

# Conteúdos do Capítulo

---

- ◆ **Análise de Sensibilidade**
  - Interpretação Econômica do Problema Dual
  - **Preço de Sombra** – *Shadow Price*
  - **Custo Reduzido** – *Reduced Cost*
- ◆ **Caso Motorela Celulares**
- ◆ **Caso Agropecuária Coelho**

# Conteúdos do Capítulo

## Continuação

---

- ◆ Intervalos de validação
  - **Preço Sombra** ( *Shadow Price* ou *Dual Price* )
  - **Custo Reduzido** ( *Reduced Cost* )
- ◆ Análise de Sensibilidade
  - Análise dos Coeficientes da Função Objetivo
  - A análise do Excel

# Conteúdos do Capítulo

## Continuação

---

- ◆ Analisando todas as respostas do Excel
  - *Answer Report*
  - Análise Econômica
  - *Sensitivity Report*
  - *Limits Report*
  - Solução Degenerada

# Interpretação Econômica do Problema Dual

---

- ◆ Cada variável  $y_i$  do Dual está diretamente relacionada com a restrição  $i$  do problema Primal;
- ◆ O valor ótimo desta variável,  $y_i^*$  recebe diversas denominações, entre elas:
  - **Preço-Sombra** (*Shadow Price*);
  - **Preço-Dual** (*Dual Price*);
- ◆ Portanto, cada restrição  $i$  possui um preço-sombra  $y_i^*$

# Preço de Sombra

---

- ♦ O preço-sombra para o recurso  $i$  ( $y_i^*$ ) mede o valor marginal deste recurso em relação ao lucro total;
- ♦ Isto é, a quantidade que o Lucro Total ( $Z$ ) seria melhorado, caso a quantidade do recurso  $i$  ( $b_i$ ) fosse aumentado de uma quantidade igual à unidade.

# Interpretação Econômica do Problema Dual

## Custo Reduzido

---

- ◆ Cada variável de folga/excesso do Dual está diretamente relacionada a uma determinada variável original do problema Primal;
- ◆ Esse valor é chamado de Custo Reduzido ou *Reduced Cost*;
- ◆ Portanto, cada variável do problema original possui um determinado custo reduzido.

# Custo Reduzido

---

- ♦ O custo reduzido de uma variável é:
  - o total que o seu coeficiente na função-objetivo deve melhorar para que ela deixe de ser zero na solução ótima;
  - quanto a função-objetivo irá piorar para cada unidade que a variável aumente a partir de zero;
- ♦ O custo reduzido só se aplica a variáveis que, na solução ótima, assumem o valor zero.

# Exemplo

- ♦ A tabela abaixo sintetiza o problema de um pecuarista: São três alimentos diferentes que contribuem com alguns nutrientes para a alimentação do gado. Qual é o custo mínimo diário para estabelecer uma dieta com o requerimento mínimo?

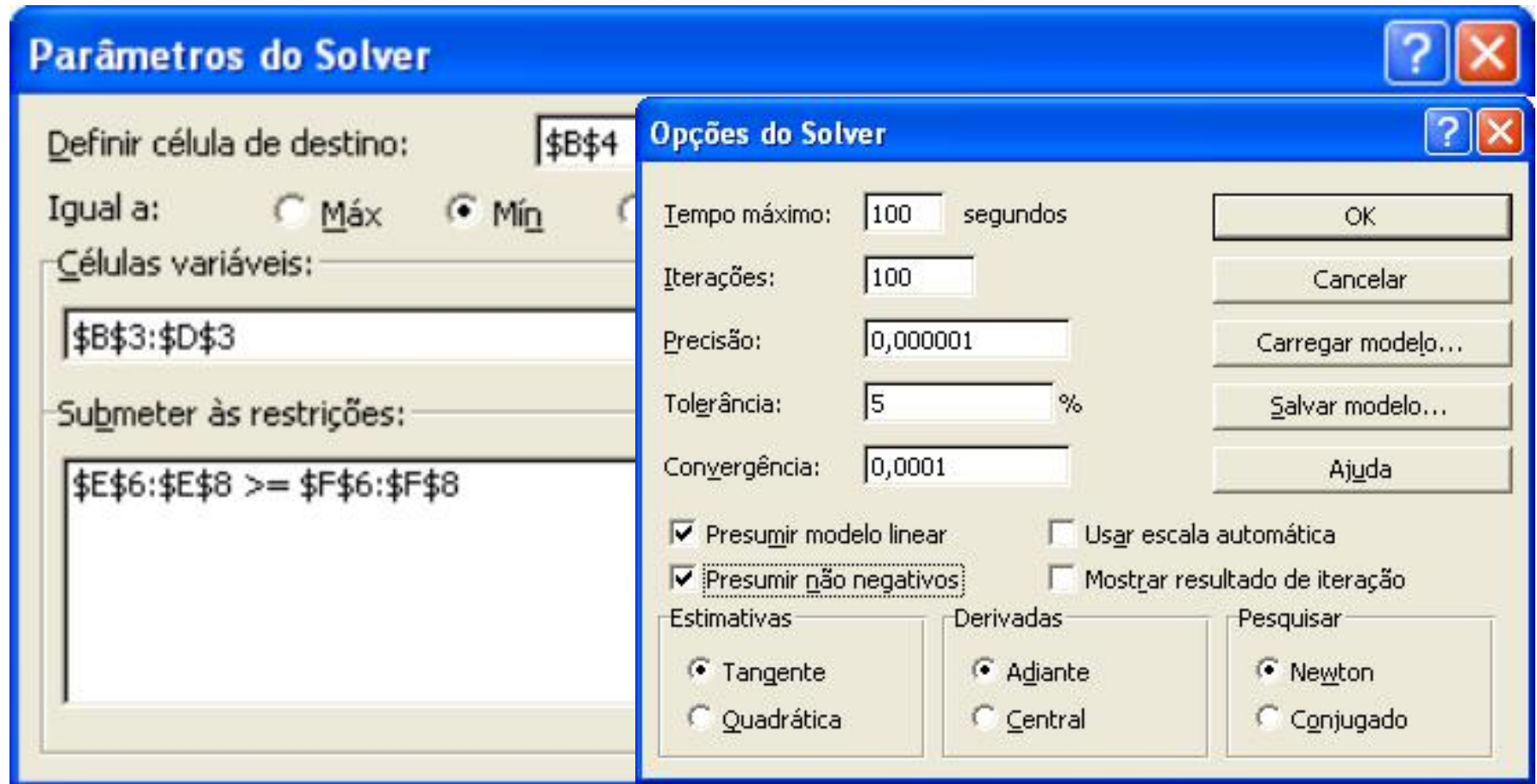
<b>Ingrediente</b> <b>Nutritivo</b>	<b>Quilo de milho</b>	<b>Quilo de ração</b>	<b>Quilo de alfafa</b>	<b>Requerimento mínimo diário</b>
<b>carboidratos</b>	90mg	20mg	40mg	<b>200mg</b>
<b>proteínas</b>	30mg	80mg	60mg	<b>180mg</b>
<b>vitaminas</b>	10mg	20mg	60mg	<b>150mg</b>
<b>custo (\$/kg)</b>	<b>21</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	



