

FERRAMENTAS: “ATINGIR META” E “SOLVER”



- “ATINGIR META”: ACIONAMENTO, PREENCHIMENTO
- “ATINGIR META”: EXEMPLOS DE APLICAÇÃO
- “SOLVER”: ACIONAMENTO, PREENCHIMENTO
- “SOLVER”: EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

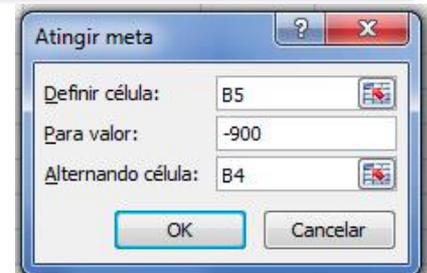
MS Excel: determinação de valores

- Ferramenta 'Atingir Meta' ('Goal Seek')

- Função de uma única variável



- MS Excel altera o valor de uma única célula específica (célula de entrada) até que outra célula (de saída) assuma um valor pré estipulado (resultado desejado, meta)



- Ferramenta 'Solver'

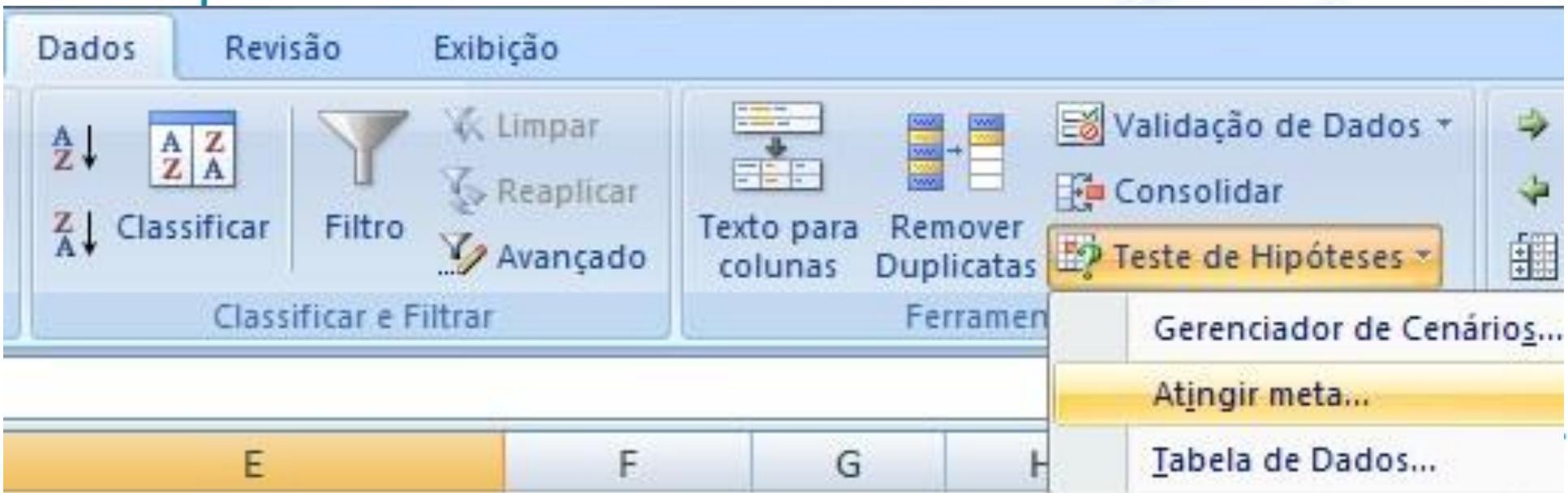
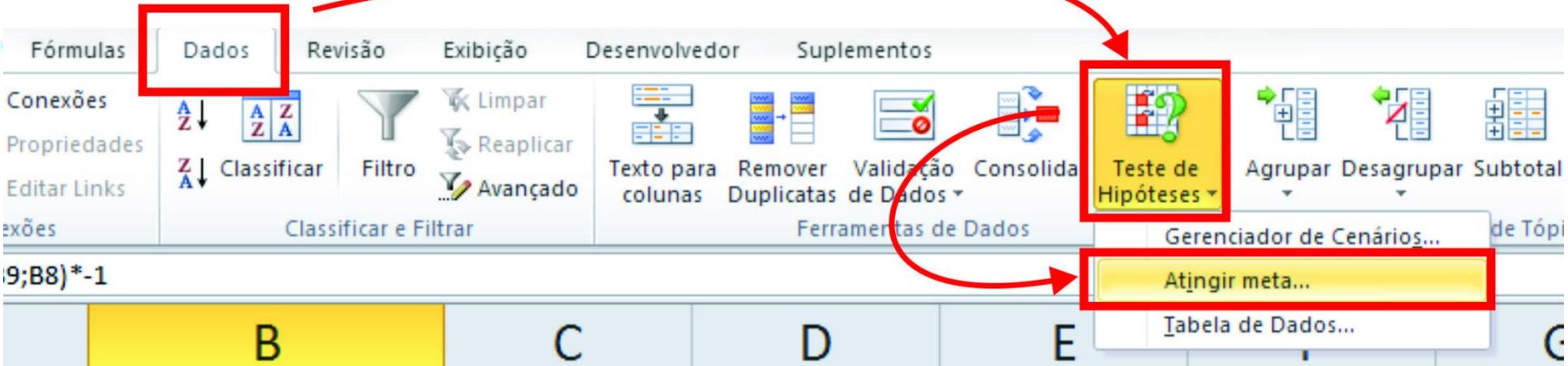
- Função de uma ou mais variáveis



- MS Excel altera o valor de uma ou mais células específicas (células de entrada) até que outra célula (de saída) assuma um valor de saída pré estipulado (resultado desejado, meta)



Atingir Meta: acionamento



Atingir Meta: preenchimento

- Definir Célula:

