ARQUIVO 2

Logística de Eventos aplicada ao Turismo

Mauri Fortes[1], Wanyr R. Ferreira[2], Wanise F. Romero[3], Eduardo T. Bahia[4]

[1] Engenheiro de Produção Agroindustrial, PhD, Prof. Titular, Centro Universitário UNA,R. José Cláudio Resende, 80, Bairro Buritis, CEP-30455-590, Belo Horizonte, MG.E-mail: mauri.fortes@terra.com.br

[2] Engenheira Química, Docteur, Profa. Adjunta, Centro Universitário UNA, Belo Horizonte, MG. E-mail: wanyr@terra.com.br

[3] Mestranda em Turismo e Meio Ambiente, Centro Universitário UNA, Belo Horizonte, MG. E-mail: waniseromero@terra.com.br

[4] Engenheiro Ambiental, Dr., Prof. Adjunto, Centro Universitário UNA, Belo Horizonte, MG. E-mail: eduardo.bahia@una.br

Resumo

Apresentam-se, neste trabalho, os aspectos básicos de logística de eventos aplicada à solução de problemas típicos da indústria de turismo. A literatura associada à programação linear, uma técnica aplicável à logística, relaciona-se com a ciência de decisão, como usada em engenharia de produção e em problemas econômicos e empresariais. Uma revisão de literatura mostrou que há pouco trabalho sobre programação linear no meio dos profissionais do trade turístico. A partir deste levantamento e, evitando o desenvolvimento matemático do método simplex, apresentam-se os aspectos mais importantes associados à programação linear. Neste trabalho; usou-se o Solver, uma ferramenta do Excel, para explorar um exemplo de modelagem computacional de um evento turístico, do tipo logístico, incluindo uma análise de sensibilidade. Espera-se que este trabalho contribua para melhorar a ligação entre profissionais de turismo ligados à gestão de empresas, administradores e engenheiros de produção.

Palavras-chave. modelagem, pesquisa operacional, ciência da decisão, turismo, análise de investimento.

Logistics of Events applied to Tourism

Abstract

This paper aims at presenting the basic aspects of logistics of events applied to the solution of typical problems of the tourism industry. The literature associated to linear programming, a technique that can be applied to logistics analysis, is closely related to decision analysis as applied to industrial engineering and economic and business problems. A review of the literature related to tourism industry management showed that very few works are available in Portuguese associated with tourism. From this viewpoint and avoiding the mathematical development of the simplex method, the most important aspects associated to linear programming are presented. In this work; use is made of Solver, an Excel tool, to explore an example on computer modeling of a logistics-type tourism event, including a sensibility analyses. It is expected that this work will contribute to improve the link between industrial engineers and the other decision-making professionals in the tourism industry.

Keywords. modeling, operational research, decision analysis, tourism industry, investment analysis

Introdução

Pesquisas em turismo, qualitativas ou quantitativas, têm bases empíricas, ou seja, partem do confronto com a realidade. Assim, de forma geral, uma análise racional de problemas de turismo pode ser feita de duas formas: por um lado, por julgamento subjetivo e intuição, ou seja, por técnicas qualitativas (SAKATA, 2002; DENCKER, 1998; BRENT RITCHIE & GOELDNER, 1994; ALVES-MAZZOTTI & GEWANDSZNAJDER, 1998) e por outro, pelo uso da ciência da decisão, ou seja, por meio de modelos. A essência da análise de decisão reside em avaliar as possíveis alternativas existentes e tomar o melhor caminho pelo uso de modelagem e simulação computacional (RAGSDALE, 2004).

O uso da modelagem de processos de tomada de decisão gerencial leva a um menor custo financeiro dos projetos, pois permite localizar erros antes da implementação definitiva de políticas de ação. Modelos permitem ganhar compreensão e entendimento sobre o objeto ou problema de decisão sob investigação. Além deste fato, o próprio processo de construção de um modelo pode melhorar a compreensão de um problema (RAGSDALE, 2004). Uma das técnicas de modelagem mais empregada é a modelagem por meio da programação linear.

Desenvolvida após a Segunda Guerra Mundial, a Programação Linear (PL) é tida como um método quantitativo eficaz para solucionar inúmeros problemas de otimização

relacionados à definição de políticas industriais (tais como produção e distribuição) com o propósito de minimizar o custo final e a planejamentos financeiros para maximizar ganhos (HARVEY, 1986; SWEENEY et al., 1998; LACHTERMACHER, 2002). A programação linear utiliza procedimentos matemáticos baseados em relações lineares e inequações.

Em uma simulação envolvendo um empreendimento turístico, a quantidade a ser maximizada poderia ser representada, por exemplo, pelo lucro de um hotel-fazenda ou o aumento da demanda para aquele local. A quantidade a ser minimizada poderia ser, por exemplo, o custo da manutenção da fazenda ou do tempo gasto no transporte dos turistas para aquele local. Seguindo uma linha análoga de raciocínio, a programação linear trata do problema da alocação de recursos limitados a atividades em competição, de forma ótima, ou seja, da melhor forma possível. A solução ótima de um programa de PL depende dos parâmetros envolvidos. Mesmo que alguns parâmetros sejam modificados, a solução pode continuar sendo ótima (HILLIER & LIEBERMAN, 1988).