# Modelagem no Excel

E6		fx =SOMARPRODUTO(B6:D6;\$B\$3:\$D\$3)				
	A	B	C	D	E	F
1		X1	X2	X3		
2	Coef.F-Objetivo	21	18	15		
3	Variáveis					
4	Z=	0				
5					LHS	RHS
6	Restrição 1	90	20	40	0	200
7	Restrição 2	30	80	60	0	180
8	Restrição 3	10	20	60	0	150

# Os Parâmetros do Solver



# Resultado do Excel

	A	B	C	D	E	F
1		X1	X2	X3		
2	Coef.F-Objetivo	21	18	15		
3	Variáveis	1,142857	0	2,428571		
4	Z=	60,42857				
5					LHS	RHS
6	Restrição 1	90	20	40	200	200
7	Restrição 2	30	80	60	180	180
8	Restrição 3	10	20	60	157,1429	150

# A Análise do Excel

## Os *Reduced Costs*

- ◆ Os preços de sombra não são negativos

Microsoft Excel 10.0 Relatório de sensibilidade  
Planilha: [Pasta1]Plan1  
Relatório criado: 6/2/2005 11:46:26

Células ajustáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
\$B\$3	Variáveis X1	1,142857143	0	21	12,75	9,3
\$C\$3	Variáveis X2	0	4,428571429	18	1E+30	4,428571429
\$D\$3	Variáveis X3	2,428571429	0	15	2,818181818	5,666666667

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
\$E\$6	Restrição 1 LHS	200	0,192857143	200	25	80
\$E\$7	Restrição 2 LHS	180	0,121428571	180	120	6
\$E\$8	Restrição 3 LHS	157,1428571	0	150	7,142857143	1E+30

# Análise de Sensibilidade Interpretação no Excel

---

- ♦ Para o Excel, os conceitos de **Preço-Sombra** estão relacionados ao valor nominal do efeito na função-objetivo, isto é, quanto a função-objetivo **aumenta** ou **diminui**.

# Análise de Sensibilidade

---

- ♦ As quantidades informadas pelas grandezas *Preço-Sombra* e *Custo Reduzido* refletem as conseqüências de alterações unitárias;
  - Alterações diferentes da unidade provocaram conseqüências proporcionais.
- ♦ Entretanto, estes valores só podem ser garantidos dentro de intervalos apontados nos relatórios, se a solução ótima não for degenerada.

# Caso Motorela Celulares

Para produzir 3 tipos de telefones celulares, a fábrica da Motorela utiliza três processos diferentes, o de montagem, a configuração e a verificação. Para fabricar o celular Multi-Tics, são necessárias 0,1 h de montagem, 0,2 h de configuração e 0,1 h de verificação. O mais popular Star Tic Tac requer 0,3 h de montagem, 0,1 h de configuração e 0,1 h de verificação. Já o moderno Vulcano necessita de 0,4 h de montagem, 0,3 h para configuração, porém, em virtude de seu circuito de última geração, não necessita de verificação. A fábrica dispõe de capacidade de 290 hs/mês na linha de montagem, 250 hs/mês na linha de configuração e 110 hs/mês na linha de verificação. Os lucros unitários dos produtos Multi-Tics, Star Tic-Tac e Vulcano são R\$ 100, R\$ 210 e R\$ 250, respectivamente e a Motorela consegue vender tudo o que produz. Sabe-se ainda que o presidente da Motorela exige que cada um dos três modelos tenha produção mínima de 100 unidades e quer lucrar pelo menos R\$ 25.200/mês com o modelo Star Tic-Tac. O presidente também exige que a produção do modelo Vulcano seja pelo menos o dobro do modelo Star Tic-Tac. Resolva utilizando o Solver do Excel:

## Caso Motorela Celulares Variáveis de Decisão

---

- ♦  $x_1$ - Número de celulares Multi-Tics produzidos mensalmente.
- ♦  $x_2$ - Número de celulares Star Tic-Tacs produzidos mensalmente.
- ♦  $x_3$ - Número de celulares Vulcanos produzidos mensalmente.



# Caso Motorela Celulares: Função-Objetiva

---

- ♦ Maximizar o Lucro da Motorela

$$\textit{Max } 100x_1 \quad 210x_2 \quad 250x_3$$

# Caso Motorela Celulares: Restrições

---

## ◆ Produção

- Linha de Montagem  $0,1x_1 + 0,3x_2 + 0,4x_3 \leq 290$
- Linha de Configuração  $0,2x_1 + 0,1x_2 + 0,3x_3 \leq 250$
- Linha de Verificação  $0,1x_1 + 0,1x_2 \leq 110$

# Caso Motorela Celulares: Restrições

---

- ◆ Produção Mínima  $x_1 \geq 100; x_2 \geq 100; x_3 \geq 100$
- ◆ Lucro Mínimo Star Tic-Tac  $210x_2 \geq 25200$
- ◆ Produção Vulcano  $x_3 \geq 2x_2$
- ◆ Não Negatividade  $x_1; x_2; x_3 \geq 0$

# Caso Motorela Celulares: Modelo

$$\text{Max } 100 x_1 + 210 x_2 + 250 x_3$$

st

$$0,1 x_1 + 0,3 x_2 + 0,4 x_3 \leq 290$$

$$0,2 x_1 + 0,1 x_2 + 0,3 x_3 \leq 250$$

$$0,1 x_1 + 0,1 x_2 \leq 110$$

$$x_1 \leq 100 ; x_2 \leq 100 ; x_3 \leq 100$$

$$210 x_2 \leq 25200$$

$$x_3 \leq 2 x_2$$

$$x_1; x_2; x_3 \geq 0$$

# Caso Motorela Celulares: Modelo no Excel

E6		fx =SOMARPRODUTO(B6:D6;\$B\$3:\$D\$3)					
	A	B	C	D	E	F	G
1		X1	X2	X3			
2	Coef. F.Objetiva	100	210	250			
3	Variáveis	0	0	0			
4	Z=	0					
5	Restrições				LHS	RHS	Tipo
6	Montagem	0,1	0,3	0,4	0	290	<=
7	Configuração	0,2	0,1	0,3	0	250	<=
8	Verificação	0,1	0,1	0	0	110	<=
9	Prod_min_x1	1	0	0	0	100	>=
10	Prod_min_x2	0	1	0	0	100	>=
11	Prod_min_x3	0	0	1	0	100	>=
12	Lucro_min_x2	0	210	0	0	25200	>=
13	Prod x3	0	-2	1	0	0	>=

# Caso Motorela Celulares: Parametrização do Solver

**Parâmetros do Solver**

Definir célula de destino:

Igual a: ☒ Máx ☐ Mín ☐

Células variáveis:

Submeter às restrições:

**Opções do Solver**

Tempo máximo:  segundos

Iterações:

Precisão:

Tolerância:  %

Convergência:

