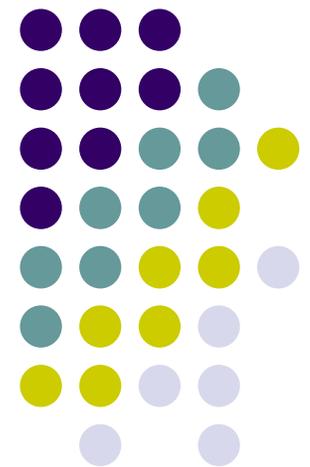
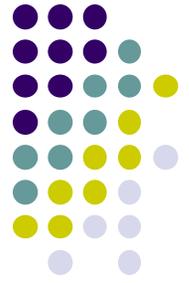


BIOESTATÍSTICA

ANÁLISE DE VARIÂNCIA
DELINEAMENTO INTEIRAMENTE
CASUALIZADO



ANÁLISE DE VARIÂNCIA (FISHER, 1935)



- **DEFINIÇÃO**: TÉCNICA DE ANÁLISE DE DADOS, QUE DEPENDE DE DIFERENTES TIPOS DE EFEITOS, ATUANDO AO MESMO TEMPO NESSES DADOS. DETERMINA QUAIS OS EFEITOS MAIS IMPORTANTES, ESTIMANDO-OS.

DELINEAMENTOS BÁSICOS



- **INTEIRAMENTE AO ACASO** (UMA VARIÁVEL CLASSIFICATÓRIA E UMA VARIÁVEL RESPOSTA).

D	A	C	A	B
D	A	C	B	E
C	E	B	E	D

- **BLOCOS AO ACASO** (DUAS VARIÁVEIS CLASSIFICATÓRIAS E UMA RESPOSTA)

D	A	C	B	E
D	B	E	A	C
C	E	B	D	A

QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA



C.V. ou F.V.	g.l.	S.Q.	Q.M	F
TRATAMENTO				
RESÍDUO				
TOTAL (corr.)				



