

3. Planejamento de experimentos:

3.1 Delineamentos experimentais

4. Delineamentos experimentais

4.1 Introdução aos delineamentos experimentais

4.2 Delineamento Inteiramente Casualizado

4.3 Delineamentos em Blocos

4.4 Delineamentos em Quadrado Latino

4.5 Experimentos Fatoriais

4.5.1 Parcelas Subdivididas (*split-plot*)

4.5.2 Experimentos em Faixas (*strip-block*)

4.6 Fatores que determinam a escolha do delineamento

João Batista Duarte
Universidade Federal de Goiás
jbduarte@agro.ufg.br

DELINEAMENTOS EXPERIMENTAIS

- ✓ O que é “*delineamento experimental*”? Como eles são estruturados? Quais os seus tipos e o que os diferenciam?
- ✓ Qual é o melhor delineamento? Qual deles resulta em maior precisão experimental? Qual deles resulta em maior restrição à casualização?
- ✓ Um desenho inteiramente ao acaso é sempre pior que um de blocos completos casualizados? Qual o principal problema dos ensaios em blocos incompletos? Por que “quadrados latinos” são pouco utilizados?
- ✓ O que é experimento fatorial? Todo experimento fatorial permite avaliar interação? O que diferencia um fatorial de classificação cruzada de outro de classificação hierárquica?
- ✓ É suficiente dizer que um ensaio é delineado em parcelas divididas? Como escolher, neste caso, se o fator será alocado às parcelas ou subparcelas? É possível identificar parcelas num experimento em faixas? Estes desenhos só se aplicam a fatoriais cruzados?
- ✓ Afinal, como escolher o melhor delineamento?
- ✓ Continuem perguntando? (“*A maravilhosa incerteza*”)

Delineamentos experimentais: Conceituação

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

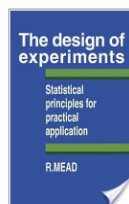
“Consiste no modo de aplicar os princípios experimentais básicos para avaliar um conjunto de tratamentos” (“desenho” experimental).

Delineamento experimental = Experimental design (inglês) =
= *Deseño experimental* (espanhol) = *Dispositif experimental* (francês) =
= desenho básico em que o ensaio é montado, conduzido e analisado.

“Modo de aplicar os tratamentos às parcelas, conduzir e analisar um experimento, mas também, e até preliminarmente, inclui o modo de definir os tratamentos a serem testados (fatores e seus níveis)”.

Delineamentos experimentais: estrutura de fatores e de unidades

The Design of Experiments: Statistical Principles for Practical Applications



R+1 0

Roger Mead

★★★★★

0 Resenhas

Cambridge University Press, 26/07/1990 - 620 páginas

Describes the statistical principles of good experimental design, explaining that good design of experiments is crucial to the

1.4 Separate consideration of units and treatments

Throughout this book, I shall emphasise the need to think separately about the properties of the experimental units available for the experiment, and about the choice of experimental treatments. Far too often, the two aspects are confused at an early stage, and an inefficient or useless experiment results. Thus, an experimenter considering a comparison of the effects of different diets on the growth of rats may observe that the rats available for experimentation come from litters with between five and ten animals per litter. Having heard about the randomised block design, he decides that he must use litters as blocks, and therefore will have blocks of five units. He further decides that he should consequently have five treatments, and chooses his treatments on this premise, rather than considering how many treatments are required for the objectives of his experiments.

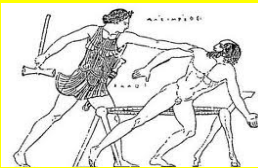
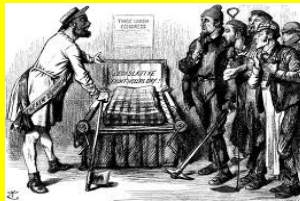
Delineamentos experimentais: estrutura de fatores e de unidades

In summary, to achieve good **experimental design**, the experimenter should think first about the **experimental units**, and should make sure that he understands the likely patterns of variation. He should also consider the set of treatments appropriate to the objectives of his experiment. If the set of treatments fits simply with the structure of units using a standard **design**, then the experiment is already designed. If not, then a **design** should be constructed to fit the requirements of units and treatments, either by the experimenter alone or with the assistance of a statistician. The natural pattern of units and treatments should not be deformed in a Procrustean fashion to fit a standard **design**. It may perhaps reassure the reader to point out that, for most experiments (80 or 90%), a standard

The design of experiments

Statistical principles for practical application

R. MEAD



Delineamentos experimentais: estrutura de fatores e de unidades

7/28

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL (cont.)