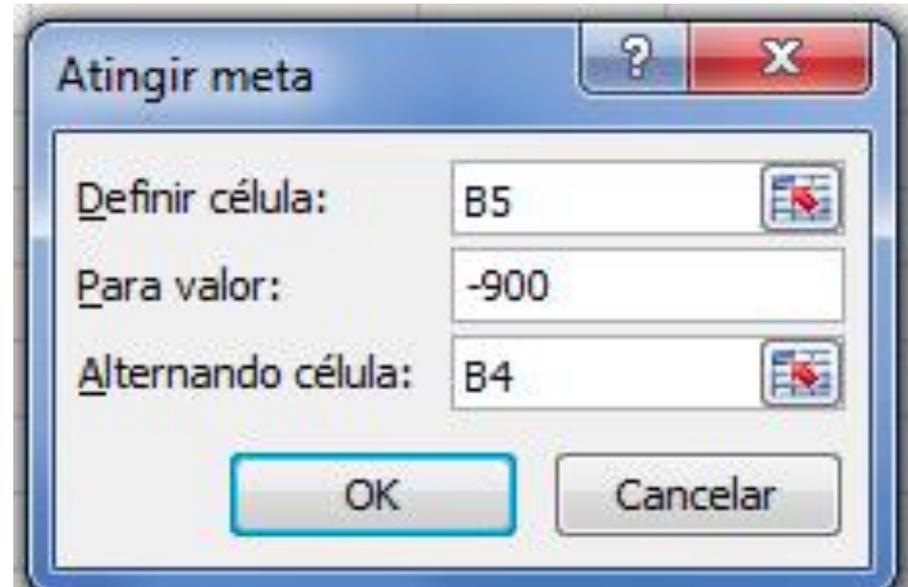
- Célula (de saída) com a expressão para calcular o valor desejado (meta)

- Para valor:

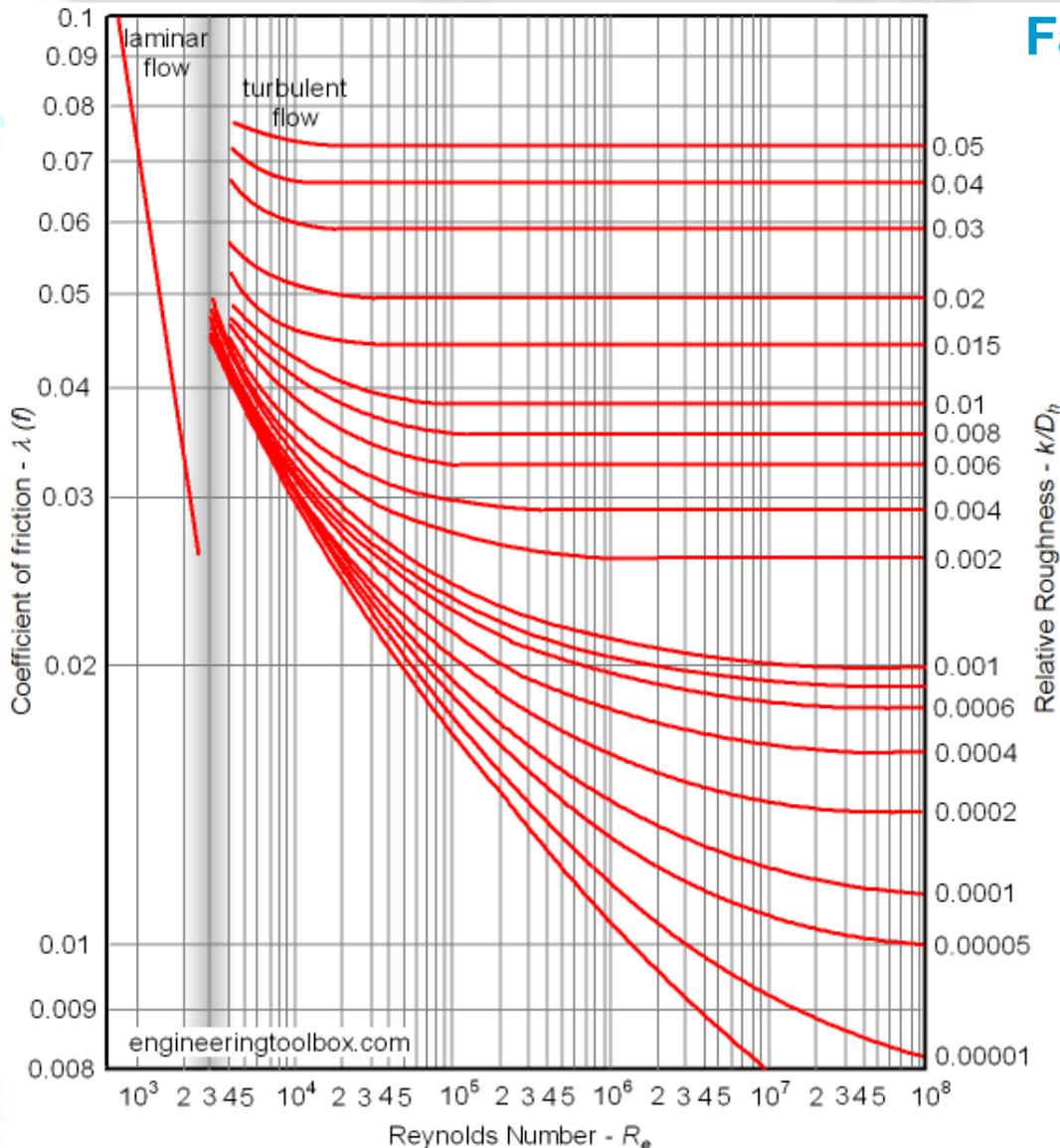
- Inserir o valor desejado

- Alterando célula:

- Célula (de entrada) que contém o valor a ser ajustado
- O valor contido nesta célula (de entrada) influencia (direta ou indiretamente) o valor calculado na célula de destino
- Inserir inicialmente um valor aproximado (chute inicial)



Atingir Meta: obter fator de atrito



Fator de atrito – eq. de Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon_{\text{rel}}}{3.7} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \right)$$

