

DELINEAMENTO INTEIRAMENTE  
CASUALIZADO  
e  
DELINEAMENTO EM BLOCOS  
CASUALIZADOS

**Prof. Anderson Rodrigo da Silva**  
anderson.silva@ifgoiano.edu.br

# Exemplo 1: milho

Rendimento de grãos, em toneladas por hectare, de três cultivares de milho em experimento instalado em **DIC**

Repetição	Amarelo	Vermelho	Roxo
1	6,0	5,3	5,1
2	4,6	3,8	2,5
3	5,4	4,5	3,8
4	5,2	4,1	3,7
Totais	21,2	17,7	15,1

# Exemplo 2: pulgão em pepino

(Banzatto & Kronka, 1995) Num experimento visando o controle de pulgão (*Aphis gossypii* Glover) em cultura de pepino, Macedo (1970) utilizou 6 repetições dos seguintes tratamentos: A – Testemunha, B – Azinfós etílico, C – Supracid 40CE dose 1, D – Supracid 40CE dose 2, E – Diazinon 60CE

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado e os dados obtidos, referentes ao número de pulgões coletados 36 horas após a pulverização, encontram-se na tabela a seguir:

Trat.	Repetições						Totais	Variância
	1	2	3	4	5	6		
<b>A</b>	2370	1687	2592	2283	2910	3020	14862	233.749,60
<b>B</b>	1282	1527	871	1025	825	920	6450	75.558,80
<b>C</b>	562	321	636	317	485	842	3163	40.126,17
<b>D</b>	173	127	132	150	129	227	938	1.502,27
<b>E</b>	193	71	82	62	96	44	548	2.791,87

# Exemplo 3: requeima da batata

A requeima, doença causada por *Phytophthora infestans* (Mont.), é a principal doença fúngica da batata (Embrapa, 2011). Em um experimento instalado em blocos aleatorizados com três blocos envolvendo quatro cultivares, sendo dois deles resistentes ao fungo, foi medida a produção de tubérculos (em kg), conforme a tabela a seguir:

Cultivar	Resistência à P. infestans?	Bloco			Totais	Médias
		I	II	III		
1	Sim	50,3	50,6	51,2	152,1	50,7
2	Não	49,1	49,3	49,9	148,3	49,4
3	Sim	49,7	49,8	49,7	149,2	49,7
4	Não	49,2	49,1	50,0	148,3	49,4
<b>Totais</b>		198,3	198,8	200,8	597,9	--
<b>Médias</b>		49,6	49,7	50,2	--	49,8

# Exemplo 4: daninhas vs soja

Num experimento (DIC) com soja em plantio direto, três genótipos (*treat*) foram avaliados quanto ao rendimento de grãos (*yield*, kg/ha). Observou-se a densidade (plantas/m<sup>2</sup>) de daninhas por parcela (*weeds*) aos 40 DAS.

<b>treat</b>	<b>rep</b>	<b>weeds</b>	<b>yield</b>
1	1	57	2580
	2	58	3000
	3	50	3300
	4	28	3060
	5	38	3180
2	1	34	3660
	2	30	3550
	3	28	3700
	4	28	3600
	5	27	3690
3	1	34	3360
	2	38	3000
	3	32	3780
	4	59	2200
	5	40	3120

# Exemplo 5: doenças em milho

A incidência de doenças em genótipos de milho foi quantificada num experimento DBC, avaliando 10 plantas por parcela, bem como o rendimento de grãos (sc/ha).

Bloco	Genotipo	MIL	MA	FER	CER	Rend
1	1	4	2	1	1	99
2	1	7	6	0	0	101
1	2	6	10	4	0	88
2	2	7	10	2	0	92
1	3	10	10	3	1	64
2	3	10	10	0	0	76
1	4	10	10	1	0	71
2	4	10	10	0	1	73
1	5	5	3	0	0	119
2	5	1	3	0	0	119

# 1. Objetivos

- Estudar o procedimento de instalação e análise de experimentos em DIC e DBC.
- Identificar as principais diferenças entre esses dois delineamentos experimentais.