Envolve planejamento em dois níveis de estrutura:

- a) estrutura de fatores de tratamentos:
 - Exps. unifatoriais ou monofatoriais
 - Exps. fatoriais:
 - cruzados (completos ou incompletos)
 - hierárquicos
 - de estrutura mista
- b) estrutura de unidades experimentais:
 - Delineamentos sem controle local (DIC),
 - Delineamentos com controle local simples (em blocos)
 - DBC (blocos completos casualizados)
 - BIB / PBIB (blocos incompletos)
 - Delineamentos com controle local duplo (de linhas e colunas)
 - QDL (quadrado latino)

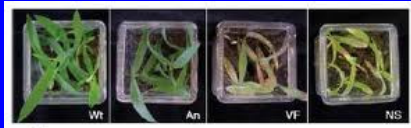
* Parcelas (Sub)Divididas e Faixas → delineamentos exclusivos para ensaios fatoriais, podendo combinar com quaisquer dos anteriores.

Nota: Quanto maior o nível de restrição à casualização, menos graus de liberdade restam para estimar a variação residual, associada ao Erro Experimental. Logo, a opção por um desenho mais restritivo deve ter razão técnica justificável.

Delineamentos experimentais: Inteiramente casualizado – DIC

Características:

- ✓ Usa apenas repetição e casualização (nenhuma restrição);
- ✓ Variabilidade entre parcelas deve ser pequena (ambiente experimental homogêneo) e/ou aleatoriamente distribuída;
- ✓ Experimentos de laboratório, estufas, casas de vegetação ou telados;
- ✓ Parcelas: vasos, placas de petri, tubos de ensaio etc;
- ✓ Única fonte controlada são os tratamentos (tudo mais será fonte de erro)



Delineamentos experimentais: Inteiramente casualizado – DIC

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

Exemplo: DIC ($t = 5$ tratamentos; $r = 4$ repetições)
Software R: `require(agricolae); design.crd (trt=1:5,r=4)`



Decomposição da variação observada: ANOVA

Fontes de Variação	GL ¹
Tratamentos	$t - 1$
Erro ou Resíduo	$t (r - 1)^1 = \text{máx}$
TOTAL	$t r - 1$

¹ sob balanceamento.

Notas:

- ✓ Erro máximo ou mínimo?
- ✓ Uso em pesquisas de observação naturalista é comum; porém, não é recomendável.

Delineamentos experimentais: Blocos completos casualizados – DBC

Características: “blocos ao acaso” ou “blocos casualizados”

- ✓ O mais usado em pesquisa agrícola → prevenção e “t” baixo;
- ✓ Usa os três princípios da experimentação;
- ✓ Um só sistema de blocagem;
- ✓ Blocos completos (todos os tratamentos), em geral, com “ $k=t$ ”;
- ✓ Bloco não é repetição, mas, em geral, $b = r$;
- ✓ Restrição → sorteio só dentro de blocos;
- ✓ Indicado p/ ambientes heterogêneos necessitando de um só sistema de blocagem e pequeno número de tratamentos;
- ✓ Bloco = parcelas homogêneas e contíguas, alinhadas ou não;
- ✓ Os blocos podem estar separados espacialmente ou no tempo;
- ✓ Instalação, condução e coleta de dados devem ser feitas por bloco

Delineamentos experimentais: Blocos completos casualizados – DBC

C	A	B	E	D	bloco 1
E	B	A	D	C	bloco 2
D	B	E	C	A	bloco 3
C	E	A	D	B	bloco 4

Exemplo: DBC ($t = 5$ tratamentos; $r = 4$ repetições)

Software R: `require(agricolae); design.rcbd (trt=1:5, r=4, first=T)`



Decomposição da variação observada: ANOVA

F. V.	GL ¹
Blocos	$r - 1$
Tratamentos	$t - 1$
Erro ou Resíduo	$(t-1)(r-1)^1$
TOTAL	$tr - 1$

¹ sob balanceamento.