☒ Presumir modelo linear ☐ Usar escala automática

☒ Presumir não negativos ☐ Mostrar resultado de iteração

Estimativas: ☒ Tangente ☐ Quadrática

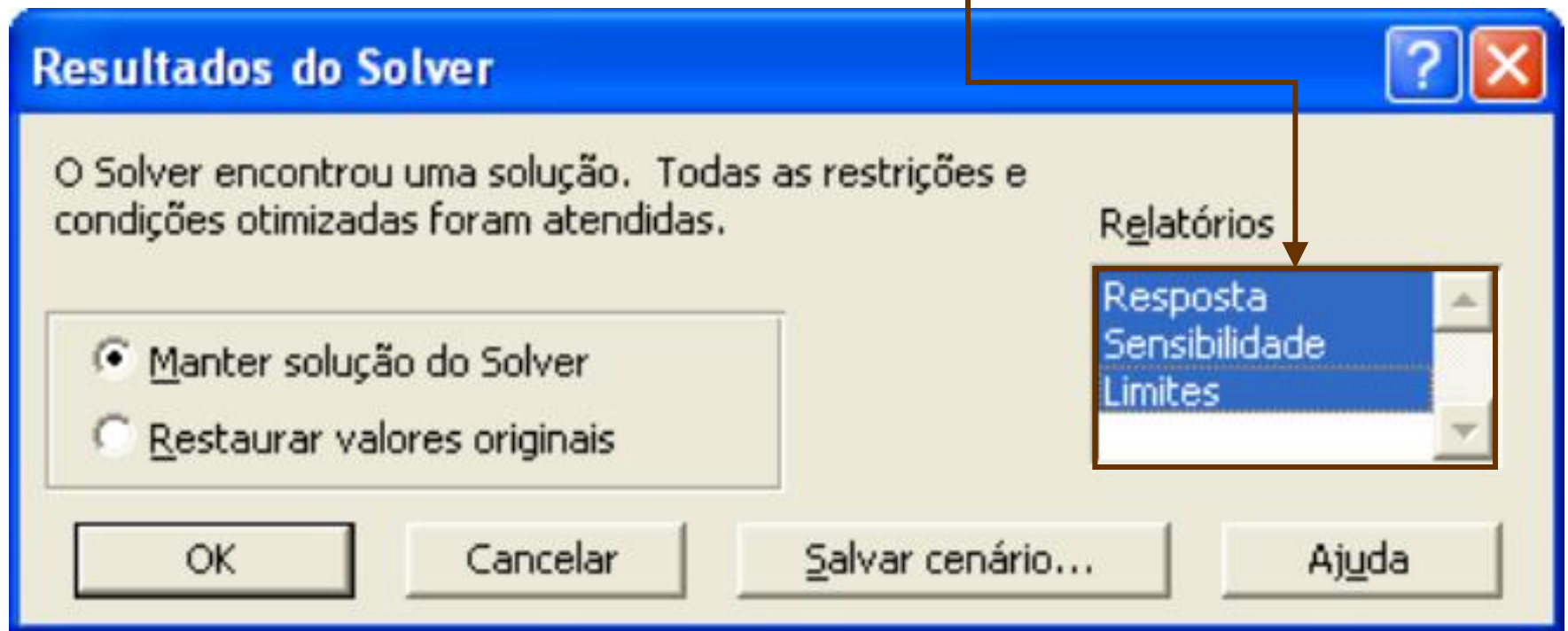
Derivadas: ☒ Adjante ☐ Central

Pesquisar: ☒ Newton ☐ Conjugado

OK Cancelar Carregar modelo... Salvar modelo... Ajuda

# Caso Motorela Celulares: Relatórios

## ♦ Marcar os Relatórios Desejados



# Caso Motorela Celulares: Solução

	A	B	C	D	E	F	G
1		X1	X2	X3			
2	Coef. F.Objetiva	100	210	250			
3	Variáveis	480	220	440			
4	Z=	204200					
5	Restrições				LHS	RHS	Tipo
6	Montagem	0,1	0,3	0,4	290	290	<=
7	Configuração	0,2	0,1	0,3	250	250	<=
8	Verificação	0,1	0,1	0	70	110	<=
9	Prod_min_x1	1	0	0	480	100	>=
10	Prod_min_x2	0	1	0	220	100	>=
11	Prod_min_x3	0	0	1	440	100	>=
12	Lucro_min_x2	0	210	0	46200	25200	>=
13	Prod_x3	0	-2	1	0	0	>=



# Análise de Relatórios

---

## Relatório de Respostas

De mais simples compreensão.

Três partes distintas:

1) Célula de destino (target cell) indica o tipo de problema de Otimização (Max ou Min)

2) Variáveis de decisão ou células variáveis (valores iniciais e finais das variáveis de decisão)

3) Restrições, indica as células utilizadas para representar o lado esquerdo (left hand side – lhs), com as fórmulas utilizadas

# Análise de Relatórios

---

## Relatório de Limites

Apresenta duas partes:

1) Na parte superior relativa à função-objetivo, e a outra na parte inferior, relativa às variáveis de decisão.

# Análise de Relatórios

---

Na parte inferior, o lado esquerdo apresenta as células utilizadas para representar as variáveis de decisão e seus valores na solução ótima (três colunas).

O lado direito (quatro últimas colunas) diz respeito a variação possível dos valores das variáveis de decisão e da função objetivo.

Os limites inferiores (lower limit) significam os menores valores que estas variáveis de decisão podem assumir (mantidas constantes todas as outras) sem que nenhuma restrição deixe de ser satisfeita.

---

# Análise de Relatório

---

## Relatório de Limites

A coluna seguinte indica o valor da função objetivo, caso cada variável de decisão em questão assuma o limite inferior e todas as outras variáveis permaneçam constantes.

# Análise de Relatório

---

## Relatório de Sensibilidade

Dividido em duas partes:

A primeira refere-se às mudanças que podem ocorrer nos coeficientes das variáveis de decisão da função objetivo.

A outra mostra as possíveis alterações que as constantes das restrições podem sofrer.

A quarta coluna contém os valores das variáveis de decisão e de folga/excesso do problema dual (custo reduzido e preço-sombra)

---

# Preço-Sombra

---

- A quantidade pela qual a função objetivo é alterada dado um incremento de uma unidade na constante da restrição, assumindo que todos os outros coeficientes e constantes permaneçam inalterados.
- A interpretação econômica seria até quanto estaríamos dispostos a pagar por uma unidade adicional de um recurso, já que além desse valor estaríamos piorando nosso desempenho.

# Análise de Relatório

---

O excel reporta o valor do preço sombra como um valor positivo, zero ou negativo.

Se o preço sombra for positivo, um incremento de uma unidade na constante de restrição resultará e um aumento do valor da função objetivo.

Se o preço sombra for negativo, um incremento resultará na diminuição do valor da função objetivo.

# Análise de Relatório

---

## Custo Reduzido

Existem duas interpretações básicas para o custo reduzido:

- A quantidade que o coeficiente da função-objetivo de uma variável original deve melhorar antes de essa variável se tornar básica
- A penalização que deverá ser pagar para tornar uma variável básica.



# Análise de Relatório

---

## Custo Reduzido

Os custos reduzidos são as variáveis de folga ou excesso do problema dual.

Se uma variável do problema original for maior do que zero, o valor da variável do dual relacionado será zero.

# Caso Motorela Celulares: análise dos Relatórios

- ◆ Que restrições limitam a solução ótima?