$\lambda \rightarrow$ fator de atrito

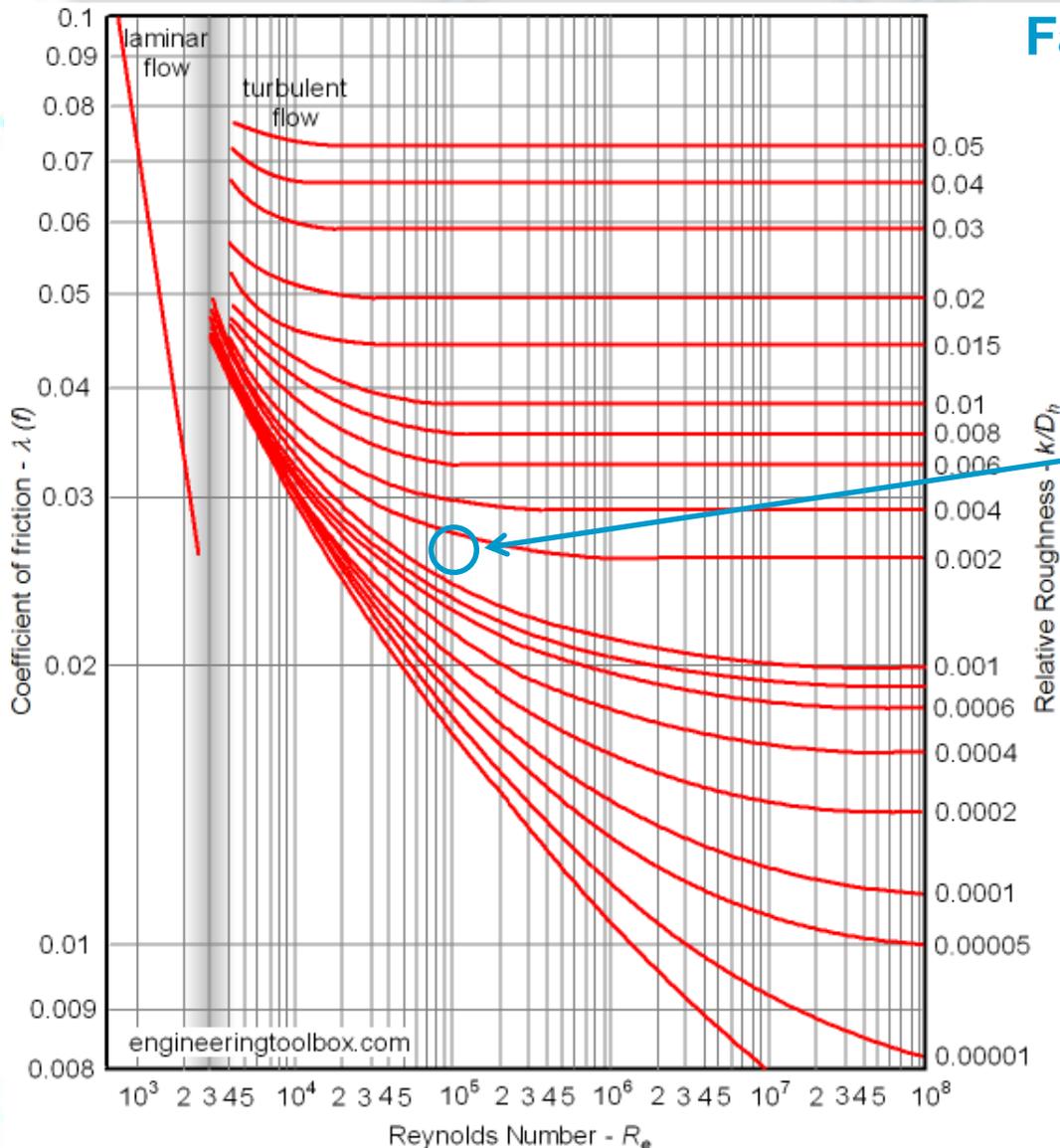
$$\epsilon_{\text{rel}} = \frac{\epsilon}{D_h} \rightarrow \text{rugosidade relativa}$$

$$\text{Re} = \frac{v D_h}{\nu} \rightarrow \text{número de Reynolds}$$

Equação de Darcy-Weisbach p/ perda de carga distribuída h_{loss} :

$$h_{\text{loss}} = \lambda \frac{L}{D_h} \frac{v^2}{2g}$$

Atingir Meta: obter fator de atrito



Fator de atrito – eq. de Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon_{rel}}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} \right)$$

Ex.: resolver em um cenário com

$\epsilon_{rel} = 0.0017$ e $Re = 105000$

Mudança de variável: $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = x$



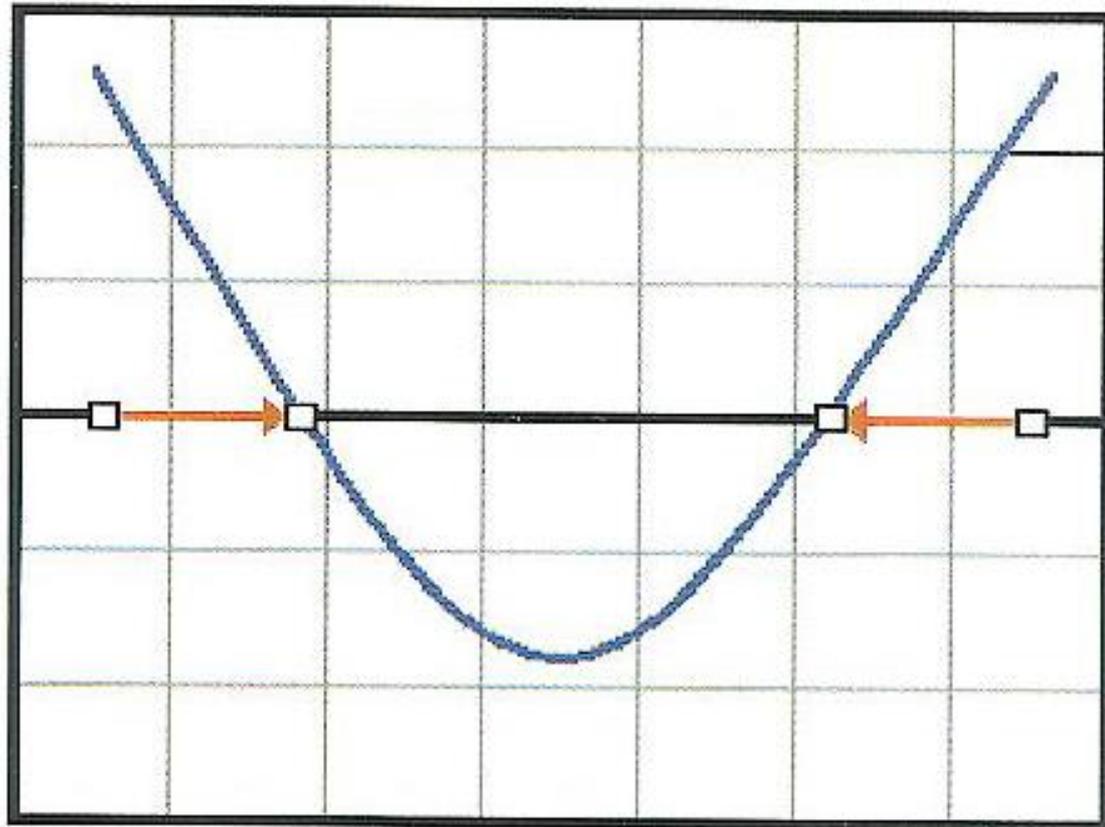
$$x = -2 \log \left(\frac{\epsilon_{rel}}{3.7} + \frac{2.51}{Re} x \right)$$



$$x + 2 \log \left(\frac{\epsilon_{rel}}{3.7} + \frac{2.51}{Re} x \right) = 0$$

Atingir Meta: raiz de função

- Obter as raízes da função: $f(x) = 4x^2 + 3x - 18$
 - A raiz (solução) encontrada depende da estimativa inicial