Textos como o de Erlich (1985), Harvey (1986), Andrade (1998) e Lachtermacher (2004) apresentam toda a base para a compreensão dos aspectos matemáticos inerentes à PL. Entretanto, estes textos não oferecem técnicas computacionais de fácil uso. Ragsdale (2004), Greenberg (1993-a,b,c), Sweeney et al. (1998), dentre outros, expõem as técnicas de programação linear sem o uso de matemática. Seus textos de Ciência da Decisão mostram diversas técnicas aplicáveis a uma variedade de problemas e utilizam principalmente, planilhas eletrônicas do tipo Excel, ou planilhas comerciais específicas.

A literatura brasileira referente à programação linear é pequena. Assim, a maior parte dos trabalhos encontra-se na área de agronegócios (MORÁBITO NETO, 2000; SANTOS et al., 1995; COSTA, 2003; DIAS, 1996), e também em áreas de economia ou contabilidade (ANDRADE, 1998; CORRAR & THEÓPHILO, 2004). A revisão da literatura pertinente sobre programação linear (PL) mostrou que não há trabalhos envolvendo sua aplicação às atividades de planejamento e gestão do turismo.

Este trabalho tem por objetivo geral apresentar uma metodologia de programação linear aplicável a diversas situações normalmente encontradas no setor turístico e hoteleiro e exemplificar o uso da ferramenta "Solver", por meio da solução de um problema real de logística de eventos.

Metodologia

Todo problema de PL envolve a definição de uma função "objetivo", que deve ser otimizada. Funções-objetivo geralmente envolvem lucros (a serem maximizados) ou perdas (a serem minimizadas). Deve-se, também, estabelecer restrições aos processos, de forma a se respeitarem os limites físicos de produção e de serviço da empresa (RAGSDALE, 2004). A função-objetivo e as restrições consistem de equações lineares, com coeficientes cujos valores identificam física e economicamente o problema de otimização. Uma formulação de PL tem a forma:

Maximizar ou minimizar a **Função-objetivo L**: $L = c_1X_1 + c_2X_2 + \cdots + c_nX_n$ (1)

Sujeita às **Restrições**: $a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \cdots + a_{1n}X_n \le b_1$ (2)

$a_{k1}X_1 + a_{k2}X_2 + \cdots + a_{kn}X_n \ge b_k$ (3)

...

$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \cdots + a_{mn}X_n = 1$ (4)

Em que a_{ji} e c_i representam coeficientes numéricos constantes e X_i quantidades que devem ser calculadas de forma a otimizar L. No mundo real, os coeficientes poderão sofrer alterações no dia a dia. O preço de um produto, por exemplo, poderá sofrer alterações anuais, mensais ou mesmo diárias. Deve-se sempre procurar avaliar o quão sensível é o modelo em relação a possíveis mudanças. O uso da *análise de sensibilidade* torna possível a antecipação e avaliação de fatos que poderão ocorrer no futuro.

Modelagem e solução de problema de Logística de eventos

Uma estância turística é famosa pelos seus dois excelentes espaços "gourmet", ou seja, dois restaurantes com espaço para shows, dirigidos por chefs famosos. Neste ano, a estância deverá oferecer dois espaços, salão azul e salão ouro, que servirão pratos italianos e pratos japoneses, além de shows com artistas famosos. Assim, em seu evento anual, a estância oferece (Tabela 1):

Tabela 1 - Capacidade de clientes nos dois salões

Noite	Capacidade máxima de participantes	Custo para a estância por participante
Italiana – *Salão azul*	3700	23
Japonesa – *Salão ouro*	3300	25

Quatro empresas de turismo estão interessadas em garantir sua participação no evento. Sabendo que a qualidade das festividades, o atendimento, o ambiente e as acomodações são excelentes, as empresas querem comprar o máximo possível de lugares na estância. O número máximo de hospedagens requeridas e os preços que as empresas querem pagar são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Demanda de 4 empresas por vagas nos dois salões

Empresa	Demanda máxima de hóspedes	Preço por participante
1	2000	73
2	2500	71
3	1450	73
4	1950	69

Os hóspedes serão transportados por ônibus fretados pela estância turística, a partir dos seus respectivos hotéis. A estância faz questão de efetuar o transporte, pois assim terá a garantia de chegada dos turistas nas horas adequadas para os shows e evitará problemas com as empresas contratantes. Os custos médios de transporte dos clientes das empresas são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Custo de transporte por cliente de cada empresa, para cada salão

Evento	Empresas			
	1	2	3	4
Salão azul	7	8	13	9
Salão ouro	13	6	7	7

A estância precisa definir qual será o número de participantes por tipo de salão e por empresa e a logística de transporte, de forma a maximizar seus lucros.

Modelagem e solução: A primeira fase para a resolução deste problema utilizando a Programação Linear exige a elaboração de um modelo representativo do problema original. Para a construção do modelo devem-se definir quais são as variáveis de decisão, a função objetivo, cujo valor ótimo (máximo ou mínimo) deve ser obtido, bem como as restrições aos processos, de tal forma a se respeitarem os limites físicos, de produção e de serviço, da empresa em estudo.