O TESTE F

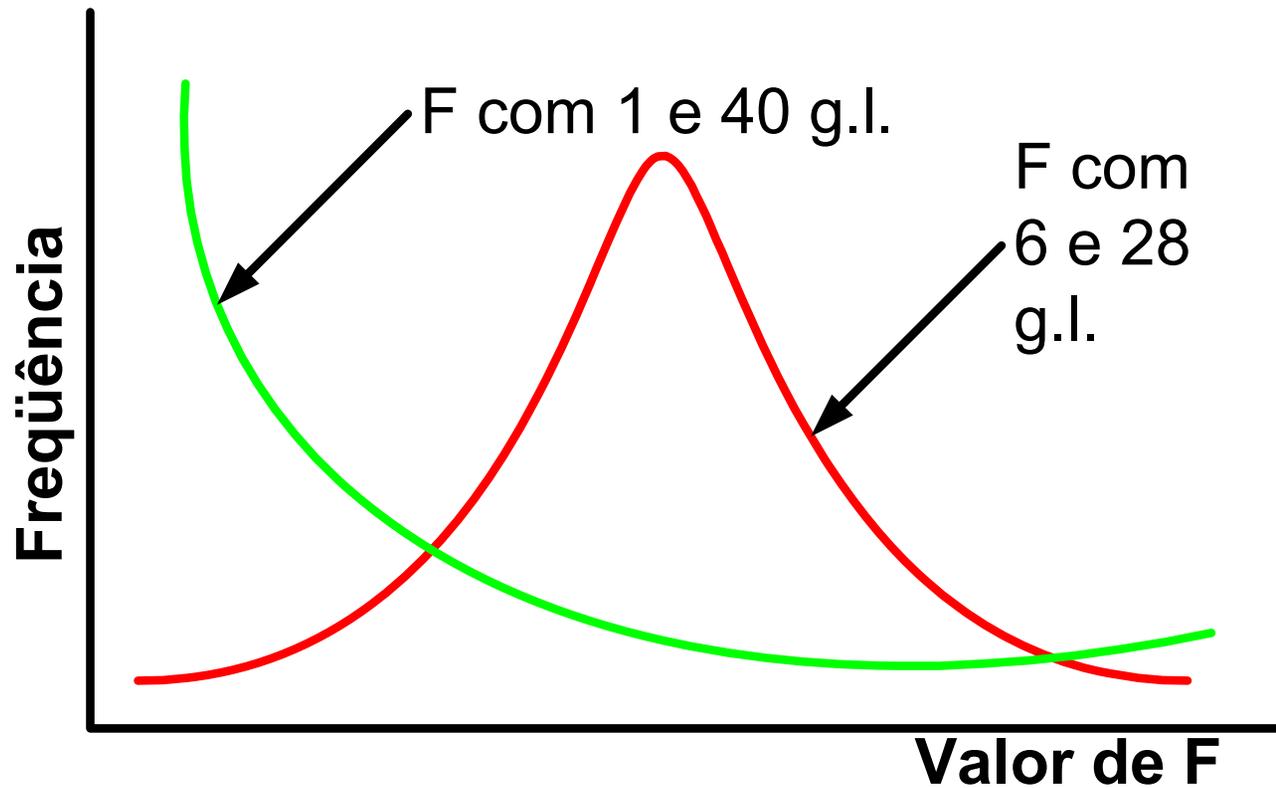
- TESTE DE HIPÓTESE
- TESTA SE DUAS VARIÂNCIAS SÃO IGUAIS

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

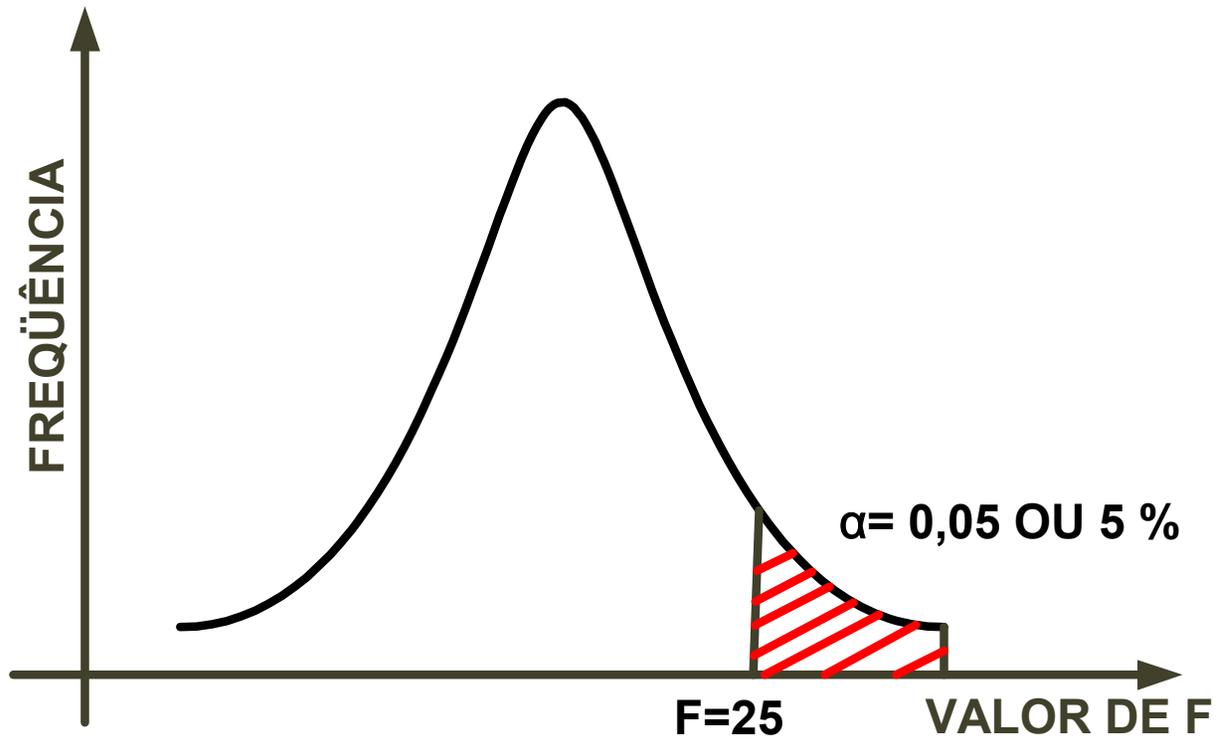
$$H_0: s_1^2 = s_2^2$$

$$H_A: s_1^2 > s_2^2, \text{ com } (n_1 - 1) \text{ e } (n_2 - 1) \text{ g.l.}$$

DISTRIBUIÇÃO DO F



O TESTE F



QUANTO MAIOR O VALOR DE F MENOR A PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA E EM CONSEQÜÊNCIA HÁ DIFERENÇA ENTRE AS VARIÂNCIAS.

DELINEAMENTO INTEIRAMENTE AO ACASO



- ÚTEIS QUANDO A VARIAÇÃO AMBIENTAL É PEQUENA (LABORATÓRIOS, CASAS DE VEGETAÇÃO, ETC.)
- ALTERNATIVA QUANDO NÃO SE PODE USAR BLOCOS AO ACASO (ENSAIOS EM ECOLOGIA, POR EXEMPLO)

DELINEAMENTO INTEIRAMENTE AO ACASO



MODELO: $y_{ij} = m + t_i + e_{ij}$

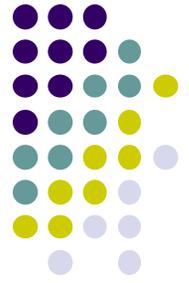
C.V.	g.l.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	t-1			
Resíduo	t(n-1)			
Total	tn-1			

t = número de tratamentos

n = número de repetições

Tabela do teste F

5 % de probabilidade



graus de liberdade do resíduo	graus de liberdade do tratamento								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5
2	15,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,37	3,68
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80



```
DATA JOANE1;
INPUT TRAT1 TRAT2 TRAT3;
DATALINES;
  5.77   46.35   22.98
 22.62   32.40   53.51