Solver: suplemento / ativação

Opções do Excel

Mais Usados

Fórmulas

Revisão de Texto

Salvar

Avançado

Personalizar

Suplementos

Central de Confiabilidade

Recursos

Exiba e gerencie suplementos do Microsoft Office.

Suplementos

Nome	Local	Tipo
Suplementos de Aplicativo Ativos		
Microsoft Office Live Add-in	E:\...rosoft\Office Live\OLConnector.dll	Suplemento de COM
OmniPage SE 4 COM Addin	E:\...ft\OmniPageSE4\OfficeAddinSE4.dll	Suplemento de COM
Suplementos de Aplicativo Inativos		
Assistente de Pesquisa	lookup.xlam	Suplemento do Excel
Assistente de Soma Condicional	sumif.xlam	Suplemento do Excel
Cabeçalhos e Rodapés	E:\...rosoft Office\Office12\OFFRHD.DLL	Inspetor de Documento
Conteúdo Invisível	E:\...rosoft Office\Office12\OFFRHD.DLL	Inspetor de Documento
Dados XML Personalizados	E:\...rosoft Office\Office12\OFFRHD.DLL	Inspetor de Documento
Ferramentas de Análise	analys32.xll	Suplemento do Excel
Ferramentas de Análise - VBA	atpvbaen.xlam	Suplemento do Excel
Ferramentas para o Euro	eurotool.xlam	Suplemento do Excel
Linhas e Colunas Ocultas	E:\...rosoft Office\Office12\OFFRHD.DLL	Inspetor de Documento
Nome (Destinatários de email do Outlook)	E:\...rosoft shared\Smart Tag\FNAME.DLL	Marca Inteligente
Planilhas Ocultas	E:\...rosoft Office\Office12\OFFRHD.DLL	Inspetor de Documento
Solver	solver.xlam	Suplemento do Excel
VBA do Assistente para Internet	E:\... Office\Office12\Library\HTML.XLAM	Suplemento do Excel
Suplementos Relacionados a Documento <i>Sem Suplementos Relacionados a Documento</i>		
Suplementos de Aplicativo Desabilitados		
Suplemento:	Microsoft Office Live Add-in	
Editor:	Microsoft Corporation	
Local:	E:\Program Files\Microsoft\Office Live\OLConnector.dll	
Descrição:	Microsoft Office Live Add-in	

Gerenciar: Suplementos do Excel Ir...

OK Cancelar

Solver: acionamento (Dados-Análise)

Dados

Revisão

Exibição

Suplementos

Foxit Reader PDF

Equipe

Solver

Parâmetros do Solver

Definir Objetivo:

\$A\$1

Para:

Máx.

Mín.

Valor de:

0

Alterando Células Variáveis:

Sujeito às Restrições:

Adicionar

Alterar

Excluir

Redefinir Tudo

Carregar/Salvar

Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas

Selecionar um Método de Solução:

GRG Não Linear

Opções

Método de Solução

Selecione o mecanismo GRG Não Linear para Problemas do Solver suaves e não lineares. Selecione o mecanismo LP Simplex para Problemas do Solver lineares. Selecione o mecanismo Evolutionary para problemas do Solver não suaves.

Ajuda

Resolver

Fechar

Solver: parâmetros / preenchimento

- ‘Definir Destino’
 - Célula referente ao valor da função(-objetivo)
 - Maximizar / Minimizar / Valor de → conforme otimização
- ‘Alterando Células Variáveis’
 - Células a serem ajustadas (numericamente pelo Solver)
 - Células referentes às variáveis de decisão ↔ reais / inteiras
- ‘Sujeito às Restrições’
 - Campos → células LHS , operador relacional , células RHS
 - Restrições do mesmo tipo ↔ possibilidade de agrupamento
- ‘Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas’
 - Condição de não-negatividade (em Programação Matemática)