# 2. Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) *Completely Randomized Design (CRD)*

## 2.1 Introdução

- Sinônimos: *delineamento inteiramente ao acaso*; *delineamento completamente aleatorizado*.
- O mais simples dos delineamentos para controle do erro experimental
- Considerações sobre os *Princípios Básicos da Experimentação*: apenas repetição e casualização
- Utilização condicionada a disponibilidade de unidades experimentais homogêneas: casa-de-vegetação, laboratório, terreno sabidamente homogêneo

## 2.2 O Processo de Aleatorização

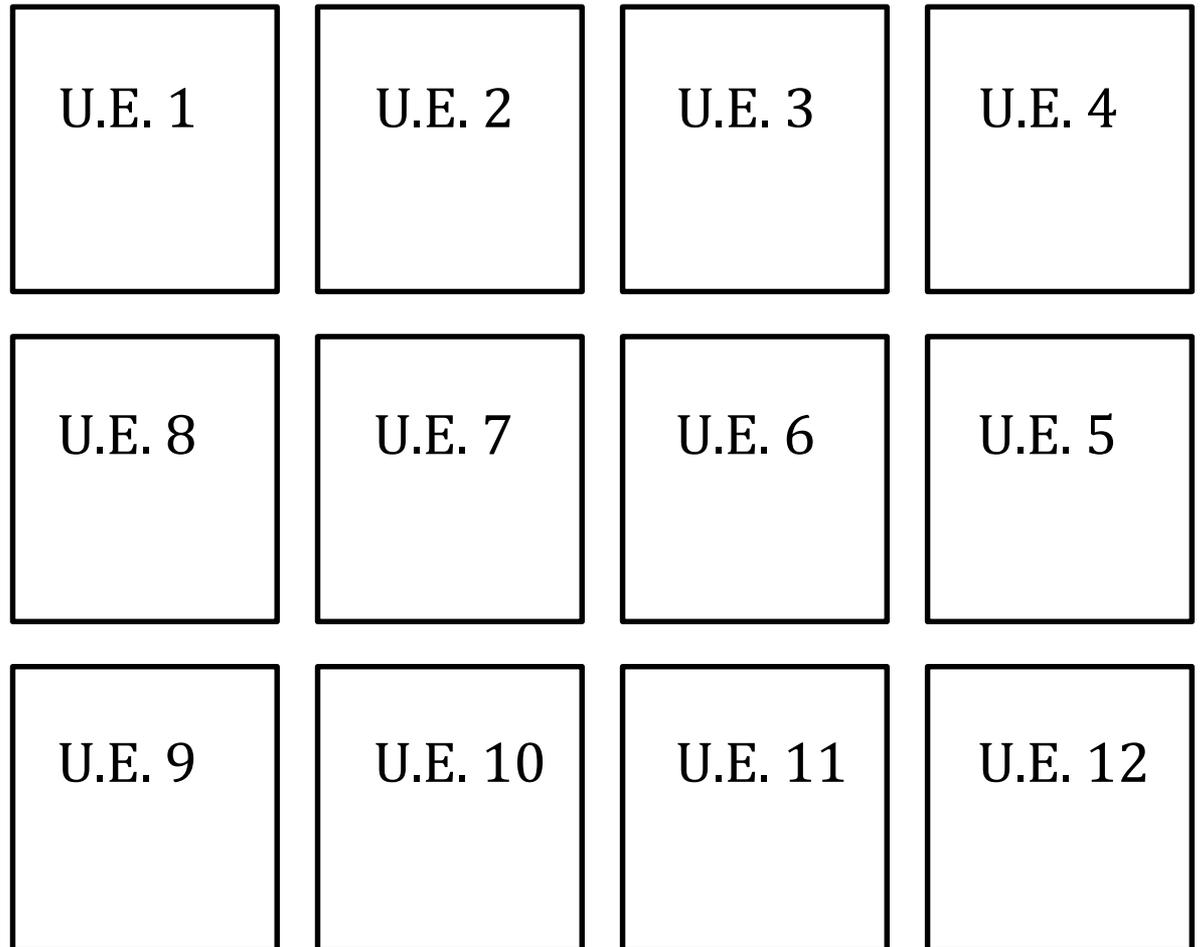
### Exemplo Ilustrativo

Experimento de competição de 3 cultivares de milho em DIC com 4 repetições

## 2.2 O Processo de Aleatorização

Cultivar	Sorteio U.E.
A	
A	
A	
A	
V	
V	
V	
V	
R	
R	
R	
R	

----- Croqui do experimento -----



## 2.2 O Processo de Aleatorização



## 2.3 Coleta de dados - DIC

----- Croqui do experimento -----

<b>V</b> 5,3 t ha <sup>-1</sup>	<b>R</b> 2,5 t ha <sup>-1</sup>	<b>A</b> 5,4 t ha <sup>-1</sup>	<b>R</b> 3,7 t ha <sup>-1</sup>
<b>R</b> 5,1 t ha <sup>-1</sup>	<b>A</b> 4,6 t ha <sup>-1</sup>	<b>V</b> 3,8 t ha <sup>-1</sup>	<b>A</b> 5,2 t ha <sup>-1</sup>
<b>A</b> 6,0 t ha <sup>-1</sup>	<b>R</b> 3,8 t ha <sup>-1</sup>	<b>V</b> 4,5 t ha <sup>-1</sup>	<b>V</b> 4,1 t ha <sup>-1</sup>

## 2.4 Organização dos dados

Produtividade, em toneladas por hectare, de grãos de três cultivares de milho em experimento instalado em **DIC**

Repetição	Amarelo	Vermelho	Roxo
1	6,0	5,3	5,1
2	4,6	3,8	2,5
3	5,4	4,5	3,8
4	5,2	4,1	3,7
Totais	21,2	17,7	15,1

Como saber se os cultivares diferem entre si quanto a produtividade média de grãos?