A1    Microsoft Excel 10.0 Relatório de resposta						
A	B	C	D	E	F	G
Restrições						
Célula	Nome	Valor da célula	Fórmula	Status	Transigência	
\$E\$6	Montagem LHS	290	$\$E\$6 \leq \$F\$6$	Agrupar	0	←
\$E\$7	Configuração LHS	250	$\$E\$7 \leq \$F\$7$	Agrupar	0	←
\$E\$8	Verificação LHS	70	$\$E\$8 \leq \$F\$8$	Sem agrupar	40	
\$E\$9	Prod_min_x1 LHS	480	$\$E\$9 \geq \$F\$9$	Sem agrupar	380	
\$E\$10	Prod_min_x2 LHS	220	$\$E\$10 \geq \$F\$10$	Sem agrupar	120	
\$E\$11	Prod_min_x3 LHS	440	$\$E\$11 \geq \$F\$11$	Sem agrupar	340	
\$E\$12	Lucro_min_x2 LHS	46200	$\$E\$12 \geq \$F\$12$	Sem agrupar	21000	
\$E\$13	Prod_x3 LHS	0	$\$E\$13 \geq \$F\$13$	Agrupar	0	←
▶ ▶ \ Relatório de resposta 1 / Relatório de sensibilidade 1 / Relatório de limites 1 / P						

# Caso Motorela Celulares: análise dos Relatórios

- ◆ Quanto deve ser melhorado no lucro unitário para que se produza o modelo Star Tic-Tac?

Microsoft Excel 10.0 Relatório de sensibilidade  
Planilha: [Caso Motorela Celulares.xls]Primal  
Relatório criado: 6/2/2005 15:53:35

Células ajustáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
\$B\$3	Variáveis X1	480	0	100	102,8571429	35,45454545
\$C\$3	Variáveis X2	220	0	210	390	60
\$D\$3	Variáveis X3	440	0	250	60	180

▶ ▶ / Relatório de resposta 1 \ **Relatório de sensibilidade 1** \ Relatório de limites 1 \ ||

# Caso Motorela Celulares: análise dos Relatórios

- ◆ Até quanto você pagaria por uma hora de verificação terceirizada?

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
\$E\$6	Montagem LHS	290	480	290	81,42857143	75
\$E\$7	Configuração LHS	250	260	250	60	51,81818182
\$E\$8	Verificação LHS	70	0	110	1E+30	40
\$E\$9	Prod_min_x1 LHS	480	0	100	380	1E+30
\$E\$10	Prod_min_x2 LHS	220	0	100	120	1E+30
\$E\$11	Prod_min_x3 LHS	440	0	100	340	1E+30
\$E\$12	Lucro_min_x2 LHS	46200	0	25200	21000	1E+30
\$E\$13	Prod_x3 LHS	0	-20	0	300	600

► ► / Relatório de resposta 1 \ **Relatório de sensibilidade 1** / Relatório de limites 1 \ ||

# Alterando o Problema Para Verificar Resultado

## ◆ Problema Alterado - Mesmo Valor Ótimo

	A	B	C	D	E	F	G
1		X1	X2	X3			
2	Coef. F.Objetiva	100	210	250			
3	Variáveis	480	220	440			
4	Z=	<b>204200</b>					
5	Restrições				LHS	RHS	Tipo
6	Montagem	0,1	0,3	0,4	290	290	<=
7	Configuração	0,2	0,1	0,3	250	250	<=
8	Verificação	0,1	0,1	0	70	<b>111</b>	<=
9	Prod_min_x1	1	0	0	480	100	>=
10	Prod_min_x2	0	1	0	220	100	>=
11	Prod_min_x3	0	0	1	440	100	>=
12	Lucro_min_x2	0	210	0	46200	25200	>=
13	Prod_x3	0	-2	1	0	0	>=

# Caso Motorela Celulares

## Análise dos Relatórios

- Até quanto você pagaria por uma hora de montagem terceirizada?

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
\$E\$6	Montagem LHS	290	480	290	81,42857143	75
\$E\$7	Configuração LHS	250	260	250	60	51,81818182
\$E\$8	Verificação LHS	70	0	110	1E+30	40
\$E\$9	Prod_min_x1 LHS	480	0	100	380	1E+30
\$E\$10	Prod_min_x2 LHS	220	0	100	120	1E+30
\$E\$11	Prod_min_x3 LHS	440	0	100	340	1E+30
\$E\$12	Lucro_min_x2 LHS	46200	0	25200	21000	1E+30
\$E\$13	Prod_x3 LHS	0	-20	0	300	600

▶ ◀ / Alteração1 / Relatório de resposta 1 \ Relatório de sensibilidade 1 / Relatório ||

# Alterando o Problema Para Verificar Resultado

	A	B	C	D	E	F
1		X1	X2	X3		
2	Coef. F.Objetiva	100	210	250		
3	Variáveis	475,333333	221,3333	442,6667		
4	Z=	<b>204680 = 204200 + 480</b>				
5	Restrições				LHS	RHS
6	Montagem	0,1	0,3	0,4	291	<b>291</b>
7	Configuração	0,2	0,1	0,3	250	250
8	Verificação	0,1	0,1	0	69,66667	110
9	Prod_min_x1	1	0	0	475,3333	100
10	Prod_min_x2	0	1	0	221,3333	100
11	Prod_min_x3	0	0	1	442,6667	100
12	Lucro_min_x2	0	210	0	46480	25200
13	Prod_x3	0	-2	1	-5,7E-14	0
◀ ◀ ▶ ▶ \ Answer Report 1 / Sensitivity Report 1 / Limits Report 1 \ Shee						

# Caso Motorela Celulares: análise dos Relatórios

- ♦ O que significa o *shadow price* de -20 na última restrição?

13	Constraints						
14			Final	Shadow	Constraint	Allowable	Allowable
15	Cell	Name	Value	Price	R.H. Side	Increase	Decrease
16	\$E\$6	Montagem LHS	290	480	290	81,42857143	75
17	\$E\$7	Configuração LHS	250	260	250	60	51,81818182
18	\$E\$8	Verificação LHS	70	0	110	1E+30	40
19	\$E\$9	Prod_min_x1 LHS	480	0	100	380	1E+30
20	\$E\$10	Prod_min_x2 LHS	220	0	100	120	1E+30
21	\$E\$11	Prod_min_x3 LHS	440	0	100	340	1E+30
22	\$E\$12	Lucro_min_x2 LHS	46200	0	25200	21000	1E+30
23	\$E\$13	Prod_x3 LHS	0	-20	0	300	600

- ♦ Cada unidade adicional de Vulcano provoca perda de lucratividade de R\$20,00, isto é, a função-objetivo diminui de 20.