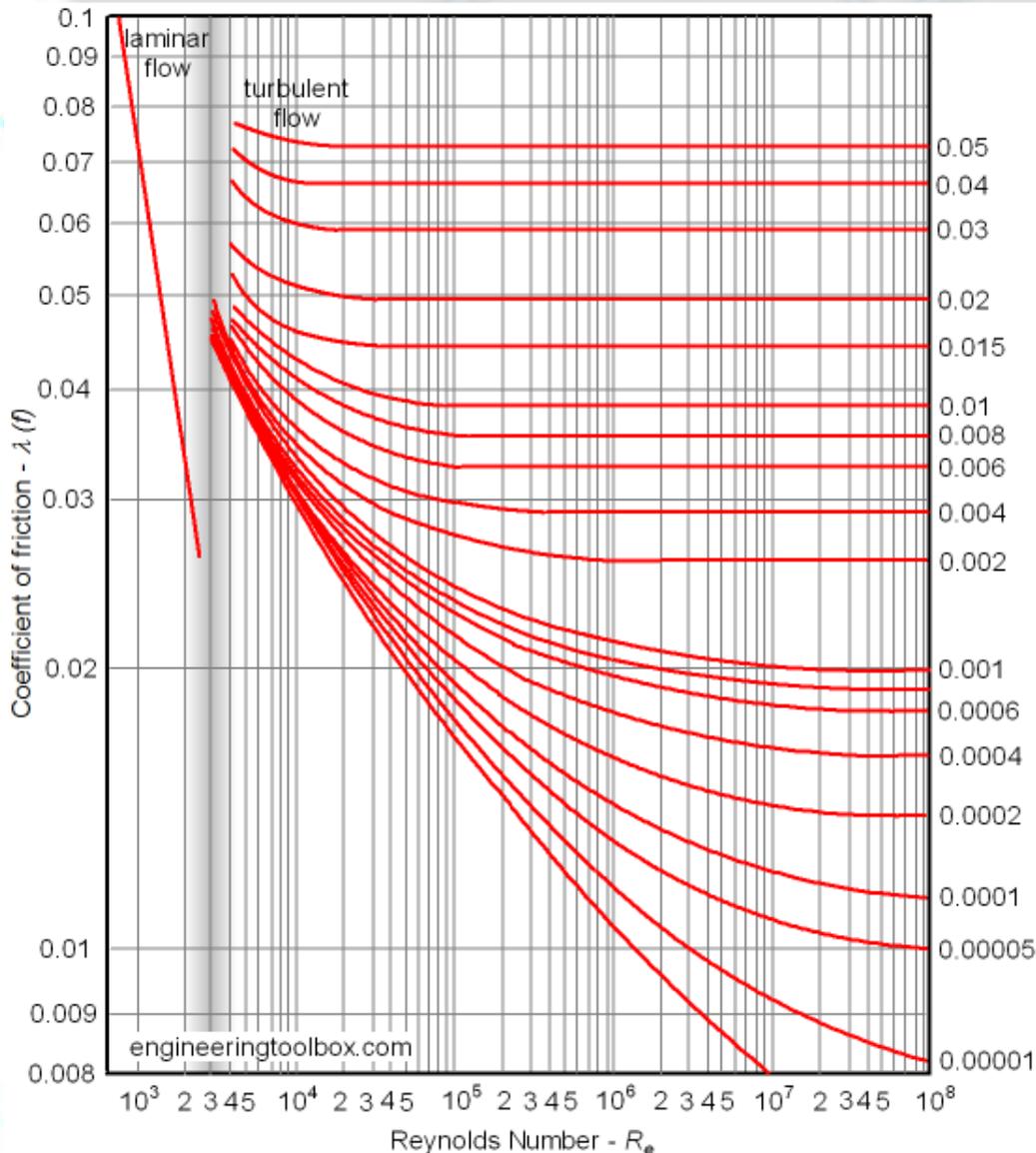


Solver: execução e resultados

- ‘Selecionar um Método de Solução’
 - ‘LP Simplex’ → Programação Linear (inteira ou não)
- “Resolver” → solução do problema
 - Checar mensagem → resolução do problema (ou não)
 - Se houver valores inesperados → restaurar valores originais
- Visualização dos resultados via própria planilha
 - Variáveis de decisão e função-objetivo na solução ótima
- Visualização dos resultados via Relatórios
 - Relatório de Resposta (p/ problemas de Programação Linear)
 - 3 partes: função-objetivo, variáveis de decisão e restrições



Solver: raiz de equação $\rightarrow f(x) = 0$



EQUAÇÃO DE COLEBROOK

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon_{\text{rel}}}{3.7} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right)$$