Questões:

- ✓ Erro menor ou maior / DIC?
- ✓ Inferências + amplas / DIC. Ok!
- ✓ Perda de graus de liberdade para estimar a variação casual (erro experimental) → risco
- ✓ Se $k=2t$, repete-se dentro do bloco ou montam-se dois blocos de $k=t$?

Delineamentos experimentais: Blocos incompletos – BIB e PBIB

Características:

- ✓ Aplicação: sobretudo quando o número de tratamentos (v) é elevado
- ✓ O número de parcelas / bloco (k) é inferior a " v " → blocos pequenos
- ✓ Os blocos não contêm todos os tratamentos (incompletos)
- ✓ Tipos: ex. BIB (λ constante) ou PBIB (λ variável); tipo I, II ou III (blocos em grupos de repetições ou não); delineamentos aumentados etc.
- ✓ Restrições à casualização = $f(\lambda \text{ variável}) \rightarrow E = \lambda_v / k.r \rightarrow [0 - 1]$
- ✓ Casualização em etapas: arranjos sistemáticos → sorteios
- ✓ Tratamentos em blocos $\neq s \rightarrow$ ajustes para efeito de comparação

Delineamentos experimentais: Blocos incompletos – BIB e PBIB

13/28

Ex. BIB Tipo I (Lattice) - <i>resolvable</i>			
D ($v=k^2=9$; $b=r.k=12$; $r=k+1=4$; $k=3$; $\lambda=1$)			
1 2 3	1 4 7	1 5 9	1 8 6
4 5 6	2 5 8	7 2 6	4 2 9
7 8 9	3 6 9	4 8 3	7 5 3
Rep.I	Rep.II	Rep.III	Rep.IV

Ex. BIB Tipo III (<i>non-resolvable</i>)				
D ($v=5$; $b=10$; $r=6$; $k=3$; $\lambda=3$)				
3 5 1	4 1 2	1 2 5	2 5 3	3 4 5
4 3 2	4 5 2	1 3 2	1 4 3	4 1 5

Software R:
[help\(agricolae\)](#) → "*index*"
[design.lattice](#) (*trt*=1:9, *r*=3)
[design.bib](#) (*trt*=1:6, *k*=4)
[design.graeco](#) (1:3,1:3)

Ex. Delineamento em blocos aumentados				
Ex. $v=32 = (30+2)$; $b=10$; $k=5$; $\lambda_1 = b=10$; $\lambda_2 = 1$; $\lambda_3 = 0$				
1 2 3 A B	7 8 9 A B	13 14 15 A B	19 20 21 A B	25 26 27 A B
4 5 6 A B	10 11 12 A B	16 17 18 A B	22 23 24 A B	28 29 30 A B

Software R: [require\(agricolae\)](#); [design.dau](#)(*trt*1=1:2, *trt*2=3:32, *r*=10)

Delineamentos experimentais: Quadrado latino - DQL

Características:

- ✓ Sistema de controle local duplo (restrições): linhas e colunas
- ✓ Recomendado para ambientes heterogêneos, com duas fontes de variabilidade independentes
- ✓ Linhas e colunas são blocos completos (neste caso)
- ✓ Número de parcelas: $n = t^2 = r^2$ (quadrado) $\rightarrow t = r = l = c$
- ✓ Casualização em etapas: arranjo sistemático \rightarrow sorteios
- ✓ Baixa flexibilidade \rightarrow pouco uso agricultura x grandes animais
- ✓ Uso comum entre cinco e oito tratamentos

Delineamentos experimentais: Quadrado latino - DQL

B	A	D	C	E	L1
E	D	B	A	C	L2
C	B	E	D	A	L3
D	C	A	E	B	L4
A	E	C	B	D	L5
C1	C2	C3	C4	C5	

Exemplo: DBC (t = 5 tratamentos; r = 5 repetições)
Software R: `require(agricolae); design.lsd(1:5,first=T)`



Decomp. da variação: ANOVA

F. V.	GL ¹
Linhas	t - 1
Colunas	t - 1
Tratamentos	t - 1
Erro (Resíduo)	(t-1)(t-2)
TOTAL	t ² - 1

¹ sob balanceamento.

