



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

*FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CAMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA - DEST*

Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC)

Prof. Rick Mangueira

rickanderson0310@yahoo.com.br

Aula passada

- **Experimento:** As observações são geradas, comumente sob condições controladas pelo pesquisador, de tal modo que os indivíduos avaliados sejam submetidos a condições específicas, denominadas tratamentos.

Aula passada

- **Tratamento:** São variações de um ou mais fatores de interesse em avaliar no estudo.
- Exemplos:
 - Variedades de soja, cana-de-açúcar, café,...
 - Raças de gado;
 - Linhagens de frango;
 - Inseticida para controle de determinada praga;
 - Espaçamentos entre linhas;
 - Doses de um determinado nutriente.
- **Tratamento controle ou testemunha:** Caracterizado pela ausência de tratamento (controle negativo) ou por um tratamento padrão (controle positivo).

Aula passada

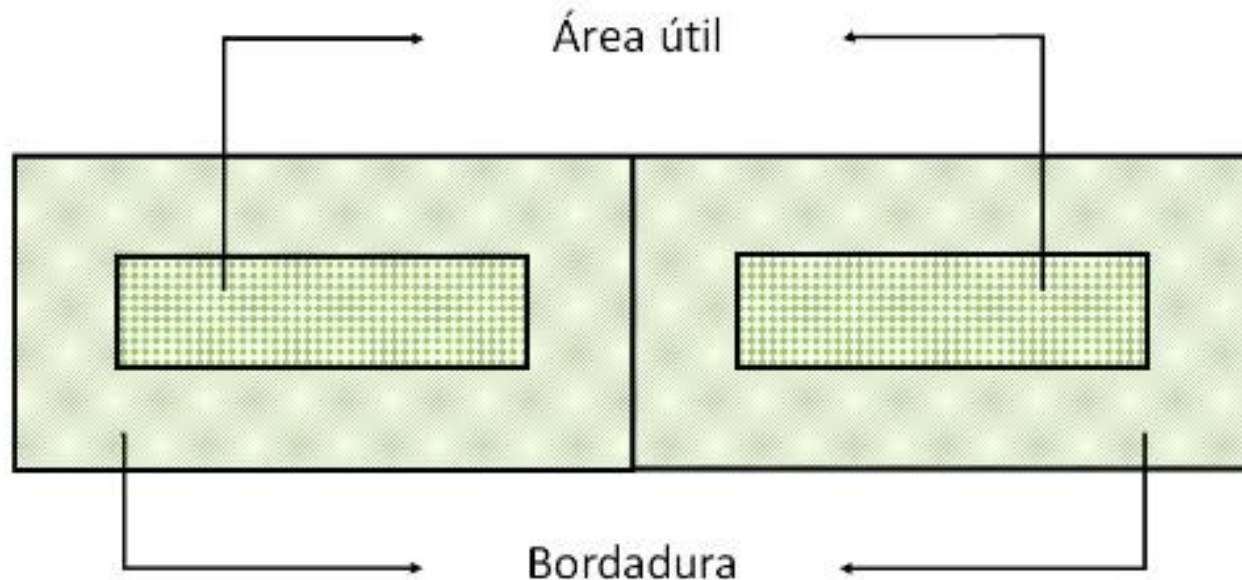
- **Unidades Experimentais ou Parcelas:** Entidade física ou biológica que irá fornecer os dados para as análises estatísticas. São as parcelas que irão receber os tratamentos.
- Exemplos: Um animal, um vaso com uma planta, um vaso com três plantas, cana-de-açúcar: cinco linhas de 10 metros, 5 galinhas, duas mangueiras.

Aula passada

- **Variável Resposta ou variável em análise:**
Característica medida ou observada no experimento.
- Exemplos: Peso, produtividade, altura, pH, DAP, Número de insetos mortos em n insetos, peso de matéria seca, altura na inserção da primeira espiga de milho, absorbância.

Aula passada

- **Bordadura:** Deve ser utilizada quando um tratamento atribuído a uma parcela pode influenciar a resposta observada na parcela vizinha. São comuns em experimentos de cana-de-açúcar, fungicidas, variedades que apresentam alturas diferentes (evitar sombreamento)



Aula passada

- Croqui: É um esquema ou desenho de como será o experimento, como os tratamentos estão aleatorizados nas parcelas, etc.

