

INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

Instituto Federal de Santa Catarina  
Câmpus Urupema  
Viticultura e Enologia

# Estatística Experimental

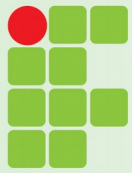
# Regressão e Correlação

Prof. Wilson Castello Branco Neto

# Regressão e Correlação



- Objetivos de aprendizagem:
  - Interpretar os resultados da análise de regressão em experimentos fatoriais.
  - Utilizar o Assistat e o SISVAR para realizar análise de regressão em experimentos fatoriais.



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

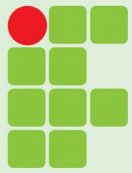
# Regressão e Correlação

- Leitura recomendada:

GOMES, F. P. e GARCIA, C. H. **Estatística Aplicada a Experimentos Agronômicos e Florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p. Capítulo 6.

- Leitura complementar:

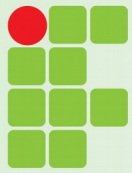
STORK, L. *et al.* **Experimentação Vegetal**. 3 ed. Santa Maria: Ed. da UFSM. 2011. 200p. Capítulo 5 (5.2.5).



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# Regressão e Correlação

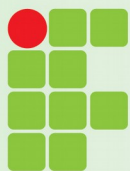
- Atividade 1: Em um experimento bifatorial, em blocos ao acaso, com 4 repetições foram testados 3 cultivares de trigo e 5 doses de adubo (0, 50, 100, 150 e 200 Kg/ha). A tabela 67 apresenta a produção em Kg de trigo por parcela.
- Preencha os dados deste experimento no Assistat e analise os resultados.



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# Regressão e Correlação

- Análise de Regressão de experimentos fatoriais no Assistat:
  - Análise de Variância – ANOVA;
  - H – Experimento fatorial;
  - Digitar o número de fatores e o de repetições ou blocos;
  - Digitar o número de tratamentos de cada fator, o nome do fator e marcar se ele é quantitativo ou não;
  - Digitar os níveis do tratamento quantitativo;
  - Digitar os dados;
  - Clicar em Analisar os Dados e escolher o teste desejado.



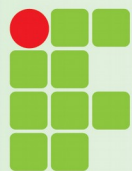
INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

Tabela 67 - Resultados  $Y_{ijk}$  e totais dos tratamentos e blocos

$A_i$	$D_j$	Blocos			
		I	II	III	IV
1	1	36	24	37	23
1	2	55	51	49	39
1	3	76	67	57	56
1	4	74	70	66	74
1	5	45	39	51	54
2	1	72	59	44	53
2	2	58	64	64	70
2	3	79	73	75	76
2	4	85	80	87	70
2	5	90	61	87	64
3	1	38	28	47	67
3	2	68	44	74	48
3	3	80	54	66	68
3	4	76	75	56	69
3	5	61	70	48	51

105  
ANOS

REDE FEDERAL  
DE EDUCAÇÃO  
PROFISSIONAL  
E TECNOLÓGICA  
1909-2014



# Regressão e Correlação

## EXPERIMENTO FATORIAL

### QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Fator1(F1)	2	3436.30000	1718.15000	18.9833 **
Fator2(F2)	4	6291.76667	1572.94167	17.3789 --
Int. F1xF2	8	758.03333	94.75417	1.0469 ns
Tratamentos	14	10486.10000	749.00714	8.2755 **
Blocos	3	685.13333	228.37778	2.5233 ns
Resíduo	42	3801.36667	90.50873	
Total	59	14972.60000		

-- Os tratamentos são quantitativos. O Teste F não se aplica

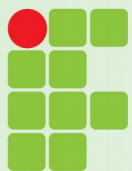
\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

Tabela 55 - Definição dos procedimentos complementares para análise de experimentos bifatoriais nas diferentes situações de interação ( $H_0$  = não significativa;  $H_1$  = significativa) e para fator qualitativo ou quantitativo

Interação	Fator A	Fator D	Procedimento
$H_0$	Qualitativo	Qualitativo	Fator A: Teste de F + teste de médias Fator D: Teste de F + teste de médias
$H_0$	Qualitativo	Quantitativo	Fator A: Teste de F + teste de médias Fator D: regressão + equação + gráfico + máxima eficiência
$H_0$	Quantitativo	Quantitativo	Fator A: regressão + equação + gráfico + máxima eficiência Fator D: regressão + equação + gráfico + máxima eficiência
$H_1$	Qualitativo	Qualitativo	Comparar médias de A dentro de $D_j$ ou Comparar médias de D dentro de $A_i$
$H_1$	Qualitativo	Quantitativo	Regressão de D dentro de $A_i$ com gráficos + máxima eficiência
$H_1$	Quantitativo	Qualitativo	Regressão de A dentro de $D_j$ com gráficos + máxima eficiência
$H_1$	Quantitativo	Quantitativo	Superfície de resposta ...