Questões:

- ✓ É mais eficiente / DIC e DBC? Sim!
- ✓ Garante maior precisão? Não!
- ✓ Perda de graus de liberdade para estimar a variação casual (erro experimental) \rightarrow risco!
- ✓ E se $t < 5$? Opção: vários QL's.

Delineamentos experimentais: Greco-Latino (ver planilha Excel)

UM EXEMPLO DE QUADRADO GRECO-LATINO: (Vivaldi, J. L. 2008, UnB)

Tratamentos: quatro antibióticos ou bactericidas (A, B, C, D) para controle de uma doença de plantas (soja).

Material experimental:

- quatro estufas (E1, E2, E3, E4) e quatro equipamentos (α , β , γ , δ).

Estufas \ Dias	D2	D4	D1	D3
E2	A, α	B, γ	C, δ	D, β
E3	B, β	A, δ	D, γ	C, α
E1	C, γ	D, α	A, β	B, δ
E4	D, δ	C, β	B, α	A, γ

Delineamentos experimentais: Experimentos fatoriais

16/28

CARACTERÍSTICAS:

- ✓ O termo *experimento fatorial* só se refere à estrutura de tratamentos ("delineamento de tratamentos")
- ✓ São experimentos cujos tratamentos são combinações dos níveis de dois ou mais fatores (\neq uni ou monofatoriais) \rightarrow inferências mais amplas e realistas... x dificuldades próprias (tamanho maior, interações etc.)
- ✓ O termo não é suficiente para definir o delineamento \rightarrow requer também a definição da estrutura de unidades (DIC, DBC, DQL etc.) \rightarrow sorteios
- ✓ Desenhos em "parcelas divididas" ou "faixas" são específicos de fatoriais.
- ✓ Decomposição dos efeitos de tratamentos (efeitos principais, interação, efeitos hierárquicos etc.) = f (tipo de relação entre os fatores envolvidos)

Software R (sorteio):

```
> require(agricolae)
> design.ab (trt=c(2,4), r=3, serie=2,
  design =c("rcbd" "crd" "lsd"), first=T)
> tr<-c(2,4); design.ab (tr,r=3, first=T)
Delineamento padrão (default): DBC
```

- Fatoriais de classificação cruzada (ex. $A \times B$; $N \times P \times K$)
- Fatoriais hierárquicos: relação de aninhamento
- Fatoriais de classificação mista: ambos os tipos

Exp. fatoriais não se resumem a isto! \rightarrow Ensaios industriais.
Outros: fatoriais fracionários, técnicas de confundimento, de otimização (ex. simplex), matrizes de box, composto central, etc.

Experimentos fatoriais: Cruzados vs. Hierárquicos

Características: Fatorial Cruzado

- ✓ Dois ou mais fatores e cada nível de fator é combinado com os mesmos níveis do(s) outro(s) fator(es).
- ✓ Ex.: calagem x adubação; cultivares x espaçamento; $N \times P \times K$; etc.
- ✓ **Notação:** Fatorial $A \times B = B \times A$. Ex₁: 3×3 ou $3^2 = 9$ tratamentos; Ex₂: Fatorial $N \times P \times K$: $2 \times 3 \times 2 = 12$ tratamentos; etc.
- ✓ Objetivo: avaliar interações e efeitos principais (significância e magnitude).