## 2.5 Modelo Estatístico de Análise de Variância

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

Em que:

$Y_{ij}$  : valor observado da variável  $Y$  na  $j$  – ésima  
repetição do  $i$  – ésimo tratamento

$\mu$  : média geral do experimento

$\tau_i$  : efeito do  $i$  – ésimo tratamento

$\varepsilon_{ij}$  : erro ou efeito da variável residual associado  
a observação  $Y_{ij}$

## 2.5 Modelo Estatístico de Análise de Variância

Índices ou indexadores:

de tratamento :  $i = 1, 2, \dots, I$

de repetição :  $j = 1, 2, \dots, J$

Obs.: Num DIC balanceado, o número total (N) de observações pode ser obtido por:  $N=IJ$

## 2.5 Modelo Estatístico de Análise de Variância

Exigências ou pressuposições do modelo:

- Independência dos erros ou resíduos  
(Teste de Durbin-Watson)
- Normalidade dos erros  
(Teste de Shapiro-Wilk, Lilliefors...)
- Homocedasticidade ou homogeneidade de variâncias de tratamentos  
(Teste de Bartlett ou do F Máximo de Hartley...)

## 2.5 Modelo Estatístico de Análise de Variância

Estimadores dos parâmetros

- Média geral  $\hat{\mu} = \bar{y}$
- Efeito do  $i$ -ésimo tratamento  $\hat{\tau}_i = \bar{y}_i - \bar{y}$

Propriedades:

$$\sum_{i=1}^I \hat{\tau}_i = 0 \quad \hat{\varepsilon}_{ij} = y_{ij} - \bar{y}_i \quad \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \hat{\varepsilon}_{ij} = 0$$

## 2.6 Análise de Variância - ANOVA

- Decomposição da variação total em causas conhecidas e desconhecidas
- Hipótese em teste: a variação devida a tratamentos é igual a variação devida ao acaso

## 2.6 Tabela de ANOVA - exemplo

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	4,6850	2,3425	3,73
Resíduo	9	5,6550	0,6283	
Total	11	10,3400		