# Alterando o Problema Para Verificar Resultado

	A	B	C	D	E	F
1		X1	X2	X3		
2	Coef. F.Objetiva	100	210	250		
3	Variáveis	479,666667	219,6667	440,3333		
4	Z=	<b>204180</b>	<b>=204200-20</b>			
5	Restrições				LHS	RHS
6	Montagem	0,1	0,3	0,4	290	290
7	Configuração	0,2	0,1	0,3	250	250
8	Verificação	0,1	0,1	0	69,93333	110
9	Prod_min_x1	1	0	0	479,6667	100
10	Prod_min_x2	0	1	0	219,6667	100
11	Prod_min_x3	0	0	1	440,3333	100
12	Lucro_min_x2	0	210	0	46130	25200
13	Prod_x3	0	-2	1	1	<b>1</b>
◀ ▶ ⏪ ⏩ \ Answer Report 1 / Sensitivity Report 1 \ Limits Report 1 \ Sheet						

# Caso Agropecuária Coelho

- ♦ O Sr. Coelho possui uma fazenda de criação de porcos para abate, e deseja determinar o custo mínimo de uma dieta que garanta aos animais os seguintes requerimentos básicos diários de nutrientes: 200 u.m. de carboidratos, 250 u.m. de proteínas e 120 u.m. vitaminas. Considere que os alimentos disponíveis do mercado são milho, ração e alfafa, ao custo por quilo de R\$20,00, R\$30,00 e R\$35,00, respectivamente. A tabela abaixo resume a quantidade de cada nutriente (u.m.) presente em um quilo de cada alimento:

	Milho	Ração	Alfafa
Carboidratos	10	20	20
Proteínas	10	20	40
Vitaminas	40	30	20

# Caso Agropecuária Coelho:

## Variáveis de Decisão

---

- ♦ Variáveis de decisão:
- ♦  $x_1$  – quantidade de quilos de milho na alimentação diária
- ♦  $x_2$  – quantidade de quilos de ração na alimentação diária
- ♦  $x_3$  – quantidade de quilos de alfafa na alimentação diária
- ♦ Função-objetivo: minimizar custos da alimentação diária

$$\text{Min } 20x_1 + 30x_2 + 35x_3$$

- ♦ Restrições do modelo:
  - Carboidratos:  $10x_1 + 20x_2 + 20x_3 \leq 200$
  - Proteínas:  $10x_1 + 20x_2 + 40x_3 \leq 250$
  - Vitaminas:  $40x_1 + 30x_2 + 20x_3 \leq 120$

# Caso Agropecuária Coelho: Modelo

$$\text{Min } 20x_1 + 30x_2 + 35x_3$$

*st*

$$10x_1 + 20x_2 + 20x_3 \leq 200$$

$$10x_1 + 20x_2 + 40x_3 \leq 250$$

$$40x_1 + 30x_2 + 20x_3 \leq 120$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

# Caso Agropecuária Coelho:

## Modelo no Excel

	A	B	C	D	E	F	G
1		X1	X2	X3			
2	Coef. F.Objetiva	20	30	35			
3	Variáveis						
4	Z=	0					
5	Restrições				LHS	RHS	Tipo
6	Carboidratos	10	20	20	0	200	>=
7	Proteínas	10	20	40	0	250	>=
8	Vitaminas	40	30	20	0	120	>=

# Caso Agropecuária Coelho:

## Solução no Excel

	A	B	C	D	E	F	G
1		X1	X2	X3			
2	Coef. F.Objetiva	20	30	35			
3	Variáveis	0	7,5	2,5			
4	Z=	312,5					
5	Restrições				LHS	RHS	Tipo
6	Carboidratos	10	20	20	200	200	>=
7	Proteínas	10	20	40	250	250	>=
8	Vitaminas	40	30	20	275	120	>=

# Caso Agropecuária Coelho:

## Análise dos Relatórios

- ◆ Que tipos de nutrientes são limitantes da dieta básica?

### Carboidratos e Proteínas



Restrições

Célula	Nome	Valor da célula	Fórmula	Status	Transigência
\$E\$6	Carboidratos LHS	200	\$E\$6>=\$F\$6	Agrupar	0
\$E\$7	Proteínas LHS	250	\$E\$7>=\$F\$7	Agrupar	0
\$E\$8	Vitaminas LHS	275	\$E\$8>=\$F\$8	Sem agrupar	155

► ► \ Relatório de resposta 1 / Relatório de sensibilidade 1 / Relatório de limites 1 /

# Caso Agropecuária Coelho:

## Análise dos Relatórios

- ◆ Quanto deveríamos exigir de redução no custo do milho para que ele participasse como matéria prima da alimentação diária?

Células ajustáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
\$B\$3	Variáveis X1	0	5	20	1E+30	5
\$C\$3	Variáveis X2	7,5	0	30	5	12,5
\$D\$3	Variáveis X3	2,5	0	35	25	5

► ► \ Relatório de resposta 1 \ Relatório de sensibilidade 1 / Relatório de limites 1 /



# Caso Agropecuária Coelho:

## Análise dos Relatórios

- Qual o custo marginal que uma 1 u.m. adicional de vitaminas traria à agropecuária?

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
\$E\$6	Carboidratos LHS	200	1,25	200	50	75
\$E\$7	Proteínas LHS	250	0,25	250	150	50
\$E\$8	Vitaminas LHS	275	0	120	155	1E+30

► ► \ Relatório de resposta 1 \ **Relatório de sensibilidade 1** / Relatório de limites 1 /

# Caso Agropecuária Coelho:

## Análise dos Relatórios

- Qual a variação de custo que uma exigência de 1 u.m. adicional de carboidratos na dieta diária?

O custo adicional é de R\$ 1,25 (valor positivo)

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
\$E\$6	Carboidratos LHS	200	1,25	200	50	75
\$E\$7	Proteínas LHS	250	0,25	250	150	50
\$E\$8	Vitaminas LHS	275	0	120	155	1E+30

► ► \ Relatório de resposta 1 \ **Relatório de sensibilidade 1** / Relatório de limites 1 /

# Intervalos de Validação do Preço-Sombra e do Custo Reduzido

---

- ♦ A **análise de sensibilidade** determina os intervalos em que o Custo Reduzido e o Preço-Sombra são válidos
- ♦ Uma razão para se estabelecer esses intervalos está ligada a hipótese de certeza assumida em modelos de programação linear.

# Relatório de Respostas

## Observação Importante

---

- ♦ O Excel determina que a restrição tem status “Sem Agrupar” quando a variável de folga daquela restrição é básica. Geralmente, isto significa que existe folga, e portanto  $LHS \neq RHS$ .
- ♦ Entretanto, é possível acontecer da variável de folga ser básica e igual a zero. Neste caso, a restrição terá status Agrupar e  $LHS = RHS$ .

# Análise Econômica do Excel

## ◆ Valores ligados ao Problema Dual

Microsoft Excel 10.0 Relatório de sensibilidade

Planilha: [Pasta2]Plan1

Relatório criado: 7/2/2005 10:25:01

Células ajustáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
\$B\$3	Variáveis X1	25	0	40	20	16
\$C\$3	Variáveis X2	20	0	30	20	10

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
\$D\$8	Restrição 1 LHS	20	33,33333333	20	1,5	6
\$D\$9	Restrição 2 LHS	4	0	5	1E+30	1
\$D\$10	Restrição 3 LHS	21	44,44444444	21	9	2,25

# Análise Econômica do Excel

- ◆ As interpretações para o Preço-Sombra são as seguintes:
  - A quantidade pela qual a função-objetivo será modificada (valor nominal) dado um incremento de uma unidade na constante de uma restrição.
  - Quanto estaríamos dispostos a pagar por uma unidade adicional de um recurso.