f : fator de atrito

$\varepsilon_{\text{rel}} = \frac{\varepsilon}{D_h}$: rugosidade relativa

$\text{Re} = \frac{\nu D_h}{\nu}$: número de Reynolds

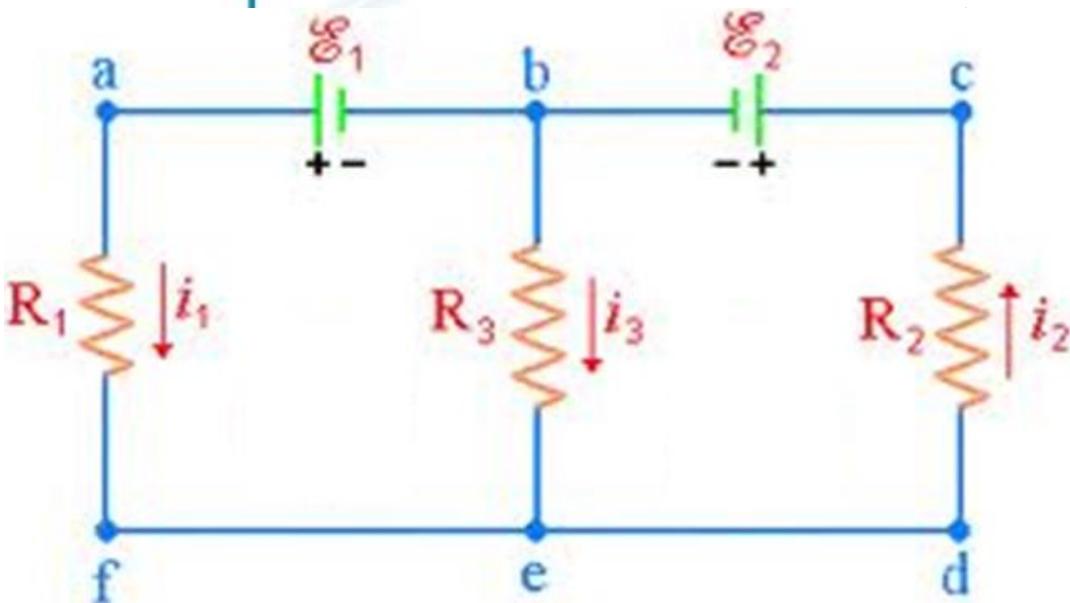
Sugestão: mudança de variável

$$x = \frac{1}{\sqrt{f}}$$

Solver: solução de sistemas lineares

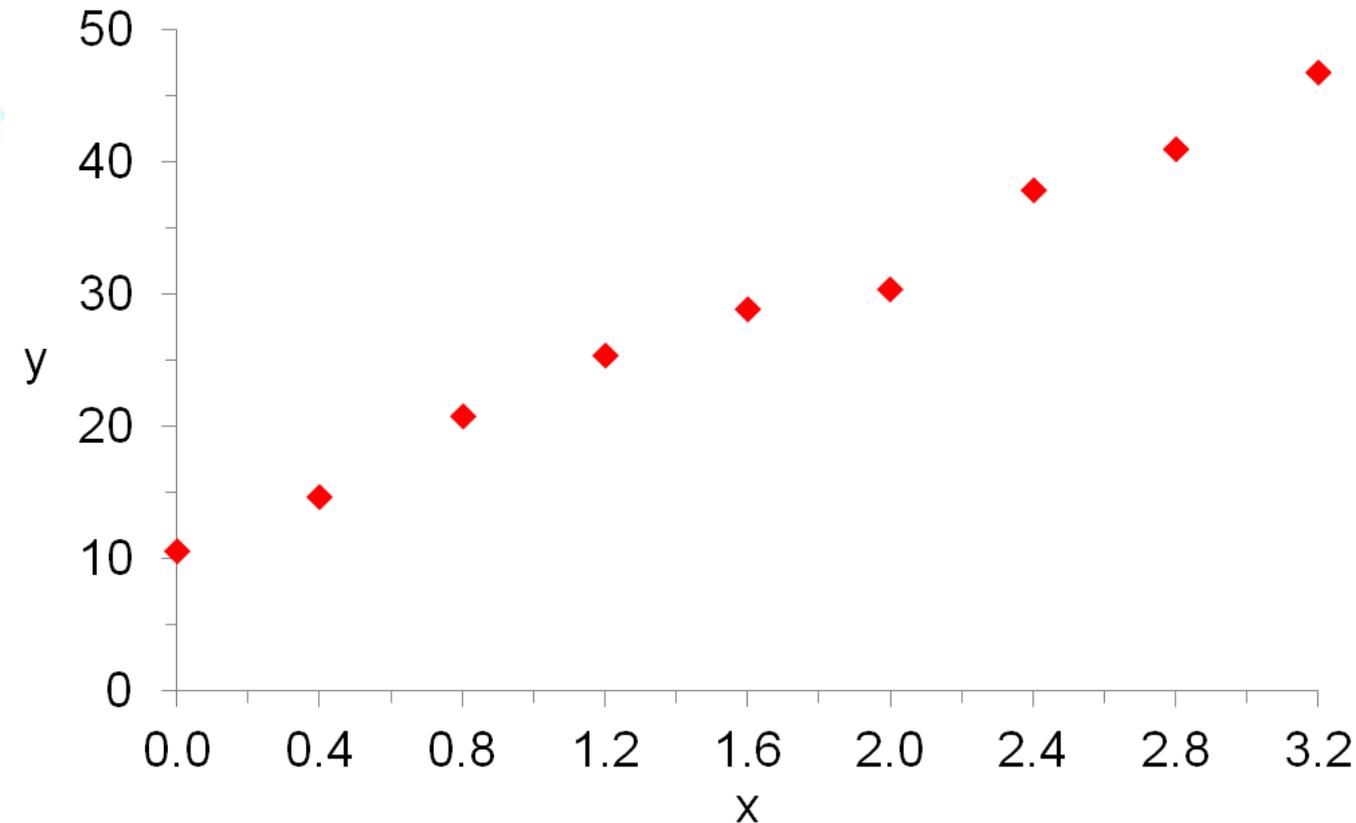
- Circuitos elétricos multimalhas → leis de Kirchhoff


$$\left. \begin{aligned} f_1(i_1, i_2, i_3) &= i_1 - i_2 + i_3 = 0 \\ f_2(i_1, i_2, i_3) &= \varepsilon_1 - R_1 i_1 + R_3 i_3 = 0 \\ f_3(i_1, i_2, i_3) &= \varepsilon_2 + R_2 i_2 + R_3 i_3 = 0 \end{aligned} \right\} \text{com } \begin{cases} R_1 = 1\text{k}\Omega & \varepsilon_1 = 10\text{V} \\ R_2 = 2\text{k}\Omega & \varepsilon_2 = 13\text{V} \\ R_3 = 3\text{k}\Omega \end{cases}$$



- Célula de destino → ex: f_1
 - Valor de: 0
- Células variáveis: i_1, i_2, i_3
- Restrições (artifício de solução)
 - $f_2 = f_1$; $f_3 = f_1$

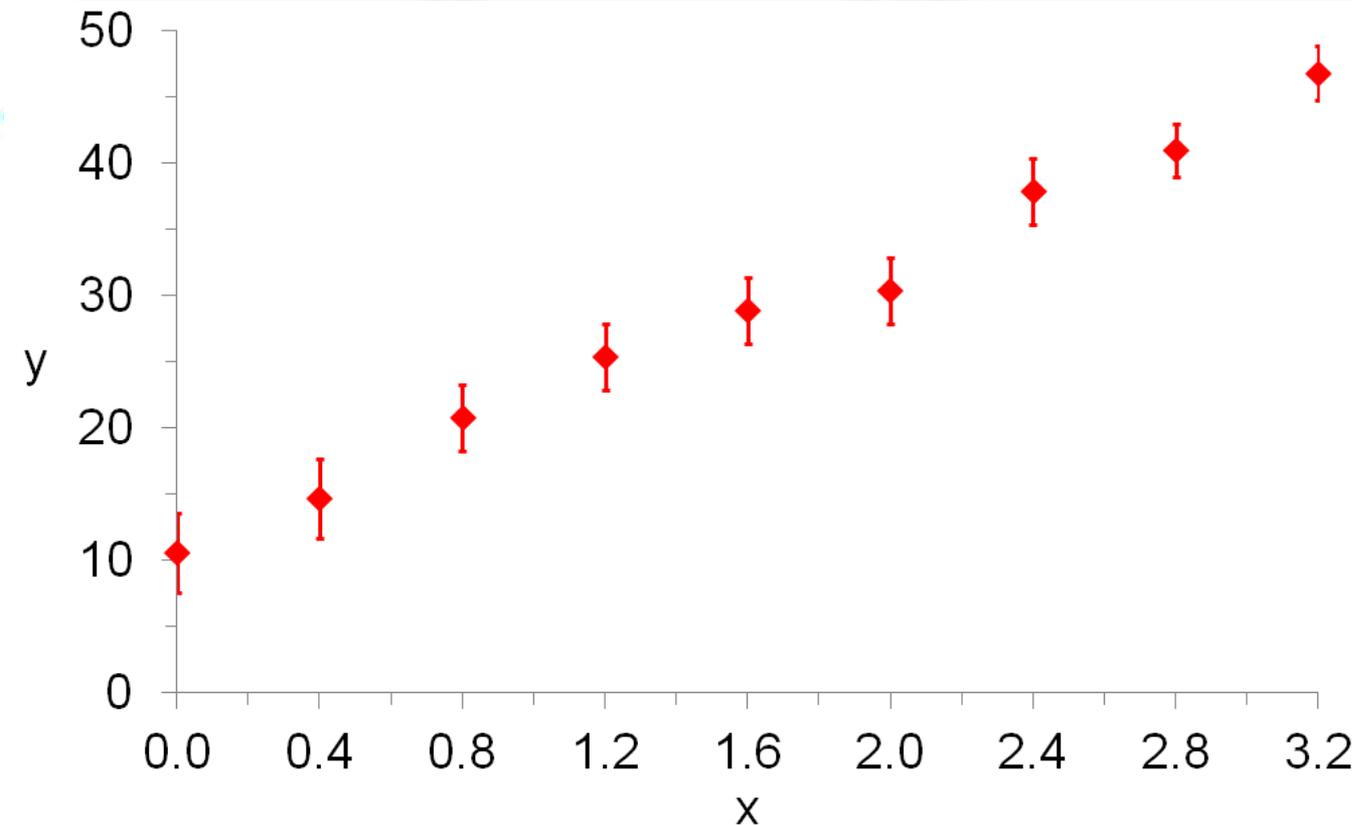
Solver: ajuste de dados s/ incerteza



x	y
0.0	10.6
0.4	14.7
0.8	20.8
1.2	25.4
1.6	28.9
2.0	30.4
2.4	37.9
2.8	41.0
3.2	46.8