As *variáveis de decisão, x_{ji}*, são:

x_{11} = número de participantes da empresa 1 no salão azul

x_{21} = número de participantes da empresa 2 no salão azul

x_{31} = número de participantes da empresa 3 no salão azul

x_{41} = número de participantes da empresa 4 no salão azul

x_{12} = número de participantes da empresa 1 no salão ouro

x_{22} = número de participantes da empresa 2 no salão ouro

x_{32} = número de participantes da empresa 3 no salão ouro

x_{42} = número de participantes da empresa 4 no salão ouro

Aqui, o primeiro índice (j) da variável x_{ji} refere-se à empresa e o segundo índice (i) refere-se ao salão (i=1, salão azul e i=2, salão ouro).

A Função-objetivo pode ser determinada considerando que o objetivo é maximizar o lucro. Assim, o problema pode ser expresso por meio de:

Maximizar a função-objetivo L (o lucro), dada por (receita despesas):

$$L = 73\,(x_{11}+x_{12}) + 71(x_{21}+x_{22}) + 73\,(x_{31}+x_{32}) + 69\,(x_{41}+x_{42}) \quad 23\,(x_{11}+x_{21}+x_{31}+x_{41}) - 25\,(x_{12}+x_{22}+x_{32}+x_{42}) - 7x_{11} - 8x_{21} - 13x_{31} - 9x_{41} - 13x_{12} - 6x_{22} - 7x_{32} - 7x_{42}$$

De forma mais simplificada:

$$L = (73\text{-}23\text{-}7)x_{11} + (73\text{-}25\text{-}13)x_{12} + (71\text{-}23\text{-}8)x_{21} + (71\text{-}25\text{-}6)x_{22} + (73\text{-}23\text{-}13)x_{31} + (73\text{-}25\text{-}7)x_{32} + (69\text{-}23\text{-}9)x_{41} + (69\text{-}25\text{-}7)x_{42}$$

Ou, ainda:

$$L = 43x_{11} + 35x_{12} + 40x_{21} + 40x_{22} + 37x_{31} + 41x_{32} + 37x_{41} + 37x_{42}$$

Ou, equivalentemente:

$$L = 43x_{11} + 40x_{21} + 37x_{31} + 37x_{41} + 35x_{12} + 40x_{22} + 41x_{32} + 37x_{42} \qquad (5)$$

As restrições podem ser expressas por meio dos seguintes argumentos:

1. - Primeiramente, o número de participantes do salão azul deverá ser no máximo igual a 3700.

$$x_{11}+x_{21}+x_{31}+x_{41} \leq 3.700 \qquad \textbf{\textit{restrição 1}} \qquad (6)$$

2. - A seguir, o número de participantes do salão ouro deverá ser no máximo igual a 3300.

$$x_{12}+x_{22}+x_{32}+x_{42} \leq 3.300 \qquad \textbf{\textit{restrição 2}} \qquad (7)$$

3. - O número de participantes da empresa 1 deverá ser no máximo igual a 2000.

$$x_{11}+x_{12} \leq 2.000 \qquad \textbf{\textit{restrição 3}} \qquad (8)$$

4.- De modo análogo, o número de participantes das empresas 2, 3 e 4 será respectivamente:

$$x_{21}+x_{22} \leq 2.500 \qquad \textbf{\textit{restrição 4}} \qquad (9)$$

$$x_{31}+x_{32} \leq 1.450 \qquad \textbf{\textit{restrição 5}} \qquad (10)$$

$$x_{41}+x_{42} \leq 1.950 \qquad \textbf{\textit{restrição 6}} \qquad (11)$$

5. - Por fim, têm-se as restrições de não negatividade:

$$x_{11}, x_{21}, x_{31}, x_{41}, x_{12}, x_{22}, x_{32}, x_{42} \geq 0 \qquad \textbf{\textit{restrição 7}} \qquad (12)$$

Desta forma, todo o problema fica modelado conforme mostrado no Quadro 1.

Quadro 1. - Modelagem do problema de Logística de eventos

Descrição	**Formulação Matemática**
Maximizar a Função objetivo, L:	$L = 43x_{11} + 40x_{21} + 37x_{31} + 37x_{41} + 35x_{12} + 40x_{22} + 41x_{32} + 37x_{42}$
Restrições:	$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} \leq 3.700$
	$x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} \leq 3.300$
	$x_{11} + x_{12} \leq 2.000$
	$x_{21} + x_{22} \leq 2.500$
	$x_{31} + x_{32} \leq 1.450$
	$x_{41} + x_{42} \leq 1.950$
Condições de não-negatividade	$x_{11}, x_{21}, x_{31}, x_{41}, x_{12}, x_{22}, x_{32}, x_{42} \geq 0$

A seguir, apresenta-se a metodologia de solução deste problema por meio da Ferramenta Solver, do Excel. A planilha da Figura 1 mostra como os dados devem ser implementados e fornece explicações que auxiliam a compreensão do procedimento.