Características: Fatorial Hierárquico

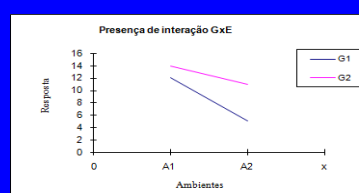
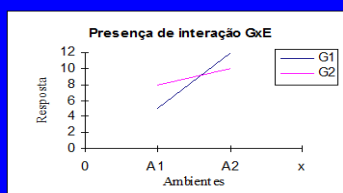
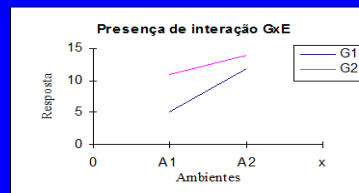
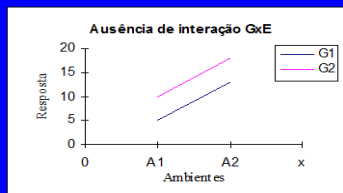
- ✓ Dois ou mais fatores, mas cada nível de fator é combinado com níveis diferentes do(s) outro(s) fator(es).
- ✓ Ex. cultivares e procedências; blocos e locais; progêies e populações; etc.
- ✓ **Notação:** Fatorial $A(B) \neq B(A)$. Ex₁: 5 cultivares de 2 instituições = 10 trats.; Ex₂: 25 progs. e 2 pops. = 50 trats.
- ✓ Objetivo: avaliar efeitos hierárquicos (fatores aninhados sucessivamente).

Delineamentos fatoriais cruzados: Interação de fatores

18/28

O que é Interação de fatores?

R. Efeito diferenciado de um fator, sob a presença de níveis distintos de outro(s) fator(es) = influência que um fator exerce na resposta que outro teria isoladamente (dependência entre fatores).



Experimentos fatoriais: Cruzados vs. Hierárquicos

Decomposições da variação (ANOVA): fatorial $A \times B$, cruzado (C) ou hierárquico (H).

F.V. (C)	GL ¹	F.V. (H)	GL ¹
(CL= s/ ou c/)	= f(estr. de parcelas)	(CL= s/ ou c/)	= f(estr. de parcelas)
Tratamentos	$t-1 = ab-1$	Tratamentos	$t-1 = ab-1$
$\left\{ \begin{array}{l} \text{Fator A} \\ \text{Fator B} \\ \text{Int. } A \times B \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} a-1 \\ b-1 \\ (a-1)(b-1) \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Fator A} \\ \text{Fator B/A} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} a-1 \\ a(b-1) \end{array} \right.$
Erro	= f(estr. de parcelas)	Erro	= f(estr. de parcelas)
TOTAL	$abr-1$	TOTAL	$abr-1$

¹Fator A com "a" níveis; fator B com "b" níveis \rightarrow "a.b" tratamentos, com "r" repetições (balanceado).



Existem vários outros desdobramentos = f(estr. de parcelas;
número e relação entre os fatores; além de desenhos
específicos para fatoriais – ex. PSD e Faixas)

Experimentos fatoriais: Cruzados vs. Hierárquicos

PSD-Cruz		PSD-Hierarq	
FV	GL	FV	GL
BL	$r-1$	BL	$r-1$
A	$a-1$	A	$a-1$
Erro a	$(a-1)(r-1)$	Erro a	$(a-1)(r-1)$
Parc	$ar-1$	Parc	$ar-1$
B	$b-1$	B(A)	$a(b-1)$
$A \times B$	$(a-1)(b-1)$	B(A1)	$b-1$
Erro b	$(a-1)(b-1)(r-1)$	B(A2)	$b-1$
Total (sub)	$abr-1$
		B(Aa)	$b-1$
		Erro b	$(a-1)(b-1)(r-1)$
		Total (subp)	$abr-1$



Existem vários outros desdobramentos = f(estr. de parcelas;
número e relação entre os fatores; além de desenhos
específicos para fatoriais – ex. PSD e Faixas)

Experimentos fatoriais: Parcelas (sub)divididas

Características:

- ✓ Unidades experimentais (UE) de duas grandezas: parcelas e subparcelas → "*split-plot design*"
- ✓ Fatoriais cujos fatores (dois, fator primário e fator secundário) apresentam exigências diferentes.
- ✓ Podem requerer EUs de diferentes tamanhos (ex. métodos de preparo de solo – parcelas grandes, e cultivares – parcelas menores) → solo: parcelas; e cultivares → subparcelas.
- ✓ Esperam-se diferenças maiores em um dos fatores (de fácil detecção) → designa-o às parcelas; e o outro (de difícil discriminação) → subparcelas.
- ✓ Comparações entre níveis do fator "secundário" são mais precisas/ outro fator; razões → mais repetições (intrínsecas) e são comparados em "blocos" (parcelas) menores, mais homogêneos.
- ✓ Se um dos fatores é de maior interesse na pesquisa (requer maior precisão) → subparcelas; o outro → parcelas.

