

Análise de experimentos de longa duração

Éder David Borges da Silva
Renato Gonçalves de Oliveira

Conteúdo abordado:

- ✓ Revisão de Estatística Experimental
- ✓ Princípios básicos de experimentação
 - ✓ Delineamento inteiramente casualizado (DIC)
 - ✓ Delineamento blocos ao acaso (DBA)
 - ✓ Delineamento Quadrado latino (DQL)
 - ✓ Esquema Fatorial
 - ✓ Delineamento em parcela subdividida
 - ✓ Delineamento em faixas
- ✓ Procedimentos de comparações múltiplas
- ✓ Introdução ao Software R
- ✓ Análise de variância
- ✓ Análise de regressão linear
- ✓ Análise de regressão não linear

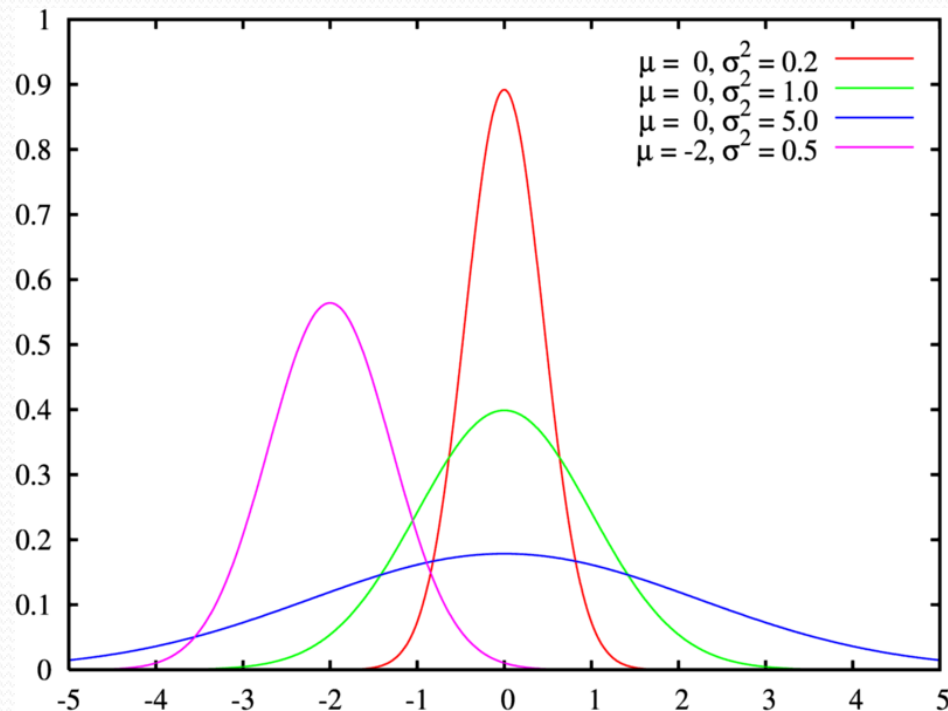
Conceitos básicos de estatística aplicados a experimentação

Momentos estatísticos

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{n} (x_1 + \dots + x_n)$$

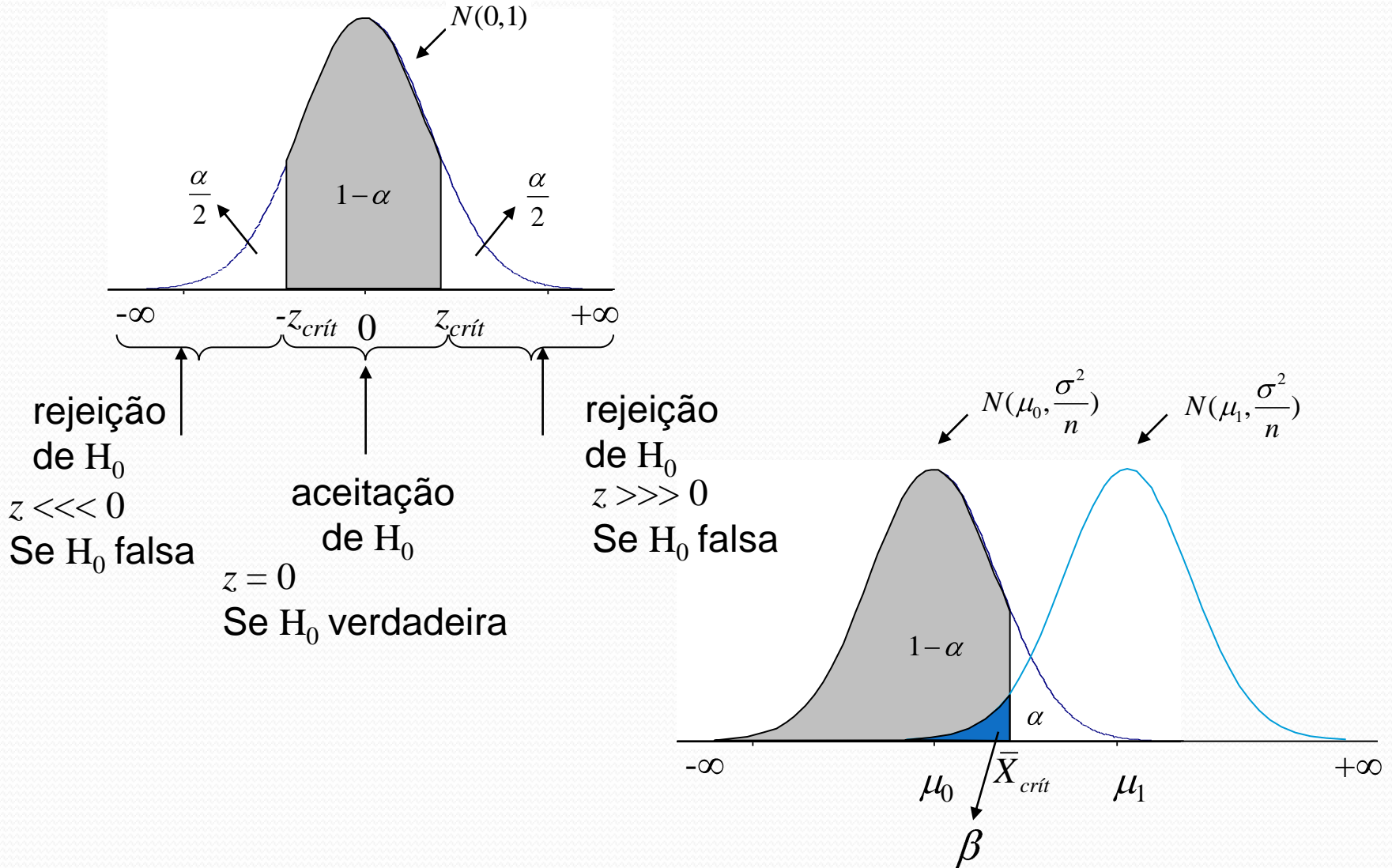
$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(x_i - \bar{x} \right)^2$$