Para a solução deste exemplo, via Solver, entre com os dados no Excel e siga os passos:

1. - Entre em Ferramentas suplementos e ative o Solver, que, a partir de agora, ficará visível e disponível em Ferramentas.
2. - Preencha, agora, uma planilha de Excel conforme mostrado na Figura 1, ou siga as indicações abaixo.
3. - Função objetivo: A **célula C13** deve ser programada para conter a função objetivo, após a solução. Inicialmente, aparecerão zeros nesta célula, pois todas as variáveis serão inicializadas (zeradas), como se mostrará.
4. - Os valores iniciais das variáveis x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22}, x_{31}, x_{32}, x_{41} e x_{42} devem ser fixados em 0 (zero); ou seja, coloque **zero** nas **células B6 a I6**. (O número de colunas pode ser ampliado ou reduzido para acomodar o número necessário de variáveis).

Após a solução, os valores nulos serão substituídos pelos valores ótimos, ou seja, os valores que, no caso de eventos, maximizam o lucro.

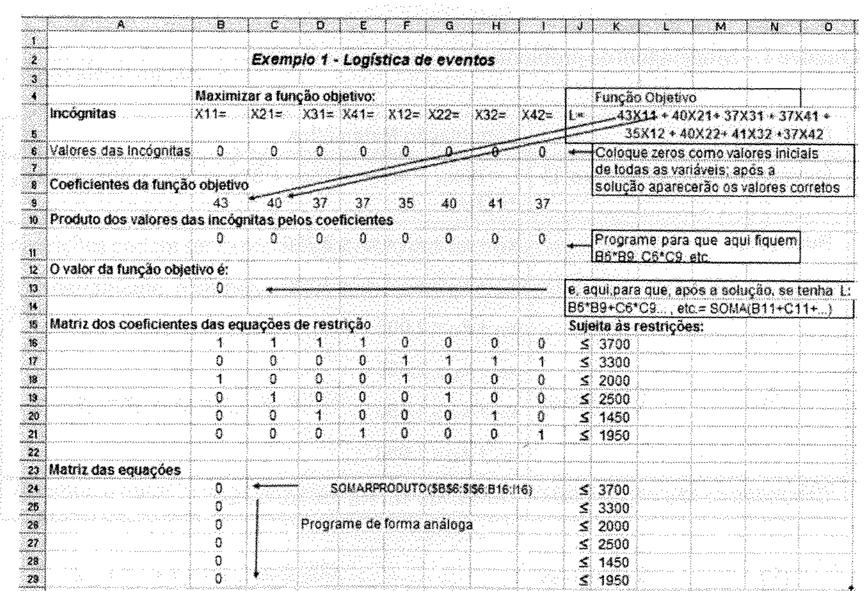


Figura 1. Entrada de dados e resultados básicos do Solver

5. - Os coeficientes da função objetivo $L = 43x_{11} + 40x_{21} + 37x_{31} + 37x_{41} + 35x_{12} + 40x_{22} + 41x_{32} + 37x_{42}$, ou seja, *43, 40, 37, 37, 35, 40, 41 e 37* devem ser colocados nas **células B9 a I9,** respectivamente.

6. - Programe a **célula B11**, de forma a conter: B6*B9 (= 43 x_{11}).

Analogamente, programe a **célula C11**, de forma a conter: C6*C9 (= 40 x_{21}).

Continue a programação até que se tenham todas as células B11 a I11 programadas.

Note, pelo item 5, acima, que o computador deverá efetuar a soma de cada um dos termos da função objetivo.

7. - Clique na **célula B13**, para incluir, nela, uma programação para somar as células B11 a I11; assim, nela, deverá estar programado: SOMA(B11:I11), que é o valor da função objetivo. ***A solução, via solver, irá otimizar e mostrar o valor de L, exatamente em B13***!

8. - **As matrizes** dos coeficientes das equações de restrição estão nas **células B16:I16, B17:I17, etc., até B21:I21, ou seja, de B16 a I21** .Os valores das *restrições* estão nas **células, K16 a K21; entretanto, estes valores têm que ser, necessariamente, repetidos nas células K24 a K29. Os símbolos de ≤, = ou ≥, ou outro, que venha a aparecer na coluna J é meramente informativo; não são usados nos cálculos, pois estão embutidos no solver, como se verá**.

9. - Finalmente, observe a célula B24. Nela deve-se programar a função:

SOMARPRODUTO($B$6:$I$6;B16:I16). Esta operação somar produtos equivale a somar os produtos B6 B16 + C6 C16 + D6 D16+ ....+ I6 I16.

A mesma interpretação vale para as células B25 a B29.

Após a solução, estas células conterão os valores que satisfarão às restrições.

Deve-se lembrar que os valores das restrições estão nas células K24 a K29.

Todos os dados necessários para a solução estão incorporados, neste estágio!