  1.67   47.74   34.27
  7.95   45.27   39.64
 19.89   49.85   25.55

```

```
;;;
```

```
DATA JOANE2;
```

```
  SET JOANE1;
  DROP TRAT1 TRAT2 TRAT3;
  TRAT=1;MASSA=TRAT1;OUTPUT;
  TRAT=2;MASSA=TRAT2;OUTPUT;
  TRAT=3;MASSA=TRAT3;OUTPUT;
ODS PDF FILE= 'F:\Bioestatistica\JOANESIA.PDF';
TITLE1'*** Análise estatística de cultura de tecidos ***';
TITLE2'*** 3 clones de Joanesia princeps - Linhares - ES ***';
TITLE3'*** Teste de normalidade de Shapiro-Wilk ***';
PROC UNIVARIATE DATA=JOANE2 NORMAL;
  VAR MASSA;RUN;
TITLE3'*** Análise de homogeneidade da variância - BOX-COX ***';
PROC TRANSREG DATA=JOANE2;
MODEL BOXCOX(MASSA)=CLASS(TRAT);RUN;
TITLE3'*** Análise da variância - Teste F ***';
PROC GLM DATA=JOANE2;
CLASS TRAT;
MODEL MASSA = TRAT;
MEANS TRAT / TUKEY LINES;
RUN;
ODS PDF CLOSE;
```

Programa SAS para Análise de Variância
Experimento com Delineamento Inteiramente
ao Acaso

*** *Análise estatística de cultura de tecidos* ***
 *** *3 clones de Joanesia princeps - Linhares - ES* ***
 *** *Análise de homogeneidade da variância - BOX-COX* ***



*The UNIVARIATE
 Procedure
 Variable: MASSA*

Moments			
N	15	Sum Weights	15
Mean	30.364	Sum Observations	455.46
Std Deviation	16.8576485	Variance	284.180311
Skewness	-0.3196589	Kurtosis	-1.1022476
Uncorrected SS	17808.1118	Corrected SS	3978.52436
Coeff Variation	55.5185366	Std Error Mean	4.35262611