Funções de distribuição de probabilidade normal



$$f(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

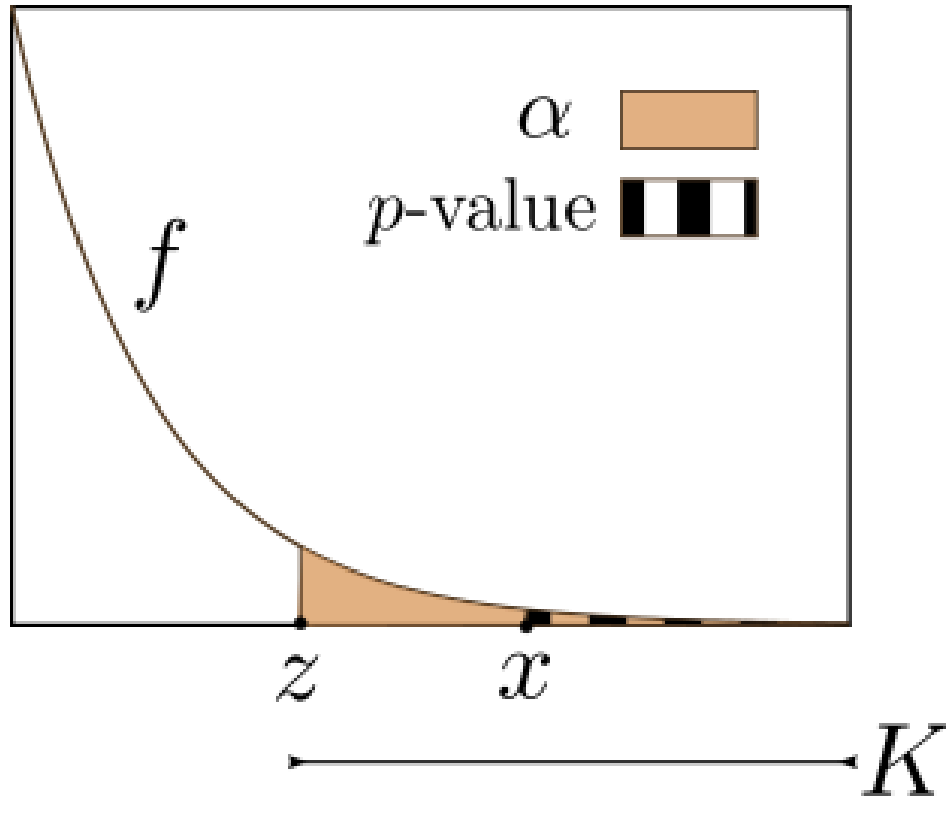
Intervalos de confiança e teste de hipótese



Tipos de erro no teste de hipóteses

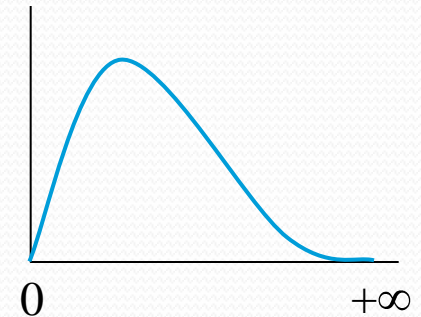
	Realidade	
Decisão	H0 é verdadeira	H0 é falsa
Rejeitar H0	Erro tipo I	Decisão correta
Não Rejeitar H0	Decisão correta	Erro tipo II

P-valor



Propriedades da distribuição F

$$f(x) = \frac{\Gamma[(g_1 + g_2)/2]}{\Gamma(g_1/2)\Gamma(g_2/2)} \left(\frac{g_1}{g_2}\right)^{g_1/2} x^{g_1/2-1} \left(1 + \frac{g_1}{g_2}x\right)^{-(g_1+g_2)/2} \quad x \geq 0$$

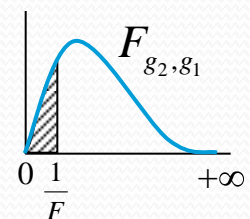
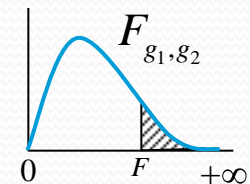


$$\left. \begin{aligned} E(X) &= \frac{g_2}{g_2 - 2} \\ \text{Var}(X) &= \frac{2g_2^2(g_1 + g_2 - 2)}{g_1(g_2 - 2)^2(g_2 - 4)} \end{aligned} \right\} X \sim F_{g_1, g_2} \quad (\text{lê-se: } X \text{ tem distribuição } F \text{ com } g_1 \text{ e } g_2 \text{ graus de liberdade})$$

Propriedades:

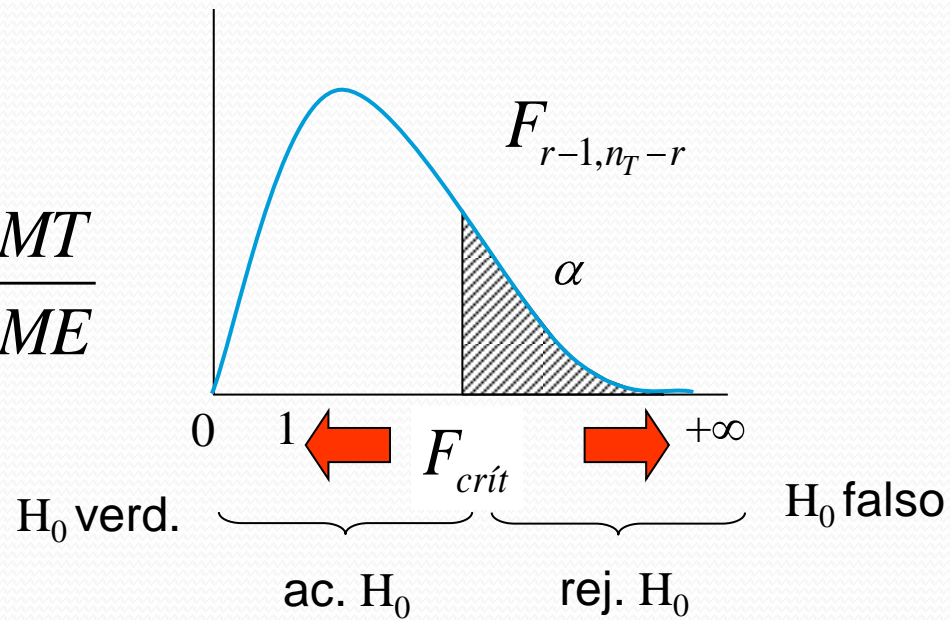
a) se $U \sim \chi_{g_1}^2$ e $V \sim \chi_{g_2}^2$ então $\frac{U/g_1}{V/g_2} \sim F_{g_1, g_2}$

b) se $X \sim F_{g_1, g_2}$ então $\frac{1}{X} \sim F_{g_2, g_1} \Rightarrow P(F_{g_1, g_2} > F) = P(F_{g_2, g_1} < \frac{1}{F})$