10. - Agora, para utilizar o *Solver:*

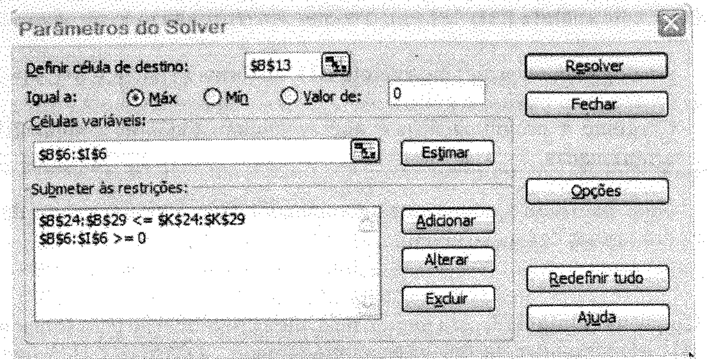
Clique no *Solver*

Aparecerá o quadro chamado: *Parâmetros do Solver* (Figura 2)

Figura 2. A janela do Solver

Em *definir célula do destino* clique em B13, que é onde aparecerá o valor ótimo da função objetivo.

Clique *Máx*, para maximizar sua função objetivo.



Em *células variáveis* clique no ícone à direita e aparecerá uma tela auxiliar. Na planilha, clique em B6 e arraste o cursor até I6. Clique então no ícone à direita para retornar à tela principal.

Em *submeter às restrições*, clique em *adicionar* e aparecerá a Figura 3.

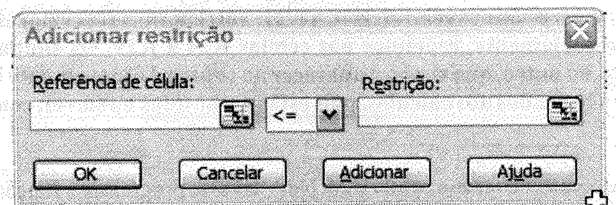


Figura 3. A janela das restrições do Solver

Inicialmente, implementam-se as condições de não negatividade. Em ***Referência de células***, clique no ícone à direita, depois clique em B6 e arraste o cursor até I6. Faça, agora, sua caixa de *Adicionar restrição* ter os dados mostrados na Figura 4.

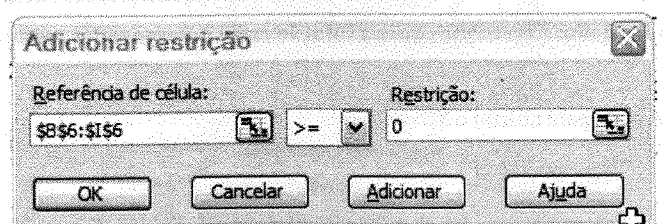


Figura 4. A janela das restrições do Solver: Não-negatividade

Desta forma acrescentou-se a restrição 7 ou condição de não negatividade (ver Quadro 1). Clique OK.

Agora, deve-se entrar com as outras restrições. Clique em *Adicionar* e preencha as caixas como mostrado abaixo, nas Figuras 5 e 6.

Estas são as restrições 1 e 2 da Tabela 1:

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41}\ 3.700$$

$$X_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42}\ 3.300$$

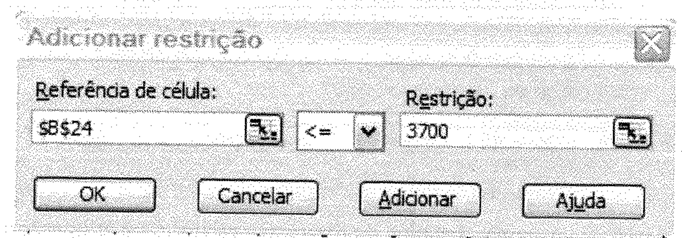


Figura 5. A janela das restrições do Solver: Restrição 1

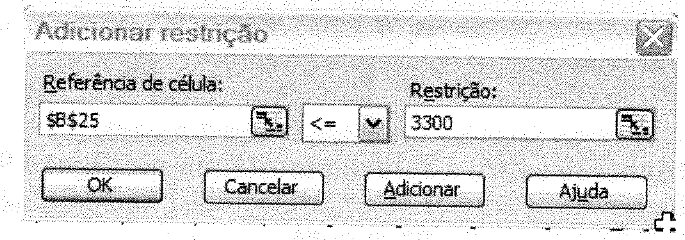
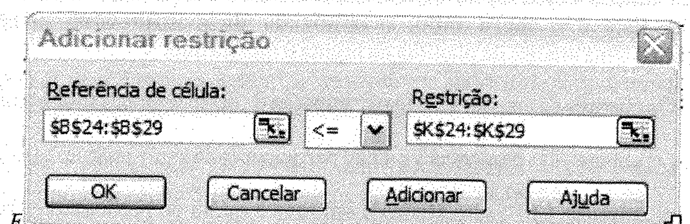


Figura 6. A janela das restrições do Solver: Restrição 2

Entretanto, é mais rápido implementar todas as condições do mesmo tipo, usando uma simplificação permitida pelo Solver, explicada na Figura 7.



Os dados finais devem ser iguais aos mostrados na Figura 2, na janela de "Submeter às restrições".

Veja a Figura 2, de novo. Clique, agora, no quadro *Parâmetros do Solver*, em *Opções* e marque a opção "presumir modelo linear".

Clique em "**Resolver**" e aparecerá o quadro mostrado na Figura 8.

