

2ª. aula - **PRINCÍPIOS BÁSICOS DA EXPERIMENTAÇÃO****Experimentação Agrícola – Banzato e Kronka (1992)**

1. **INTRODUÇÃO:** A pesquisa científica está constantemente utilizando experimentos para provar suas hipóteses. Eles variam de uma pesquisa para outra, porém, todos eles são regidos por alguns princípios básicos.

Por quê se faz experimento?

**ACASO × ALEATÓRIO**

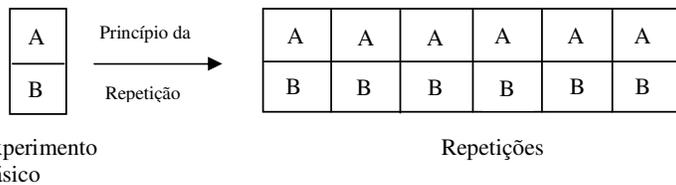
2. **PRINCÍPIO DA REPETIÇÃO**

Ao compararmos, por exemplo, duas rações (A e B), aplicadas a dois animais (parcelas) os mais semelhantes possíveis, apenas o fato da ração A ter apresentado maior produção animal que a B não é suficiente para que possamos concluir que a mesma é mais eficiente, pois essa sua melhor produção poderá ter ocorrido por simples acaso ou ter sido influenciado por fatores estranho (genética - diferença individual). Porém, se as duas rações forem aplicadas a vários animais (parcelas) e, ainda assim, verificamos que a ração A apresenta em média, maior produção animal, existe já um indício de que ela seja realmente mais produtiva.

Ex.: Dois herbicidas (A e B) para controle de ervas daninhas em Pastagem. A apresenta maior controle. Repetindo e ainda A controlar melhor.

Consiste - na reprodução do experimento básico.

Finalidade - propiciar a obtenção de uma boa estimativa do erro experimental, e assim, procurando confirmar a resposta que os indivíduos, plantas, animais, material dão a um determinado tratamento.

3. **PRINCÍPIO DA ALEATORIZAÇÃO**

Mesmo reproduzindo o experimento básico, poderá ocorrer que a ração A apresenta maior produção por ter sido favorecida por qualquer fator, como, por exemplo, ter todos os animais geneticamente superiores, ou provenientes de um lote onde eram mais bem tratados, etc. Para evitar que uma das rações seja sistematicamente favorecida por qualquer fator externo, procedemos à aleatorização das rações nas parcelas, isto é, elas são designadas às parcelas de forma totalmente aleatória.

Ex.: Dois herbicidas (A e B). O herbicida A pode ter apresentado maior controle por ter ficado numa faixa de menor infestação. Devemos aleatorizar os herbicidas nas parcelas.

Consiste - sorteio dos tratamentos nas parcelas.

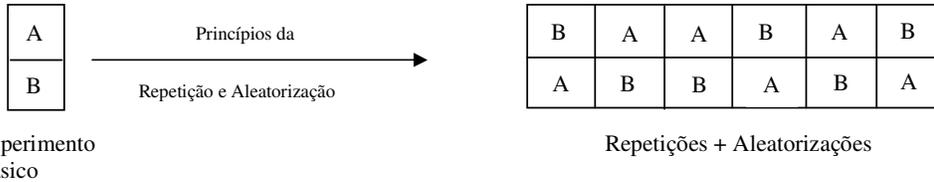
Finalidade - propiciar a todos os tratamentos a mesma probabilidade de serem designados a qualquer uma das parcelas.

- Com isso, estaremos oferecendo a mesma chance a todos os tratamentos de ocuparem uma determinada posição ou parcela na área experimental. Elimina-se com isso a intuição ou desejo involuntário de proteger determinado(s) tratamento(s).

## CENÁRIO: COLETA DE DADOS

**EXPERIMENTOS CEGOS** – São aqueles nos quais o pesquisador pesa, mede ou observa cada unidade experimental sem saber a que grupo (tratamento) pertence aquela unidade. Isso evita **tendenciosidade**. Nessa fase do experimento o pesquisador precisa do apoio de outro técnico. Esse técnico deve tomar a unidade experimental e entregar a unidade ao pesquisador, que fará as medições sem saber a que grupo pertence a unidade experimental.