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.937637	Pr < W	0.3536
Kolmogorov-Smirnov	D	0.145047	Pr > D	>0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq	0.045519	Pr > W-Sq	>0.2500
Anderson-Darling	A-Sq	0.333541	Pr > A-Sq	>0.2500

*** *Análise estatística de cultura de tecidos* ***
 *** *3 clones de Joanesia princeps - Linhares - ES* ***
 *** *Análise de homogeneidade da variância - BOX-COX* ***



The TRANSREG Procedure

Transformation Information for BoxCox(MASSA)				
Lambda		R-Square	Log Like	
-3.00		0.15	-127.682	
-2.75		0.16	-119.130	
-2.50		0.16	-110.682	
-2.25		0.17	-102.355	
-2.00		0.19	-94.170	
-1.75		0.20	-86.155	
-1.50		0.23	-78.349	
-1.25		0.27	-70.802	
-1.00		0.32	-63.582	
-0.75		0.38	-56.786	
-0.50		0.46	-50.541	
-0.25		0.54	-45.020	
0.00		0.62	-40.432	
0.25		0.68	-36.996	
0.50		0.71	-34.845	*
0.75		0.72	-33.935	<
1.00	+	0.72	-34.046	*
1.25		0.70	-34.893	*
1.50		0.68	-36.226	
1.75		0.65	-37.873	
2.00		0.63	-39.723	
2.25		0.60	-41.710	
2.50		0.57	-43.793	
2.75		0.54	-45.950	
3.00		0.52	-48.165	
< - Best Lambda				
* - Confidence Interval				
+ - Convenient Lambda				

*** *Análise estatística de cultura de tecidos* ***
 *** *3 clones de Joanesia princeps - Linhares - ES* ***
 *** *Análise da variância - Teste F* ***



The GLM Procedure

Dependent Variable: MASSA

Class Level Information		
Class	Levels	Values
TRAT	3	1 2 3

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	2854.773480	1427.386740	15.24	0.0005
Error	12	1123.750880	93.645907		
Corrected Total	14	3978.524360			

Number of Observations Read	15
Number of Observations Used	15

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MASSA Mean
0.717546	31.87025	9.677082	30.36400

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	2854.773480	1427.386740	15.24	0.0005

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	2854.773480	1427.386740	15.24	0.0005



*** *Análise estatística de cultura de tecidos* ***
 *** *3 clones de Joanesia princeps - Linhares - ES* ***
 *** *Análise da variância - Teste F* ***

The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for MASSA

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	12
Error Mean Square	93.64591
Critical Value of Studentized Range	3.77278
Minimum Significant Difference	16.328

Means with the same letter are not significantly different.			
Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	44.322	5	2
A			
A	35.190	5	3
B	11.580	5	1

Exercício

(teste as suposições mais importantes da análise de variância)



- Um(a) pesquisador(a) deseja conhecer a performance de clones de eucalipto em uma região. Cinco clones foram plantados há 6 anos, cada um em um talhão diferente. Em cada talhão foram instaladas 6 parcelas de 600 metros quadrados. Foram também obtidas as densidades básicas da madeira, sendo que o clone H13 tem $0,48 \text{ g/cm}^3$; C206 tem $0,52 \text{ g/cm}^3$; o clone HG11 = $0,41 \text{ g/cm}^3$; o clone AC15 = $0,59 \text{ g/cm}^3$ e o clone C105 = $0,50 \text{ g/cm}^3$. Fazer um programa SAS para fazer a análise de variância dos dados de biomassa seca (volume x densidade básica). Os dados estão em uma planilha Excel na página da disciplina com o nome DADOS_VOL_CLONE.xlsx. O volume apresentado está em metros cúbicos por hectare.

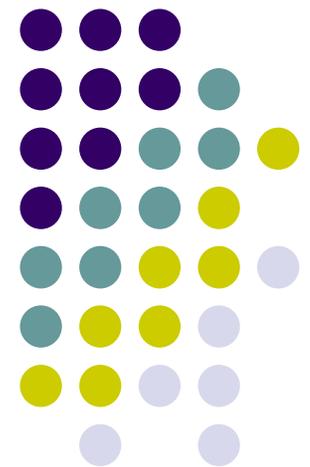


Outro exercício.

