



# MÉTODOS QUANTITATIVOS DE APOIO À DECISÃO

**Proposta de Resolução**

**Autoria:** Modesto

**Leitura crítica:** Tavares de Lima

# Proposta de Resolução

O 1º passo para a solução do problema, consiste em identificar que o problema é de otimização e que podemos usar a técnica de programação linear para resolvê-lo. Diante desse conhecimento, precisamos iniciar a modelagem do problema e, portanto, vamos começar a modelagem pela sua função objetivo (F.O)

F.O = *Minimizar custo de transporte* =

$$53x_{11} + 76x_{12} + 142x_{13} + 278x_{14} + 254x_{15} + 61x_{21} + 84x_{22} + 151x_{23} + 287x_{24} + 269x_{25} + 111x_{31} + 132x_{32} + 116x_{33} + 304x_{34} + 284x_{35}$$

onde  $i$  corresponde às regiões produtivas e  $j$  aos mercados.

Após a modelagem da função objetivo, podemos iniciar a modelagem das restrições, que pode ser dividida em dois grupos, sendo um dos grupos que toda a produção deve ser escoada, e o outro de que toda demanda deve ser atendida.

Começando pelas restrições de que toda produção deve ser escoada, podemos descrevê-la da seguinte maneira:

$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} = 769$ - Restrição de escoamento referente a Rio Grande do Sul.

$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} = 960$ - Restrição de escoamento referente a Minas Gerais.

$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} = 190$ - Restrição de escoamento referente a São Paulo.

Depois, escrevendo as restrições de demanda a ser atendida, temos:

$x_{11} + x_{21} + x_{31} = 19$ - Restrição de demanda no Mercosul.

$x_{12} + x_{22} + x_{32} = 6$ - Restrição de demanda no México.

$x_{13} + x_{23} + x_{33} = 1650$ - Restrição de demanda nos EUA.

$x_{14} + x_{24} + x_{34} = 162$ - Restrição de demanda na China.

$x_{15} + x_{25} + x_{35} = 60$ - Restrição de demanda na UE.

Por fim, escrevemos a restrição de não negatividade das variáveis de decisão.

$$x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{25}, x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}, x_{35} \geq 0$$

Diante disso, podemos escrever o modelo completo como:



$$\text{F.O} = 53x_{11} + 76x_{12} + 142x_{13} + 278x_{14} + 254x_{15} + 61x_{21} + 84x_{22} + 151x_{23} + 287x_{24} + 269x_{25} +$$

$$111x_{31} + 132x_{32} + 116x_{33} + 304x_{34} + 284x_{35}$$

Sujeito a:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} = 769$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} = 960$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} = 190$$

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} = 19$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} = 6$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} = 1650$$

$$x_{14} + x_{24} + x_{34} = 162$$

$$x_{15} + x_{25} + x_{35} = 60$$

$$x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{25}, x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}, x_{35} \geq 0$$

Após a modelagem, basta escrevermos o modelo no Microsoft Excel e resolver com o Solver. Na Figura 1, apresentamos a modelagem no Excel; na Figura 2, as fórmulas utilizadas; e na Figura 3, as configurações no Solver.

Figura 1 – Modelagem no Excel

Resolução Desafio Profissional							
Região de Fabricação	Unidade	Para o mercado consumidor					Produção 1000 m³
		Mercosul	México	EUA	China	UE	
Rio Grande do Sul	US\$/m³	53,00	76,00	142,00	278,00	254,00	769,00
Minas Gerais	US\$/m³	61,00	84,00	151,00	287,00	269,00	960,00
São Paulo	US\$/m³	111,00	132,00	116,00	304,00	284,00	190,00
Exportação do Setor	1.000 m³	19,00	6,00	1.650,00	162,00	60,00	1.897,00
Exportação do Setor	US\$/M	8,00	3,00	820,00	82,00	30,00	943,00

  

Variáveis de Decisão	X11	X12	X13	X14	X15	X21	X22	X23	X24	X25	X31	X32	X33	X34	X35
F.O.	-														

  

Restrições			
Escoamento RS	-	=	769,00
Escoamento MG	-	=	960,00
Escoamento SP	-	=	190,00
Demanda Mercosul	-	=	19,00
Demanda México	-	=	6,00
Demanda EUA	-	=	1.650,00
Demanda China	-	=	162,00
Demanda UE	-	=	60,00

Fonte: captura de tela de Excel.