**DUPLAMENTE CEGOS** - São aqueles com pessoas (ensaios clínicos, sensoriais), em que não se deve informar à pessoa o grupo para o qual foi designada. Também se devem manter alheios ao resultado do sorteio todos os profissionais envolvidos no trato dessas pessoas. O pesquisador que faz as medições ou observações deve fazê-lo sem saber a que grupo pertence a pessoa que examina. Não se deve informar ao paciente/juiz qual grupo ele/ela se encontra (tratado, placebo)



Se, ainda, o herbicida **A** apresentar maior controle, é de se esperar que essa conclusão seja realmente válida.

**OBS:** Toda pesquisa experimental deve, obrigatoriamente, aplicar os princípios da Repetição e Aleatorização.

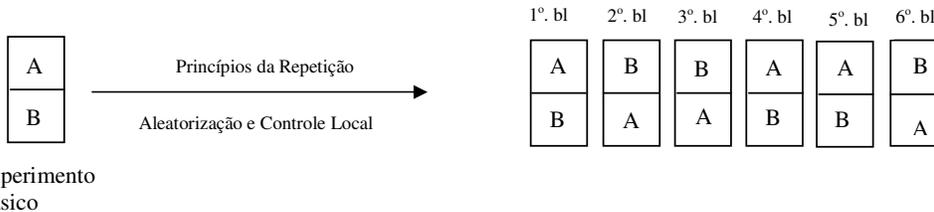
## 4. PRINCÍPIO DO CONTROLE LOCAL

É freqüentemente utilizado, mas não é obrigatório.

Consiste - Em aplicar os tratamentos em parcelas as mais homogêneas possíveis com relação ao ambiente, pessoa, animal, podendo haver, inclusive, variação acentuada de um grupo para outro de parcelas. A cada grupo de parcelas denominamos **BLOCO**.

Ex<sub>1</sub>.: Aplicar as rações (**A**, **B**) a pares de animais de mesma raça (ou idade ou sexo), podendo haver diferença de raça de um par para outro.

Ex<sub>2</sub>.: Aplicar os herbicidas a pares de parcelas as mais homogêneas possíveis com relação ao ambiente. Pode inclusive, colocar um grupo de parcelas em uma cidade, outro grupo em outra, etc.



**Obs<sub>1</sub>**.: No bloco, ocorrem todos os tratamentos.

**Obs<sub>2</sub>**.: Dentro do bloco pode haver duas ou mais repetições.

**Finalidade** - Dividir o material experimental (animais) ou ambiente heterogêneo em grupo de material experimental (animais) ou sub-ambientes homogêneos e tornar o delineamento experimental mais eficiente, pela redução do erro experimental.

**Sir Ronald Aylmer Fisher** - Desenvolveu uma técnica denominada Análise de Variância

Nascido: 17 Feb 1890 em Londres, Inglaterra

Falecido: 29 July 1962 in Adelaide, Austrália



**Ronald Fisher** recebeu o B.A. (Bacharelado em Artes e Ciências) em astronomia pela Universidade de Cambridge em 1912. Ele estudou a teoria dos erros usando o manual de **George Biddell Airy** sobre a *Teoria dos Erros*. Fisher estava interessado na teoria dos erros em observações de astronomia o que o conduziu a investigar problemas estatísticos.

Fisher renunciou ao ensino da matemática em 1919 para trabalhar na “ Rothamsted Agricultural Experiment Station” onde ele trabalhou como biólogo e deu muitas contribuições a ambos: estatística e genética. Ele teve uma longa disputa com [Pearson](#) e ele recusou um posto abaixo dele, escolhendo ir para Rothamsted. Ele estudou os delineamentos de experimentos introduzindo o conceito de aleatorização e análise de variância, procedimentos até hoje usado em toda parte do mundo, e em todos os campos do conhecimento humano.