$$f(x) = ax + b \quad \begin{cases} a? \\ b? \end{cases} \leftrightarrow \text{Min} \sum_i [y_i - f(x_i)]^2$$

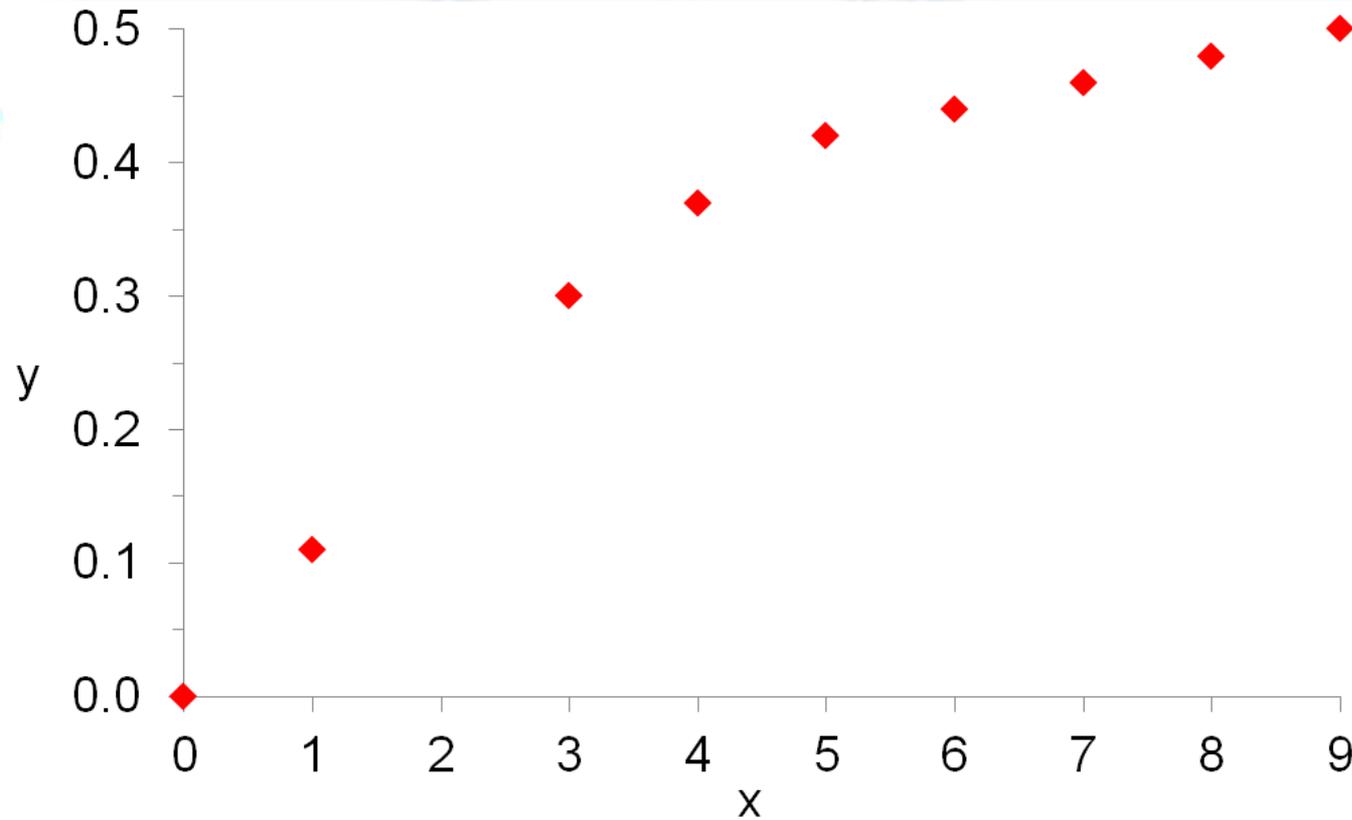
Solver: ajuste de dados c/ incerteza



x	y	σ
0.0	10.6	3.0
0.4	14.7	3.0
0.8	20.8	2.5
1.2	25.4	2.5
1.6	28.9	2.5
2.0	30.4	2.5
2.4	37.9	2.5
2.8	41.0	2.0
3.2	46.8	2.0

$$f(x) = ax + b \quad \begin{cases} a? \\ b? \end{cases} \Leftrightarrow \text{Min} \sum_i \left[\frac{y_i - f(x_i)}{\sigma_i} \right]^2$$

Solver: ajuste de função não linear



x	y
0.0	0.00
1.0	0.11
3.0	0.30
4.0	0.37
5.0	0.42
6.0	0.44
7.0	0.46
8.0	0.48
9.0	0.50

$$f(x) = a \tanh(bx) \quad \begin{cases} a? \\ b? \end{cases} \leftrightarrow \text{Min} \sum_i [y_i - f(x_i)]^2$$

Modelos de decisão: elementos

- Definição do **objetivo** básico \leftrightarrow otimização almejada
 - Função-objetivo a ser maximizada / minimizada
- Definição das **alternativas** possíveis para otimização
 - Variáveis de decisão \rightarrow em geral, estritamente positivas
- Identificação (ou estimativa) das **restrições** / limitações
 - Inequações / equações envolvendo as variáveis de decisão
- Identificação (ou estimativa) dos **parâmetros**
 - Valores *a priori* conhecidos (pré-fixados) que se aplicam às variáveis de decisão na função-objetivo e nas restrições