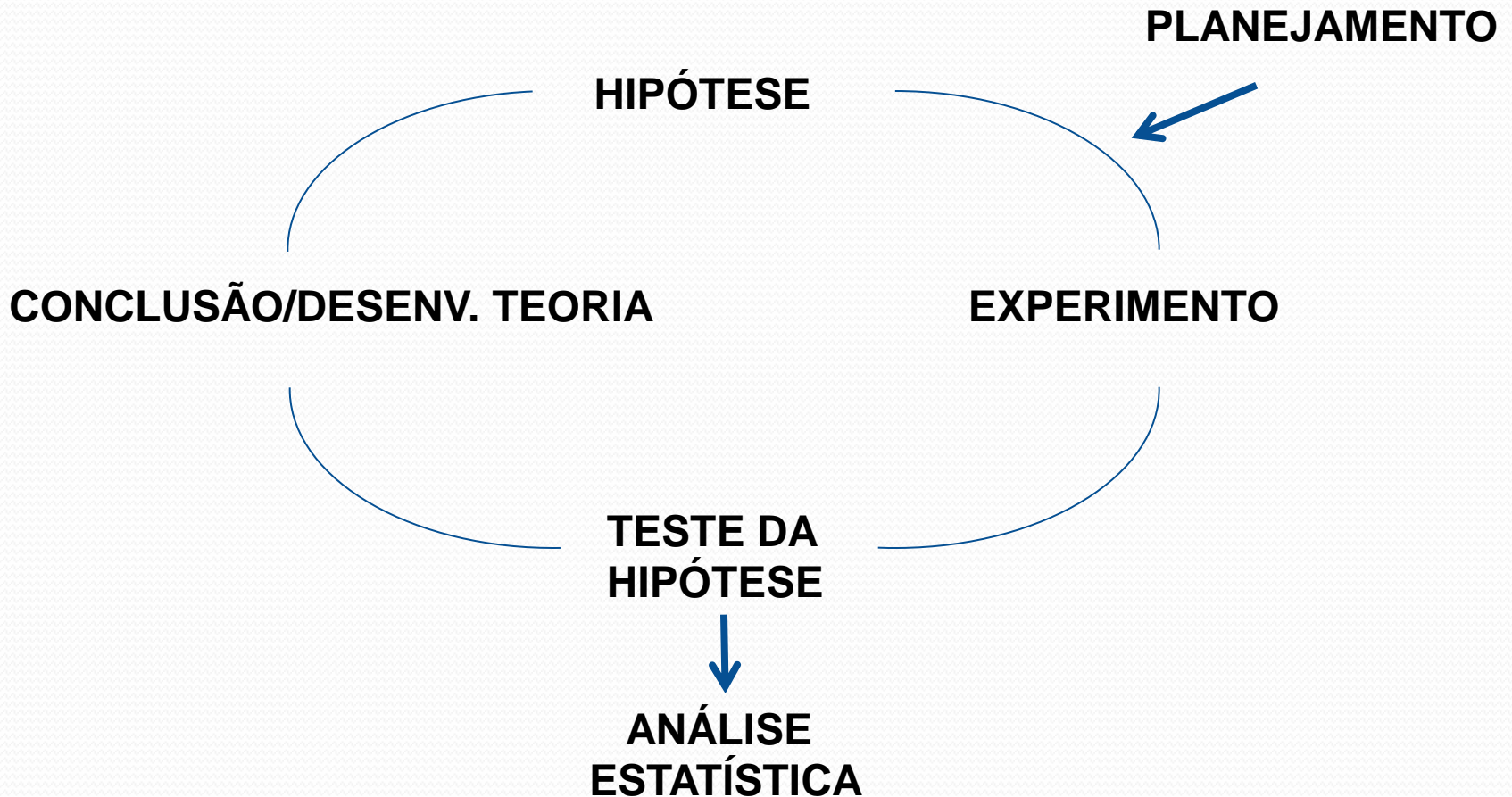
Teste F

$$F_{calc} = \frac{QMT}{QME}$$



Planejamento Experimental

Circularidade do Método científico



Princípios básicos de experimentação

Princípios básicos da experimentação

- Casualização
- Repetição
- Controle local
 - A aleatorização torna os testes estatísticos válidos
 - A repetição torna os testes estatísticos possíveis
 - O controle local torna o experimento mais eficiente

Análise de Variância (ANOVA)

Pressupostos de modelos lineares (ANOVA)

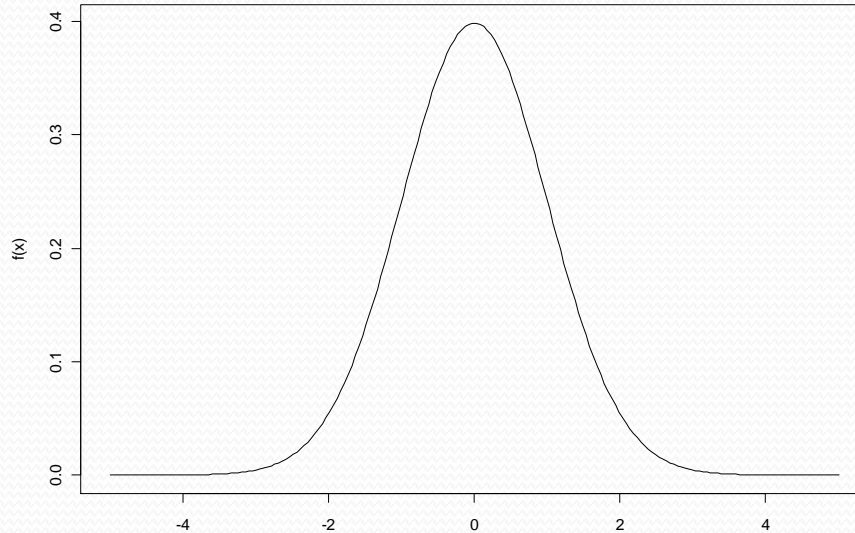
$$Y = \beta X + \varepsilon$$

$$\begin{bmatrix} Y_{11} \\ Y_{12} \\ Y_{13} \\ Y_{21} \\ Y_{22} \\ Y_{23} \\ Y_{24} \\ Y_{31} \\ Y_{32} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mu \\ \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{12} \\ \varepsilon_{13} \\ \varepsilon_{21} \\ \varepsilon_{22} \\ \varepsilon_{23} \\ \varepsilon_{24} \\ \varepsilon_{31} \\ \varepsilon_{32} \end{bmatrix}$$

Pressupostos de modelos lineares (ANOVA)

- Normalidade da distribuição dos erros;
- Homogeneidade das variâncias;
- Aditividade dos efeitos dos fatores de variação;
- Independência dos erros;

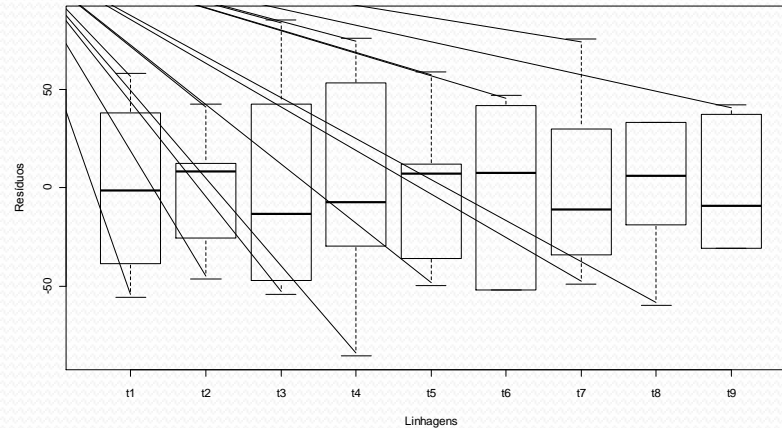
Normalidade da distribuição dos erros



- Analise gráfica e pelo teste Shapiro-Wilk

$$W = \frac{\left(\sum_{i=1}^n a_i x_i \right)^2}{\sum_{i=1}^n \left(x_i - \bar{x} \right)^2}$$

Homogeneidade das variâncias,



- Analise gráfica e pelo teste Bartlett

$$C = 1 + \frac{1}{3(k-1)} \left[\sum_{i=1}^k \frac{1}{ni-1} - \frac{1}{n-k} \right]$$