Em 1921 ele introduziu o conceito de verossimilhança. A verossimilhança de um parâmetro é proporcional a probabilidade dos dados e fornece uma função a qual tem geralmente um valor máximo, o qual ele chamou de máxima verossimilhança.

Em 1922 ele deu uma nova definição de estatística. Seu propósito era a redução dos dados e ele identificou três problemas fundamentais:

- (i) Especificação do tipo de população de onde provinham os dados.
- (ii) Estimação.
- (iii) Distribuição.

Dentre as contribuições de Fisher inclui-se o desenvolvimento dos métodos adequados para pequenas amostras, Como aqueles de [Gosset](#), o descobridor da distribuição precisa de muitas estatísticas amostrais e a invenção da análise de

variância. Ele introduziu o termo máxima verossimilhança e estudou testes de hipóteses.

Fisher é considerado um dos fundadores da estatística moderna por causa de suas contribuições muito importantes.

Foi eleito membro da “ Royal Society” em 1929, foi agraciado com a medalha Real da Sociedade em 1938 e foi agraciado com a medalha Darwin da Sociedade em 1948:-

*... in recognition of his distinguished contributions to the theory of natural selection, the concept of its gene complex and the evolution of dominance.*

Então, em 1955, ele foi agraciado com a medalha Copley da “ Royal Society” :-

*... in recognition of his numerous and distinguished contributions to developing the theory and application of statistics for making quantitative a vast field of biology.*

**Article by: J J O'Connor and E F Robertson**

## 5. RELAÇÕES ENTRE OS PRINCÍPIOS BÁSICOS DA EXPERIMENTAÇÃO E OS DELINEAMENTOS EXPERIMENTAIS

**Análise da Variância:** Consiste - Na decomposição dos graus de liberdade e da variância total de um material heterogêneo (grupo de animais) em partes, atribuída a causas conhecidas e independentes e a uma porção residual de origem desconhecida e de natureza casual ou acidental.

Obs.: Os princípios da repetição e da aleatorização devem no mínimo, fazerem parte de um ensaio, para que se possa utilizar a metodologia estatística, a fim de que possamos obter uma estimativa válida para o erro experimental.

5.1. Delineamento Inteiramente Aleatorizado ou Completamente Aleatorizado → É aquele que utiliza os princípios da REPETIÇÃO e da ALEATORIZAÇÃO.

Quando utilizar: Quando tiver absoluta certeza da homogeneidade das condições experimentais.

Exemplo: Consideremos que estamos planejando um experimento para estudar o efeito de 5 rações (A, B, C, D, E), com 5 repetições, no delineamento inteiramente aleatorizado.

Procedimento: 1 - Numerar os animais de 1 a 25 e colocar as rações em sequência:

A<sub>1</sub> A<sub>2</sub> A<sub>3</sub> A<sub>4</sub> A<sub>5</sub>      B<sub>1</sub> B<sub>2</sub> B<sub>3</sub> B<sub>4</sub> B<sub>5</sub>      C<sub>1</sub> C<sub>2</sub> C<sub>3</sub> C<sub>4</sub> C<sub>5</sub>      D<sub>1</sub> D<sub>2</sub> D<sub>3</sub> D<sub>4</sub> D<sub>5</sub>  
E<sub>1</sub> E<sub>2</sub> E<sub>3</sub> E<sub>4</sub> E<sub>5</sub>

2. Sortear uma sequência de números de 1 a 25 (animais).

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  
 └──────────┬──────────┬──────────┬──────────┬──────────┘                      └──────────┬──────────┬──────────┬──────────┬──────────┘

usando tabela de números aleatórios ou fichas numeradas ou a função RAND de uma calculadora ou um sistema computacional.