# Regressão e Correlação

## Médias de bloco

---

1	66.20000	a
2	57.26667	a
3	60.53333	a
4	58.80000	a

---

dms = 9.29222

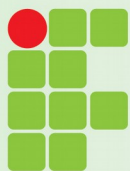
## Médias do fator 1

---

1	52.15000	b
2	70.55000	a
3	59.40000	b

---

dms = 7.30578



# Regressão e Correlação

## REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

Reg. linear	1	2842.13333	2842.13333	31.4018 **
Reg. quadra	1	3102.88095	3102.88095	34.2827 **
Reg. cúbica	1	343.40833	343.40833	3.7942 ns
Reg. 4º grau	1	3.34405	3.34405	0.0369 ns
Total	4	6291.76667		GL-resíduo=42

Eq. de regressão:  $y = a + b.x + c.x^2 + d.x^3 + e.x^4 + f.x^5$   
x = Tratamentos do fator 2      y = Médias dos trats. do fator 2

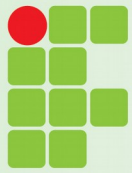
a = 42.37142857  
b = 0.44114286  
c = - 0.00171905  
d = 0.00000000  
e = 0.00000000  
f = 0.00000000

Coeficiente de correlação: r = 0.97205345  
Coeficiente de determinação: R<sup>2</sup> = 0.94488791

# Regressão e Correlação

- Quantos quilos de trigo serão produzidos se forem aplicadas as seguintes doses:
  - 20 Kg/ha;
  - 80 Kg/ha;
  - 130 Kg/ha.
- Que dose de adubo levará a maior produção de trigo?
- Quantos quilos de trigo serão produzidos com esta dose?

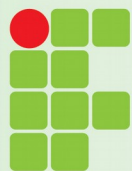




INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# Regressão e Correlação

- Atividade 2: Em um experimento bifatorial, em blocos ao acaso, com 5 repetições foram testados 3 épocas de semeadura de milho e 5 densidades de semeadura (30, 35, 40, 45 e 50 mil plantas/ha). A tabela 74 apresenta a produção em Kg de milho por parcela.
- Preencha os dados deste experimento no Sisvar e analise os resultados.



# Regressão e Correlação

## EXPERIMENTO FATORIAL

### QUADRO DE ANÁLISE

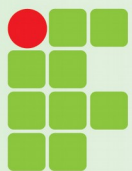
FV	GL	SQ	QM	F	
Fator1 (F1)	2	9966.42667	4983.21333	86.1402	**
Fator2 (F2)	4	1192.93333	298.23333	5.1553	--
Int. F1xF2	8	1401.30667	175.16333	3.0279	**
Tratamentos	14	12560.66667	897.19048	15.5089	**
Blocos	4	764.40000	191.10000	3.3034	*
Resíduo	56	3239.60000	57.85000		
Total	74	16564.66667			

-- Os tratamentos são quantitativos. O Teste F não se aplica

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )



# Regressão e Correlação

## Médias de bloco

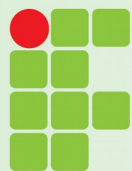
1	58.46667	a
2	51.93333	ab
3	49.06667	b
4	50.73333	ab
5	52.13334	ab

dms = 7.83292

## Médias do fator 1

1	58.88000	a
2	62.24000	a
3	36.28000	b

dms = 5.18072



# Regressão e Correlação

## REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

---

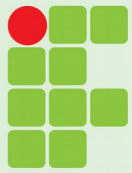
Reg. linear	1	0.66667	0.66667	0.0115	ns
Reg. quadra	1	1025.21905	1025.21905	17.7220	**
Reg. cúbica	1	160.16667	160.16667	2.7687	ns
Reg. 4º grau	1	6.88095	6.88095	0.1189	ns
<hr/>					
Total	4	1192.93333		GL-resíduo=56	

---

Eq. de regressão:  $y = a + b.x + c.x^2 + d.x^3 + e.x^4 + f.x^5$   
x = Tratamentos do fator 2      y = Médias dos trats. do fator 2

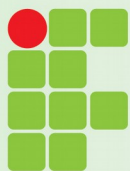
a = - 85.05714286  
b = 7.08380952  
c = - 0.08838095  
d = 0.00000000  
e = 0.00000000  
f = 0.00000000

Coeficiente de correlação: r = 0.92734514  
Coeficiente de determinação: R<sup>2</sup> = 0.85996901



# Regressão e Correlação

- Análise de Regressão de experimentos fatoriais no Sisvar:
  - Arquivo – Manipular;
  - Arquivo – Criar;
  - Digitar o nome e o número de campos (3 para experimentos simples e 4 para experimentos bifatoriais);
  - Digitar o nome das quatro variáveis (Epoca, Densidade, Bloco e Resultado) e se são numéricos ou não (apenas Densidade e Resultado);
  - Digitar os dados conforme modelo.



**INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA**



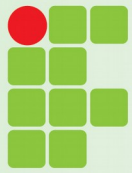
Arquivos

Arquivo Importar Exportar Registros Campos

Epoca	Densidade	Bloco	Resultado
1	30	1	59
1	30	2	59
1	30	3	57
1	30	4	52
1	30	5	62
1	35	1	59
1	35	2	61
1	35	3	61
1	35	4	46
1	35	5	61
1	40	1	67
1	40	2	58
1	40	3	62
1	40	4	55
1	40	5	66
1	45	1	65
1	45	2	63
1	45	3	54
1	45	4	66
1	45	5	72
1	50	1	59
1	50	2	55
1	50	3	52
1	50	4	46
1	50	5	55
2	30	1	64
2	30	2	44
2	30	3	37

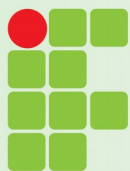
Tabela 74 - Resultados  $Y_{ijk}$  e totais dos tratamentos e blocos

$A_i$	$D_j$	Blocos					$Y_{ij}$
		1	2	3	4	5	
1	1	59	59	57	52	62	289
1	2	59	61	61	46	61	288
1	3	67	58	62	55	66	308
1	4	65	63	54	66	72	320
1	5	59	55	52	46	55	267
2	1	64	44	37	49	43	237
2	2	70	63	63	59	69	324
2	3	56	73	79	61	72	341
2	4	80	65	69	73	59	346
2	5	72	46	64	71	55	308
3	1	38	48	45	44	32	207
3	2	54	47	20	28	32	181
3	3	58	30	30	42	37	197
3	4	44	39	27	43	38	191
3	5	32	28	16	26	29	131
$Y_{..k}$		877	779	736	761	782	$Y_{...} = 3935$



# Regressão e Correlação

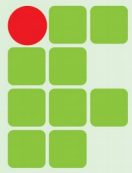
- Análise de Regressão de experimentos fatoriais no Sisvar (continuação):
  - Arquivo – Sair;
  - Análise – Anava;
  - Abrir Arquivo – Selecionar o arquivo salvo;
  - Selecionar as fontes de variação (Epoca, Densidade, Bloco e Epoca\*Densidade) e clicar em Fim.
  - Selecionar os testes a serem realizados e os modelos de regressão.
  - Selecionar a variável com os dados e finalizar.



# Regressão e Correlação

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Epoca	2	9966.426667	4983.213333	86.140	0.0000
Densidade	4	1192.933333	298.233333	5.155	0.0013
Bloco	4	764.400000	191.100000	3.303	0.0168
Epoca*Densidade	8	1401.306667	175.163333	3.028	0.0067
erro	56	3239.600000	57.850000		
Total corrigido	74	16564.666667			
CV (%) =	14.50				
Média geral:	52.4666667		Número de observações:	75	



# Regressão e Correlação

---

Teste Tukey para a FV Epoca

---

DMS: 5,18088640563346 NMS: 0,05

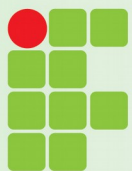
---

Média harmonica do número de repetições (r): 25  
Erro padrão: 1,52118374958451

---

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
3	36.280000	a1
1	58.880000	a2
2	62.240000	a2

---



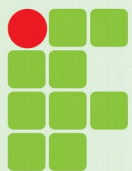
# Regressão e Correlação

Análise do desdobramento de Densidade dentro de cada nível de:

Epoca

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV		GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Densidade	/1	4	332.240000	83.060000	1.436	0.2335
Densidade	/2	4	1555.760000	388.940000	6.723	0.0002
Densidade	/3	4	706.240000	176.560000	3.052	0.0238
Erro		56	3239.600000	57.850000		

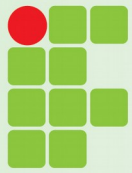


# Regressão e Correlação

## Análise da densidade dentro da época 1

Somas de quadrados seqüenciais - Tipo I (Type I)

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
b1	1	2.880000	2.880000	0.050	0.824
b2	1	179.200000	179.200000	3.098	0.084
b3	1	147.920000	147.920000	2.557	0.115
b4	1	2.240000	2.240000	0.039	0.845
Desvio	0	-0.000000	0.000000	0.000	0.000
Erro	56	3239.600000	57.850000		



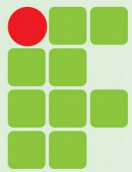
# Regressão e Correlação

b1 : X  
b2 : X^2  
b3 : X^3  
b4 : X^4

-----  
Modelos reduzidos sequenciais  
-----

Parâmetro	Estimativa	SE	t para H0: Par=0	Pr> t
b0	60.800000	8.73853535	6.958	0.0000
b1	-0.048000	0.21512787	-0.223	0.8243

