

(**Nota:** Justifique todas as respostas e apresente os cálculos efetuados. Responda a todas as questões utilizando modelos e metodologias lecionadas em investigação operacional.)

1. Uma fábrica de calçado pretende determinar o número de pares de sapatos de cada um de quatro tipos, a produzir por dia. Para isso dispõe de 10 rolos de couro e 14 rolos de material sintético. A secção de corte e montagem e a dos acabamentos têm 12 horas máquina (h.m.) disponíveis diariamente. A fábrica consegue escoar toda a produção e a receita é 4, 2, 3 e 1 unidades monetárias (u.m.) por cada centena de pares de sapatos de tipo 1, 2, 3 e 4, respetivamente. Para resolver o problema foi formulado o seguinte modelo de programação linear:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= 4x_1 + 2x_2 + 3x_3 + x_4 \\ \text{s. a: } &\begin{cases} 2x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 \leq 10 \\ x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 \leq 14 \\ 4x_1 + 3x_2 + 2x_3 + x_4 \leq 12 \\ 3x_1 + 2x_2 + 2x_3 + 2x_4 \leq 12 \\ x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

em que  $x_j$  representa a quantidade de sapatos de tipo  $j$  a fabricar por dia (em  $10^2$  pares).

Este problema foi resolvido pelo *Solver* do Excel e obteve-se o relatório de sensibilidade que se apresenta seguidamente.

**Microsoft Excel 15.0 Sensitivity Report**

**Variable Cells**

Cell	Name	Final Value	Reduced Cost	Objective Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$B\$7	x1	1	0	4	2	0,5
\$C\$7	x2	0	-0,5	2	0,5	1E+30
\$D\$7	x3	4	0	3	1	1
\$E\$7	x4	0	-0,5	1	0,5	1E+30

**Constraints**

Cell	Name	Final Value	Shadow Price	Constraint R.H. Side	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$F\$2	couro	10	1	10	2	4
\$F\$3	mat. sintético	9	0	14	1E+30	5
\$F\$4	corte e montagem	12	0,5	12	2	2
\$F\$5	acabamentos	11	0	12	1E+30	1

- (2,0 valores) **a)** Indique o valor ótimo e a solução ótima (variáveis de decisão e de desvio) do problema dado. Interprete o seu significado no contexto do problema.
- (0,5 valores) **b)** Indique quais as restrições não saturadas na solução ótima.
- (1,5 valores) **c)** Escreva a solução ótima do dual (só variáveis de decisão) e interprete o significado da 1ª e da 2ª variável no contexto do problema.
- (2,0 valores) **d)** Analise as consequências na receita total de um acréscimo de 2 h.m. de tempo disponível na secção de corte e montagem.
- (2,0 valores) **e)** Analise as consequências na solução ótima e no valor ótimo de um aumento de 1 u.m. na receita de uma centena de pares de sapatos de tipo 1.

(2,0 valores) **f)** Valerá a pena considerar o fabrico de um novo tipo de sapato tal que cada centena de pares consome 1 rolo de couro, 0,5 rolo de material sintético, 2 h.m. da secção de corte e montagem, 1 h.m. da secção de acabamentos e proporciona uma receita de 1,5 u.m.?

(2,0 valores) **g)** Faça as alterações ao modelo que permitam incorporar as três novas condições seguintes: **(i)** os sapatos de tipo 1 e de tipo 3 sendo muito semelhantes não devem ser fabricados em simultâneo; **(ii)** Ou se utiliza couro ou se utiliza material sintético, não se permitindo a mistura de materiais e assumindo que as duas primeiras restrições representam o consumo destes materiais na produção de sapatos com apenas um tipo de material; **(iii)** o fabrico de sapatos de tipo 1 exige o de sapatos de tipo 2.

**2.** (3,0 valores) Considere o modelo de programação linear dado no início da questão 1. Retire-lhe a 1ª e a 4ª restrições. Faça uma iteração do método do simplex aplicado a este novo problema. Escreva a solução obtida e classifique-a.

**3.** Uma empresa de entregas ao domicílio sediada em Lisboa tem um pedido de entrega urgente de uma encomenda em Coimbra. Para determinar o percurso a efetuar recolheu os seguintes dados:

Distâncias em quilómetros entre as localidades

	Santarém	Entroncamento	Leiria	Tomar	Pombal	Coimbra
Lisboa	77	116	145	–	–	–
Santarém	–	46	–	71	100	–
Entroncamento	–	–	–	23,7	79	–
Leiria	–	–	–	–	27,5	–
Tomar	–	–	–	–	–	84
Pombal	–	–	–	–	–	50

(2,0 valores) **a)** Supondo que o tempo de viagem é proporcional às distâncias formule um problema de redes que lhe permita resolver o problema da empresa.

(3,0 valores) **b)** Preencha a folha de excel em anexo com todos os dados e informação relevante que lhe permita resolver o problema usando o solver.



**BOA SORTE**

The image shows a Microsoft Excel spreadsheet with columns labeled A through R and rows numbered 1 through 19. A 'Solver Parameters' dialog box is open in the bottom right corner. The dialog box contains the following fields and controls:

- Set Objective:** An empty text input field.
- To:** Three radio buttons labeled 'Max', 'Min', and 'Value Of:'. The 'Value Of:' radio button is selected.
- By Changing Variable Cells:** An empty text input field.
- Subject to the Constraints:** A large empty rectangular area for listing constraints.
- Buttons:** 'Add', 'Change', 'Delete', 'Reset All', and 'Load/Save' buttons are positioned to the right of the constraints area.
- Make Unconstrained Variables Non-Negative:** An unchecked checkbox.
- Select a Solving Method:** A dropdown menu with a downward arrow.
- Options:** A button located at the bottom right of the dialog box.