3. Atribuir as rações aos animais sorteados:

Ração	Animal
A <sub>1</sub>	15
A <sub>2</sub>	7
A <sub>3</sub>	14
A <sub>4</sub>	4
A <sub>5</sub>	12
B <sub>1</sub>	23
B <sub>2</sub>	20
⋮	
E <sub>5</sub>	17

Esquema de Análise de Variância do Experimento:

Fonte de Variação	G.L.
Rações	4
Resíduo	20 por diferença
Total	24

D.I.A.:

**UTILIZADOS** – Em ensaios de laboratórios e casas de vegetação, nos quais as condições experimentais podem ser perfeitamente controladas e nele temos apenas duas causas ou fontes de variação:

TRATAMENTOS (causa conhecida ou fator controlado e de estudo) e RESÍDUO OU ERRO (Causa desconhecida, de natureza aleatória, que reflete o efeito dos fatores não controlados).

**EXERCÍCIO:** Planeje um ensaio de competição de 3 variedades de forrageiras e uma padrão (testemunha) com 7 repetições, no DIA. Mostre o croqui do campo, e o esquema da ANVA.

## 5.2. DELINEAMENTO ALEATORIZADO EM BLOCOS

É aquele que utiliza os princípios da REPETIÇÃO, ALEATORIZAÇÃO E CONTROLE LOCAL

**Quando utilizar** – Se as condições experimentais (temperatura, umidade, insolação, vento, fertilidade) ou material (plantas, animais, pessoas, dentes) forem sabidamente heterogêneas.

**Exemplo:** Deseja-se testar a influência do farelo de soja na alimentação de bovinos. Em função do teor de proteína do farelo de soja experimentar-se-á as seguintes dosagens: 12, 15, 19, 25 e 30%, usando-se 15

animais de 3 raças distintas (Nelore, Guzerá e Gir). Para se avaliar a influência dos níveis de soja utilizar-se-á as variáveis respostas:

1. Peso aos 140 dias.
2. Dias necessários para se alcançar 550 kg de peso. Alguns animais serão precoces, outros tardios, mas que isso seja em função das doses, não do material biológico em experimentação.

#### PROCEDIMENTO:

1. Numerar os animais de 1 a 5 em cada raça e colocar as dosagens em seqüência

D<sub>1</sub> D<sub>2</sub> D<sub>3</sub> D<sub>4</sub> D<sub>5</sub>

2. Sortear 3 seqüências de números de 1 a 5 (animais)

4	1	3	5	2	(Nelore)
3	2	1	4	5	(Guzerá)
5	1	4	3	2	(Gir)

3. Atribuir as dosagens aos animais sorteados dentro das raças (Blocos)

	Nelore	Guzerá	Gir
D <sub>1</sub>	4	3	5
D <sub>2</sub>	1	2	1
D <sub>3</sub>	3	1	4
D <sub>4</sub>	5	4	3
D <sub>5</sub>	2	5	2

#### ESQUEMA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO ENSAIO

Fonte de variação	G.L.
Raças (Blocos)	2
Dosagens (Tratamentos)	4
Resíduo	(8) (baixo)
Total	14

O uso do controle local reduz os graus de liberdade do resíduo. Devemos aumentar o número de parcelas.

**OBS<sub>1</sub>:** O número de graus de liberdade do resíduo é um indicador da precisão da análise. Assim, deve-se fazer o controle local quando realmente for necessário. Portanto, controle local desnecessário somente irá causar menor sensibilidade à análise de variância.

**OBS<sub>2</sub>:** Em experimentos de campo, com plantas nas parcelas, a variabilidade é ainda maior se pensarmos que as plantas estão sujeitas aos ventos, chuvas, sol, ataques de pragas e doenças, de pássaros, de morcegos etc..

**OBS<sub>3</sub>:** Uma regra empírica diz que o resíduo deve ter no mínimo 12 graus de liberdade para que se possa estimar a nível nominal o erro experimental, e no mínimo 20 parcelas no total.