Microsoft Excel 10.0 Relatório de sensibilidade  
Planilha: [Pasta2]Plan1  
Relatório criado: 7/2/2005 10:25:01

## Células ajustáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
\$B\$3	Variáveis X1	25	0	40	20	16
\$C\$3	Variáveis X2	20	0	30	20	10

## Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
\$D\$8	Restrição 1 LHS	20	33,33333333	20	1,5	6
\$D\$9	Restrição 2 LHS	4	0	5	1E+30	1
\$D\$10	Restrição 3 LHS	21	44,44444444	21	9	2,25

# Análise Econômica do Excel

- ◆ Existem duas interpretações para o *Custo Reduzido*:

- A quantidade que o coeficiente da função-objetivo de uma variável original deve **ser modificada** antes dessa variável se tornar básica.
- A quantidade de penalização que será paga se quisermos tornar uma variável básica.

Microsoft Excel 10.0 Relatório de sensibilidade  
Planilha: [Pasta2]Plan1  
Relatório criado: 7/2/2005 10:25:01

Células ajustáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
\$B\$3	Variáveis X1	25	0	40	20	16
\$C\$3	Variáveis X2	20	0	30	20	10

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
\$D\$8	Restrição 1 LHS	20	33,33333333	20	1,5	6
\$D\$9	Restrição 2 LHS	4	0	5	1E+30	1
\$D\$10	Restrição 3 LHS	21	44,44444444	21	9	2,25

# Análise de Sensibilidade Excel

- ◆ Variações de incremento e decremento, aos quais cada coeficiente da Função-Objetivo, isoladamente, pode ter sem que a solução ótima (valores ótimos das variáveis) se altere.

Microsoft Excel 10.0 Relatório de sensibilidade  
Planilha: [Pasta2]Plan1  
Relatório criado: 7/2/2005 10:25:01

Células ajustáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
\$B\$3	Variáveis X1	25	0	40	20	16
\$C\$3	Variáveis X2	20	0	30	20	10

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
\$D\$8	Restrição 1 LHS	20	33,33333333	20	1,5	6
\$D\$9	Restrição 2 LHS	4	0	5	1E+30	1
\$D\$10	Restrição 3 LHS	21	44,44444444	21	9	2,25



# Análise de Sensibilidade Excel

- ◆ Variações de incremento e decremento, ao qual a constante de uma Restrição, isoladamente, pode ter sem que o seu Preço-Sombra (*Dual Price*) se altere.

Microsoft Excel 10.0 Relatório de sensibilidade

Planilha: [Pasta2]Plan1

Relatório criado: 7/2/2005 10:25:01

Células ajustáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
\$B\$3	Variáveis X1	25	0	40	20	16
\$C\$3	Variáveis X2	20	0	30	20	10

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permissível Acréscimo	Permissível Decréscimo
\$D\$8	Restrição 1 LHS	20	33,33333333	20	1,5	6
\$D\$9	Restrição 2 LHS	4	0	5	1E+30	1
\$D\$10	Restrição 3 LHS	21	44,44444444	21	9	2,25

# Relatório de Limites

- ♦ A coluna *Inferior Limite* indica o menor valor que cada variável pode assumir, considerando, que todas as outras não se alterem, para que a solução continue viável. A coluna ao lado mostra o valor que a função-objetivo assume nessa solução.

Microsoft Excel 10.0 Relatório de limites  
Planilha: [Exemplo4\_7\_cap4.xls]Relatório de limites 1  
Relatório criado: 7/2/2005 11:34:42

Destino		
Célula	Nome	Valor
\$B\$5	Função-Objetivo X1	1600

Ajustável		
Célula	Nome	Valor
\$B\$3	Variáveis X1	25
\$C\$3	Variáveis X2	20

Inferior Limite	Destino Resultado
0	600
0	1000

Superior Limite	Destino Resultado
25	1600
20	1600

# Análise de Sensibilidade

## Excel – *Limits Report*

- ♦ A coluna *Superior Limite* indica o maior valor que cada variável pode assumir, considerando, que todas as outras não se alterem, para que a solução continue viável. A coluna ao lado mostra o valor que a função-objetivo assume nessa solução.

Microsoft Excel 10.0 Relatório de limites

Planilha: [Exemplo4\_7\_cap4.xls]Relatório de limites 1

Relatório criado: 7/2/2005 11:34:42

Destino		
Célula	Nome	Valor
\$B\$5	Função-Objetivo X1	1600

Ajustável			Inferior	Destino	Superior	Destino
Célula	Nome	Valor	Limite	Resultado	Limite	Resultado
\$B\$3	Variáveis X1	25	0	600	25	1600
\$C\$3	Variáveis X2	20	0	1000	20	1600

# Exemplo 2

## Exemplo do último roteiro

	A	B	C	D	E	F	G
1		Saia	Calça	Bermuda			
2	Quantidades	214,3	714,3	464,3			
3	Margem unitária	2	4	7			
4	Margem Total	428,57	2.857,14	3.250,00	6.535,71		
5					Função Objetivo		
6							
7	Espaço Físico(m <sup>2</sup> )	4	1	2	2500	<=	2.500
8	Tecido (m)	1	4	2	4000	<=	4.000
9	Horas-máquina(hm)	1	2	4	3500	<=	3.500
10		Coeficientes das variáveis			Valores das condições	Relação	Restrição

Para que possamos tornar este exemplo mais apropriado para as **análises de sensibilidade**, consideraremos que, em função de um aumento de custo, a *margem de contribuição unitária* das saias tenha sido **reduzida** para R\$ 1,50.

Modificando o valor do coeficiente das saias na função objetivo de R\$ 2,00 para R\$ 1,50 vamos executar novamente o procedimento de solução do SOLVER.

# Exemplo 2

## Relatório de sensibilidade

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Microsoft Excel 12.0 Relatório de sensibilidade							
2	Planilha: [MetQuantitatEtapaVvol4.xlsm]ExemploPL1.2							
3	Relatório criado: 24/06/2009 17:20:20							
4								
5								
6	Células ajustáveis							
7				Final	Reduzido	Objetivo	Permissível	Permissível
8	Célula	Nome	Valor	Custo	Coefficiente	Acréscimo	Decréscimo	
9	\$B\$2	Quantidades Sala	0,0	-0,3	1,5	0,333333333	1E+30	
10	\$C\$2	Quantidades Calça	750,0	0,0	4	10	0,5	
11	\$D\$2	Quantidades Bermuda	500,0	0,0	7	1	2	
12								
13	Restrições							
14			Final	Sombra	Restrição	Permissível	Permissível	
15	Célula	Nome	Valor	Preço	Lateral R.H.	Acréscimo	Decréscimo	
16	\$E\$7	Espaço Físico(m2) Função Objetivo	1750	0	2500	1E+30	750	
17	\$E\$8	Tecido (m) Função Objetivo	4000	0,166666667	4000	3000	2250	
18	\$E\$9	Horas-máquina(hm) Função Objetivo	3500	1,666666667	3500	1500	1500	

Este relatório é útil para avaliarmos o quão sensível é a resposta obtida frente a possíveis mudanças nos coeficientes do modelo. As principais variações a serem analisadas são a dos coeficientes da função objetivo, dos limites das funções de restrições e dos coeficientes das restrições.