Alguns Experimentos



Alguns Experimentos



Alguns Experimentos



Alguns Experimentos



Alguns Experimentos



Alguns Experimentos



Alguns Experimentos



Experimento com abelhas



- Delineamento inteiramente ao acaso;
- Variável resposta: Temperatura nas caixas;
- Tratamentos: Caixa com sombra e sem sombra;
- Duas repetições;
- Unidade experimental ou Parcela: a caixa com abelhas.

Aula passada

- Princípios básicos da experimentação:
 - Casualização;
 - Repetição
 - Controle local
- Os três delineamentos experimentais são:
 - Inteiramente ao acaso (DIC)
 - Em blocos ao acaso (DBC)
 - Quadrado Latino (DQL)

Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC)

- É o mais simples de todos os delineamentos experimentais, e os experimentos instalados de acordo com este delineamento são chamados de **experimentos inteiramente casualizados ou experimentos inteiramente ao acaso**;
- Utiliza-se dos princípios básicos da **casualização e repetição**;
- Utilizado quando as condições do local de instalação do experimento são consideradas **homogêneas**;
- OBS: Na ausência de conhecimento sobre a uniformidade da área do experimento, é preferível a utilização de blocos.

Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC)

- Principais vantagens:
 - Qualquer número de repetições ou de tratamento pode ser usado, e o número de repetições pode variar de um tratamento para outro sem que isso dificulte a análise;
 - O número de graus de liberdade para o resíduo é o maior possível;

Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC)

- Exemplo: Supomos que estamos planejando um experimento de competição de inseticidas para o controle da mosca-branca-do-feijoeiro, com 5 tratamentos (4 inseticidas e uma **testemunha**), representados por A, B, C, D, E, com 5 repetições, no delineamento inteiramente casualizado. Para procedermos com a casualização dos tratamentos, devemos numerar as parcelas de 1 a 25 e colocar as repetições de cada tratamento em sequência:

Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC)

Área experimental.

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

Sortear uma sequência de números de 1 a 25 sem reposição.

Ex: 15 7 14 4 12 23 20 13 11 25 19 2 1 22 21 6 16 24 8 3
18 10 9 5 17

Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC)

Ex: 15 7 14 4 12 23 20 13 11 25 19 2 1 22 21 6 16 24 8 3 18 10 9 5 17

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

Croqui do experimento

Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC)

- Modelo matemático

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, 3, \dots, I \\ j = 1, 2, 3, \dots, J \end{array}$$

Em que:

- y_{ij} : valor observado na parcela que recebeu o tratamento i na repetição j ;
- μ : média total;
- τ_i : efeito do tratamento i aplicado na parcela;
- ε_{ij} : efeito dos fatores não controlados na parcela (erro).

OBS: No DIC, vamos considerar que I seja o número de tratamentos e J repetições.

Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC)

- Obtenção da análise de variância (ANOVA): Admitindo o modelo matemático do delineamento e satisfeitas as hipóteses básicas necessárias para validade da ANOVA (**Normalidade, homogeneidade de variâncias e independência**), podemos passar para obtenção da análise de variância do experimento.

Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC)

- Hipótese testada
 - $$\begin{cases} H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_I \\ H_1: \mu_i \neq \mu_{i'}, i \neq i' \end{cases}$$
- Teste F para verificar a hipótese nula de que as médias populacionais ou de tratamentos são iguais.

Exemplo - DIC

- Num experimento inteiramente casualizado de competição de cultivares de mandioca, realizado numa área perfeitamente homogênea quanto as condições experimentais, foram utilizados 5 cultivares e 5 repetições. Os cultivares utilizados foram: IAC 5(A)- IAC 7(B) – IAC 11(C) – IRACEMA(D) – MANTIQUEIRA (E). Verifique se a produtividade das cultivares é a mesma.



Exemplo - DIC

- A designação dos tratamentos às parcelas no campo, juntamente com as produtividades, em t/ha, é apresentada no quadro (CROQUI):

A_3 20,3	E_1 47,8	C_3 25,8	B_5 28,7	B_1 20,9
B_4 28,3	D_2 43,2	A_5 29,3	A_1 38,9	D_3 41,7
E_2 47,8	A_2 25,4	E_4 50,5	D_1 38,7	C_1 28,1
C_2 27,0	D_5 40,3	B_3 32,3	C_4 26,9	B_2 26,2
E_5 56,4	A_4 25,7	C_5 22,3	E_3 44,7	D_4 39,0

Exemplo - DIC

- Primeiro passo para obtenção da análise do experimento consiste na organização do quadro com os dados.

