

Planejamento de produção: Previsão de Demanda

Aula 6 – parte 2

Mauro Osaki

TES/ESALQ-USP
Pesquisador do Centro de Estudos
Avançados em Economia Aplicada
Cepea/ESALQ/USP

Fone: 55 19 3429-6841
Fax: 55 19 3429-6829
E-mail: mosaki@esalq.usp.br
<http://www.cepea.esalq.usp.br>

51

Objetivos desta apresentação

- Previsão de demanda quantitativa
- Regressão linear
- Regressão múltiplas
- Exemplos
- Exercícios

52

Mauro Osaki - TES/ESALQ-USP

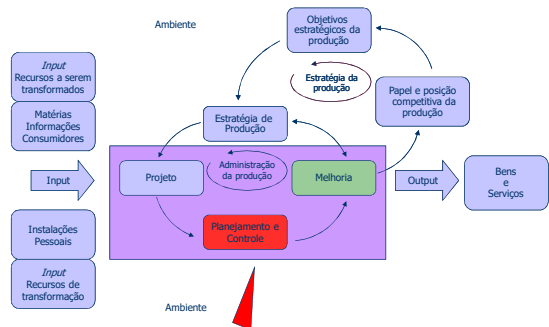
Referencial teórico

- CHASE, R.B; JACOBS, F.R.; AQUALIANO, N.J. **Administração da produção para a vantagem competitiva**. 10 ed. Porto Alegre: Bookmann, 2006 – CAP. 12.
- SLACK, N., CHAMBERS, S., HARLAND, C., JOHNSTON, R., **Administração da produção**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002

53

Mauro Osaki - TES/ESALQ-USP

Modelo geral da administração da produção



Fonte: Slack et. al (2002)

54

Mauro Osaki - TES/ESALQ-USP

Uso de Regressão:

- **Regressão Linear Simples**
 - As variáveis dependentes guardam uma relação linear com uma variável independente.
- **Regressão Linear Múltipla**
 - A variável dependente guarda uma relação linear com mais de uma variável independente.

55

Mauro Osaki - TES/ESALQ-USP

Análise de Regressão Linear

- Trata-se de relacionamento funcional entre duas ou mais variáveis correlacionadas;
- Utilizada para prever uma variável dada outra variável;
- O relacionamento funcional é geralmente desenvolvido a partir de dados observados;
- A regressão é útil para realizar previsão de grande ocorrências e planejamento agregado da produção;

56

Mauro Osaki - TES/ESALQ-USP

Regressão linear (RL)

$$Y = a + bX$$

Onde:
 Y = variável dependente
 X = variável independente
 a = Intercepto (valor de Y quando X = 0)
 b = Coeficiente angular

Limitação
 Os dados passados e as projeções futuras supostamente devem encaixar numa linha reta.

Mauro Osaki - TESESALQ/USP

Método dos Mínimos Quadrados

- O método tenta ajustar a linha aos dados que **minimizam a soma dos quadrados da distância vertical** entre cada ponto.

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$

Onde:
 a = Intercepto (valor de Y quando X = 0)
 b = Coeficiente angular
 \bar{y} = Média de todos os ys
 \bar{x} = Média de todos os xs
 x = Valor de x a cada ponto de dados
 y = Valor de y a cada ponto de dados
 n = número de pontos
 Y = Valor da variável dependente calculada com a equação da regressão.

58

Exemplos: Regressão Linear simples

As vendas de uma empresa para uma linha de produto durante os 12 trimestres dos últimos três anos são os seguintes:

Ano	Período (x)	Venda (y)
Ano 1	1	600
	2	1550
	3	1500
	4	1500
Ano 2	5	2400
	6	3100
	7	2600
	8	2900
Ano 3	9	3800
	10	4500
	11	4000
	12	4900

A empresa quer prever cada trimestre do quarto ano, isto é trimestres 13, 14, 15 e 16.

$$Y = a + bX \quad a = \bar{y} - b\bar{x} \quad b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$

58

Ano	x	y	xy	x ²	y ²	Y
	Período	Venda				Previsão
Ano 1	1	600				
	2	1.550				
	3	1.500				
	4	1.500				
Ano 2	5	2.400				
	6	3.100				
	7	2.600				
	8	2.900				
Ano 3	9	3.800				
	10	4.500				
	11	4.000				
	12	4.900				
Ano 4	13					?
	14					?
	15					?
	16					?
Soma						
Média						

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$

Y = a + bX

Mauro Osaki - TESESALQ/USP

Resolução

1º Passo: Cálculo do xy e da média de x e y.