- Estudou-se a influência de 5 tipos de rações com diferentes composições no peso final de um grupo de capivaras em cativeiro. Teste as principais suposições e realize a análise de variância. Os dados estão na página da disciplina com o nome `DADOS_PESO_ALIMENTO.xlsx`. O peso dos animais está em kg.

BIOESTATÍSTICA

TESTES DE COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS



ANÁLISE DE VARIÂNCIA



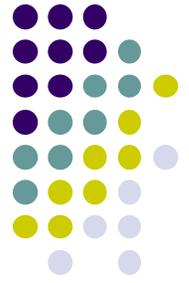
- É UM TESTE DE HIPÓTESES:

$$H_0: T1=T2=T3$$

H_A : PELO MENOS UM TRATAMENTO DIFERE DE OUTRO

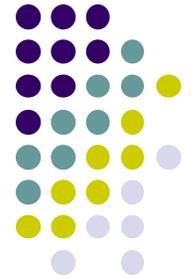
- ENTRETANTO ESTA INFORMAÇÃO NÃO É SUFICIENTE PARA CONCLUIRMOS O EXPERIMENTO. PRECISAMOS SABER QUE TRATAMENTO DIFERE DE OUTROS.
- PORTANTO PRECISAMOS FAZER OS TESTES DE COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS.
- EXCETO POR ALGUMAS EXCEÇÕES, A ANÁLISE DE VARIÂNCIA NÃO ESTARÁ COMPLETA SE NÃO TIVER OS DOIS TIPOS DE TESTES.
- OS TESTE DE COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS SÓ SÃO REALIZADOS SE A ANÁLISE DE VARIÂNCIA FOR SIGNIFICATIVA (HÁ EXCEÇÕES).

TESTES DE COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS



- PORTANTO, NA ANÁLISE DE UM EXPERIMENTO TEMOS DOIS TIPOS DE ERRO, UM DEVIDO A ANÁLISE DO EXPERIMENTO (EXPERIMENTWISE ERROR RATE) E OUTRO DEVIDO AO TESTE DE COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS (COMPARISONWISE ERROR RATE)

QUANDO NÃO PRECISAMOS DOS TESTES DE COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS?



- ENSAIO FATORIAL COM DOIS NÍVEIS DE CADA FATOR:

CAUSAS DE VARIAÇÃO	g.l.	
ESPÉCIE (E)	1	
IDADE (I)	1	
E x I	1	
RESÍDUO	16	
TOTAL	19	

QUANDO NÃO PRECISAMOS DOS TESTES DE COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS?



- QUANDO NÃO ESTAMOS INTERESSADOS NA MAGNITUDE DOS EFEITOS, MAS NA INFORMAÇÃO ADVINDA DA SIGNIFICÂNCIA DO TESTE F.
- EX.: QUEREMOS SABER SE DEVEMOS FAZER UMA AMOSTRAGEM MENSAL OU ANUAL DAS FRAÇÕES (FOLHAS, GALHOS, FRUTOS E FLORES) PARA O ESTUDO DA SERAPILHEIRA DE UMA FLORESTA NATIVA.

EXPERIMENTO PARA ESTUDO DA SERAPILHEIRA:



- COLETA-SE MENSALMENTE DURANTE UM ANO (12 MESES) EM 4 BANDEJAS COLOCADAS AO ACASO E SEPARA-SE AS 4 FRAÇÕES (FOLHAS, GALHOS, FLORES E FRUTOS).

CAUSAS DE VARIAÇÃO	g.l.	
FRAÇÃO (F)	3	
MÊS (M)	11	
F x M	33	
RESÍDUO	144	
TOTAL	191	

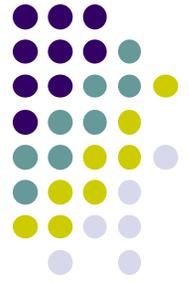
SE O MÊS E A INTERAÇÃO FOREM SIGNIFICATIVOS, QUAL A CONCLUSÃO QUE TIRAMOS?