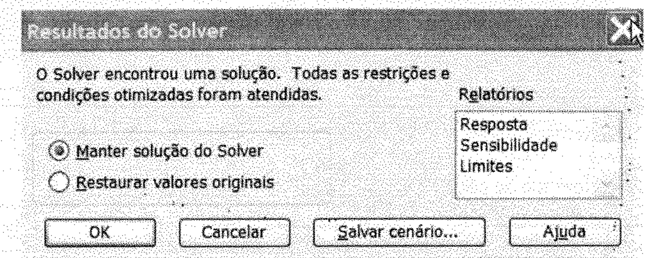


Figura 8. A janela dos resultados do Solver.

Neste quadro estão listados os diferentes relatórios que aparecerão como planilhas extras e que ocorrem na análise dos resultados; **analisar-se-ão, aqui, os relatórios de resposta e de sensibilidade,** por serem os mais importantes. Estas duas opções devem ser marcadas Ao clicar em OK, a planilha transforma-se na Figura 9 e aparecem as planilhas citadas de *Resposta e Sensibilidade (Figuras 10 e 11).* Discutir-se-ão todos os resultados.

Discussão sobre a solução mostrada na Figura 9

A solução ótima obtida pelo Excel pode ser encontrada na Figura 9 e é dada por:

$x_{11}=2000; x_{21}=650; x_{31}=0; x_{41}=1050; x_{12}=0; x_{22}=1850; x_{32}=1450; x_{42}=0$

O valor da função objetivo, ou seja, o lucro total da estância turística será de R$ 284.300,00. Este é o **lucro total, maximizado de acordo com as restrições estabelecidas**. Uma análise da planilha na Figura 9 mostra que:

Os clientes da empresa 3 não participarão da noite italiana (salão azul).

Os clientes das empresas 1 e 4 não participarão da noite japonesa (salão ouro).

A empresa 4 não será atendida em toda a quota de participantes requerida. Somente 1050 de seus clientes poderão participar do evento.

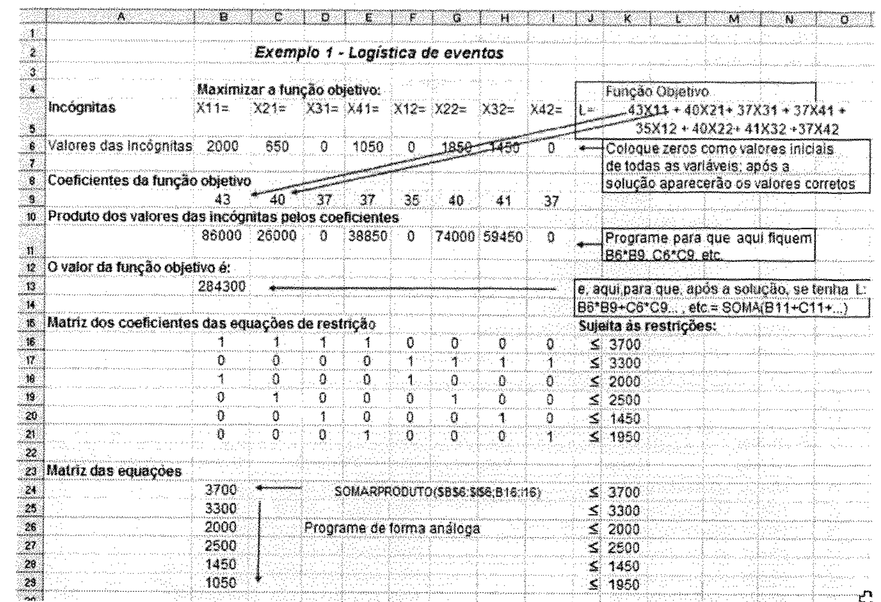


Figura 9. Solução do problema de logística de eventos

Discussão sobre o relatório de Resposta mostrado na Figura 10

O relatório de resposta não informa mais que a planilha da Figura 9. Muitos dos dados são óbvios. Do relatório de resposta, deduz-se que:

1.- Na célula de destino (Figura 9), $B$13, o valor da quantidade a ser otimizada passou do valor 0 para o valor ótimo 284300, valores que também são informados na linha 4 da Figura 10

2. - As células ajustáveis contêm as variáveis, de $B$6 a $I$6, com os valores iniciais e os finais que otimizam a solução (linhas 9 a 16 da Figura 10).

3 - As restrições (linhas 21 a 34 da Figura 10) podem ser lidas por meio do seguinte exemplo: na célula $B$24, o valor calculado da restrição 1, ou seja, o número de clientes que vão participar do salão azul é 3700; agrupar quer dizer que este valor satisfez exatamente à condição de restrição; neste caso, a transigência é 0 (zero). A restrição da célula $B$29 refere-se ao número máximo de clientes da empresa 4. Somente serão atendidos 1050 e haverá, então, uma transigência de 900. Quanto aos valores das incógnitas, as transigências referem-se à variação entre o valor inicial suposto ou disponível e o valor ótimo calculado.