Média geral e coeficiente de variação:

$$\hat{\mu} = \frac{1}{N} \sum_{i,j} Y_{ij} = \frac{1}{12} (6,0 + 4,6 + \dots + 3,7) = 4,5$$

$$CV(\%) = 100 \frac{\sqrt{QM(\text{Res})}}{\hat{\mu}} = 100 \frac{\sqrt{0,6283}}{4,5} \approx 17,61$$

## 2.7 Teste de Hipóteses: F

Passos:

- 1) Hipóteses
- 2) Nível de significância
- 3) Região crítica
- 4) Estatística do teste
- 5) Conclusão

$$F_{\text{Tab}} = 4,26$$

# Regra Decisória para o Teste de Hipóteses

$$\text{Se } \begin{cases} F_{\text{Calc}} \geq F_{\text{Tab}}, \text{ rejeita } H_0 \text{ ao nível } \alpha \\ F_{\text{Calc}} < F_{\text{Tab}}, \text{ não se rejeita } H_0 \text{ ao nível } \alpha \end{cases}$$

# 3. Delineamento em Blocos Casualizados (DBC)

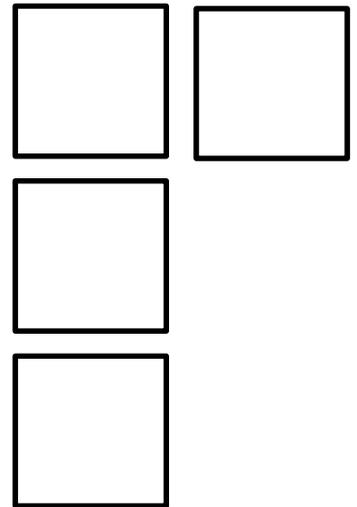
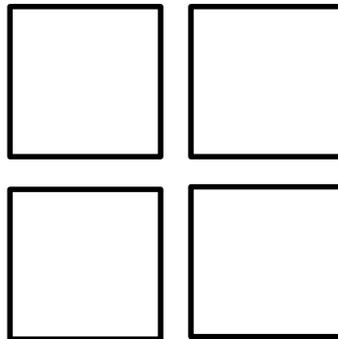
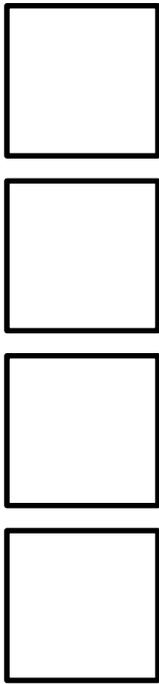
*Randomized Block Design (RBD)*

## 3.1 Introdução

- Sinônimos: *delineamento em blocos ao acaso*; *delineamento em blocos completos ao acaso*.
- Considerações sobre os *Princípios Básicos da Experimentação*: repetição, casualização e controle local (blocos)
- O mais utilizado em experimentação agrícola
- Menos exigente que o DIC quanto a homogeneidade das U.E.s

# 3.1 Introdução

O que são os blocos?