Ano	x	y	cálculo	xy
	Período	Venda	x*y	
Ano 1	1	600	1*600 =	600
	2	1.550	2*1550 =	3.100
	3	1.500	3*1500 =	4.500
	4	1.500		
Ano 2	5	2.400		
	6	3.100		
	7	2.600		
	8	2.900		
Ano 3	9	3.800		
	10	4.500		
	11	4.000		
	12	4.900	12*4900 =	58.800

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{12} x_i}{12} = \frac{1+2+\dots+12}{12} = \frac{78}{12} = 6,5$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{12} y_i}{12} = \frac{600+1550+\dots+4900}{12} = \frac{33350}{12} = 2779,17$$

61

Resolução

2º Passo: Cálculo do x² e y².

Ano	x	y	xy	x ²	x ²	y ²	y ²
	Período	Venda					
Ano 1	1	600	600	1*1 =	1	600*600 =	360.000
	2	1.550	3.100	2*2 =	4	1550*1550 =	2.402.500
	3	1.500	4.500				
	4	1.500	6.000				
Ano 2	5	2.400	12.000				
	6	3.100	18.600				
	7	2.600	18.200				
	8	2.900	23.200				
Ano 3	9	3.800	34.200				
	10	4.500	45.000				
	11	4.000	44.000				
	12	4.900	58.800	12*12 =	144	4900*4900 =	24.010.000
Soma	78	33.350	268.200	650	650	112.502.500	
Média	6,5	2779,17					

62

Resolução

3º Passo: Cálculo do a, b e Y (previsão).

Ano	x Período	y Venda	xy	x ²	y ²	Y Previsão
Ano 1	1	600	600	1	360.000	
	2	1.550	3.100	4	2.402.500	
	3	1.500	4.500	9	2.250.000	
	4	1.500	6.000	16	2.250.000	
Ano 2	5	2.400	12.000	25	5.760.000	
	6	3.100	18.600	36	9.610.000	
	7	2.600	18.200	49	6.760.000	
	8	2.900	23.200	64	8.410.000	
Ano 3	9	3.800	34.200	81	14.440.000	
	10	4.500	45.000	100	20.250.000	
	11	4.000	44.000	121	16.000.000	
	12	4.900	58.800	144	24.010.000	
Soma	78	33.350	268.200	650	112.502.500	
Média	6,5	2779,17				

Cálculo do intercepto, inclinação e Y

63

Mauro Osaki - TES/ESALQ-USP

Cálculo do intercepto, inclinação e Y

Inclinação

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2} = \frac{268200 - (12 * 6,5 * 2779,17)}{650 - 12 * (6,5)^2} = \frac{51425}{143} = 359,61$$

Intercepto

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 2779,17 - 359,61 * 6,5 = 441,67$$

64

Mauro Osaki - TES/ESALQ-USP

Resolução

3º Passo: Y (previsão).

$$Y = a + bx$$

Ano	x Período	y Venda	Y Previsão
Ano 1	1	600	441,7+359,6 (1) = 801,3
	2	1.550	441,7+359,6 (2) = 1.160,9
	3	1.500	1.520,5
	4	1.500	1.880,1
Ano 2	5	2.400	2.239,7
	6	3.100	2.599,4
	7	2.600	2.959,0
	8	2.900	3.318,6
Ano 3	9	3.800	3.678,2
	10	4.500	4.037,8
	11	4.000	4.397,4
	12	4.900	4.757,1

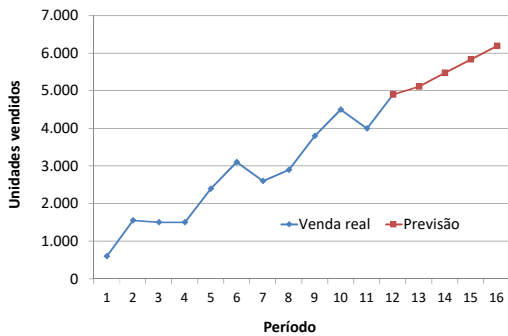
65

Previsão

Cálculo para a previsão de venda para os trimestres 13, 14, 15 e 16.