NOTA: Devem ser evitados X fatoriais sem restrição na aplicação dos fatores de tratamentos.

Experimentos fatoriais: Parcelas divididas (split-plot)

V1	V4	V3	V2	T3	V3	V2	V4	V1	T1	V1	V4	V2	V3	T2
V2	V1	V4	V3	T1	V4	V2	V1	V3	T3	V1	V2	V3	V4	T3
V4	V2	V3	V1	T2	V1	V2	V3	V4	T2	V3	V4	V1	V2	T1

bloco 1

bloco 2

bloco 3

Exemplo: DBC em PSD (a=3 → parc.; b=3 → subparc.; r=3 blocos)

Software R: `require(agricolae); design.split(1:3,1:4,r=3,design=c("rcbd"))`

✓ PSD não se presta só para fatoriais cruzados, mas também para fatoriais hierárquicos.
Ex. Gerações ($F_1, F_{2,3}, \dots, F_n$) e progênies/gerações.

✓ Sorteio para PSD:
Opções para: "design"
c("rcbd", "crd", "lsd")

Há inúmeras variações → f [≠ s delineamentos de parcelas; subdivisões das parcelas (sub-subparc., sub-sub-subparc. etc); "subdivisão" no tempo ("split-plot in time" → medidas repetidas); experimentos em faixas]

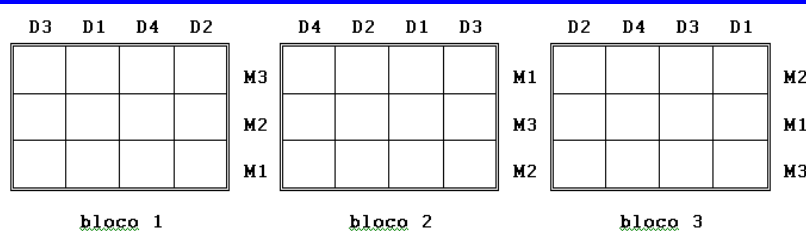
Experimentos fatoriais: Faixas (strip-block = strip-plot)

Características:

- ✓ Muito similar ao delineamento em parcelas divididas (apenas dois fatores)
- ✓ Surge de dificuldades técnicas ao sortear o fator secundário (Ex. ensaio de métodos de preparo de solo e espaçamentos entre linhas de plantio; ou métodos de irrigação e tipos de colheita mecânica) → **necessidade de máquinas agrícolas;**
- ✓ A instalação e o manejo ficam facilitados em faixas contínuas com cada nível dos fatores
- ✓ Cruzamento das faixas → combinações dos níveis dos fatores.
- ✓ A casualização para subparcelas é constante para toda parcela dentro de cada repetição ou bloco → **restrição à casualização**
- ✓ Perde-se a referência do que seja fator primário e secundário

NOTA: Devem ser evitados X PSD ou fatoriais sem restrição nos fatores de tratamentos.

Experimentos fatoriais: Faixas (strip-block = strip-plot)



Ex. DBC em Faixas: 4 doses (D) de calcário; 3 métodos (M) de incorporação; em 3 blocos completos ($b = r = 3$)

Software R: `require(agricolae); design.strip(trt1=1:3, trt2=1:4, r=3)` → Só DBC

ATENÇÃO:

- Use sorteios independentes para cada bloco; nunca os mesmos!
- As vantagens práticas podem não compensar os prejuízos estatísticos!

Comparação dos sorteios: split-plot **x** strip-block

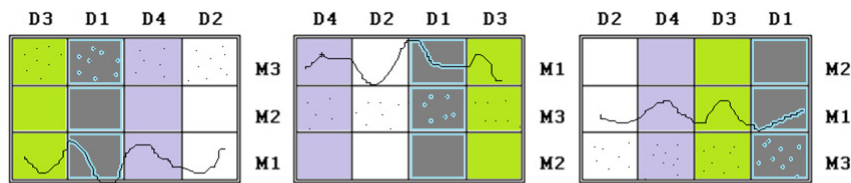
V1	V4	V3	V2	T3	V3	V2	V4	V1	T1	V1	V4	V2	V3	T2
V2	V1	V4	V3	T1	V4	V2	V1	V3	T3	V1	V2	V3	V4	T3
V4	V2	V3	V1	T2	V1	V2	V3	V4	T2	V3	V4	V1	V2	T1

bloco 1

bloco 2

bloco 3

Exemplo: DBC em PSD (a=3 → parc.; b=4 → subparc.; r=3 blocos)



bloco 1

bloco 2

bloco 3

Ex. DBC em Faixas: 4 doses (D) de calcário; 3 métodos (M) de incorporação; em 3 blocos completos (b = r = 3)

