

Uma idéia de Planejamento de Experimentos

Claudia Regina Lima

Cristiano Ferraz

Departamento de Estatística, UFPE

E-mail: claudia@de.ufpe.br

cferraz@de.ufpe.br

- Nós aprendemos, muitas coisas, no nosso dia a dia, experimentando.
- A idéia de experimentar é antiga.
- Técnica de pesquisa no século XX.
- Sir Ronald A. Fischer (1890-1962) formalizou a experimentação.
- Origem na experimentação agrícola.

Um experimento está planejado quando estão definidos:

- Unidade experimental;
- A variável em análise e a forma como será medida;
- Os tratamentos em comparação;
- A forma como os tratamentos serão designados às unidades experimentais.

Unidade experimental

Pode ser:

- um animal,
- uma peça fabricada,
- uma pessoa,
- um programa, ...

Tratamentos:

Indica o que está em comparação:

- Fertilizantes;
- Inseticidas;
- Variedades;
- Máquinas;
- Métodos;
- Produtos;
- Materiais,...

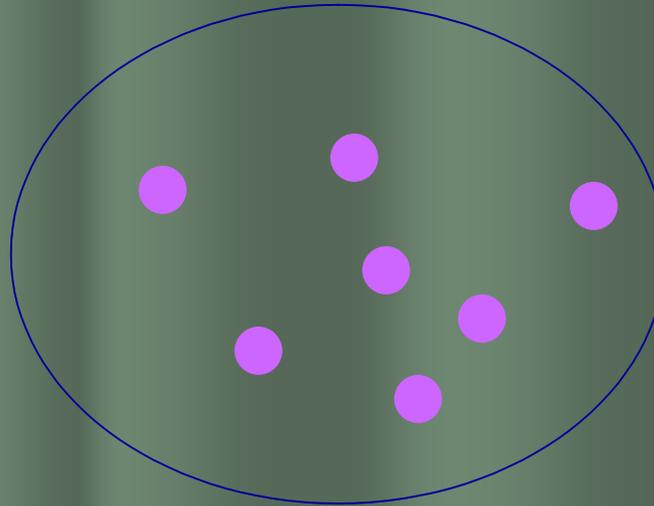
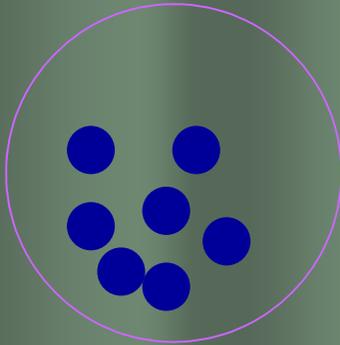
Mas, o interesse nem sempre é o de comparar tratamentos

- Um determinado tratamento tem efeito?
- Grupo tratado X grupo controle.
- EX: efeito de vitamina C na prevenção de resfriados.

Réplicas

- A idéia é comparar grupos, não apenas unidades.
- As unidades de um mesmo grupo são chamadas de réplicas.
- Por que fazer réplicas?
- Ex.: Um determinado hormônio tem efeito no peso de ratos?
- Usaremos um rato ou um grupo de ratos?