Programação Matemática



Otimizar:	Sujeito a:
$Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$	$\left. \begin{array}{l} r_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ r_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \vdots \\ r_m(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \leq \\ = \\ \geq \end{array} \left\{ \begin{array}{l} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{array} \right.$

$x_i \rightarrow$ variáveis de decisão ($i = 1, 2, \dots, n$)

$b_j \rightarrow$ limitações de um dado recurso ($j = 1, 2, \dots, m$)

$f(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow$ função-objetivo

$r_j(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow$ funções associadas às restrições

$n \rightarrow$ número de variáveis de decisão

$m \rightarrow$ número de restrições / limitações

Programação Linear

- Função-objetivo e todas restrições → funções lineares

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n = \sum_{i=1}^n c_i x_i$$

$$r_j(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_{j1} x_1 + a_{j2} x_2 + \dots + a_{jn} x_n = \sum_{i=1}^n a_{ji} x_i$$

n → número de variáveis de decisão x_i ($i = 1, 2, \dots, n$)

m → número de restrições / limitações r_j ($j = 1, 2, \dots, m$)

i → índice de uma determinada variável de decisão

j → índice de uma determinada restrição / limitação

c_i → coeficiente da variável x_i na função-objetivo f

a_{ji} → coeficiente da variável x_i na j -ésima restrição r_j



Solver: Programação Linear

- Problemas de Programação Linear
 - Presumir Modelo Linear (janela: Opções)
- Solução do problema → Resolver
 - Checar mensagem → resolução do problema (ou não)
 - Se houver valores inesperados → Restaurar Valores Originais
- Visualização dos resultados via própria planilha
 - Variáveis de decisão e função-objetivo na solução ótima
- Visualização dos resultados via Relatórios
 - Relatório de Resposta (janela: Resultados do Solver)
 - 3 partes: função-objetivo, variáveis de decisão e restrições



Solver: Programação Linear

- Problema: “produzir ou terceirizar fabricação”
 - Uma fábrica de implementos agrícolas recebeu \$900.000,00 em uma demanda por seus 3 modelos de equipamentos
 - Cada unidade de modelo requer certo número de horas de trabalho no setor de montagem e no setor de acabamento
- ↓
- Disponibilidade: montagem = 6000 h, acabamento = 10000 h
- É possível terceirizar parte da produção p/ atender a demanda
 - Deseja-se determinar quantos equipamentos terão fabricação própria e quantos serão fabricados de forma terceirizada



Modelo	Demanda	Montagem	Acabamento	Custo produção	Custo terceiros
1	3000 unidades	1,0 h / unidade	2,5 h / unidade	\$50 / unidade	\$65 / unidade
2	2500 unidades	2,0 h / unidade	1,0 h / unidade	\$90 / unidade	\$92 / unidade
3	500 unidades	0,5 h / unidade	4,0 h / unidade	\$120 / unidade	\$140 / unidade

Solver: Programação Linear

- Problema: “produzir ou terceirizar fabricação”



Variáveis de decisão	Quantidade de cada modelo c/ fabricação própria Quantidade de cada modelo c/ fabricação terceirizada
Parâmetros	Custo de fabricação (própria / 3 ^{izada}) de cada modelo Tempo de acabamento (fabr. própria) de cada modelo Tempo de montagem (fabr. própria) de cada modelo
Restrições às variáveis	Disponibilidade total de horas na montagem Disponibilidade total de horas no acabamento Demanda de cada modelo → atendimento ao pedido
Função-objetivo	Maximizar lucro \Leftrightarrow minimizar despesas

Solver: Programação Linear

- Problema: “produzir ou terceirizar fabricação”

- Variáveis de decisão:

P_1 = quantidade do modelo 1 com fabricação própria

P_2 = quantidade do modelo 2 com fabricação própria

P_3 = quantidade do modelo 3 com fabricação própria

T_1 = quantidade do modelo 1 com fabricação terceirizada

T_2 = quantidade do modelo 2 com fabricação terceirizada

T_3 = quantidade do modelo 3 com fabricação terceirizada

- Função-objetivo → maximizar lucro \Leftrightarrow minimizar despesas:

$$\text{Max } 900000 - (50P_1 + 90P_2 + 120P_3 + 65T_1 + 92T_2 + 140T_3)$$

ou
$$\text{Min } 50P_1 + 90P_2 + 120P_3 + 65T_1 + 92T_2 + 140T_3$$



Solver: Programação Linear

- Problema: “produzir ou terceirizar fabricação”

- Restrições na montagem → disponibilidade total de horas

$$1,0 P_1 + 2,0 P_2 + 0,5 P_3 \leq 6000$$

- Restrições no acabamento → disponibilidade total de horas

$$2,5 P_1 + 1,0 P_2 + 4,0 P_3 \leq 10000$$

- Restrições na demanda → atendimento ao pedido do cliente (supondo equipamento terceirizado c/ características idênticas)

$$P_1 + T_1 = 3000 \quad (\text{modelo 1})$$

$$P_2 + T_2 = 2500 \quad (\text{modelo 2})$$

$$P_3 + T_3 = 500 \quad (\text{modelo 3})$$



Solver: Programação Linear

- Problema: “produzir ou terceirizar fabricação”
 - Resumo do modelo matemático para Programação Linear:

$$\text{Min } 50P_1 + 90P_2 + 120P_3 + 65T_1 + 92T_2 + 140T_3$$

$$\text{Sujeito a: } 1,0 P_1 + 2,0 P_2 + 0,5 P_3 \leq 6000$$

$$2,5 P_1 + 1,0 P_2 + 4,0 P_3 \leq 10000$$

$$P_1 + T_1 = 3000$$

$$P_2 + T_2 = 2500$$

$$P_3 + T_3 = 500$$

$$P_1, P_2, P_3, T_1, T_2, T_3 \geq 0$$



Solver: solução de sistema não linear

- Solução de sistema de equações não lineares


$$\left. \begin{array}{l} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \\ \vdots \\ f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \end{array} \right\} \text{com alguma } f_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \text{ não linear}$$

EXEMPLO:

$$f_1 \rightarrow x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 - 1 = 0$$

$$f_2 \rightarrow 2x_1^2 + x_2^2 - 4x_3 = 0$$

$$f_3 \rightarrow 3x_1^2 - 4x_2 + x_3^2 = 0$$

- Célula de destino \rightarrow ex: f_1
 - Valor de: 0
- Células variáveis: x_1, x_2, x_3
- Restrições (artifício de solução)
 - $f_2 = f_1$; $f_3 = f_1$