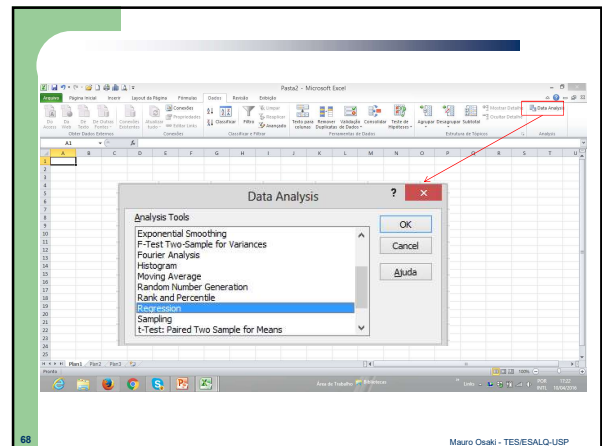
Ano	x Período	y Venda	xy	x ²	y ²	Y Previsão
Ano 1	1	600	600	1	360.000	801,3
	2	1.550	3.100	4	2.402.500	1.160,9
	3	1.500	4.500	9	2.250.000	1.520,5
	4	1.500	6.000	16	2.250.000	1.880,1
Ano 2	5	2.400	12.000	25	5.760.000	2.239,7
	6	3.100	18.600	36	9.610.000	2.599,4
	7	2.600	18.200	49	6.760.000	2.959,0
	8	2.900	23.200	64	8.410.000	3.318,6
Ano 3	9	3.800	34.200	81	14.440.000	3.678,2
	10	4.500	45.000	100	20.250.000	4.037,8
	11	4.000	44.000	121	16.000.000	4.397,4
	12	4.900	58.800	144	24.010.000	4.757,1
Ano 4	13					5.116,7
	14					5.476,3
	15					5.835,9
	16					6.195,5
Soma	78	33.350	268.200	650	112.502.500	
Média	6,5	2779,17				

66



67

Mauro Osaki - TES/ESALQ-USP



68

Mauro Osaki - TES/ESALQ-USP

69

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2		x	y	xy	x2	y2	Previsão
3	Ano	Período	Venda				MQO
4		1	600				
5	Ano 1	2	1.550				
6		3	1.500				
7		4	1.500				
8		5	2.400				
9	Ano 2	6	3.100				
10		7	2.600				
11		8	2.900				
12		9	3.800				
13	Ano 3	10	4.500				
14		11	4.000				
15		12	4.900				
16		13					

Regression dialog box showing input ranges and options.

70

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,966016
R Square	0,933186
Adjusted R Square	0,926505
Standard Error	363,8778
Observations	12

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	18493221	18493221	139,6695	3,37E-07
Residual	10	1324071	132407,1		
Total	11	19817292			

	Coefficients	Standard Err	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	441,6667	223,9513	1,972155	0,076869	-57,3279	940,6613	-57,3279	940,6613
X Variable 1	339,6154	30,42899	11,81818	3,37E-07	291,8154	427,4154	291,8154	427,4154

Observat	Predicted Y	Residuals
1	801,2821	-201,282
2	1160,897	389,1026
3	1520,513	-20,5128
4	1880,128	-380,128
5	2239,744	160,2564
6	2599,359	500,641
7	2958,974	-358,974
8	3318,59	-418,59
9	3678,205	121,7949
10	4037,821	462,1795
11	4397,436	-397,436
12	4757,051	142,9487

Mauro Osaki - TES/ESALQ/USP

71

Previsão com tendência e sazonalidade

72

Decomposição de uma série temporal

Trata-se de dados ordenados cronologicamente que possam conter um ou mais componentes de demanda.