-----  
R^2 = 0.87%  
-----

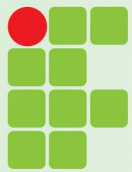


# Regressão e Correlação

## Análise da densidade dentro da época 2

Somas de quadrados seqüenciais - Tipo I (Type I)

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
b1	1	537.920000	537.920000	9.299	0.003
b2	1	980.628571	980.628571	16.951	0.000
b3	1	14.580000	14.580000	0.252	0.618
b4	1	22.631429	22.631429	0.391	0.534
Desvio	0	-0.000000	0.000000	0.000	0.000
Erro	56	3239.600000	57.850000		



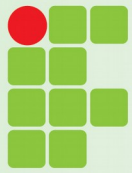
# Regressão e Correlação

b1 : X  
b2 : X^2  
b3 : X^3  
b4 : X^4

Modelos reduzidos sequenciais

Parâmetro	Estimativa	SE	t para H0: Par=0	Pr> t
b0	36.000000	8.73853535	4.120	0.0001
b1	0.656000	0.21512787	3.049	0.0035

R^2 = 34.58%



# Regressão e Correlação

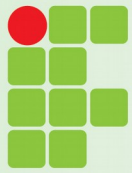
---

Parâmetro	Estimativa	SE	t para H0: Par=0	Pr> t
b0	-196.057143	57.03642195	-3.437	0.0011
b1	12.633143	2.91700335	4.331	0.0001
b2	-0.149714	0.03636325	-4.117	0.0001

---

R<sup>2</sup> = 97.61%

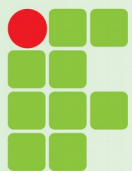
---



# Regressão e Correlação

Parâmetro	Estimativa	SE	t para H0: Par=0	Pr> t
b0	-414.217143	438.28536985	-0.945	0.3487
b1	29.607143	33.93652753	0.872	0.3867
b2	-0.581714	0.86127945	-0.675	0.5022
b3	0.003600	0.00717093	0.502	0.6176

R<sup>2</sup> = 98.55%

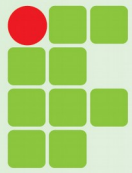


# Regressão e Correlação

## Análise da densidade dentro da época 3

Somas de quadrados seqüenciais - Tipo I (Type I)

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
b1	1	403.280000	403.280000	6.971	0.011
b2	1	115.714286	115.714286	2.000	0.163
b3	1	184.320000	184.320000	3.186	0.080
b4	1	2.925714	2.925714	0.051	0.823
Desvio	0	-0.000000	0.000000	0.000	0.000
Erro	56	3239.600000	57.850000		



# Regressão e Correlação

---

Parâmetro	Estimativa	SE	t para H0: Par=0	Pr> t
b0	59.000000	8.73853535	6.752	0.0000
b1	-0.568000	0.21512787	-2.640	0.0107

---

R<sup>2</sup> = 57.10%

---

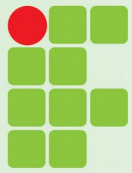
---

Parâmetro	Estimativa	SE	t para H0: Par=0	Pr> t
b0	-20.714286	57.03642195	-0.363	0.7178
b1	3.546286	2.91700335	1.216	0.2292
b2	-0.051429	0.03636325	-1.414	0.1628

---

R<sup>2</sup> = 73.49%

---

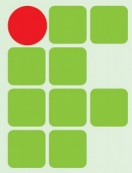


INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# Regressão e Correlação

- Para as épocas 2 e 3 elabore um gráfico com a previsão de produção, considerando a densidade de produção entre 30 e 50 mil plantas, com intervalos de mil plantas.
- Quantos quilos de milho serão produzidos se forem usadas as seguintes densidades:
  - 32 mil plantas;
  - 38 mil plantas;
  - 46 mil plantas;
- Que densidade levará a maior produção de milho em cada uma das épocas?
- Quantos quilos de milho serão produzidos com esta densidade?





# Regressão e Correlação

- Principais conclusões do experimento:
  - Os blocos são heterogêneos;
  - O coeficiente de variação é médio (14,50%);
  - A melhor época de semeadura foi a segunda, que não diferiu significativamente da primeira.
  - Na primeira época de plantio não houve efeito da densidade, já na segunda e terceira época ouve.
  - A melhor densidade na segunda época é de 42.200 plantas e na terceira época é de 30.000 plantas.
  - Devido ao comportamento decrescente linear na terceira época deve-se repetir o experimento com densidades menores para obter o ponto de máximo.

# Regressão e Correlação



- Objetivos de aprendizagem:
  - Interpretar os resultados da análise de regressão em experimentos fatoriais.
  - Utilizar o Assistat e o SISVAR para realizar análise de regressão em experimentos fatoriais.