Variabilidade



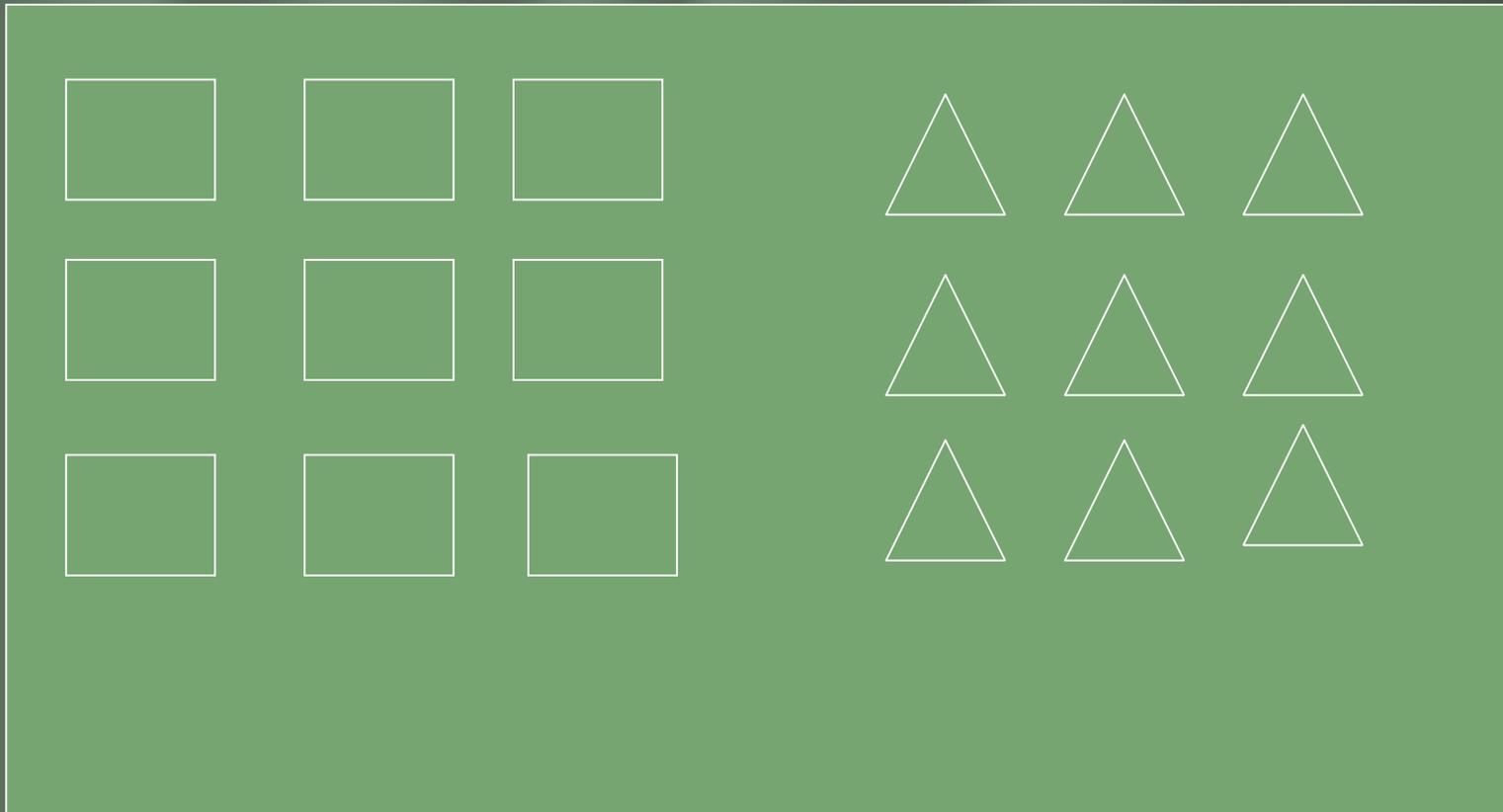
- Quanto mais homogêneo, menor o número de réplicas necessário para mostrar o efeito do tratamento.

O número de réplicas que devem ser usadas deve ser calculado levando-se em consideração:

- Referências
- Recursos disponíveis

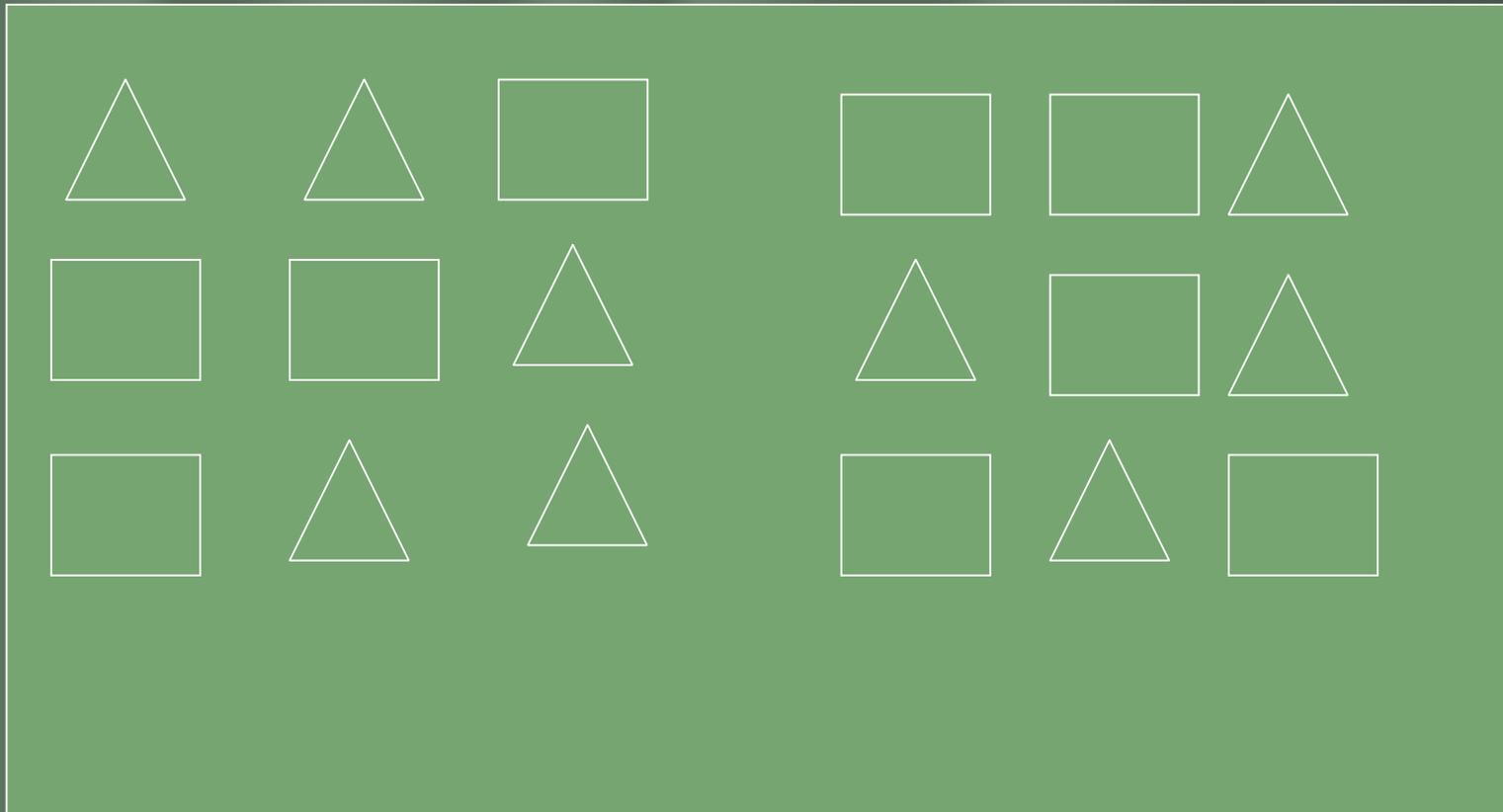
Aleatorização:

Experimento sem aleatorização:



Aleatorização:

Experimento com aleatorização:



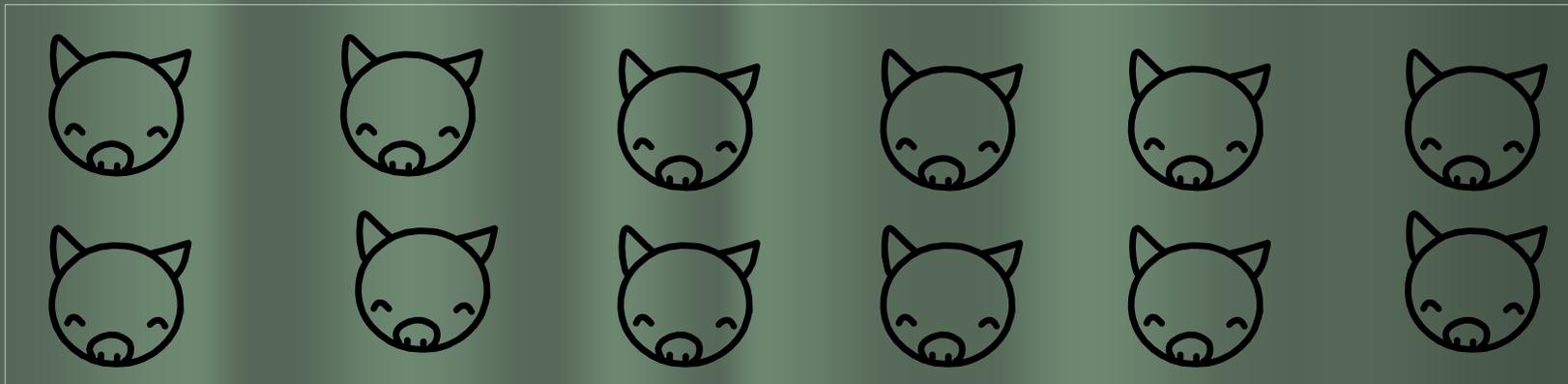
Aleatorização

- Foi formalmente proposta por Fisher na década de 20.
- É uma das maiores contribuições dos estatísticos à ciência experimental.
- Só a aleatorização garante que unidades com características diferentes tenham igual probabilidade de serem designadas para os dois grupos.
- É razoável acreditar que dois grupos, formados por sorteio, têm grande probabilidade de serem similares.
- Se os grupos são similares no início do experimento, é razoável creditar ao tratamento uma diferença expressiva que se observe entre os grupos, isto é, uma diferença que não possa ser facilmente atribuída ao acaso.