## 3.2 O Processo de Aleatorização

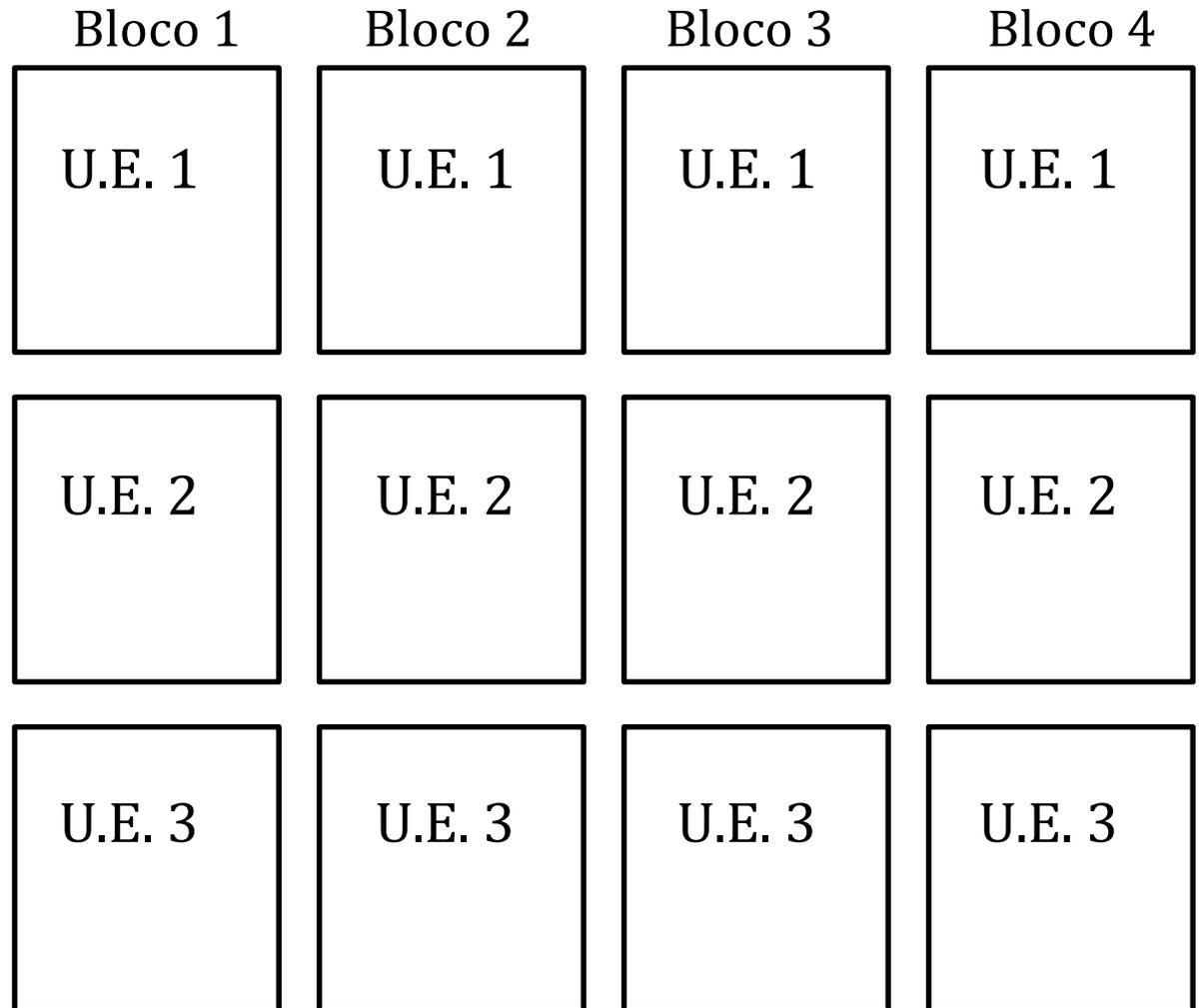
### Exemplo Ilustrativo

Experimento de competição de 3 cultivares de milho em DBC com 4 repetições

## 2.2 O Processo de Aleatorização

----- Croqui do experimento -----

Bloco	Cultivar	Sorteio U.E.
1	A	
1	V	
1	R	
2	A	
2	V	
2	R	
3	A	
3	V	
3	R	
4	A	
4	V	
4	R	



## 3.2 O Processo de Aleatorização

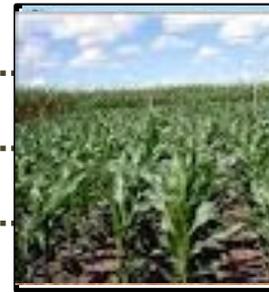


Bloco 1

Bloco 2

Bloco 3

Bloco 4



### 3.3 Coleta de dados - DBC

----- Croqui do experimento -----

<b>V</b> 5,3 t ha <sup>-1</sup>	<b>R</b> 2,5 t ha <sup>-1</sup>	<b>A</b> 5,4 t ha <sup>-1</sup>	<b>R</b> 3,7 t ha <sup>-1</sup>
<b>R</b> 5,1 t ha <sup>-1</sup>	<b>A</b> 4,6 t ha <sup>-1</sup>	<b>V</b> 4,5 t ha <sup>-1</sup>	<b>A</b> 5,2 t ha <sup>-1</sup>
<b>A</b> 6,0 t ha <sup>-1</sup>	<b>V</b> 3,8 t ha <sup>-1</sup>	<b>R</b> 3,8 t ha <sup>-1</sup>	<b>V</b> 4,1 t ha <sup>-1</sup>

