la méthode de la valeur propre maximale», *Cahier du LAMSADE*, Université Paris-Dauphine.



BARZILAI, Jonathan (2001), «Notes on the Analytic Hierarchy Process», NSF Design and Manufacturing Research Conference, Tampa, Florida.

BELTON, V. e GEAR, A. E. (1982), «On a Short-coming of Saaty's Method of Analytic Hierarchies», *Omega*, Vol. 11, No. 3, pp. 226-230.

BELTON, V. e GEAR, A. E. (1985), «The Legitimacy of Rank Reversal - A Comment», *Omega*, Vol. 13, No. 3, pp. 143-144.

CLEMEN, R. T. e REILLY, T. (2001), **Making Hard Decisions with Decision Tools**, 2nd ed., Pacific Grove, Duxbury.

DYERS, James S. (1990), «Remarks on the Analytic Hierarchy Process», *Journal of The Institute do Management Sciences*, Vol. 36, No. 3, pp. 249-258.

DYERS, James S. e RAVINDER (1983), «Irrelevant Alternatives and the Analytic Hierarchy Process», Working Paper, The University of

Texas, Austin.

GOODWIN, Paul e WRIGHT, George (2000), **Decision Analysis for Management Judgment**, 2ª ed., Wiley, New York.

HARKER, Patrick e VARGAS, Luis G. (1987), «The Theory of Ratio Scale Estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process», *Management Science*, Vol. 33, No. 11, pp. 1383-1403.

LOOTSMA, F. A. (1990), «The French and the American school in Multi-criteria decision analysis», *Operations Research*, Vol. 24, No. 3, pp. 263-285.

PANKO, R. R. (2003), **Business Data Networks and Telecommunications**, 4th ed., Prentice-Hall, Upper Saddle River.

SAATY, T. L. (1990), **Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process**, AHP Series Vol. 1, RWS Publications, Pittsburgh.

SAATY, Thomas L. e VARGAS, Luis G. (1984), «The Legitimacy of Rank Reversal», *Omega*, Vol. 12, No. 5, pp. 513-516.

## instituto de merchandising

É uma associação de empresas produtoras, distribuidoras de produtos e prestadoras de serviços na área da distribuição, que tem por finalidade realizar a divulgação, o desenvolvimento e o aprimoramento do merchandising em Portugal com base na maximização dos interesses convergentes das suas associadas.

ARBORA & AUSONIA · BACARDI MARTINI PORTUGAL · CIMP · CLARA CUNHA · COMPAL · COMPANHIA DE LINHAS · COATS & CLARK · COOPERATIVA AGRÍCOLA REGUENGOS DE MONSARAZ · CTT · CORREIOS DE PORTUGAL · DANONE PORTUGAL · DELTA CAFÉS · DUCROS · MARGÃO · EMIP · F LIMA GESTIRETALHO · HEWLETT PACKARD · JOHNSON & JOHNSON · JOHNSON'S WAX DE PORTUGAL · L'OREAL PORTUGAL, LDA · LABORATÓRIOS · KODAK · LÁCTALIS PORTUGAL · LEVER ELIDA · LUSOCEDE · SERVIÇOS CONSULTADORA, LDA · LUSOMUNDO AUDIOVISUAIS · MAIS MERCADO / T VENDA · MAKRO · MASTERFOODS · MATUDIS · MODELO CONTINENTE HIPERMERCADOS · NACIONAL · NESTLÉ PORTUGAL · NUTRICAFÉS · CAFÉS E RESTAURAÇÃO, S.A. · PANRICO · PER SI MARKETING E PUBLICIDADE · PFIZER ADAMS · PROMOCENTRO · SCA HYGIENE PRODUCTS · SELECT SERVIÇOS · SEP PORTUGAL · SHELL PORTUGUESA · SIMAB · SOGRAPE · DISTRIBUIÇÃO · SORRISO · SOVENA · SUMA · SUMOLIS · TEMPESTADE DE IDEIAS · UNICER · BEBIDAS DE PORTUGAL,S.A. · UNIPELLERT · VILEDA IBÉRICA.

## formação

marketing research  
merchandising para lojas de conveniência  
ECR e category management  
CRM  
trade marketing  
técnicas de vitrinismo  
merchandising para pequeno retalho alimentar  
gestão do linear  
promoções de vendas e animação comercial  
scorecard e tecnologias de informação  
atendimento comercial

formação • seminários • eventos • estudos de mercado

av.ª ellas garcia, nº147- 4º esq.  
050-099 llsboa  
e-mail geral.imp@imp.pt  
telex 217801529/30/31 fax 2 780134