Planilha: [Logística de Eventos2.xls]Plan1

Célula de destino (Máx)

Célula	Nome	Valor original	Valor final
$B$13	X11=	0	284300

Células ajustáveis

Célula	Nome	Valor original	Valor final
$B$6	Valores das Incógnitas X11=	0	2000
$C$6	Valores das Incógnitas X21=	0	650
$D$6	Valores das Incógnitas X31=	0	0
$E$6	Valores das Incógnitas X41=	0	1050
$F$6	Valores das Incógnitas X12=	0	0
$G$6	Valores das Incógnitas X22=	0	1850
$H$6	Valores das Incógnitas X32=	0	1450
$I$6	Valores das Incógnitas X42=	0	0

Restrições

Célula	Nome	Valor da célula	Fórmula	Status	Transigência
$B$24	clientessalaoazul	3700	$B$24<=$K$24	Agrupar	0
$B$25	clientessalaoouro	3300	$B$25<=$K$25	Agrupar	0
$B$26	clientesempresa1	2000	$B$26<=$K$26	Agrupar	0
$B$27	clientesempresa2	2500	$B$27<=$K$27	Agrupar	0
$B$28	clientesempresa3	1450	$B$28<=$K$28	Agrupar	0
$B$29	clientesempresa4	1050	$B$29<=$K$29	Sem agrupar	900
$B$6	Valores das Incógnitas X11=	2000	$B$6>=0	Sem agrupar	2000
$C$6	Valores das Incógnitas X21=	650	$C$6>=0	Sem agrupar	650
$D$6	Valores das Incógnitas X31=	0	$D$6>=0	Agrupar	0
$E$6	Valores das Incógnitas X41=	1050	$E$6>=0	Sem agrupar	1050
$F$6	Valores das Incógnitas X12=	0	$F$6>=0	Agrupar	0
$G$6	Valores das Incógnitas X22=	1850	$G$6>=0	Sem agrupar	1850
$H$6	Valores das Incógnitas X32=	1450	$H$6>=0	Sem agrupar	1450
$I$6	Valores das Incógnitas X42=	0	$I$6>=0	Agrupar	0

Figura 10 - Janela do relatório de resposta do Solver.

Discussão sobre o relatório de Sensibilidade, mostrado na Figura 11

As Células ajustáveis refletem os valores das variáveis de decisão (quantidade) que compõem o custo. Os principais aspectos associado a essas células são:

Na célula $C$6, por exemplo, tem-se que o valor final da variável x_{21}, ou seja, do número de clientes da empresa 2 que vão participar do salão azul, é 650. Seu (Objetivo Coeficiente) coeficiente na Função-objetivo era 40.

Não há "permissível acréscimo" de seu valor (=0), ou seja, se houver qualquer acréscimo em x_{21}, a função-objetivo não terá o valor otimizado.

Se, por outro lado, houver um decréscimo de até três clientes da empresa 2 no salão azul, o ótimo, ou seja, a função objetivo não variará.

Deve-se observar que as variáveis x_{11} e x_{32} admitem um acréscimo praticamente infinito.

Raciocínio análogo ao anterior vale para as outras variáveis.

As variáveis x_{31} e x_{42} têm valor final 0 e, portanto, não participam da função-objetivo; somente seria permitido um decréscimo em seu valor (este fato é proibido pela restrição de não-negatividade).

O custo reduzido (Reduzido custo) de qualquer das variáveis é a diferença entre o seu lucro marginal e o valor marginal dos recursos que ela consome. Não se analisa este conceito neste artigo.

Microsoft Excel 11.0 Relatório de sensibilidade

Células ajustáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
$B$6	Valores das Incógnitas X11=	2000	0	43	1E+30	6
$C$6	Valores das Incógnitas X21=	650	0	40	0	3
$D$6	Valores das Incógnitas X31=	0	-4	37	4	1E+30
$E$6	Valores das Incógnitas X41=	1050	0	37	3	0
$F$6	Valores das Incógnitas X12=	0	-8	35	8	1E+30
$G$6	Valores das Incógnitas X22=	1850	0	40	4	0
$H$6	Valores das Incógnitas X32=	1450	0	41	1E+30	4
$I$6	Valores das Incógnitas X42=	0	0	37	0	1E+30

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
$B$24	clientessalaoazul	3700	37	3700	900	1050
$B$25	clientessalaoouro	3300	37	3300	650	1050
$B$26	clientesempresa1	2000	6	2000	1050	900
$B$27	clientesempresa2	2500	3	2500	1050	650
$B$28	clientesempresa3	1450	4	1450	1050	650
$B$29	clientesempresa4	1050	0	1950	1E+30	900

Figura 11. - A janela do relatório de sensibilidade do Solver.

As células de restrições são analisadas a seguir:

- A restrição da célula $B$24, por exemplo, informa sobre a capacidade de atendimento de clientes no salão azul, (Restrição lateral, RH); por esta restrição, a quantidade de clientes permitida no salão azul deveria ser de, no máximo, 3700. O valor final de 3700 mostra que toda sua capacidade será usada;
- Se houver interesse em se aumentar a capacidade do salão azul em até 900 participantes, o *preço sombra* informa que, para cada cliente adicionado, haverá um aumento da função-objetivo (lucro) de R$37,00.