Delineamentos experimentais: faça a escolha adequada

24/28

FATORES QUE DETERMINAM A ESCOLHA DO DELINEAMENTO:

- **Objetivos da pesquisa:** fatores a serem avaliados; estruturação entre os fatores; número de níveis; espécie(s) vegetal(is) envolvida(s) etc.
- **Heterogeneidade do material experimental:** diferenças entre parcelas; presença de fatores de variação; tipos de fatores de variação presentes etc.
→ necessidade ou não de blocagem (simples ou dupla)
- **Número de tratamentos ou de níveis dos fatores a serem avaliados** → possibilidade de confecção de blocos completos ou não
- **Tamanho de parcela:** f (objetivos da pesquisa; espécie vegetal envolvida; tipo de fator sob teste etc.)
- **Recursos disponíveis** (ex. área, sementes, propágulos etc.)

Ademais: É possível avaliar o poder relativo de um experimento, conforme o delineamento, antes mesmo de se ter os dados? **SIM!**

Delineamentos experimentais: faça a escolha adequada

Comparação do poder relativo de diferentes delineamentos (DIC, DBC e DQL) numa ANOVA (assumindo-se diferenças reais entre os tratamentos – H_0 falsa), independentemente da eficiência de suas análises (Ex. $t = 5$ tratamentos, em $r = 5$ repetições, sob balanceamento e diferentes desenhos; para DBC e DQL, assume-se ainda: $b=r=c = 5$).

F. V. (DIC)	GL	F. V. (DBC)	GL	F. V. (DQL)	GL
Tratamentos	$t-1=4$	Tratamentos	$t-1=4$	Tratamentos	$t-1=4$
		Blocos	$r-1=4$	Linhas	$r-1=4$
				Colunas	$r-1=4$
Erro	resid=20	Erro	resid=16	Erro	resid=12
TOTAL	$tr-1=24$	TOTAL	$tr-1=24$	TOTAL	$t^2-1=24$
$F_{.05}(4,20)$	2,87	$F_{.05}(4,16)$	3,01	$F_{.05}(4,12)$	3,26
$F \geq 2,87 \Rightarrow \text{sig.} (*) \Rightarrow$ decisão correta, e menor probabilidade de erro ¹ .		$F \geq 3,01 \Rightarrow \text{sig.} (*) \Rightarrow$ decisão correta, com probabilidade intermediária de erro.		$F \geq 3,26 \Rightarrow \text{sig.} (*) \Rightarrow$ decisão correta, com maior probabilidade de erro.	
MAIOR PODER		PODER INTERMEDIÁRIO		MENOR PODER	

¹ O erro neste caso é não apontar as diferenças assumidas (erro tipo II).



**Controle local efetivo pode mudar grandemente este cenário,
via eficiência da análise dos dados a serem observados**

Delineamentos experimentais: faça a escolha adequada

“Assim, o delineamento em Quadrado Latino só deve ser adotado em situações em que, sabidamente, existam fatores de variação que mereçam o duplo controle. Isto reforça o que já foi dito anteriormente com respeito à relação entre precisão e delineamento experimentais. Resultará em maior precisão o delineamento que for adotado nas condições para as quais ele foi proposto. Logo, em condições ambientais homogêneas, espera-se maior precisão usando-se o delineamento Inteiramente Casualizado. No entanto, em condições heterogêneas, a precisão será maior usando-se Blocos Casualizados, caso um único tipo de estratificação seja suficiente para controlar a variação entre as parcelas. Porém, esta será ainda maior adotando-se o Quadrado Latino, caso o controle da variabilidade venha merecer um bloqueamento duplo.” (Duarte, 1996).