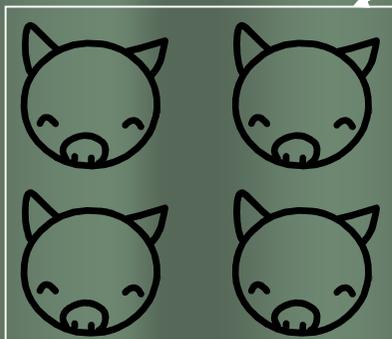
Delimitamento do Experimento

Formas de proceder a aleatorização

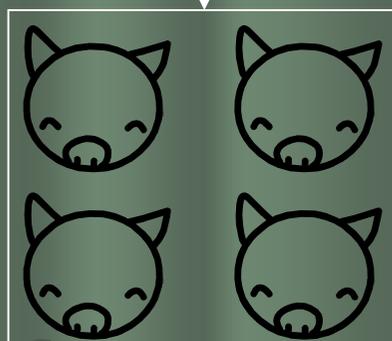
Experimento inteiramente ao acaso



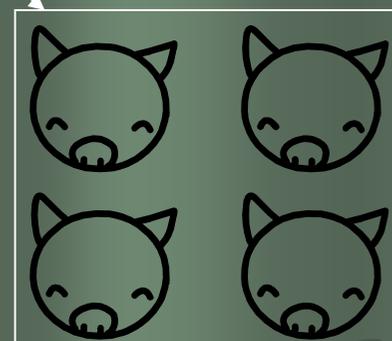
Sorteio



A



B



C

Experimento inteiramente ao acaso com número diferente de repetições



Sorteio



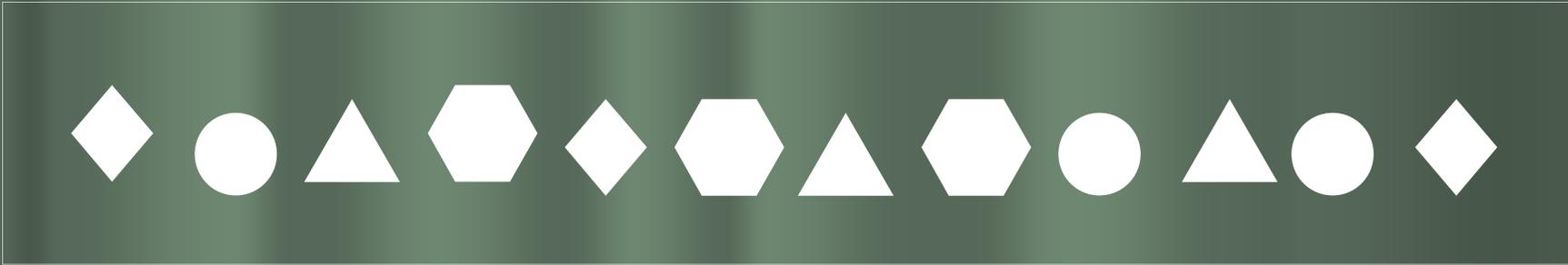
Método 1



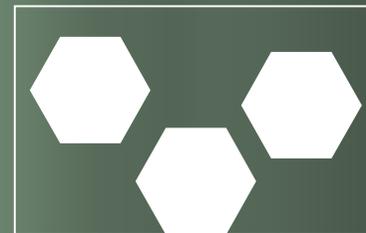
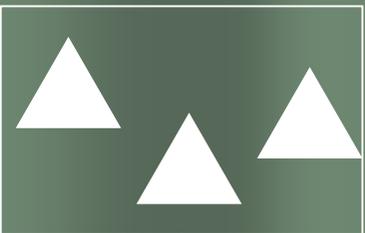
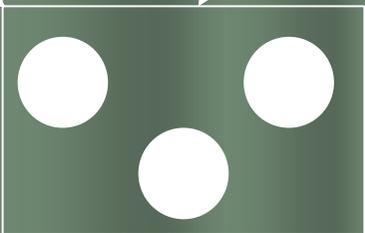
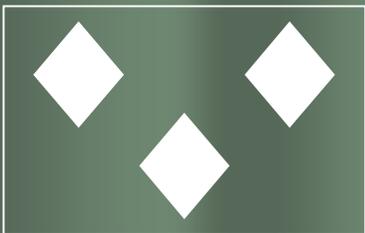
Método 2

Experimentos em Blocos

- As unidades apresentam uma certa heterogeneidade.