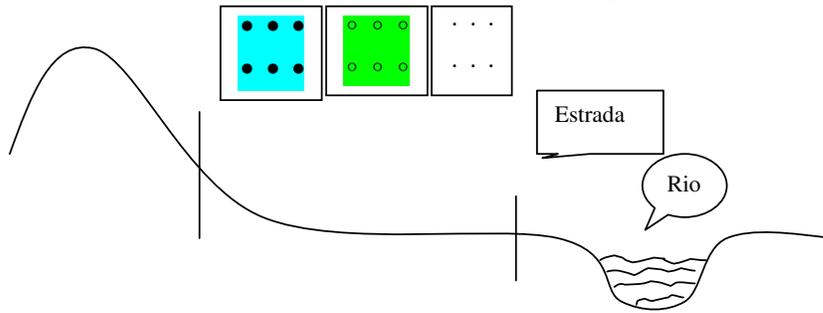
**OBS<sub>4</sub>:** Existem testes "Ad hoc" que verificam se o tamanho da amostra (número de repetições) é suficiente para estimar o ruído (erro experimental). No entanto há críticas a esses testes, porque eles são realizados após os dados terem sido coletados.

**OBS<sub>5</sub>:** Se tiver que aumentar os graus de liberdade do resíduo, o faça aumentando o número de repetições e não o número de tratamentos.

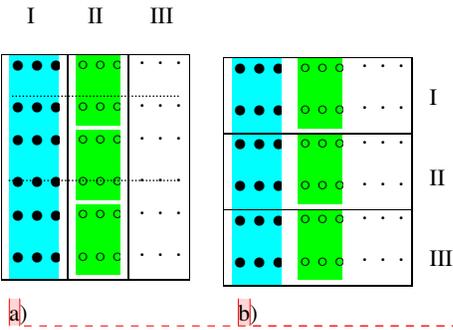
D.A.B.:

UTILIZADOS – Em ensaios de campo, onde é maior a heterogeneidade das condições experimentais de um bloco para outro. Maior será a eficiência destes delineamentos em relação ao DIA.

Ex.

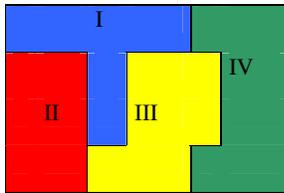


DISPOSIÇÃO DOS BLOCOS



[P1SB1] Comentário: Correta  
 [P1SB2] Comentário: Incorreta

FORMA DOS BLOCOS: quadradas, retangulares ou irregulares, dependendo da uniformidade das condições experimentais dentro de cada bloco.



Diferentes formas de blocos em um experimento

Exercício: Planeje um ensaio de competição de 5 inseticidas em 4 blocos no controle da mosca das pastagens. (Croqui e Esquema).

5.3 DELINEAMENTO EM QUADRADO LATINO

São aqueles que utilizam os princípios da REPETIÇÃO, ALEATORIZAÇÃO e CONTROLE LOCAL, exagerando neste último.

QUANDO UTILIZAR – Quando as condições experimentais forem muito heterogêneas, obrigando-nos a controlar dois tipos de heterogeneidade.

Exemplo: Deseja-se experimentar 5 rações (A, B, C, D, E) e se dispõe de 5 raças e 5 capins distintos usados para pastagens.

Evidência: Cada ração deve ser experimentada em cada uma das raças e com cada um dos capins.

	RAÇA 1	RAÇA 2	RAÇA 3	RAÇA 4	RAÇA 5
CAPIM 1	B	E	D	A	C
CAPIM 2	C	A	B	D	E
CAPIM 3	D	B	C	E	A
CAPIM 4	A	C	E	B	D
CAPIM 5	E	D	A	C	B

Obs.: Número de linhas deve ser igual ao número de colunas

Número de repetições = número de tratamentos

É um quadrado perfeito 5 X 5

Causa de variação	G.L.
Linhas (capins)	4
Colunas (raças)	4
Tratamentos (rações)	4
Resíduo	12
Total	24

### TRABALHO DE PESQUISA:

Ler um artigo científico de sua área, cujo delineamento tenha sido o inteiramente aleatorizado. Fazer uma crítica ao trabalho apresentado. Verificar se definiu parcela, repetição, delineamento.

Título, objetivo(s) principal (ais), resultado, revisão bibliográfica e conclusão.

Dizer ao final se você consegue reproduzir o ensaio.