Tratamentos	Repetições					Totais	
	1	2	3	4	5		
A – IAC5	38,9	25,4	20,3	25,7	29,3	139,6	$\rightarrow \sum_{i,j} T_1$
B-IAC7	20,9	26,2	32,2	28,3	28,7	136,4	
C-IAC11	28,1	27,0	25,8	26,9	22,3	130,1	
D-IRACEMA	38,7	43,2	41,7	39,0	40,3	202,9	
E-MANTIQU.	47,8	47,8	44,7	50,5	56,4	247,2	
						856,2	$\rightarrow \sum_{i,j} y_{ij}$

Exemplo - DIC

- Obtenção da análise de variância:

Causa de variação	Graus de liberdade (GL)	Soma de quadrados (SQ)	Quadrados médios (QM)	F_{cal}
Tratamentos	$I-1$	SQ_{trat}	QM_{trat}	$\frac{QM_{trat}}{QM_{res}}$
Resíduo	$I(J-1)$	SQ_{res}	QM_{res}	-
Total	$IJ-1$	SQ_{Total}	-	-

Conclusão: **Rejeitamos H_0 se $F_{cal} > F_{tab}$** , e concluimos que há pelo menos um par de médias que diferem entre si.

$$F_{tab} = F_{(I-1, I(J-1), \alpha)}$$

OBS: Quando rejeitamos uma hipótese, dizemos que o teste foi **significativo**.

Exemplo - DIC

- Obtenção da análise de variância:

Causa de variação	Graus de liberdade (GL)	Soma de quadrados (SQ)	Quadrados médios (QM)	F_{cal}
Tratamentos	$I-1$	SQ_{trat}	QM_{trat}	$\frac{QM_{trat}}{QM_{res}}$
Resíduo	$I(J-1)$	SQ_{res}	QM_{res}	-
Total	$IJ-1$	SQ_{Total}	-	-

- $SQ_{Total} = \sum_{i,j} y_{ij}^2 - C$

- $C = \frac{(\sum_{i,j} y_{ij})^2}{IJ}$

$$I = 5$$

$$J = 5$$

- $SQ_{trat} = \frac{\sum_{I=1}^I T_I^2}{J} - C$

- $SQ_{res} = SQ_{Total} - SQ_{trat}$

Exemplo - DIC

- Obtenção da análise de variância:

Causa de variação	Graus de liberdade (GL)	Soma de quadrados (SQ)	Quadrados médios (QM)	F_{cal}
Tratamentos	4	SQ_{trat}	QM_{trat}	$\frac{QM_{trat}}{QM_{res}}$
Resíduo	20	SQ_{res}	QM_{res}	-
Total	24	SQ_{Total}	-	-

$$C = \frac{(\sum_{i,j} y_{ij})^2}{IJ} = \frac{(856,2)^2}{5 * 5} = \frac{733078,44}{25} = 29323,1376$$

$$SQ_{Total} = \sum_{i,j} y_{ij}^2 - C = 38,9^2 + 25,4^2 + \dots + 56,4^2 - C =$$

$$SQ_{Total} = 31832,60 - 29323,1376 = 2509,46$$

Exemplo - DIC

- Obtenção da análise de variância:

Causa de variação	Graus de liberdade (GL)	Soma de quadrados (SQ)	Quadrados médios (QM)	F_{cal}
Tratamentos	4	SQ_{trat}	QM_{trat}	$\frac{QM_{trat}}{QM_{res}}$
Resíduo	20	SQ_{res}	QM_{res}	-
Total	24	2509,46	-	-

$$SQ_{trat} = \frac{\sum_{I=1}^I T_I^2}{J} - C = \frac{(139,6^2 + 136,4^2 + 130,1^2 + 202,9^2 + 247,2^2)}{5} - 29323,14 =$$

$$SQ_{trat} = 31459,076 - 29323,14 = 2135,936$$

$$SQ_{res} = SQ_{Total} - SQ_{trat} = 2509,46 - 2135,936 = 373,52$$

Exemplo - DIC

- Obtenção da análise de variância:

Causa de variação	Graus de liberdade (GL)	Soma de quadrados (SQ)	Quadrados médios (QM)	F_{cal}
Tratamentos	4	2135,936	QM_{trat}	$\frac{QM_{trat}}{QM_{res}}$
Resíduo	20	373,52	QM_{res}	-
Total	24	2509,46	-	-

- $$QM_{trat} = \frac{SQ_{trat}}{l-1} = \frac{2135,936}{4} = 533,99$$

- $$QM_{res} = \frac{SQ_{res}}{l(J-1)} = \frac{373,52}{20} = 18,68$$

Exemplo - DIC

- Obtenção da análise de variância:

Causa de variação	Graus de liberdade (GL)	Soma de quadrados (SQ)	Quadrados médios (QM)	F_{cal}
Tratamentos	4	2135,936	533,99	$\frac{QM_{trat}}{QM_{res}}$
Resíduo	20	373,52	18,68	-
Total	24	2509,46	-	-

- $F_{cal} = \frac{QM_{trat}}{QM_{res}} = \frac{533,99}{18,68} = 28,59$
- $F_{tab} = F_{(\nu_1; \nu_2; \alpha)} = F_{(4; 20; 5\%)} = 2,87$
- $\nu_1 = I - 1$
- $\nu_2 = I(J - 1)$

Exemplo - DIC

- Obtenção da análise de variância:

Causa de variação	Graus de liberdade (GL)	Soma de quadrados (SQ)	Quadrados médios (QM)	F_{cal}
Tratamentos	4	2135,936	533,99	28,59*
Resíduo	20	373,52	18,68	-
Total	24	2509,46	-	-

- $F_{tab} = F_{(v_1;v_2;\alpha)} = F_{(4;20;5\%)} = 2,87$

Conclusão: Como o valor calculado foi maior que o tabelado ao nível de 5% de significância, o teste foi significativo. Sendo assim, concluimos que os cultivares testados (pelo menos dois) possuem efeitos diferentes sobre a produtividade de mandioca.

Algumas estatísticas importantes de um experimento

- Média geral: $\bar{Y} = \frac{\sum_{ij} y_{ij}}{IJ}$;
- Variância: $S^2 = Qm_{res}$;
- Desvio padrão: $S = \sqrt{Qm_{res}}$

Algumas estatísticas importantes de um experimento

- Coeficiente de variação: $CV = \frac{S}{\bar{Y}} * 100$

OBS: O coeficiente de variação dá uma ideia da **precisão do experimento**. Tendo em vista os CV obtidos comumente nos **ensaaios agrícolas** de campo, pode-se considerar que:

Baixo: $CV < 10\%$

Médio: $10\% < CV < 20\%$

Alto: $20\% < CV < 30\%$

Muito alto: $CV > 30\%$

Exercício DIC - quadro

1) Suponhamos um experimento de alimentação de cabras em que se usaram quatro rações (A, B, C, D), cada uma fornecida a cinco animais escolhidos ao acaso. O aumento de peso observado, em Kg, constam na tabela:

Rações			
A	B	C	D
35	40	39	27
19	35	27	12
31	46	20	13
15	41	29	28
30	33	45	30
130	195	160	110



Exercício DIC - Alunos

2) Dois tratamentos foram estudados (Feno alfafa e feno quicuio) para alimentação de leitoas Duroc Jersey bem homogêneas. A quatro leitoas escolhidas ao acaso foi fornecida a ração com feno alfafa, e as quatro restantes o feno quicuio. Os ganhos de peso no período experimental (três meses) são:



Feno de alfafa	Feno de quicuio
67,5	65,0
70,5	58,5
76,0	65,0
67,5	64,0

- A. O que é a parcela nesse experimento?
- B. Qual a variável resposta?
- C. Calcule a média e o CV.

D. Faça a ANOVA e verifique se há diferença no ganho de peso nos dois tratamentos testados (considerar $\alpha=5\%$).

Exercício DIC - Alunos

O que é a parcela nesse experimento? (A leitoa)

Qual a variável resposta? (Ganho de peso)

Calcule a média e o CV. (66,75;5,38%)

Causa de variação	Graus de liberdade (GL)	Soma de quadrados (SQ)	Quadrados médios (QM)	F_{cal}
Tratamentos	1	105,13	105,13	8,15*
Resíduo	6	77,37	12,90	-
Total	7	182,50	-	-

O teste foi significativo a 5% de significância. Sendo assim, há diferença no ganho de peso nos grupos que receberam os dois tipos da ração.

Delineamento Inteiramente Casualizado no R

Material da aula

Disponível em:

<https://github.com/rickmangueira/aulas>

Referências

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. Experimentação agrícola. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2013.

BARBIN, D. Planejamento e análise estatística de experimentos agronômicos. 2 ed. Londrina: Mecenass, 2013.

HINKELMANN, K.; KEMPTHORNE, O. Design and analysis of experiments. 2. ed. New York: John Wiley, 2007.

MONTGOMERY, D. C. Design and analysis of experiments. 8. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2012.