- Assim, para um acréscimo de 900 participantes, o lucro aumentará em R$37,00 x 900 = R$ 33.300,00.
- Por outro lado, se a oferta de novos participantes do salão azul aumentar em 1000, o lucro total não aumentará, pois todas as demandas já teriam sido esgotadas com 900 participantes.
- De particular interesse, portanto, é o valor do preço sombra, que os economistas chamam de *valor marginal*. O preço sombra indica de quanto varia o valor da função objetivo, dado um aumento unitário no valor da restrição, ou seja, no valor do lado direito da equação de restrição, presumindo que todos os outros coeficientes permaneçam constantes.
- Ainda em relação ao atendimento dos clientes no salão azul, pode-se reduzir o número de participantes em até 1050, com uma perda de lucro de R$37,00 por participante excluído.

Conclusões

Uma revisão da literatura mostrou que há uma grande deficiência de publicações sobre programação linear aplicada à área de planejamento e gestão de empresas turísticas. Este trabalho apresenta uma metodologia de solução de problemas de tomada de decisão empresarial que podem ser resolvidos por meio de programação linear, sem a necessidade de técnicas matriciais e de otimização. Mostra-se a simplicidade de se obterem e analisarem problemas de programação linear usando o Solver, instrumento do Excel, por meio da solução de um problema de uma empresa hoteleira. Explorou-se um problema de logística de eventos em todos os aspectos de modelagem, implementação computacional, análise de resultados e de sensibilidade. Espera-se que este trabalho contribua para melhorar a ligação entre profissionais de turismo ligados à gestão de empresas, administradores e engenheiros de produção.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e ao Centro Universitário UNA.

Referências

ALVES-MAZZOTTI, A.J. e GEWANDSZNAJDER, F. *O método nas ciências naturais e sociais.* Pesquisa quantitativa e qualitativa. São Paulo: Pioneira, 1998.

ANDRADE, E.L. *Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisão.* 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998. 277p.

BRENT RITCHIE, J. R. & GOELDNER, C. R. (eds.) *Travel, tourism and hospitality research*: a handbook for managers and researchers. 2a ed., New York: John Wiley & Sons, 1994, pp.487-491.

CORRAR, L. J. e THEÓPHILO, C.R. *Pesquisa operacional para decisão em contabilidade e administração.* São Paulo: Atlas, 2004, 496p.

DA COSTA, M. A. B. *Pesquisa operacional aplicada* à agroindústria. In: Batalha, M. O. (Coord). Gestão Agroindustrial. vol 2. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

DENCKER, A. *Métodos e técnicas de pesquisa em turismo.* São Paulo: Futura,1998.

DIAS, C.T.S. *Planejamento de uma fazenda em condições de risco: programação linear e simulação multidimensional.* 1996. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Esalq, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

ERLICH, P.J. *Pesquisa operacional-curso introdutório.* 5ªed. São Paulo: Atlas, 1985. 532p.

GREENBERG, H.J. *How to Analyze Results of Linear Programs*, Part 1: Preliminaries, *Interfaces* 23:4, 56-67, 1993a.

GREENBERG, H.J. *How to Analyze Results of Linear Programs*, Part 2: Price Interpretation, *Interfaces,* 23:5, 97-114, 1993b.

GREENBERG, H.J. *How to Analyze Results of Linear Programs*, Part 3: Infeasibility Diagnosis, *Interfaces,* 23:6, 120-139, 1993c.

HARVEY, M.W. *Principles of operations research.* 2ª ed. London: Prentice- Hall, 1986. 851p.

HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.J. *Introdução à pesquisa operacional.* São Paulo: Ed.Campus, 1988. 805p.

LACHTERMACHER, G. *Pesquisa operacional na tomada de decisões e modelagem em Excel.* São Paulo: Campus, 2002. 227p.

MORÁBITO NETO, R. *Um modelo baseado em programação linear e programação de metas para análise de um sistema de produção e distribuição de suco concentrado congelado de laranja.* 2000. 214p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

SANTOS, H. N.; RIBEIRO, C.A.A.S ; OLIVEIRA, A.M.; CUNHA, M. S. *PROLIN:* Um sistema para programação linear. Agrosoft 95. Juiz de Fora, 1995, CD-ROM.

NETCOMEX. Disponível em: < http://www.netcomex.com.br>. Acesso em: 08 de junho, 2004.

RAGSDALE, C.T. *Spreadsheet modeling and decision analysis*. 3ªed. Ohio: South Western, 2004. 842p.

SAKATA M. *Tendências metodológicas da pesquisa em turismo*. 107p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Relações Públicas, Propaganda e Turismo, ECAUSP, São Paulo, 2002.

SWEENEY, D.J.; ANDERSON D.R.; WILLIANS, T.A. *Quantitative methods for business*. 7ªed. Ohio: South Western, 1998. 834p.

US DEPARTMENT OF LABOR, Bureau of Labor Statistics, Operations Research Analysts. Disponível em: < http://stats.bls.gov/oco/ocos044.htm>. Acesso em: 10 de mar. 2004.