# Exemplo 2

Mudando a margem de contribuição das saias devido a um aumento de custos

	A	B	C	D	E	F	G
1		Saia	Calça	Bermuda			
2	Quantidades	214,3	714,3	464,3			
3	Margem unitária	2	4	7			
4	Margem Total	428,57	2.857,14	3.250,00	6.535,71		
5					Função Objetivo		
6							
7	Espaço Físico(m <sup>2</sup> )	4	1	2	2500	<=	2.500
8	Tecido (m)	1	4	2	4000	<=	4.000
9	Horas-máquina(hm)	1	2	4	3500	<=	3.500
10		Coeficientes das variáveis			Valores das condições	Relação	Restrição

← Antes da Modificação

Após a Modificação

	A	B	C	D	E	F	G
1		Saia	Calça	Bermuda			
2	Quantidades	0,0	750,0	500,0			
3	Margem unitária	1,5	4	7			
4	Margem Total	0,00	3.000,00	3.500,00	6.500,00		
5					Função Objetivo		
6							
7	Espaço Físico(m <sup>2</sup> )	4	1	2	1750	<=	2.500
8	Tecido (m)	1	4	2	4000	<=	4.000
9	Horas-máquina(hm)	1	2	4	3500	<=	3.500
10		Coeficientes das variáveis			Valores das condições	Relação	Restrição



# Exemplo 2

## Relatório de Respostas

Célula de destino (Máx)

Célula	Nome	Valor original	Valor final
\$E\$4	Margem Total	6.428,57	6.500,00

Células ajustáveis

Célula	Nome	Valor original	Valor final
\$B\$2	Quantidades Saia	214,3	0,0
\$C\$2	Quantidades Calça	714,3	750,0
\$D\$2	Quantidades Bermuda	464,3	500,0

Restrições

Célula	Nome	Valor da célula	Fórmula	Status	Transigência
\$E\$7	Espaço Físico(m2) Função Objetivo	1750	\$E\$7<=\$G\$7	Sem agrupar	750
\$E\$8	Tecido (m) Função Objetivo	4000	\$E\$8<=\$G\$8	Agrupar	0
\$E\$9	Horas-máquina(hm) Função Objetivo	3500	\$E\$9<=\$G\$9	Agrupar	0

Aqui encontramos os valores atribuídos a cada uma das variáveis, função objetivo e restrições.

# Custo Reduzido

---



Para entender o **Custo Reduzido**, tente isto...

---

- Faça uma cópia da planilha, e mude o valor da célula B3 de 1,5 para 1,6.
- Use Solver para resolver o problema (novamente).
- O que aconteceu?



# Custo Reduzido

Nada mudou!

	A	B	C	D	E	F	G
1		Saia	Calça	Bermuda			
2	Quantidades	0,0	750,0	500,0			
3	Margem unitária	1,6	4	7			
4	Margem Total	0,00	3.000,00	3.500,00	6.500,00		
5					Função Objetivo		
6							
7	Espaço Físico(m <sup>2</sup> )	4	1	2	1750	<=	2.500
8	Tecido (m)	1	4	2	4000	<=	4.000
9	Horas-máquina(hm)	1	2	4	3500	<=	3.500

# Custo Reduzido



Agora tente isto ...

- Faça uma cópia da planilha, e mude o valor da célula B3 de 1,6 para 1,7.
- Use o Solver para resolver o problema (novamente).
- O que aconteceu?

# Custo Reduzido

Tranquilo, nada aconteceu.

	A	B	C	D	E	F	G
1		Saia	Calça	Bermuda			
2	Quantidades	0,0	750,0	500,0			
3	Margem unitária	1,7	4	7			
4	Margem Total	0,00	3.000,00	3.500,00	6.500,00		
5					Função Objetivo		
6							
7	Espaço Físico(m <sup>2</sup> )	4	1	2	1750	<=	2.500
8	Tecido (m)	1	4	2	4000	<=	4.000
9	Horas-máquina(hm)	1	2	4	3500	<=	3.500

# Custo Reduzido

## Agora faça isto...

- Faça uma cópia da planilha, e mude o valor da célula B3 de 1,7 para 1,83335.
- Use o Solver para resolver o problema (novamente).
- O que aconteceu?

# Custo Reduzido

O valor ótimo da quantidade de saia não é mais zero.

	A	B	C	D	E	F	G
1		Saia	Calça	Bermuda			
2	Quantidades	214,3	714,3	464,3			
3	Margem unitária	1,83335	4	7			
4	Margem Total	392,86	2.857,14	3.250,00	6.500,00		
5					Função Objetivo		
6							
7	Espaço Físico(m <sup>2</sup> )	4	1	2	2500	<=	2.500
8	Tecido (m)	1	4	2	4000	<=	4.000
9	Horas-máquina(hm)	1	2	4	3500	<=	3.500

# Custo Reduzido

## Explicação.

- Quando o valor da célula B3 aumentou para 1,83335, O valor ótimo da quantidade de saia não é mais zero.
- De onde veio este "1,83335"?  
 $1,5 + 0,33335 = 1,83335$   
O coeficiente objetivo original da quantidade de saia menos o "custo reduzido" (acrécimo permissível).
- No problema original, o **valor ótimo** da variável de decisão quantidade de saia **foi zero**. O "custo reduzido" é, portanto, a quantia que o coeficiente objetivo da variável de decisão *quantidade de saia* teve que aumentar (num problema de maximização) para o valor ótimo desta variável de decisão quantidade de saia ficar positivo e maior que zero.

Num problema de minimização, o "custo reduzido" é a quantia que o seu coeficiente objetivo tem que diminuir para o valor ótimo de daquela variável de decisão ficar positivo.

# Custo Reduzido

---



## Interpretando o "custo reduzido"

É a quantia que o coeficiente da variável de decisão na função objetivo teria que melhorar antes que fosse vantajoso dar à variável de decisão em questão um valor positivo (diferente de zero) na solução ótima.

É a quantia de penalidade que você teria que pagar para poder introduzir uma unidade daquela variável de decisão na solução ótima.

**O custo reduzido só se aplica a variáveis que na solução ótima são zero**

## Agora, tente isto...

- Faça uma cópia do problema **original**, com a margem unitária da variável de decisão quantidade de saia como 1,5.
- Adicione uma restrição forçando a variável de decisão quantidade de saia = 1.



O que aconteceu?



## Veja o que aconteceu!

	A	B	C	D	E	F	G
1		Saia	Calça	Bermuda			
2	Quantidades	1,0	749,8	499,8			
3	Margem unitária	1,5	4	7			
4	Margem Total	1,50	2.999,33	3.498,83	6.499,67		
5					Função Objetivo		
6							
7	Espaço Físico(m <sup>2</sup> )	4	1	2	1753,5	<=	2.500
8	Tecido (m)	1	4	2	4000	<=	4.000
9	Horas-máquina(hm)	1	2	4	3500	<=	3.500

- O valor da função objetivo caiu de (6.500 – 6.499,67) = **0,33**
- De onde veio este “**0,33**”?