A decomposição de uma série temporal significa identificar e separar os dados

- Tendência** (Fácil): Visualização gráfica e observação da direção da série.
- Sazonalidade** (Fácil): Visualização gráfica e comparando o mesmo período na série.
- Cíclica** (Médio): Requer série de dados longos.
- Autocorrelação** (Difícil): Requer uma sofisticação na modelagem e conhecimento econométrico.
- Aleatório** (Difícil): Qualquer coisa que tenha sobrado e não identificado no modelo.

Legend: 😊 Fácil, 😐 Médio, 😞 Difícil

73

Varição SAZONAL

Quando a série contém efeitos sazonais e de tendência ao mesmo tempo, tem-se que entender como se relacionam entre si. Examina-se dois tipos de variação sazonal:

Varição sazonal

- Aditiva**: Presume que a quantidade sazonal é uma CONSTANTE, não importando qual seja a quantidade da tendência ou da média.
Previsão = Tendência + Sazonal
- Multiplicativa**: A tendência é multiplicada pelos fatores sazonais. Ela reflete a experiência real, então quanto maior for a série básica projetada, maior será a variação ao redor desta.
Previsão = Tendência X Sazonal

74

Fator ou índice SAZONAL

Fator sazonal é a quantidade de correção necessária numa série temporal para se ajustar à estação do ano.

$$fS_i = \frac{y_i}{\frac{\sum_{i=1}^n y_{in}}{n}}$$

fS_i : fator de sazonal no período i
 y_i : quantidade média de produto y no período i
 y_{in} : quantidade de produto y no período i para o total de n anos
 n : total de ano n

Demanda com eliminação do fator SAZONAL

Demanda com correção necessária na série temporal

$$y_{it}^* = \frac{y_{it}}{f_{s_i}}$$

y_{it}^* : quantidade de produto y sem sazonalidade no período i no tempo t
 y_{it} : quantidade (observada) de produto y no período i no tempo t
 f_{s_i} : Fator de sazonal do período i

75

Exemplos: Regressão Linear simples

As vendas de uma empresa para uma linha de produto durante os 12 trimestres dos últimos três anos são os seguintes:

Ano	Período	Venda
Ano 1	1	600
	2	1550
	3	1500
	4	1500
Ano 2	5	2400
	6	3100
	7	2600
	8	2900
Ano 3	9	3800
	10	4500
	11	4000
	12	4900

A empresa quer prever cada trimestre do quarto ano, isto é trimestres 13, 14, 15 e 16.

76

Mauro Osaki - TESESALQ-USP

Passos:

- 1) Determinar o fator sazonal
- 2) Eliminar a sazonalidade dos dados originais;
- 3) Desenvolver regressão por MQO para os dados com eliminação de sazonalidade;
- 4) Projetar a demanda para cada trimestre do ano 4;
- 5) Criar previsão para cada trimestre do ano 4 pelo fator sazonal;

77

Mauro Osaki - TESESALQ-USP

x	y	x2	Y	Previsão MQO	Média dos mesmos trimestres	Fator sazonal	Demanda com eliminação de sazonalidade (y)	xy	Demanda sem sazonalidade	Previsão c/ sazonalidade	
Ano	Período	Venda									
Ano 1	1	600			$f_{s_i} = \frac{y_{it}}{\sum_{i=1}^n y_{in}}$						
	2	1550									
	3	1500									
	4	1500									
Ano 2	5	2400									
	6	3100									
	7	2600									
	8	2900									
Ano 3	9	3800									
	10	4500									
	11	4000									
	12	4900									
Ano 4	13										
	14										
	15										
	16										
Soma											

f_{s_i} : Fator de sazonal no período t
 y_{it} : quantidade de produto y no período t
 y_{in} : quantidade de produto y no período n
 n : total de período

78

Mauro Osaki - TESESALQ-USP

Passo 1. Fator Sazonal

Calcula-se a média para os mesmos trimestres no período de 3 anos

x	y	x2	Y	Previsão MQO	Média dos mesmos trimestres
Ano	Período	Venda			
Ano 1	1	600	1	801,3	=ARRED(MÉDIA(C4:C8;C12):1) = 2266,7
	2	1550	4	1.160,9	3.050,0
	3	1500	9	1.520,5	2.700,0
	4	1500	16	1.880,1	3.100,0
Ano 2	5	2400	25	2.239,7	
	6	3100	36	2.599,4	
	7	2600	49	2.959,0	
	8	2900	64	3.318,6	
Ano 3	9	3800	81	3.678,2	
	10	4500	100	4.037,8	
	11	4000	121	4.397,4	
	12	4900	144	4.757,1	
Ano 4	13			5.116,7	
	14			5.476,3	
	15			5.835,9	
	16			6.195,5	
Soma	78	33.350	650		
Média	6,5	2779,17			