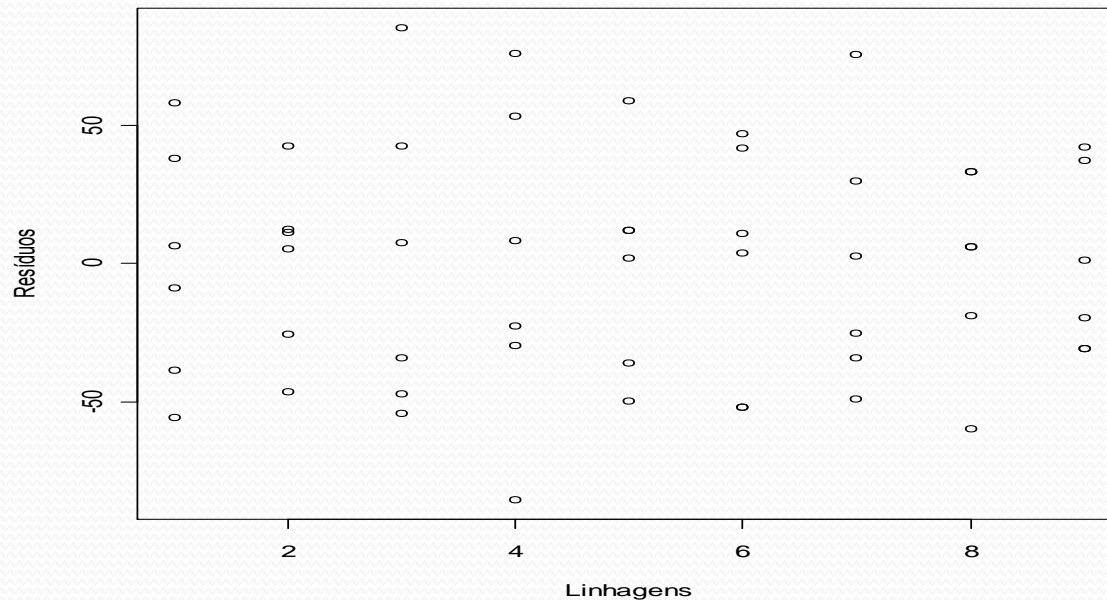
$$K = \frac{(k-1) \log QMRE - \sum_{i=1}^K (ni-1) \log S_i^2}{C} \sim X_{k-1}^2$$

Aditividade dos efeitos dos fatores de variação

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

- Cada componente do modelo deve ter efeito aditivo;

Independência dos erros:



- Os erros devem possuir independência dos demais

$$\text{COV}(\varepsilon_{ij}, \varepsilon'_{ij}) = 0$$

Efeitos fixos

X

Efeitos aleatórios

Definição

- Efeitos fixos:
 - Os níveis em estudo forem escolhidos pelo pesquisador, de modo que o interesse centra-se nesses níveis;
 - Inferência restrita aos níveis em estudo.
- Efeitos aleatórios (variáveis aleatórias):
 - Os níveis em estudo correspondem a uma amostra aleatória de uma população de referência;
 - Os níveis provem de uma distribuição de probabilidade;
 - A inferência é extrapolada para uma população de referência;

Observações do experimento

- Os valores observados quando da avaliação dos materiais representa a média fenotípica:

$$\text{Observação fenotípica} = \text{Efeitos genéticos} + \text{Efeitos ambientais} + \text{Efeitos residuais}$$

Delineamento inteiramente casualizado (DIC)

Modelo estatístico inteiramente casualizado

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \text{onde} \quad \varepsilon_{ij} \stackrel{IDD}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

y_{ij} = é o valor do i-ésimo tratamento na j-ésima parcela

μ = é a constante geral do modelo (normalmente a média)

τ_i = é o efeito do i-ésimo tratamento

ε_{ij} = é o erro experimental associado ao i-ésimo tratamento na j-ésima parcela

Quadro de anova DIC

<i>Fonte</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>EMEF</i>	<i>EMEA</i>
<i>Tratamento</i>	$t - 1$	SQ_{trat}	$\frac{SQ_{trat}}{t - 1}$	$\sigma^2 + r \frac{\sum \alpha_i^2}{t - 1}$	$\sigma^2 + r \sigma_\alpha^2$
<i>Erro</i>	$(t - 1)(r - 1)$	SQ_{erro}	$\frac{SQ_{erro}}{(t - 1)(r - 1)}$	σ^2	σ^2
<i>Total</i>	$tr - 1$	SQ_{total}			

Delimitação blocos ao acaso (DBA)

Delineamentos blocos ao acaso

- Considerações importantes:
 - O bloco é uma restrição à casualização;
 - Isto implicará em perda de precisão experimental e ganho na facilidade de condução do experimento;
 - Isso se deve a perda de graus de liberdade do resíduo;
 - O bloco não é necessariamente espacial, áreas desuniformes, ele pode ser virtual, no caso de épocas de plantio por exemplo.

Modelo estatístico Blocos ao acaso

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad \text{onde} \quad \varepsilon_{ij} \stackrel{IDD}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

y_{ij} = é o valor do i-ésimo tratamento na j-ésima parcela

μ = é a constante geral do modelo (normalmente a média)

τ_i = é o efeito do i-ésimo tratamento

β_j = é o efeito do j-ésimo bloco

ε_{ij} = é o erro experimental associado ao i-ésimo tratamento na j-ésima parcela

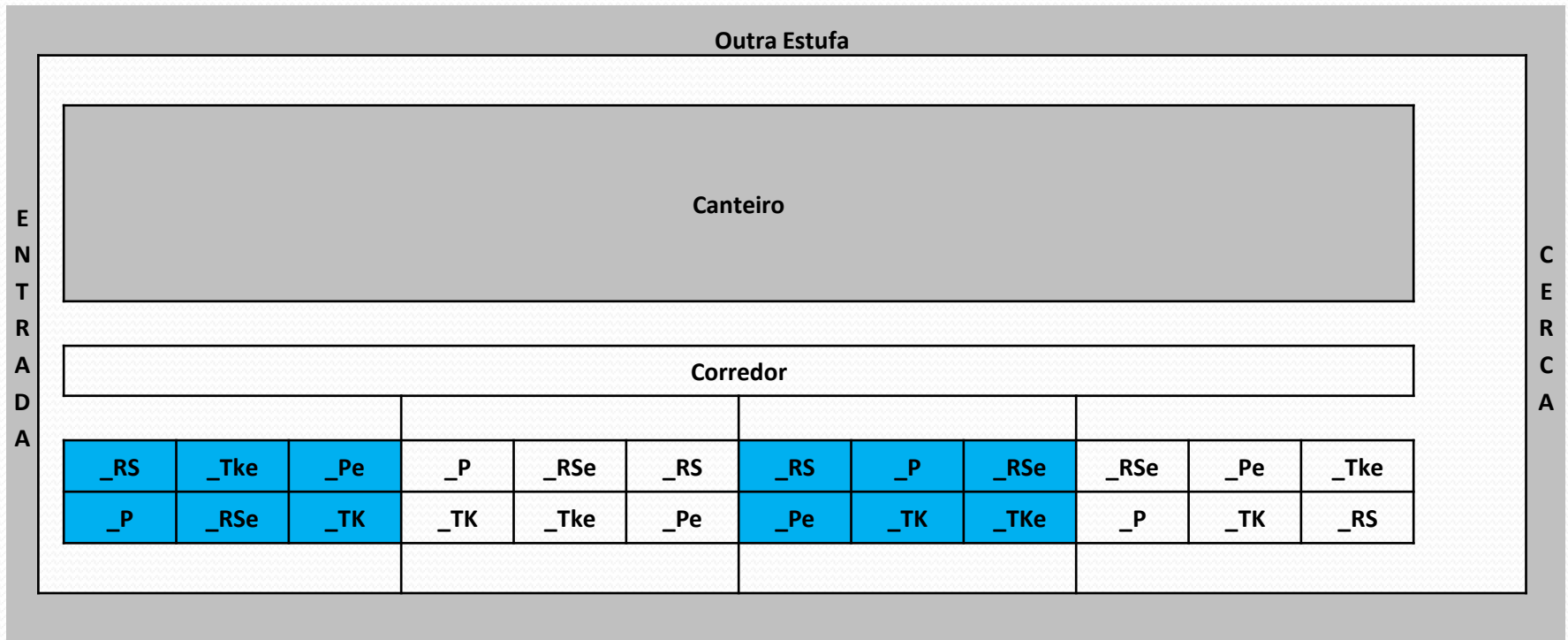
Quadro de anova DBA

<i>Fonte</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>EMEF</i>	<i>EMEA</i>
<i>Bloco</i>	$j-1$	SQ_{bloco}	QM_{bloco}	$\sigma^2 + \frac{t \sum \beta_j^2}{j-1}$	$\sigma^2 + t\sigma_\beta^2$
<i>Tratamento</i>	$t-1$	SQ_{trat}	QM_{trat}	$\sigma^2 + \frac{j \sum t_j^2}{t-1}$	$\sigma^2 + j\sigma_t^2$
<i>Erro</i>	$(j-1)(t-1)$	SQ_{erro}	QM_{erro}	σ^2	σ^2
<i>Total</i>	$jt-1$	SQ_{total}	QM_{total}		