Blocos

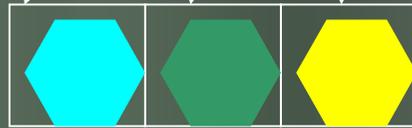
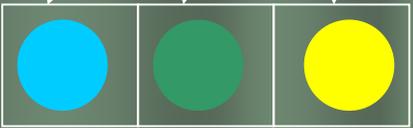


Sorteio

Sorteio

Sorteio

Sorteio



A

B

C

A

B

C

A

B

C

A

B

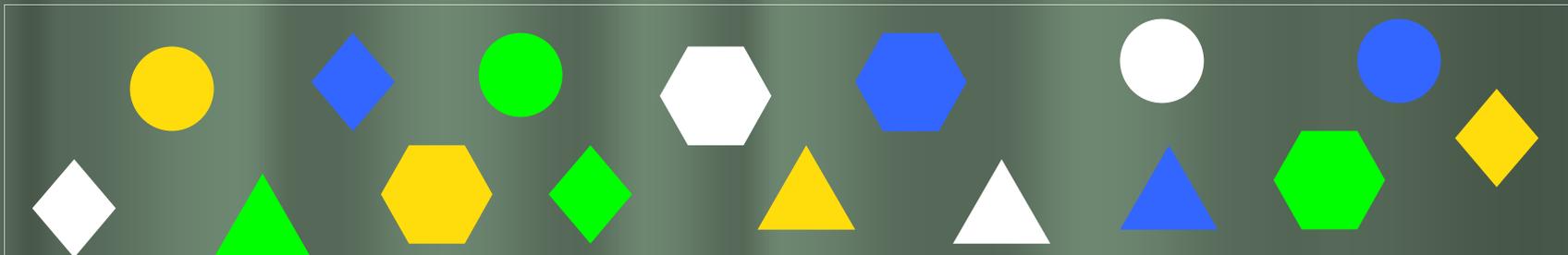
C

- Os blocos podem ser:
 - Uma faixa de terra;
 - Uma ala de estufa;
 - Um período de tempo;
 - Uma ninhada;
 - Uma partida de produtos industriais;
 - Uma faixa de idade.
- Depende do que está em experimentação.

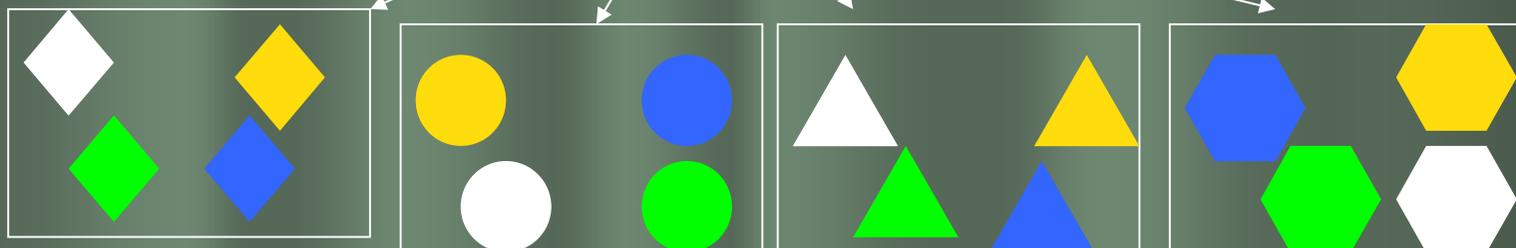
O essencial é que os **blocos** reúnam **unidades similares** – que se distingam apenas pelo tratamento que recebem – e que haja **variabilidade entre blocos**.

Quadrado Latino

- Controlam duas causas de variação, isto é, têm dois tipos de blocos.
- Ex.: Comparar o efeito de quatro rações no ganho de peso de suínos.
 - Os animais disponíveis são diferentes em raça e em peso.
 - Bloco: Peso
 - Bloco: Raça



Coluna



Linha

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

O plano experimental completamente aleatorizado: análise formal

Modelo linear derivado:

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

Geração de uma ANOVA:

$$y_{ij} = \bar{y}_{..} + (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..}) + (y_{ij} - \bar{y}_{i.})$$

$$\therefore (y_{ir} - \bar{y}_{..}) = (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..}) + (y_{ir} - \bar{y}_{i.})$$

O plano experimental completamente aleatorizado: análise formal

Modelo linear derivado:

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

Geração de uma ANOVA:

$$y_{ij} = \bar{y}_{..} + (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..}) + (y_{ij} - \bar{y}_{i.})$$

$$\therefore (y_{ir} - \bar{y}_{..}) = (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..}) + (y_{ir} - \bar{y}_{i.})$$

O plano experimental completamente aleatorizado: análise formal

Geração de uma ANOVA:

$$\sum_{ij} (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 = k \sum_l (\bar{y}_{l.} - \bar{y}_{..})^2 + \sum_{ij} (y_{ij} - \bar{y}_{i.})^2$$

$$SQ_{Total} = SQ_{Entre} + SQ_{Dentro}$$

$$SQ_{Total} = SQ_{Trat} + SQ_{Resíduo}$$

O plano experimental completamente aleatorizado: análise formal

ANOVA Plano Completamente Aleatorizado

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p
Tratamento	$t-1$	SQTrat	QMTrat	Fo	p
Resíduo	$t(r-1)$	SQResíduo	QMResíduo		
Total	$rt-1$	SQTotal			

$$QMTrat = SQTrat / t-1$$

$$QMResíduo = SQResíduo / t(r-1)$$

$$Fo = QMTrat / QMResíduo$$

$$p = \text{prob}(|F| > Fo)$$

Um outro tipo de experimento...