79

Passo 1. Fator Sazonal

x	y	x2	Y	Previsão MQO	Média dos mesmos trimestres	Fator sazonal	
Ano	Período	Venda					
Ano 1	1	600	1	801,3	2.266,7(33350/12)=	0,82	
	2	1550	4	1.160,9	3.050,0	3050,0(33350/12)=	1,10
	3	1500	9	1.520,5	2.700,0	2700,0(33350/12)=	0,97
	4	1500	16	1.880,1	3.100,0	3100,0(33350/12)=	1,12
Ano 2	5	2400	25	2.239,7		0,82	
	6	3100	36	2.599,4		0,97	
	7	2600	49	2.959,0		1,12	
	8	2900	64	3.318,6		0,82	
Ano 3	9	3800	81	3.678,2		1,10	
	10	4500	100	4.037,8		0,97	
	11	4000	121	4.397,4		1,12	
	12	4900	144	4.757,1			
Ano 4	13			5.116,7			
	14			5.476,3			
	15			5.835,9			
	16			6.195,5			
Soma	78	33.350	650			12,00	
Média	6,5	2779,17					

80

Mauro Osaki - TESESALQ-USP

Passo 2: Eliminar a sazonalidade dos dados originais

Ano	Período	Venda	x ²	Y	Previsão MQO	Média dos mesmos trimestres	Fator sazonal	Demanda com eliminação de sazonalidade (y)	xy	y _{it} [*] = $\frac{y_{it}}{f_{it}}$
Ano 1	1	600	1	801,3	2.266,7	0,82	-ARRED([C4]/[I1])	1.412,4	735,7	1.412,4
	2	1.500	4	1.160,9	3.050,0	0,97	1.544,0	4.632,0	2.824,8	2.824,8
	3	1.500	9	1.520,5	2.700,0	0,97	1.544,0	4.632,0	2.824,8	2.824,8
	4	1.500	16	1.880,1	3.100,0	1,12	1.344,8	5.379,2	2.824,8	2.824,8
Ano 2	5	2.400	25	2.239,7	0,82	2.942,6	14.713,0	16.948,2	14.713,0	14.713,0
	6	3.100	36	2.599,4	1,10	2.824,7	16.948,2	18.733,4	16.948,2	16.948,2
	7	2.600	49	2.959,0	0,97	2.676,2	20.799,2	20.799,2	18.733,4	18.733,4
	8	2.900	64	3.318,6	1,12	2.599,9	20.799,2	20.799,2	16.948,2	16.948,2
Ano 3	9	3.800	81	3.678,2	0,82	4.659,1	41.931,9	41.931,9	41.931,9	41.931,9
	10	4.500	100	4.037,8	1,10	4.100,4	41.004,0	41.004,0	41.004,0	41.004,0
	11	4.000	121	4.397,4	0,97	4.117,3	45.290,3	45.290,3	45.290,3	45.290,3
	12	4.900	144	4.757,1	1,12	4.392,9	52.714,8	52.714,8	52.714,8	52.714,8
Ano 4	13			5.116,7						
	14			5.476,3						
	15			5.835,9						
	16			6.195,5						
Soma	78	33.350	650			12,00	33350	265706,5		
Média	6,5	2779,17					2779,17			

Para eliminar o efeito sazonal sobre os dados, dividem-se os dados originais pelo fator sazonal.