DBA

a	c	b
c	b	a
c	a	b

DBA



Delineamento Quadrado latino (DQL)

Modelo estatístico Quadrado latino

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + l_j + c_k + \varepsilon_{ijk} \text{ onde } \varepsilon_{ijk} \stackrel{IDD}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

y_{ij} = é o valor do i-ésimo tratamento na j-ésima parcela

μ = é a constante geral do modelo (normalmente a média)

τ_i = é o efeito do i-ésimo tratamento

l_j = é o efeito da j-ésima linha

c_k = é o efeito da k-ésima coluna

ε_{ij} = é o erro experimental associado ao i-ésimo tratamento na j-ésima parcela

Delineamento Quadrado latino

- Casualização:
 - Somente uma repetição de cada tratamento aparece em cada bloco;
- Limitação:
 - O número de tratamentos deve ser igual ao número de repetições. Isso implica na necessidade de grandes áreas e grande volumes de material experimental;
- Desvantagem:
 - O número de repetições aumentará a medida que o número de tratamentos também aumente;

Delineamento Quadrado latino

Linhas	Colunas				
	I	II	III	IV	V
I	D	A	B	C	E
II	C	E	A	B	D
III	E	B	C	D	A
IV	B	D	E	A	C
V	A	C	D	E	B

Esquema fatorial

Esquema fatorial

- Esquema fatorial não é um delineamento, é apenas um arranjo entre os tratamentos;
- O arranjo fatorial pode ser conduzido em
 - Delineamento inteiramente casualizado;
 - Blocos ao acaso;
 - Quadrado latino;
 - Outros;

Esquema fatorial

- Definições

- **Fator:** uma causa de variação conhecida e de interesse do pesquisador (um tipo de tratamento);
- **Nível:** subdivisão do fator;
- **Efeito principal:** pode-se estudar isoladamente o efeito de cada fator no experimento;
- **Efeito da interação:** quando existir, estudar o comportamento de cada fator, na presença ou ausência de níveis dos demais fatores

Modelo estatístico Esquema Fatorial

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \text{ onde } \varepsilon_{ij} \stackrel{IDD}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

y_{ijk} = é o valor do i-ésimo tratamento na j-ésima parcela e na k-ésima repetição

μ = é a constante geral do modelo (normalmente a média)

α_i = é o efeito do i-ésimo nível do fator A

β_j = é o efeito da j-ésimo nível do fator B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = é o efeito da interação entre i-ésimo nível do fator A e j-ésimo nível do fator B

ε_{ijk} = é o erro experimental entre i-ésimo nível do fator A e j-ésimo nível do fator B na k-ésima repetição.

Quadro de anova fatorial

<i>Fonte</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>EMEF</i>	<i>EMEA</i>
<i>TratamentoA</i>	$a - 1$	<i>SQA</i>	<i>QMA</i>	$\sigma^2 + br \frac{\sum \alpha_i^2}{a - 1}$	$\sigma^2 + r\sigma_{\alpha\beta}^2 + br\sigma_{\alpha}^2$
<i>TratamentoB</i>	$b - 1$	<i>SQB</i>	<i>QMB</i>	$\sigma^2 + ar \frac{\sum \beta_j^2}{b - 1}$	$\sigma^2 + r\sigma_{\alpha\beta}^2 + ar\sigma_{\beta}^2$
<i>AB</i>	$(a - 1)(b - 1)$	<i>SQAB</i>	<i>QMAB</i>	$\sigma^2 + r \frac{\sum (\alpha\beta)_{ij}^2}{(a - 1)(b - 1)}$	$\sigma^2 + r\sigma_{\alpha\beta}^2$
<i>Erro</i>	$ab(r - 1)$	<i>SQErro</i>	<i>QMErro</i>	σ^2	σ^2

Delineamento em parcela subdividida

Modelo estatístico Delineamento em parcela subdividida

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \gamma_k + \delta_{ik} + \varepsilon_{ijk} \text{ onde } \varepsilon_{ijk} \stackrel{IDD}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

y_{ijk} = é o valor do i-ésimo tratamento na j-ésima parcela e na k-ésima repetição

μ = é a constante geral do modelo (normalmente a média)

α_i = é o efeito do i-ésimo nível do fator A

β_j = é o efeito da j-ésimo bloco

ε_{ij} = é o erro experimental entre i-ésimo nível do fator A e j-ésimo bloco

γ_k = é o efeito da k-ésimo nível do fator B

δ_{ik} = é o efeito da interação entre o i-ésimo nível do fator A e da k-ésimo nível do fator B

ε_{ijk} = é o erro experimental entre i-ésimo nível do fator A e j-ésimo bloco e k-ésimo nível do fator B

Anova de split-plot

<i>Fonte</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>EMEF</i>	<i>EMEA</i>
<i>Bloco</i>	$r - 1$	$SQBloco$	$QMBloco$	$\sigma^2 + b\sigma_\gamma^2 + ab\sigma_p^2$	$\sigma^2 + b\sigma_\gamma^2 + ab\sigma_p^2$
<i>A</i>	$a - 1$	SQA	QMA	$\sigma^2 + b\sigma_\gamma^2 + rb \frac{\sum \alpha_i^2}{a - 1}$	$\sigma^2 + b\sigma_\gamma^2 + rb\sigma_\alpha^2$
<i>ErroA</i>	$(r - 1)(a - 1)$	$SQerroa$	$QMerroa$	$\sigma^2 + b\sigma_\gamma^2$	$\sigma^2 + b\sigma_\gamma^2$
<i>B</i>	$b - 1$	SQB	QMB	$\sigma^2 + ra \frac{\sum \beta_j^2}{b - 1}$	$\sigma^2 + ra\sigma_\beta^2$
<i>AB</i>	$(a - 1)(b - 1)$	$SQAB$	$QMAB$	$\sigma^2 + r \frac{\sum (\alpha\beta)_{ij}^2}{(a - 1)(b - 1)}$	$\sigma^2 + r\sigma_{\alpha\beta}^2$
<i>ErroB</i>	$a(b - 1)(r - 1)$	$SQerrob$	$QMerroB$	σ^2	σ^2
<i>Total</i>	$abr - 1$	$SQtotal$			