TESTES DE COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS:



- HSU (1996) NO SEU LIVRO *MULTIPLE COMPARISONS: THEORY AND METHODS* CLASSIFICA OS MÉTODOS EM:
 - 1. COMPARAÇÃO DE TODOS OS CONTRASTES
 - 2. COMPARAÇÃO DE TODOS OS PARES DE TRATAMENTOS.
 - 3. COMPARAÇÃO MÚLTIPLA COM O MELHOR TRATAMENTO
 - 4. COMPARAÇÃO MÚLTIPLA COM A TESTEMUNHA

TESTES DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS



- USO DO TESTE t DE STUDENT PARA COMPARAR TODOS OS PARES DE MÉDIAS DOS TRATAMENTOS COMETE-SE O ERRO TIPO I – FALSA SIGNIFICÂNCIA - (DIZER QUE DUAS MÉDIAS SÃO DIFERENTES E NA REALIDADE NÃO SÃO).
- GERALMENTE NECESSITAM DO TESTE F ANTES: SE FOR SIGNIFICATIVO APLICA-SE O TESTE).
- QUANDO SE TEM MUITOS TESTES SIGNIFICA QUE NÃO EXISTE UM MAIS ADQUADO PARA TODAS AS SITUAÇÕES.



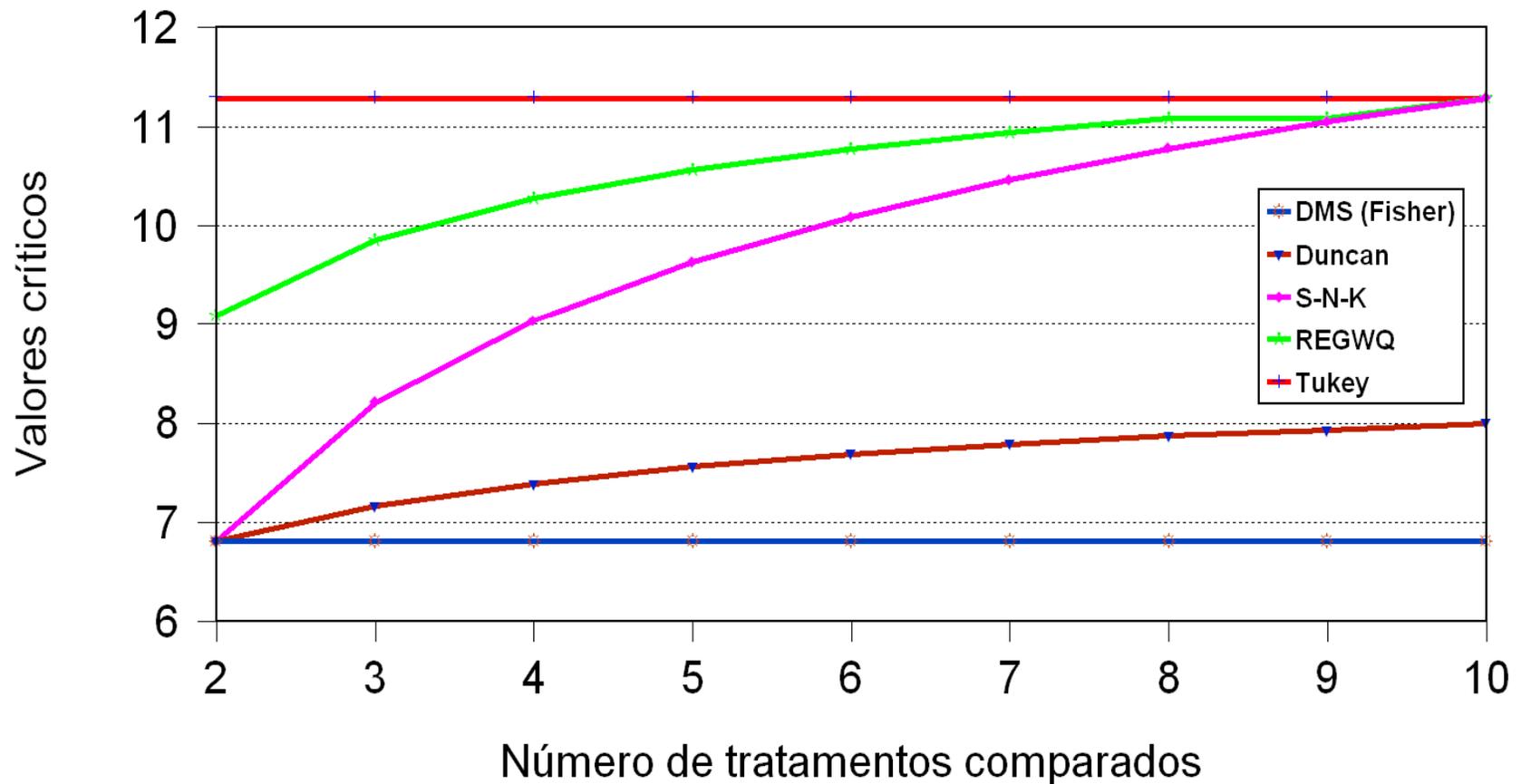
TESTES MAIS USADOS:

- TUKEY, DUNCAN, DMS, SNK E DUNNETT
- DUNNETT: COMPARA OS TRATAMENTOS COM UMA TESTEMUNHA.
- ALGUNS SÃO MAIS EXIGENTES QUE OUTROS.
- CARACTERÍSTICA DESFAVORÁVEL:
FALTA DE TRANSITIVIDADE:
 - $A = B$
 - $B = E$
 - $E \neq A$

Valores críticos para diferentes tipos de testes de comparações múltiplas



k=10
alfa=0,05
g.l. resíduo = 40



```

PROC FORMAT;
VALUE TRAT 1='N-P-K '
           2='- K '
           3='- N '
           4='- N - P '
           5='- P ';

DATA ARARIBA;
INPUT TRAT ALTURA @@;
DATALINES;
1 9.43      1 8.65      1 5.72      1 9.18      1 10.57
2 3.50      2 7.57      2 6.19      2 5.37      2 4.13
3 6.75      3 5.32      3 4.51      3 5.86      3 4.23
4 1.30      4 2.78      4 12.50     4 5.57      4 10.15
5 10.48     5 14.28     5 11.17     5 6.57      5 9.82
1 10.80     1 7.75      1 14.93     1 11.47     1 11.32
2 6.67      2 4.94      2 11.90     2 0.78      2 8.69
3 6.34      3 10.37     3 8.46      3 9.66      3 2.21
4 5.50      4 0.95      4 2.37      4 5.00      4 8.20
5 8.71      5 4.79      5 3.15      5 5.25      5 1.30
;;;
PROC PRINT DATA=ARARIBA;
FORMAT TRAT TRAT.;RUN;
ODS PDF FILE=' F:\Bioestatística\ARARIBA.PDF';
TITLE1'*** Análise estatística de adubação de mudas ***';
TITLE2'*** Araribá - Mogi Guaçu - SP ***';
TITLE3'*** Teste de normalidade de Shapiro-Wilk ***';
PROC UNIVARIATE DATA=ARARIBA NORMAL;
VAR ALTURA;
FORMAT TRAT TRAT.;RUN;
TITLE3'*** Análise de homogeneidade da variância - BOX-COX ***';
PROC TRANSREG DATA=ARARIBA;
MODEL BOXCOX(ALTURA)=CLASS(TRAT);
FORMAT TRAT TRAT.;RUN;
TITLE3'*** Análise da variância - Teste F ***';
PROC GLM DATA=ARARIBA;
CLASS TRAT;
MODEL ALTURA = TRAT;
MEANS TRAT / TUKEY LINES;
FORMAT TRAT TRAT.;
RUN;
ODS PDF CLOSE;