Duarte, J. B. **Princípios sobre delineamentos em experimentação agrícola**. 1996. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Instituto de Matemática e Física, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1996. Disponível em: <http://www.agro.ufg.br/uploads/68/original_exp_design.PDF>.

Delineamentos experimentais: faça a escolha adequada

Comparação do poder relativo de diferentes delineamentos, fatorial sem restrição (FSR), parcelas divididas (PSD) e faixas (FXS), numa ANOVA assumindo-se diferenças reais entre os tratamentos (H_0 falsa), independentemente da eficiência de suas análises (Ex. $t = 3 \times 2 = 6$ tratamentos, com $a=3$ níveis, $b=2$ níveis, em DBC, com $r = 4$ repetições ou blocos).

F. V. (FSR)	GL	F. V. (PSD)	GL	F. V. (FXS)	GL
Blocos	$r-1=3$	Blocos	$r-1=3$	Blocos	$r-1=3$
A	$a-1=2$	A	$a-1=2$	A	$a-1=2$
		Erro "a"	$\text{resid.}_{(a)}=6$	Erro "a" (Lin.)	$\text{resid.}_{(a)}=6$
B	$b-1=1$	B	$b-1=1$	B	$b-1=1$
				Erro "b" (Col.)	$\text{resid.}_{(b)}=8$
AxB	$(a-1)(b-1)=2$	AxB	$(a-1)(b-1)=2$	AxB	$(a-1)(b-1)=2$
Erro	$\text{resid.}=15$	Erro "b"	$\text{resid.}=9$	Erro "c"	$\text{resid.}_{(c)}=6$
TOTAL	$tr-1=23$	TOTAL	$tr-1=23$	TOTAL	$tr-1=23$
$F_{.05}(A)$	3,68	$F_{.05}(A)$	5,14	$F_{.05}(A)$	5,14
$F_{.05}(B)$	4,54	$F_{.05}(B)$	5,12	$F_{.05}(B)$	10,13
$F_{.05}(AxB)$	3,68	$F_{.05}(AxB)$	4,26	$F_{.05}(AxB)$	5,14
$F \geq 3,68 \Rightarrow \text{sig.} (*) \Rightarrow$ decisão correta, e menor probabilidade de erro ¹ .		$F \geq 4,26 \Rightarrow \text{sig.} (*) \Rightarrow$ decisão correta, com probabilidade intermediária de erro.		$F \geq 5,14 \Rightarrow \text{sig.} (*) \Rightarrow$ decisão correta, com maior probabilidade de erro.	
MAIOR PODER		PODER INTERMEDIÁRIO		MENOR PODER	

¹ O erro neste caso é não apontar as diferenças assumidas (erro tipo II).

CONCLUSÃO: "As vantagens práticas podem não compensar os prejuízos estatísticos → técnico-científicos !"

DELINEAMENTOS EXPERIMENTAIS

- ✓ O que é "delineamento experimental"? Como eles são estruturados? Quais os seus tipos e o que os diferenciam?
- ✓ Qual é o melhor delineamento? Qual deles resulta em maior precisão experimental? Qual deles resulta em maior restrição à casualização?
- ✓ Um desenho inteiramente ao acaso é sempre pior que um de blocos completos casualizados? Qual o principal problema dos ensaios em blocos incompletos? Por que "quadrados latinos" são pouco utilizados?
- ✓ O que é experimento fatorial? Todo experimento fatorial permite avaliar interação? O que diferencia um fatorial de classificação cruzada de outro de classificação hierárquica?
- ✓ É suficiente dizer que um ensaio é delineado em parcelas divididas? Como escolher, neste caso, se o fator será alocado às parcelas ou subparcelas? É possível identificar parcelas num experimento em faixas? Estes desenhos só se aplicam a fatoriais cruzados?
- ✓ Afinal, como escolher o melhor delineamento?
- ✓ Continuem perguntando? ("A maravilhosa incerteza")

"Se a ciência tiver bom fundamento, segue-se necessariamente a boa prática, ao passo que não havendo base científica, a prática é incompleta e defeituosa" (Albert Einstein)