- Objetivo: comparar o efeito do uso de música ambiente nas salas de trabalho de programadores
- Ao todo, 12 programadores participaram do experimento, cada um em uma sala
- 4 deles foram sorteados para ouvir música clássica em suas salas,
- 4 deles foram sorteados para ouvir música popular brasileira em suas salas, e
- 4 deles foram sorteados para não ter música ambiente



Um outro tipo de experimento...



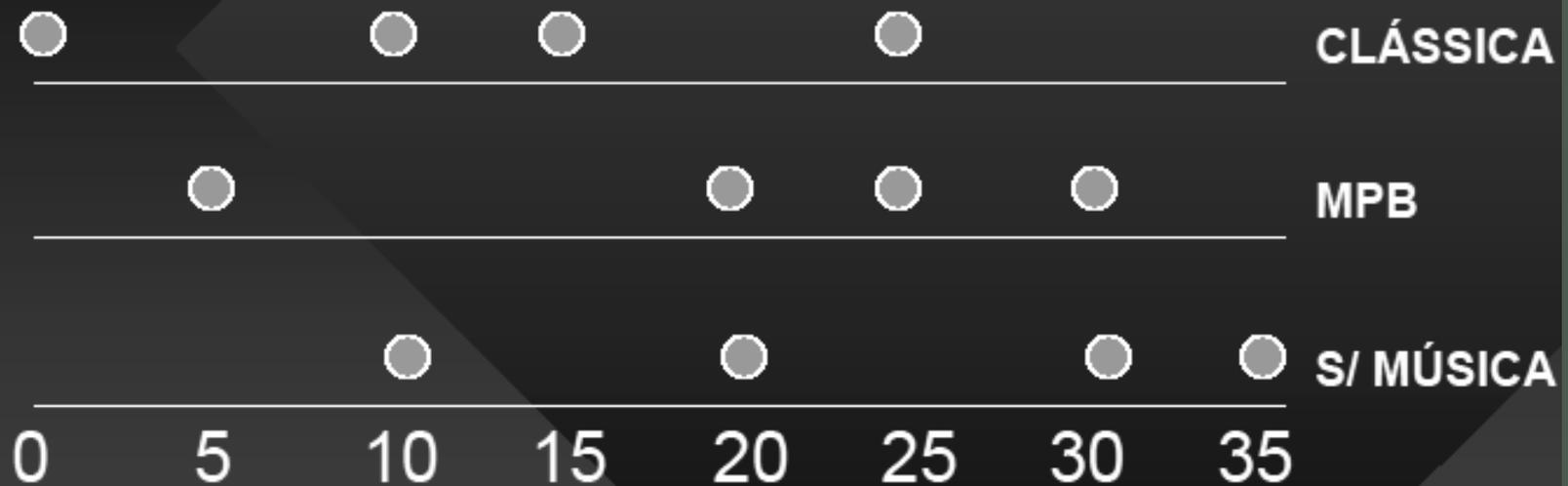
Resultado hipotético 1:



número de falhas nos programas
desenvolvidos em uma semana de trabalho

Um outro tipo de experimento...

Resultado hipotético 2:



número de falhas nos programas
desenvolvidos em uma semana de trabalho

O plano experimental completamente aleatorizado: *idéia da análise*

O experimento da música revisto:

Variação “dentro” dos tratamentos

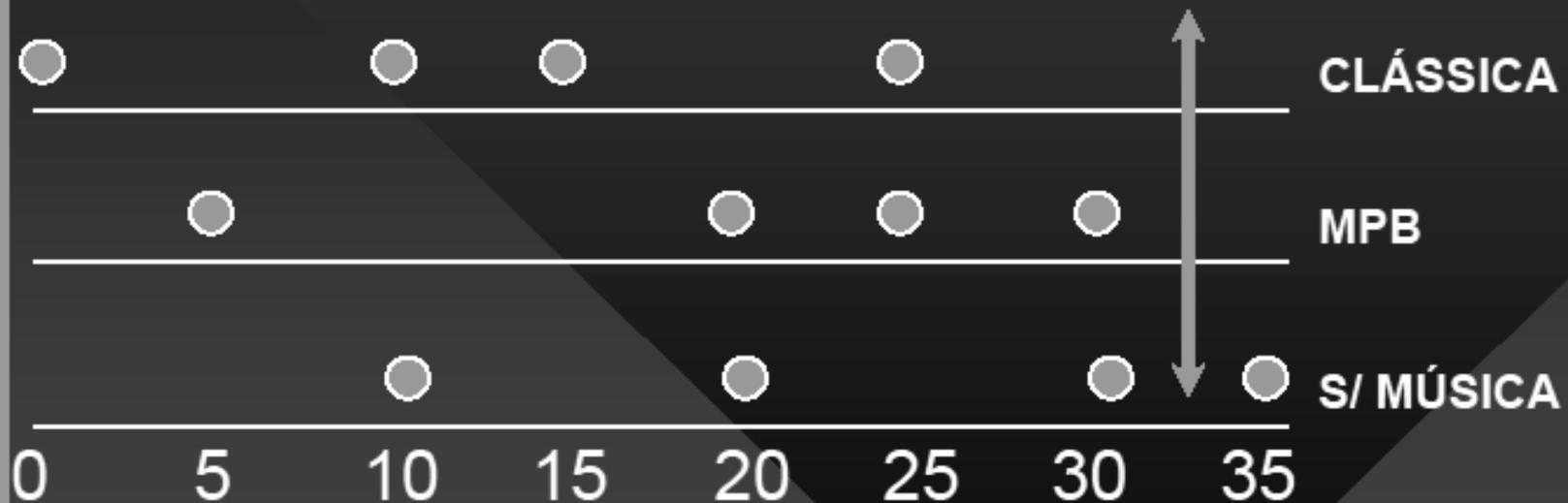


número de falhas nos programas desenvolvidos em uma semana de trabalho

O plano experimental completamente aleatorizado: idéia da análise

O experimento da música revisto:

Variação “entre” tratamentos



número de falhas nos programas desenvolvidos em uma semana de trabalho

O plano experimental completamente aleatorizado: idéia da análise

Se **Variação “entre” tratamentos**

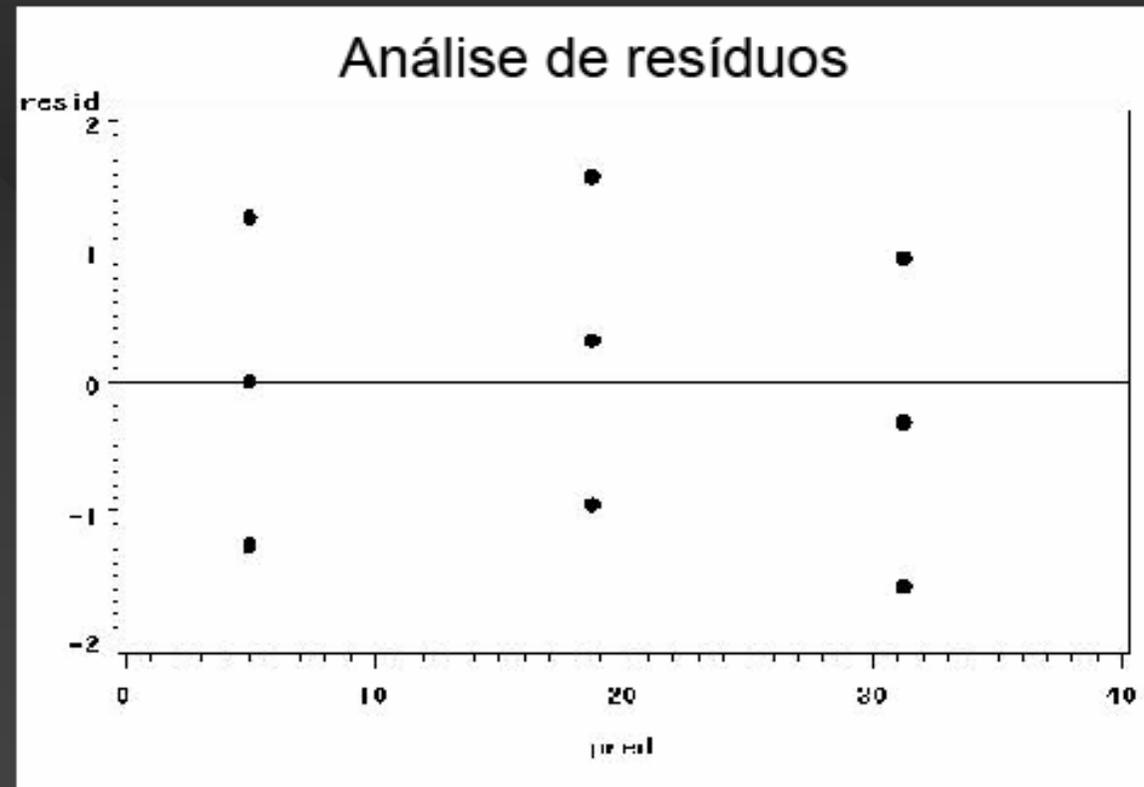
for muito maior do que

Variação “dentro” dos tratamentos

Então há evidência contra a hipótese de que não existe diferença de tratamentos

O plano experimental completamente aleatorizado: análise experimento música

Resultado hipotético 1



O plano experimental completamente aleatorizado: análise experimento música

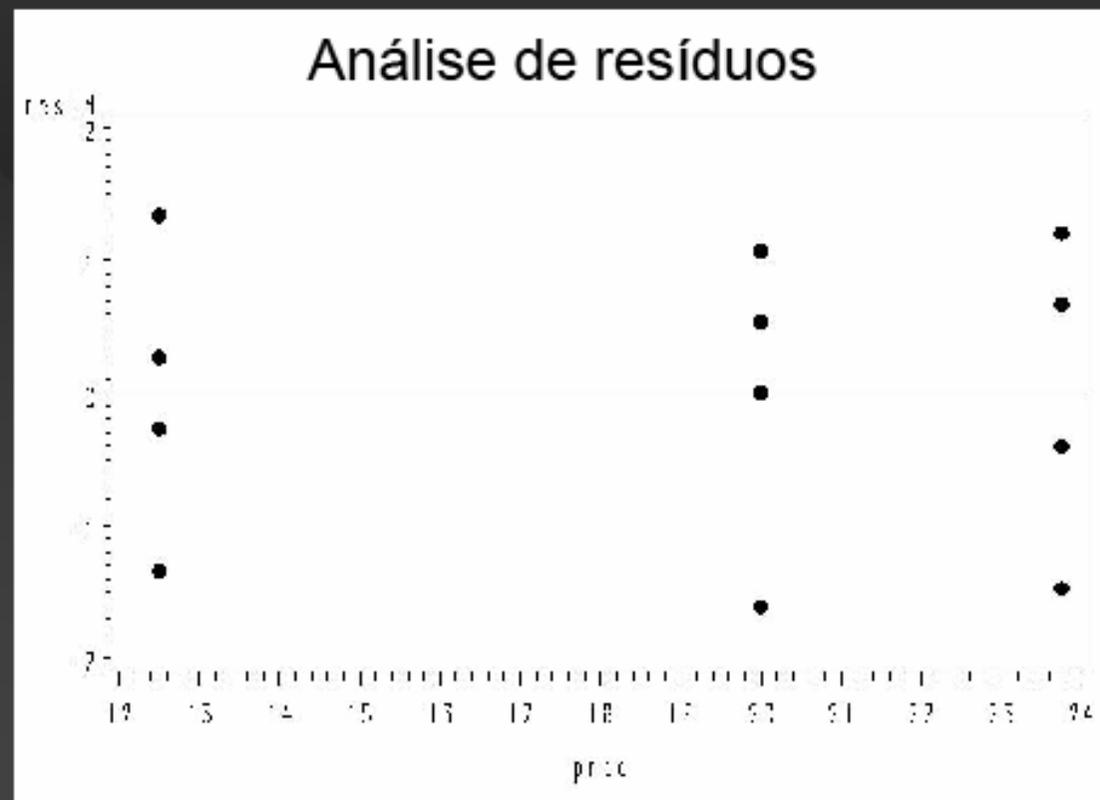
Resultado hipotético 1

ANOVA Plano Completamente Aleatorizado

<i>F.V.</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.Q.</i>	<i>Q.M.</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
<i>Tratamento</i>	<i>2</i>	<i>1379,2</i>	<i>689,6</i>	<i>33,1</i>	<i><0,0001</i>
<i>Resíduo</i>	<i>9</i>	<i>187,5</i>	<i>20,8</i>		
<i>Total</i>	<i>11</i>	<i>1566,7</i>			

O plano experimental completamente aleatorizado: análise experimento música

Resultado hipotético 2



O plano experimental completamente aleatorizado: análise experimento música

Resultado hipotético 2

ANOVA Plano Completamente Aleatorizado

<i>F.V.</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.Q.</i>	<i>Q.M.</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
<i>Tratamento</i>	<i>2</i>	<i>262,5</i>	<i>131,25</i>	<i>1,13</i>	<i>0,36</i>
<i>Resíduo</i>	<i>9</i>	<i>1043,75</i>	<i>115,97</i>		
<i>Total</i>	<i>11</i>	<i>1306,25</i>			

Conclusão

- Planejar bem um experimento, do ponto de vista estatístico é essencial.
- Referência: Box, Hunter & Hunter, *Statistics for experiments*, 2nd ed. John Wiley and Sons.

OBRIGADA !!!