```



*** *Análise estatística de adubação de mudas* ***

*** *Araribá - Mogi Guaçu - SP* ***

*** *Teste de normalidade de Shapiro-Wilk* ***

The UNIVARIATE Procedure

Variable: ALTURA



Moments			
N	50	Sum Weights	50
Mean	7.0622	Sum Observations	353.11
Std Deviation	3.52019497	Variance	12.3917726
Skewness	0.12942812	Kurtosis	-0.6309213
Uncorrected SS	3100.9303	Corrected SS	607.196858
Coeff Variation	49.8455859	Std Error Mean	0.49783075

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.979684	Pr < W	0.5387
Kolmogorov-Smirnov	D	0.075335	Pr > D	>0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq	0.048668	Pr > W-Sq	>0.2500
Anderson-Darling	A-Sq	0.284559	Pr > A-Sq	>0.2500

*** *Análise estatística de adubação de mudas* ***

*** *Araribá - Mogi Guaçu - SP* ***

*** *Análise de homogeneidade da variância - BOX-COX* ***

The TRANSREG Procedure

Transformation Information for BoxCox(ALTURA)				
Lambda		R-Square	Log Like	
-3.00		0.07	-247.944	
-2.75		0.07	-227.784	
-2.50		0.07	-208.117	
-2.25		0.07	-189.023	
-2.00		0.08	-170.601	
-1.75		0.08	-152.970	
-1.50		0.09	-136.274	
-1.25		0.10	-120.693	
-1.00		0.12	-106.433	
-0.75		0.13	-93.730	
-0.50		0.15	-82.819	
-0.25		0.16	-73.899	
0.00		0.18	-67.080	
0.25		0.19	-62.349	
0.50		0.20	-59.575	*
0.75		0.21	-58.538	<
1.00	+	0.22	-58.987	*
1.25		0.22	-60.680	
1.50		0.22	-63.406	
1.75		0.21	-66.993	
2.00		0.21	-71.308	
2.25		0.20	-76.244	
2.50		0.20	-81.717	
2.75		0.19	-87.660	
3.00		0.19	-94.021	

< - Best Lambda
* - Confidence Interval
+ - Convenient Lambda



*** *Análise estatística de adubação de mudas* ***

*** *Araribá - Mogi Guaçu - SP* ***

*** *Análise da variância - Teste F* ***

The GLM Procedure



Class Level Information		
Class	Levels	Values
TRAT	5	- K - N - N - P - P N-P-K

Number of Observations Read	50
Number of Observations Used	50

Dependent Variable: ALTURA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	130.8462480	32.7115620	3.09	0.0249
Error	45	476.3506100	10.5855691		
Corrected Total	49	607.1968580			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ALTURA Mean
0.215492	46.06988	3.253547	7.062200

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	4	130.8462480	32.7115620	3.09	0.0249

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	4	130.8462480	32.7115620	3.09	0.0249

*** *Análise estatística de adubação de mudas* ***

*** *Araribá - Mogi Guaçu - SP* ***

*** *Análise da variância - Teste F* ***

The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for ALTURA

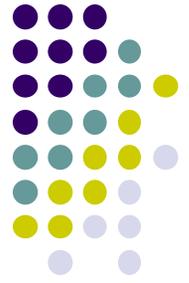


Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	45
Error Mean Square	10.58557
Critical Value of Studentized Range	4.01842
Minimum Significant Difference	4.1344

Means with the same letter are not significantly different.				
Tukey Grouping		Mean	N	TRAT
	A	9.982	10	N-P-K
	A			
B	A	7.552	10	- P
B	A			
B	A	6.371	10	- N
B	A			
B	A	5.974	10	- K
B				
B		5.432	10	- N - P

Exercício



- Um estudo foi feito para verificar a influência do fabricante de aço no desgaste de peças para a fabricação de eixo de vagões ferroviários. Foram utilizadas peças de 5 fabricantes e de cada fabricante foram analisadas em laboratório, 20 peças. Os valores estão em mm de desgaste após 90 horas de abrasão. Os dados estão no arquivo `DADOS_DESGASTE_PECAS.xlsx`, na página da disciplina.



A T É A
P R Ó X I M A
Y E Z
! ! !