Experimento Split-plot

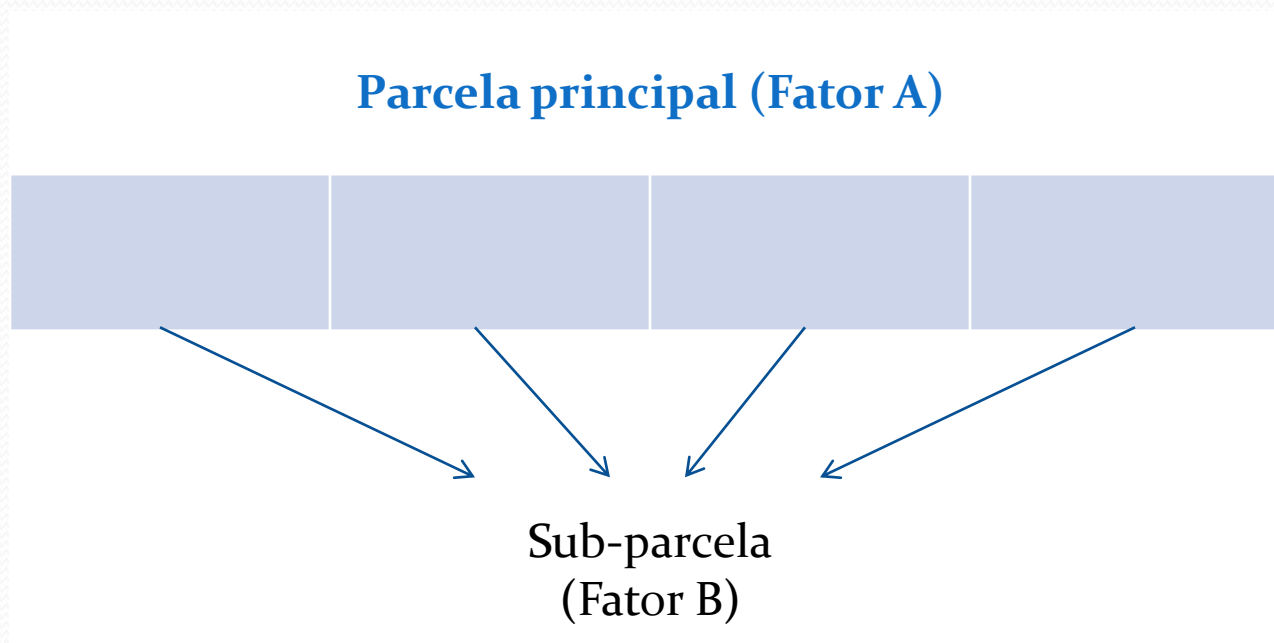
- Quando instalar:
 - Em experimentos fatoriais com dois ou mais fatores;
 - Quando há alguma limitação para instalar o experimento;
 - Facilidade para instalação;
 - Em alguns casos é a única forma de aplicação dos tratamentos às unidades experimentais;

Experimento em Split-plot

- Definição:
 - Esse tipo de experimento aloca o fator A em parcelas principais, ou primária, e o fator B nas sub-parcelas, ou secundárias;
 - Cada parcela funciona como um “bloco” para as subparcelas;
 - Se existem mais de dois fatores o experimento é chamado de parcelas sub-divididas e assim por diante;

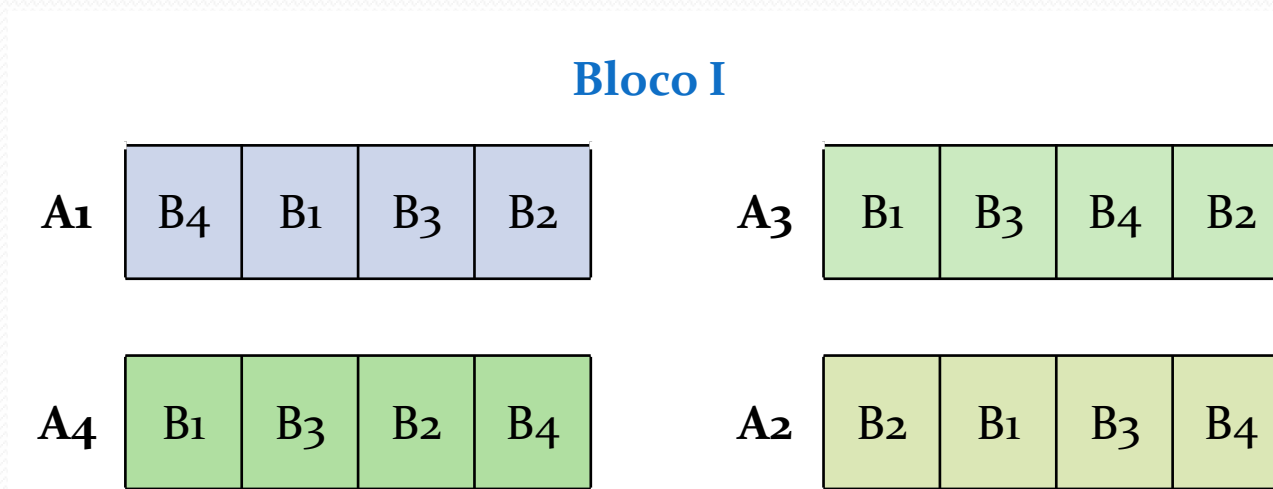
Experimento Split-plot

- Croqui de uma parcela principal de um experimento em Parcelas subdivididas



Experimento Split-plot

- Por exemplo: Experimento com 2 fatores (A e B), cada um com 4 níveis, dispostos em 3 blocos:
- A = A₁; A₂; A₃; A₄
- B = B₁; B₂; B₃; B₄
- BLOCO = I; II; IV



Experimento Split-plot

- O fator de maior interesse deve ser colocado nas sub-parcelas quando possível (maior número de graus de liberdade);
- Caso não seja possível a aplicação dos tratamentos às parcelas principais ou sub-parcelas dependerá da facilidade de instalação do experimento;

Delimitação em faixas

Experimentos em faixas ou Split Block

- É uma variação dos experimentos em parcelas subdivididas;
- Os fatores A e B são dispostos em faixas como se fossem parcelas principais;

Modelo estatístico Delineamento em faixas

$$y_{ijk} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{jk} + (\alpha\gamma)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \text{ onde } \varepsilon_{ijk} \stackrel{IDD}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

y_{ijk} = é o valor do i-ésimo tratamento A e k-ésimo tratamento B no j-ésimo bloco

μ = é a constante geral do modelo (normalmente a média)

β_j = é o efeito do j-ésimo bloco

α_i = é o efeito da i-ésimo tratamento A

ε_{ij} = é o erro experimental entre i-ésimo nível do fator A e j-ésimo bloco

γ_k = é o efeito da k-ésimo nível do fator B



ε_{jk} = é o erro experimental entre k-ésimo nível do fator B e j-ésimo bloco

$(\alpha\gamma)_{ij}$ = é o efeito da interação entre o i-ésimo nível do fator A e da k-ésimo nível do fator B

ε_{ijk} = é o erro experimental entre i-ésimo nível do fator A e k-ésimo nível de B no j-ésimo bloco

Experimento Em Faixas

CROQUI

	B ₄	B ₂	B ₃	B ₁
A ₂				
A ₁				
A ₃				

Procedimentos de Comparações Múltiplas

Procedimentos para comparações múltiplas

- Teste de Tukey ou DHS (HSD):

$$\Delta = q_{p,v,\alpha} \sqrt{\frac{QME}{r}}$$

- Teste de Duncan:

$$\Delta = q_{p,v,\alpha_p} \sqrt{\frac{QME}{r}}$$

Procedimentos para comparações múltiplas

- Teste Scott-Knott:

$$SQ_{\text{grupos}} = \frac{G1^2}{k1} + \frac{G2^2}{k2} + \frac{G3^2}{k3}$$

$$\sigma_0^2 = \frac{SQ_{\text{médias}} + v \left(\frac{QME}{r} \right)}{k + v}$$

$$\lambda = \frac{\pi}{2(t-2)} * \frac{\beta_0^2}{\sigma_0^2}$$

Procedimentos para comparações múltiplas

- Um teste pode ter dois parâmetros;
 - Poder do teste:
Capacidade do teste em detectar diferenças reais entre os tratamentos.
 - Rigorosidade:
Confiança no resultado obtido.