Passo 3: Regressão linear mínimos quadrados

Ano	Período	Venda	x ²	Y	Previsão MQO	Média dos mesmos trimestres	Fator sazonal	Demanda com eliminação de sazonalidade (y)	xy
Ano 1	1	600	1	801,3	2.266,7	0,82	735,7	735,7	
	2	1.500	4	1.160,9	3.050,0	1,10	1.412,4	2.824,8	
	3	1.500	9	1.520,5	2.700,0	0,97	1.544,0	4.632,0	
	4	1.500	16	1.880,1	3.100,0	1,12	1.344,8	5.379,2	
Ano 2	5	2.400	25	2.239,7	0,82	2.942,6	14.713,0	16.948,2	
	6	3.100	36	2.599,4	1,10	2.824,7	16.948,2	18.733,4	
	7	2.600	49	2.959,0	0,97	2.676,2	18.733,4	20.799,2	
	8	2.900	64	3.318,6	1,12	2.599,9	20.799,2	20.799,2	
Ano 3	9	3.800	81	3.678,2	0,82	4.659,1	41.931,9	41.931,9	
	10	4.500	100	4.037,8	1,10	4.100,4	41.004,0	41.004,0	
	11	4.000	121	4.397,4	0,97	4.117,3	45.290,3	45.290,3	
	12	4.900	144	4.757,1	1,12	4.392,9	52.714,8	52.714,8	
Ano 4	13			5.116,7					
	14			5.476,3					
	15			5.835,9					
	16			6.195,5					
Soma	78	33.350	650			12,00	33350	265706,5	
Média	6,5	2779,17					2779,17		

Cálculo do intercepto, inclinação e Y

Inclinação

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} = \frac{265706,5 - (12 \cdot 6,5 \cdot 2779,17)}{650 - 12 \cdot (6,5)^2} = 342,2$$

Intercepto

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 2779,17 - 342,2 \cdot 6,5 = 555,0$$

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics

Multiple R 0,929058

R Square 0,864263

Adjusted R Square 0,850689

Standard Error 512,798

Observations 12

ANOVA

df	SS	MS	F	Significance F
1	16743,299	16743,299	63,67497	1,2E-05
10	2629618	262961,8		
11	19372817			

RESIDUAL OUTPUT

Observation/Predicted Y/Residuals

1 897,1859 -161,486

2 1239,364 173,058

3 1581,543 -37,5425

4 1923,721 -578,921

5 2265,899 676,7008

6 2608,078 216,6225

7 2950,256 -274,056

8 3292,434 -692,534

9 3634,612 1024,488

10 3976,791 123,6092

11 4318,969 -201,669

12 4661,147 -268,347

Passo 4) Projetar a demanda para cada trimestre do ano 4

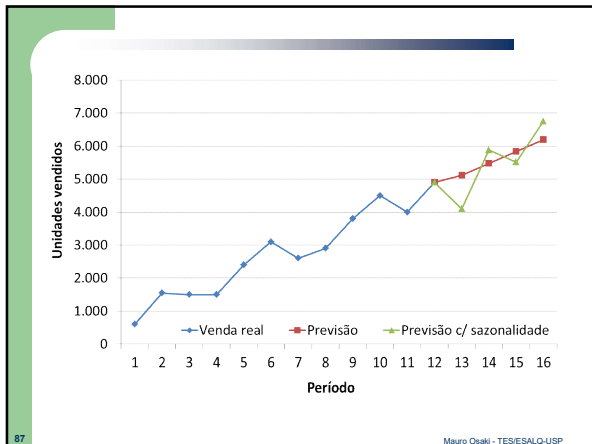
Ano	Período	Venda	x ²	Y	Previsão MQO	Média dos mesmos trimestres	Fator sazonal	Demanda com eliminação de sazonalidade (y)	xy	Demanda sem sazonalidade	Previsão t/ sazonalidade
Ano 1	1	600	1	801,3	2.266,7	0,82	735,7	735,7			
	2	1.500	4	1.160,9	3.050,0	1,10	1.412,4	2.824,8			
	3	1.500	9	1.520,5	2.700,0	0,97	1.544,0	4.632,0			
	4	1.500	16	1.880,1	3.100,0	1,12	1.344,8	5.379,2			
Ano 2	5	2.400	25	2.239,7	0,82	2.942,6	14.713,0	16.948,2			
	6	3.100	36	2.599,4	1,10	2.824,7	16.948,2	18.733,4			
	7	2.600	49	2.959,0	0,97	2.676,2	18.733,4	20.799,2			
	8	2.900	64	3.318,6	1,12	2.599,9	20.799,2	20.799,2			
Ano 3	9	3.800	81	3.678,2	0,82	4.659,1	41.931,9	41.931,9			
	10	4.500	100	4.037,8	1,10	4.100,4	41.004,0	41.004,0			
	11	4.000	121	4.397,4	0,97	4.117,3	45.290,3	45.290,3			
	12	4.900	144	4.757,1	1,12	4.392,9	52.714,8	52.714,8			
Ano 4	13			5.116,7						5.003,3	
	14			5.476,3						5.345,5	
	15			5.835,9						5.687,7	
	16			6.195,5						6.029,9	
Soma	78	33.350	650			12,00	33350	265706,5			
Média	6,5	2779,17					2779,17				