**Audiodescrição:** A Figura 1 apresenta uma tabela de Excel, onde é apresentada uma cópia dos dados do problema nas linhas de 1 a 10 e da coluna “A” até a “H”. Nas linhas 13 e 14 e das colunas “A” até a coluna “P” são apresentadas as variáveis de decisão do problema, iniciando o valor que deverá ser o resultado de  $x_{11}$  na linha 14 coluna “B” e indo até a coluna “P” da mesma linha com a variável  $x_{35}$ . Na linha 16 e coluna “B” é apresentada a função “objetivo do problema”. Nas linhas 19 a 26, com as colunas “A” a “D”, são apresentadas as restrições do problema, sendo que as restrições de escoamento vão da linha 19 até 21 e da 22 a 26 são apresentadas as restrições de demanda.

Figura 2 – Fórmulas utilizadas

<

Fonte: captura de tela de Excel.

**Audiodescrição:** A Figura 2 apresenta a mesma tabela da Figura 1 de Excel, contudo, com as células que contêm as fórmulas. Na célula “B16” está a fórmula que calcula a função objetivo que é “=SOMARPRODUTO(B14:F14;C5:G5)+SOMARPRODUTO(C6:G6;G14:K14)+SOMARPRODUTO(C7:G7;L14:P14)”. Na célula “B19” está a fórmula do lado esquerdo da restrição de escoamento de Rio Grande do Sul que é “=SOMA(B14:F14)”. Na célula “B20” está a fórmula do lado esquerdo da restrição de escoamento de Minas Gerais que é “=SOMA(G14:K14)”. Na célula “B21” está a fórmula do lado esquerdo da restrição de escoamento de São Paulo que é “=SOMA(L14:P14)”. Na célula “B22” está a fórmula da restrição do lado esquerdo de demanda do Mercosul que é “=B14+G14+L14”. Na célula “B23” está a fórmula do lado esquerdo da restrição de demanda do México que é “=C14+H14+M14”. Na célula “B24” está a fórmula do lado esquerdo da restrição de demanda do EUA que é “=D14+I14+N14”. Na célula “B25” está a fórmula do lado esquerdo da restrição de demanda da China que é “=E14+J14+O14”. Na célula “B26” está a fórmula do lado esquerdo da restrição de demanda da UE que é “=F14+K14+P14”. Na célula “D19” à célula “D26” estão as fórmulas que referenciam aos valores limitantes de cada restrição que está na tabela de dados do problema que inicia na célula “H5” até a “H7” para as restrições de escoamento e de “C9” até “G9” para as restrições de demanda.

**Figura 3 – Configuração do Solver**

The screenshot shows the Excel Solver configuration window. The objective function is set to cell \$B\$16. The 'To: Max' radio button is selected. The variable cells are set to \$B\$14:\$P\$14. The constraints are listed as \$B\$19:\$B\$21 = \$D\$19:\$D\$21 and \$B\$22:\$B\$26 = \$D\$22:\$D\$26. The 'Make Variable Non-Negative' checkbox is checked. The 'Select a Solving Method' dropdown is set to 'Simplex LP'. The 'Options' button is visible.

Fonte: captura de tela de Solver.

**Audiodescrição:** A Figura 3 apresenta as configurações do Solver. Na opção de “configurar objetivo” é indicado a célula “\$B\$16”. Na configuração “Para” é indicado “Min” (Minimizar). Na configuração “Alterando célula variável” é indicado “\$B\$14:\$P\$14”. Na configuração de “sujeito à restrições” é indicado as células de “\$B\$19:\$B\$21 = \$D\$19:\$D\$21” e “\$B\$22:\$B\$26 = \$D\$22:\$D\$26” e indicado que deve “Tornar Variáveis irrestritas Não Negativas”.

O valor de resultado desse problema terá como o valor da função objetivo R\$ 302.399,00, e tendo como variáveis de decisão e seus respectivos valores  $x_{11} = 0, x_{12} = 0, x_{13} = 547, x_{14} = 162, x_{15} = 60, x_{21} = 0, x_{22} = 0, x_{23} = 960, x_{24} = 0, x_{25} = 0, x_{31} = 19, x_{32} = 6, x_{33} = 143, x_{34} = 0, e x_{35} = 0$ .





**Bons estudos!**