Procedimentos para comparações múltiplas

- Erro tipo I por comparação:
Probabilidade de se rejeitar uma hipótese verdadeira nas comparações dos tratamentos tomados dois a dois;
- Erro tipo I por experimento:
Probabilidade de se realizar pelo menos uma inferência errada por experimento;
- Erro tipo III:
Probabilidade de se classificar um tratamento superior ao outro quando o segundo supera o primeiro;

Procedimentos para comparações múltiplas

Linhagens	Médias	
1	14,65	a
2	12,34	ab
3	10,42	b

Ambigüidade dos resultados

Procedimentos para comparações múltiplas

Trat.	Valores médios		Procedimentos de comparações múltiplas				
	Par.	Est.	Tukey	SNK	LSD	LSDB	SK
3	85	80,461	D	C	E	D	B
1	85	83,498	D	C	DE	CD	B
4	85	86,488	CD	C	DE	CD	B
2	85	90,742	CD	BC	DE	CD	B
6	95	95,986	CD	BC	CD	BCD	B
5	95	96,511	BCD	BC	CD	BCD	B
7	105	107,689	ABC	AB	BC	ABC	A
8	115	120,436	AB	A	AB	AB	A
9	125	123,492	A	A	A	A	A
10	125	123,942	A	A	A	A	A

Procedimentos para comparações múltiplas

- Comparação do teste de Scott-Knott com os demais:
 - Comparações realizadas através de experimentos com dados simulados;
 - Taxas de erro tipo I sempre abaixo do nível de significância (menores que α);
 - O poder do teste foi duas vezes maiores que os do teste de Duncan, t e SNK, oito vezes mais poderoso que o teste Tukey e semelhante ao t-Bayesiano;

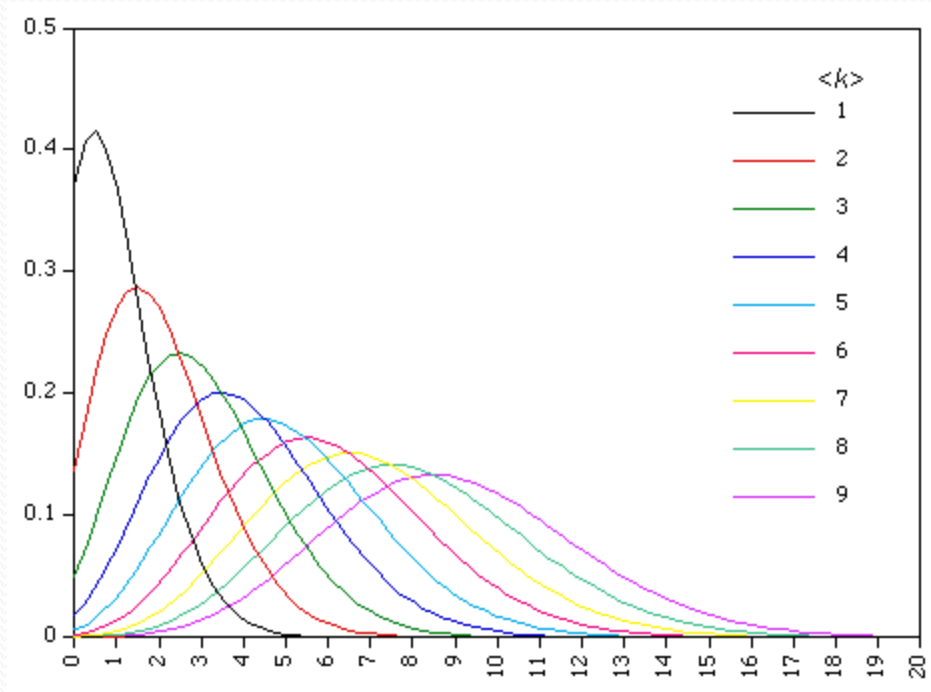
Novas ferramentas para a análise experimental

Novas ferramentas para análise

- GLM:
 - Modelos Lineares Generalizados;
- AMMI:
 - Additive main effects and Multiplicative Interaction model;
- Selegen:
 - Sistemas REML/BLUP de análise via modelos mistos;

GLM

- Modelos lineares generalizados;



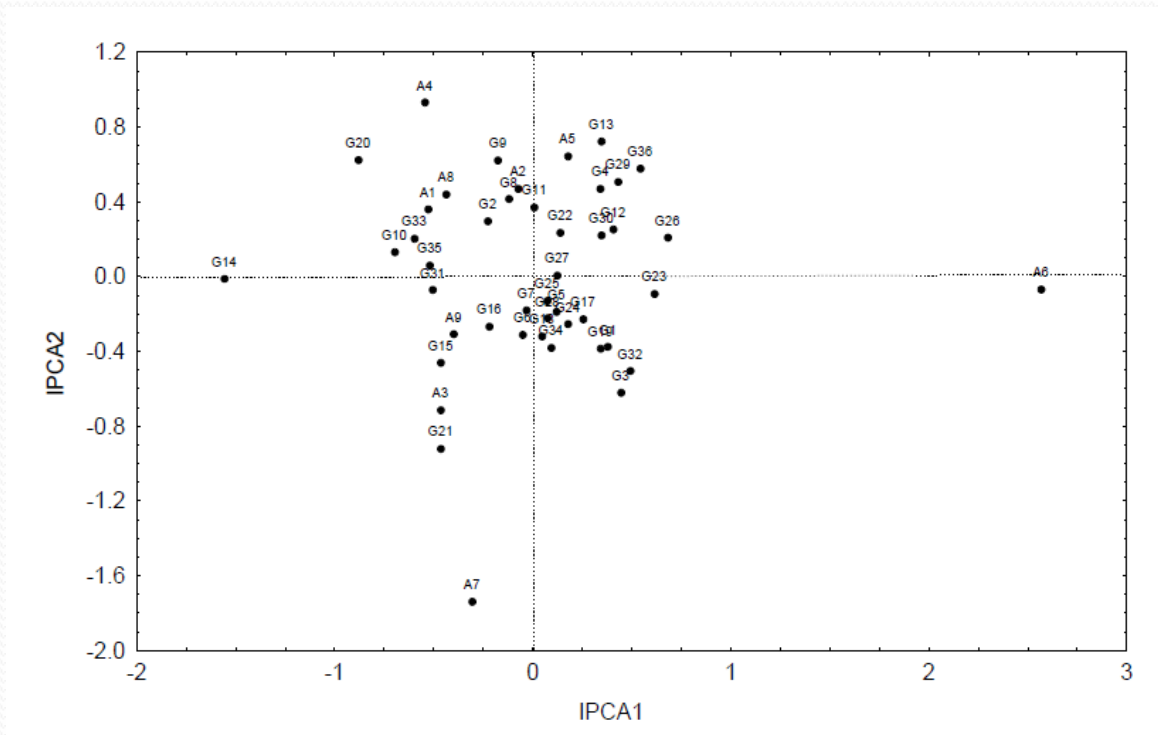
Distribuição
Poisson

AMMI

- Additive main effects and Multiplicative Interaction model;
 - Interação GxE;
 - Interação em modelos estatísticos com efeitos fixos