Y = 555 + 342,2 (13) = 5003,3

Passo 5) previsão para cada trimestre do ano 4 pelo fator sazonal

Ano	Período	Venda	x ²	Y	Previsão MQO	Média dos mesmos trimestres	Fator sazonal	Demanda com eliminação de sazonalidade (y)	xy	Demanda sem sazonalidade	Previsão t/ sazonalidade
Ano 1	1	600	1	801,3	2.266,7	0,82	735,7	735,7			
	2	1.500	4	1.160,9	3.050,0	1,10	1.412,4	2.824,8			
	3	1.500	9	1.520,5	2.700,0	0,97	1.544,0	4.632,0			
	4	1.500	16	1.880,1	3.100,0	1,12	1.344,8	5.379,2			
Ano 2	5	2.400	25	2.239,7	0,82	2.942,6	14.713,0	16.948,2			
	6	3.100	36	2.599,4	1,10	2.824,7	16.948,2	18.733,4			
	7	2.600	49	2.959,0	0,97	2.676,2	18.733,4	20.799,2			
	8	2.900	64	3.318,6	1,12	2.599,9	20.799,2	20.799,2			
Ano 3	9	3.800	81	3.678,2	0,82	4.659,1	41.931,9	41.931,9			
	10	4.500	100	4.037,8	1,10	4.100,4	41.004,0	41.004,0			
	11	4.000	121	4.397,4	0,97	4.117,3	45.290,3	45.290,3			
	12	4.900	144	4.757,1	1,12	4.392,9	52.714,8	52.714,8			
Ano 4	13			5.116,7						5.003,3	4.080,7
	14			5.476,3						5.345,5	5.864,4
	15			5.835,9						5.687,7	5.529,7
	16			6.195,5						6.029,9	6.726,6
Soma	78	33.350	650			12,00	33350	265706,5			
Média	6,5	2779,17					2779,17				

Y = 5003,3 x 0,82 = 4080,7



Regressão Linear Múltipla:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4$$

Onde:

- Y = quantidade de pizza demanda
- a = intercepto.
- X₁ = preço médio do pedaço de pizza.
- X₂ = preço médio da educação.
- X₃ = preço médio do refrigerante.
- X₄ = localização do campus.

88 Mauro Osaki - TESISALQ-USP

Exercícios

89

Exercício 1

Suponha uma empresa tenha vendido uma média de 1000 toneladas de bacalhau a cada ano durante 10 anos. Na média, foram vendidas 200 toneladas na primavera, 350 no verão, 300 no outono e 150 no inverno.

- Calcule o fator sazonal
- A empresa espera aumentar a venda em 10% no próximo ano, qual a quantidade de produto para cada estação?

Quantidade média de venda de bacalhau para cada estação durante 10 anos

Estação	Venda
Primavera	200
Verão	350
Outono	300
Inverno	150
Ano	1000

90

Exercício 2 – Tendência e Fator Sazonalidade via MQO

A empresa possui o seguinte quadro de venda trimestral para dois anos:

Ano	Trimestre	Quantidade
Ano 1	1	300
	2	200
	3	220
	4	530
Ano 2	5	520
	6	420
	7	400
	8	700

- Encontre a equação linear pelo MQO;
- Calcule o fator sazonal médio para cada trimestre;
- Calcule a previsão de venda para cada trimestre do ano 3 incluindo a tendência e fator sazonal.

91 Mauro Osaki - TESISALQ-USP