## 3.4 Organização dos dados

Produtividade, em toneladas por hectare, de grãos de três cultivares de milho em experimento instalado em **DBC**

Bloco	Amarelo	Vermelho	Roxo	Totais
1	6,0	5,3	5,1	16,4
2	4,6	3,8	2,5	10,9
3	5,4	4,5	3,8	13,7
4	5,2	4,1	3,7	13,0
Totais	21,2	17,7	15,1	54,0

Como saber se os cultivares diferem entre si quanto a produtividade média de grãos?

## 3.5 Modelo Estatístico de ANOVA

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$  : valor observado da variável resposta  $Y$  na  
j – ésima repetição do i – ésimo tratamento

$\mu$  : média geral do experimento

$\beta_j$  : efeito do i – ésimo bloco

$\tau_i$  : efeito do i – ésimo tratamento

$\varepsilon_{ij}$  : erro ou efeito da variável residual associado  
a observação  $y_{ij}$

## 3.5 Modelo Estatístico de ANOVA

Índices ou indexadores:

de tratamento :  $i = 1, 2, \dots, I$

de repetição ou bloco :  $j = 1, 2, \dots, J$

Obs.: O número total (N) de observações é obtido por:  $N=IJ$

## 3.6 Análise de Variância - ANOVA

- Decomposição da variação total em causas conhecidas (tratamentos e blocos) e desconhecidas (erro experimental)
- Hipóteses a serem testadas – idem DIC

## 3.6 Obtenção da ANOVA - exemplo

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	5,1533	1,7178	20,54
Tratamentos	2	4,6850	2,3425	28,02
Resíduo	6	0,5017	0,0836	
Total	11	10,3400		

$$\hat{\mu} = \frac{1}{N} \sum_{i,j}^N Y_{ij} = \frac{1}{12} (6,0 + 4,6 + \dots + 3,7) = 4,5$$

$$CV(\%) = 100 \frac{\sqrt{QM(\text{Res})}}{\hat{\mu}} = 100 \frac{\sqrt{0,0836}}{4,5} \approx 6,42$$

## 3.7 Teste de Hipóteses: F

Passos:

- 1) Hipóteses
- 2) Nível de significância
- 3) Região crítica
- 4) Estatística do teste
- 5) Conclusão

$$F_{\text{Tab}} = 5,14$$

# 4. Comparativo: DIC vs. DBC

- Princípios básicos
- N<sup>o</sup> de repetições
- Tabela da ANOVA
- Perda de parcelas
- A exigência de homogeneidade interna dos blocos limita o n<sup>o</sup> de tratamentos

## ANOVA - DIC

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	4,6850	2,3425	3,73 <sup>NS</sup>
Resíduo	9	5,6550	0,6283	
Total	11	10,3400		

<sup>NS</sup> Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

CV%  $\approx$  17,62

## ANOVA - DBC

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	5,1533	1,7178	20,54*
Tratamentos	2	4,6850	2,3425	28,02*
Resíduo	6	0,5017	0,0836	
Total	11	10,3400		

\* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

CV%  $\approx$  6,42

# Exercícios

1. [arsilva.weebly.com](http://arsilva.weebly.com) >> dados >> laranja.txt
2. Dados de densidade populacional (plantas/acre) de feijão 4 semanas após plantio.

Block	EPTC + ethafluralin	flumioxazin + ethafluralin	flumioxazin + pendimethalin	flumioxazin + trifluralin	Handweeded	imazamox + bentazon	Nontreated
1	38334	16553	21781	22652	43562	39205	34849
2	33978	10455	20038	18296	36592	39205	41819
3	40077	14811	16553	30493	42690	35721	40948
4	40077	15682	20910	20910	46175	40948	40077

Fonte: <http://rstats4ag.org/anova.html#one-way-analysis-of-variance>