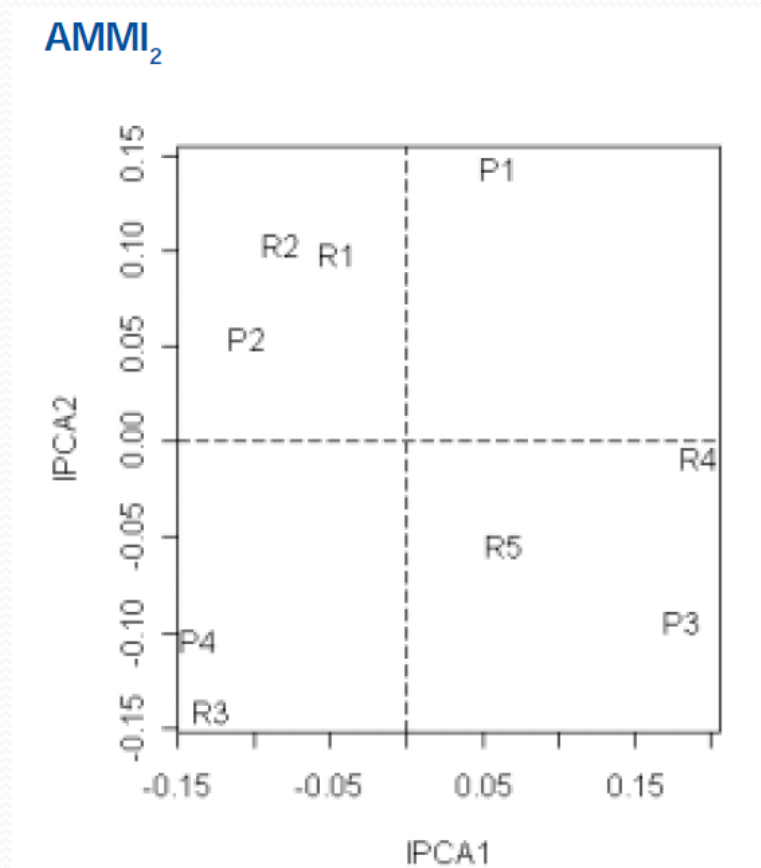
AMMI

- Interação GxE;



AMMI

- Interação em modelos estatísticos com efeitos fixos;



Sistemas REML/BLUP

- REML:
 - Máxima verossimilhança restrita;
- BLUP:
 - Melhor predição linear não viesada;

Sistemas REML/BLUP

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

Sistemas REML/BLUP

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

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

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

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

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

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

Safra 1

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

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

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

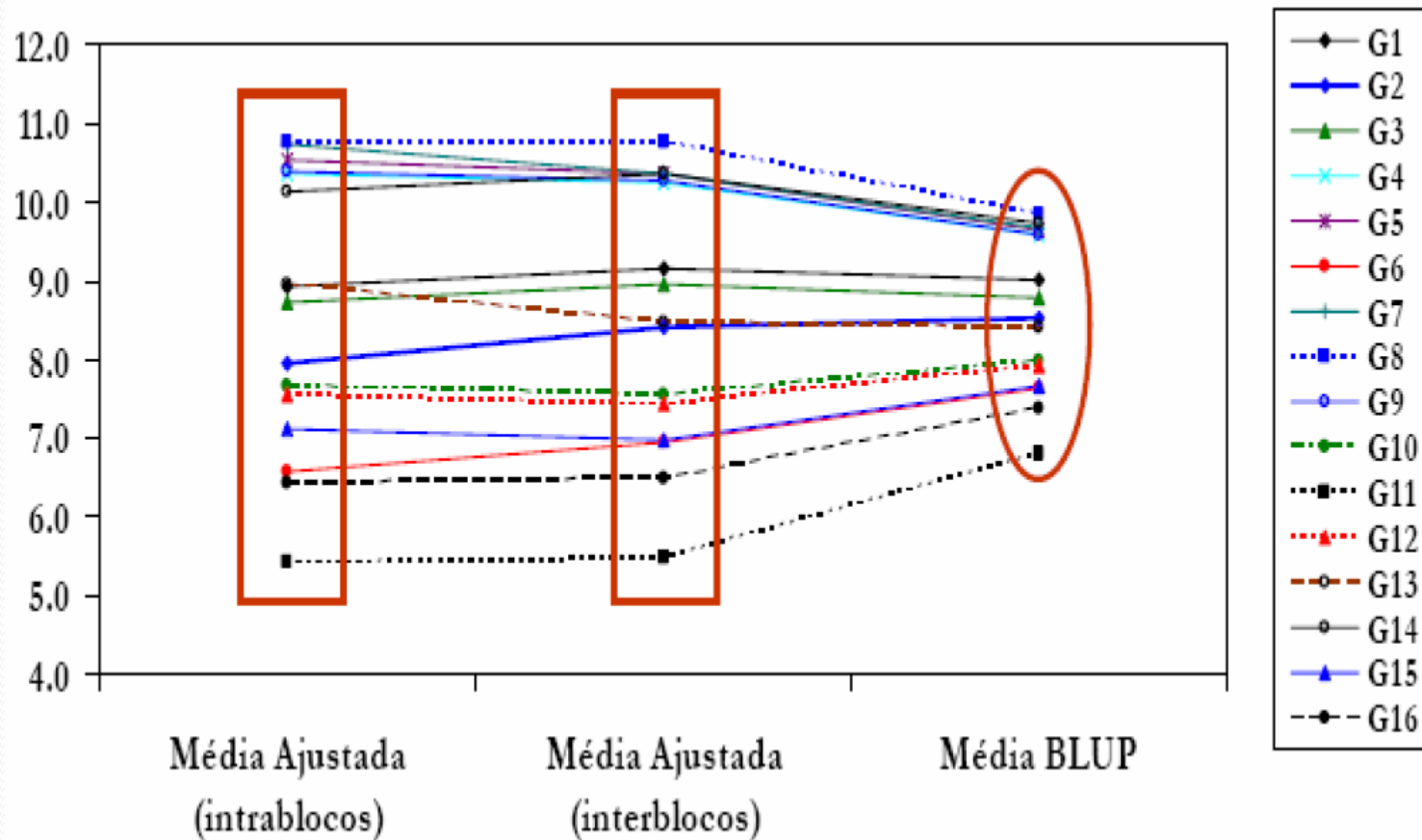
A	C	D	C	A
B	D	A	B	C
D	A	B	D	B
B	C	D	C	A

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

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

Safra 2

Sistemas REML/BLUP



Vamos a um exercício

Experimento hipotético

- Para se estudar padrões nutricionais e expressão gênica em híbridos Bt comerciais de milho decidiu-se trabalhar com dois híbridos Bt e suas respectivas isolinhas submetendo-os a três diferentes regimes de controle de lagarta.
- Para esse experimento definiu-se que seriam usadas 5 repetições.

DIC

Fontes de variação	Graus de liberdade
Tratamentos	11
Híbridos	3
Tratamentos	2
Hib. x Trat.	6
Erro experimental	48
Total	59

DBA

Fontes de variação	Graus de liberdade
Blocos	4
Tratamentos	11
Híbridos	3
Tratamentos	2
Hib. x Trat.	6
Erro experimental	44
Total	59

Parcela subdividida

Fontes de variação	Graus de liberdade
Blocos	4
Híbridos	3
Erro a	12
Tratamento	2
Híb. x Trat.	6
Erro b	32
Total	59

Parcela subdividida

Fontes de variação	Graus de liberdade
Blocos	4
Tratamento	2
Erro a	8
Híbrido	3
Trat. x Híb.	6
Erro b	36
Total	59

Delimitamento em faixas

Fontes de variação	Graus de liberdade
Blocos	4
Híbrido	3
Erro a	12
Tratamento	2
Erro b	8
Híb. x Trat.	6
Erro c	24
Total	59

Delimitação em faixas

Fontes de variação	Graus de liberdade
Blocos	4
Tratamento	2
Erro a	8
Híbrido	3
Erro b	12
Trat. x Híb.	6
Erro c	24
Total	59

Por enquanto é só
pessoal...