# Custo Reduzido

## Explicando...

- O custo reduzido de uma variável de decisão (cujo valor ótimo é correntemente zero) é a **taxa** em que o valor da função objetivo é penalizada quando uma variável é “forçada” numa solução ótima anteriormente.
- Adicionamos uma restrição forçando a variável de decisão quantidade de saia =1, e o valor da função objetivo LUCRO é penalizado (diminuído) por  $1 * 0,33$ .
- O que acontece se tentarmos forçar a quantidade de saia para =100? Resp: **33,33**

Custo Reduzido

# Preço Sombra

## Entendendo o Preço Sombra (Shadow Price)

É a quantidade em que a função objetivo (lucro no nosso exemplo) melhoraria se o limite da restrição (RHS) aumentasse em uma unidade.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1			Microsoft Excel 12.0 Relatório de sensibilidade					
2			Planilha: [MetQuantitatEtapaVvol4.xlsm]ExemploPL1.2					
3			Relatório criado: 24/06/2009 17:20:20					
4								
5								
6			Células ajustáveis					
7				Final	Reduzido	Objetivo	Permissível	Permissível
8		Célula	Nome	Valor	Custo	Coefficiente	Acréscimo	Decréscimo
9		\$B\$2	Quantidades Sala	0,0	-0,3	1,5	0,333333333	1E+30
10		\$C\$2	Quantidades Calça	750,0	0,0	4	10	0,5
11		\$D\$2	Quantidades Bermuda	500,0	0,0	7	1	2
12								
13			Restrições					
14				Final	Sombra	Restrição	Permissível	Permissível
15		Célula	Nome	Valor	Preço	Lateral R.H.	Acréscimo	Decréscimo
16		\$E\$7	Espaço físico(m2) Função Objetivo	1750	0	2500	1E+30	750
17		\$E\$8	Tecido (m) Função Objetivo	4000	0,166666667	4000	3000	2250
18		\$E\$9	Horas-máquina(hm) Função Objetivo	3500	1,666666667	3500	1500	1500

# Preço Sombra

---



Para entender o **Preço Sombra**, tente isto...

- Faça uma cópia da planilha, e mude o valor da célula G8 de 4.000 para 4.100.
- Use Solver para resolver o problema (novamente).
- O que aconteceu?

# Preço Sombra

## A Função Objetivo melhorou!

	A	B	C	D	E	F	G
1		Saia	Calça	Bermuda			
2	Quantidades	0,0	783,3	483,3			
3	Margem unitária	1,5	4	7			
4	Margem Total	0,00	3.133,33	3.383,33	6.516,67		
5					Função Objetivo		
6							
7	Espaço Físico(m <sup>2</sup> )	4	1	2	1750	<=	2.500
8	Tecido (m)	1	4	2	4100	<=	4.100
9	Horas-máquina(hm)	1	2	4	3500	<=	3.500

**Advertência:**-Não se esqueça de excluir aquela restrição adicional de 100 como a quantidade obrigatória de saia.

Vemos claramente da solução do Solver que se aumentarmos a disponibilidade de tecidos em 100m, teremos uma melhora (aumento) na função objetivo (lucro) de R\$ 16,67. Este é o máximo valor que estaríamos dispostos a pagar pela adição de 100 metros de tecido.

Cuidado o acréscimo máximo permissível de tecido é de 3.000 metros!

No caso de escassez de material, o decréscimo máximo seria de 2.250 metros.



# Preço Sombra

---

Tente isto agora para entender o **Preço Sombra...**

- Faça uma cópia da planilha, e mude o valor da célula G9 de 3.500 para 3.600.
- Use Solver para resolver o problema (novamente).
- O que aconteceu?

O preço sombra é assim chamado porque diz quanto você estaria disposto a pagar pelas unidades adicionais de um recurso.

# Preço Sombra



## Acréscimo e decréscimo permissível

Estes limites mostram até onde você pode mudar um coeficiente na função objetivo sem causar mudança nos valores ótimos das variáveis de decisão, ou mudar o limite da restrição de uma fila sem fazer com que quaisquer dos valores ótimos dos preços sombras ou custo reduzido mudem.

É importante atentarmos para o fato de que esses valores são apenas válidos se estamos planejando alterar um único coeficiente da função objetivo ou dos limites das restrições. É possível, portanto, mudar um coeficiente de qualquer quantidade que é indicada nos limites permissíveis sem causar uma mudança na solução ótima.



## Análise do exemplo

---

A partir deste ponto, aprenderemos que é possível , sem utilização de NOVAS TENTATIVAS de resolução no Excel, medir o impacto das variações nos coeficientes da função objetivo.

O relatório de sensibilidade poderia nos ajudar a responder vários questionamentos:

### PREÇO SOMBRA:

Se a confecção tivesse que fazer uma manutenção preventiva, diminuindo em 50 horas-máquinas na capacidade máxima de produção, quanto seria reduzido na margem de contribuição total da empresa?



### RESPOSTA:

No relatório de sensibilidade , observamos que o preço sombra para hora-máquina é de R\$ 2,00, ou seja, para cada unidade de hora-máquina que retiramos ou colocamos no problema em questão irá afetar a margem de contribuição total da empresa em R\$ 2,00.

Assim, uma redução de 50 horas (o decréscimo permissível é de 1.500 h) irá reduzir a margem de contribuição em  $50 \times 2,00 = \text{R\$ } 100,00$ , fazendo que o novo valor da margem de contribuição total seja R\$ 6.400,00.



#### CUSTO REDUZIDO:

Se existisse um pedido firme de 100 saias para um grande distribuidor local, qual seria o impacto do seu atendimento no lucro da empresa?

#### RESPOSTA:

Lembremos que o SOLVER sugeriu não produzir quantidade alguma de saias, porém, informou quanto é o custo reduzido dela no relatório de sensibilidade. O valor de -0,3 pode ser interpretado como sendo uma redução no valor total da margem de contribuição para cada unidade produzida de saia, ou seja, para um aumento de zero para 100, teremos uma redução na margem de contribuição de  $100 \times 0,3 = \text{R\$ } 30,00$ .

## Intervalos de validação do Preço Sombra e do Custo Reduzido

---

- O Custo Reduzido também possui intervalos nos quais ele é válido;
- A **análise de sensibilidade** determina estes intervalos em que o Custo Reduzido e o Preço Sombra são válidos;
- Existe uma outra razão para estabelecer estes intervalos: o problema da certeza dos coeficientes



## Análise de Sensibilidade

- A análise de sensibilidade serve também para amenizar a hipótese de certeza nos coeficientes e constantes.
- Em uma análise de sensibilidade queremos responder basicamente a três perguntas:
  - Qual o efeito de uma mudança num coeficiente da função objetivo?
  - Qual o efeito de uma mudança numa constante de uma restrição?

## Análise de Sensibilidade

---

- A pergunta
    - Qual o efeito de uma mudança num coeficiente de uma restrição?
- também parece importante de ser respondida, e é. Entretanto, a Análise de Sensibilidade geralmente não responde à esta pergunta
- A quantidade de coeficientes é muito grande!

# Intervalos

## O Limite dos coeficientes da Função Objetivo - Excel

- Para aquele problema, o Excel oferece a seguinte resposta:

Constraints

Cell	Name	Final Value	Shadow Price	Constraint R.H. Side	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$D\$8		20	33,33333333	20	1,5	6
\$D\$9		4	0	5	1E+30	1
\$D\$10		21	44,44444444	21	9	2,25

infinito

Variações permitidas às constantes das restrições!

# Intervalos

---