

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Universidade de São Paulo

Planejamento de Experimentos

Piracicaba
Agosto 2016

Definições importante

Planejamento

Fase de grande importância do experimento!

A partir do planejamento teremos orientações para

- a instalação,
- condução,
- coleta de dados,
- análise estatística.

Planejamento de Experimentos

Exemplo

Supondo-se que tenha sido avaliada a altura de cada uma de cinco plantas de milho, que vieram da mesma variedade e foram cultivadas sob as mesmas condições, temos que o correspondente valor da altura y_j será dado por:

$$y_j = \mu + \epsilon_j,$$

em que μ corresponde à média da altura das plantas e ϵ_j corresponde à variação do acaso, ou seja, a variação devida aos fatores não controláveis.

Planejamento de Experimentos

Varição do Acaso

Varição devida a fatores não controláveis.

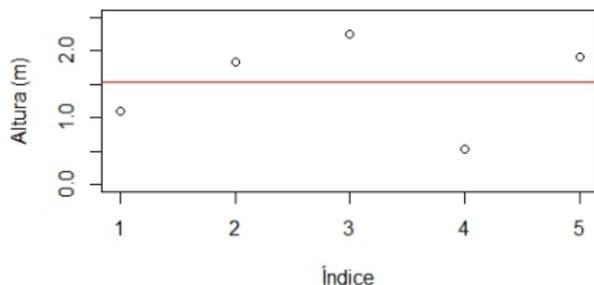
Como medir a variação do acaso?



Como é a dispersão dos dados ao redor da média?



$$S^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (y_j - \hat{\mu})^2}{n - 1}$$



Planejamento de Experimentos

Outros exemplos:

- variações nos pesos dos animais
- variações de fertilidade do solo
- variações de espaçamento
- ...

Objetivo do planejamento: Tornar mínima a variação do acaso!

Planejamento de Experimentos

Estudo observacional

Consiste em observar fenômenos na natureza, sem submeter os indivíduos, plantas, animais, ... , a condições específicas.



Planejamento de um estudo observacional



Uso de técnicas de **Amostragem**

Planejamento de Experimentos

Estudo observacional

Avaliar número de espécies, altura da árvore, DAP, ... em uma floresta nativa.



Planejamento de Experimentos

Experimento

As observações são geradas, comumente sob condições controladas pelo pesquisador, de tal modo que os indivíduos avaliados (plantas, animais, etc) sejam submetidos a condições específicas, denominadas tratamentos.



Planejamento de Experimentos

Tratamentos

São variações de um ou mais fatores de interesse em avaliar no estudo.

São exemplos de tratamentos:

- Variedades de soja, cana-de-açúcar, café, ...
- Raças de gado
- Linhagens de frango
- Inseticida para controle de determinada praga
- Espaçamento 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).

Planejamento de Experimentos

Tratamentos

Os exemplos apresentados correspondem a casos em que se tem apenas um FATOR de tratamento, com diferentes níveis. Entretanto, os tratamentos podem ser compostos pelas **combinações dos níveis de vários fatores**.

- Qual armadilha captura mais insetos considerando ambientes claros e escuros?

$$\begin{array}{ccc} A_1C & A_2C & A_3C \\ A_1E & A_2E & A_3E \end{array}$$

- Como se comporta a produtividade média de três diferentes variedades de cana-de-açúcar considerando-se quatro doses de N?

$$\begin{array}{cccc} V_1D_0 & V_1D_1 & V_1D_2 & V_1D_3 \\ V_2D_0 & V_2D_1 & V_2D_2 & V_2D_3 \\ V_3D_0 & V_3D_1 & V_3D_2 & V_3D_3 \end{array}$$

Planejamento de Experimentos

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.



Planejamento de Experimentos

Unidades Experimentais ou Parcelas

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
- ...

Planejamento de Experimentos

Unidades Experimentais ou Parcelas

Observações:

- As parcelas em um experimento devem apresentar mesmo tamanho e mesma forma!
- "+" de um indivíduo por parcela \Rightarrow < risco de perda de parcela \Rightarrow trabalhar com a média observada na parcela
- "+" de um indivíduo por parcela \Rightarrow medida de precisão do experimento \Rightarrow Tamanho da parcela

Variabilidade dentro da parcela \leq Variabilidade entre as parcelas

Planejamento de Experimentos

Variável resposta ou variável em análise

Característica medida ou observada no experimento \Rightarrow objetivo da pesquisa. São exemplos:

- peso
- produtividade
- altura
- DAP
- BRIX
- número de insetos mortos em n insetos
- peso de matéria seca
- altura de inserção da primeira espiga (milho)
- ...

Planejamento de Experimentos

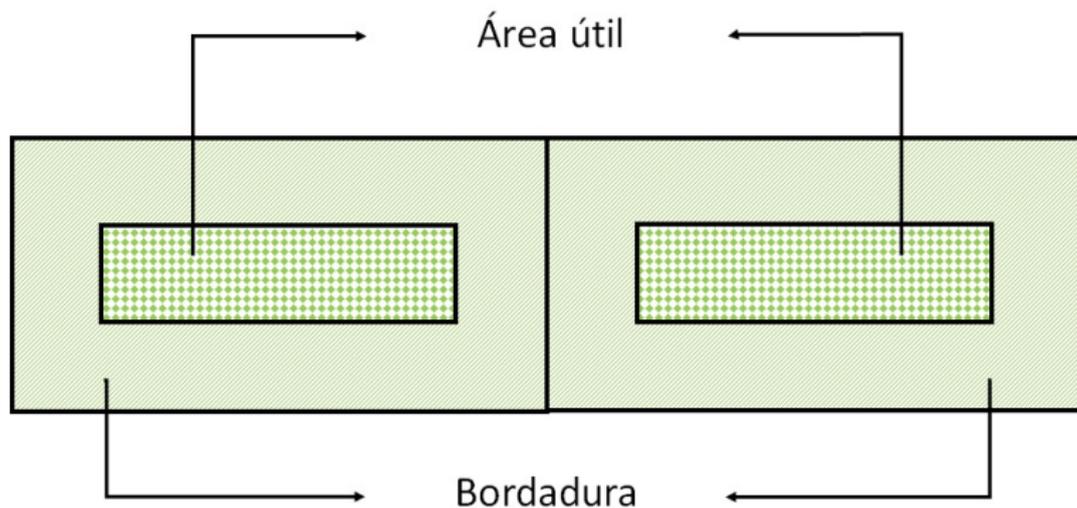
Bordadura

Deve ser utilizada quando um tratamento atribuído a uma parcela pode influenciar a resposta observada na parcela vizinha. São comuns em vários experimentos:

- cana-de-açúcar
- fungicidas
- variedades que apresentam alturas diferentes \Rightarrow evitar sombreamento
- ...

Planejamento de Experimentos

Bordadura



Planejamento de Experimentos

Escolha do delineamento experimental

Depende

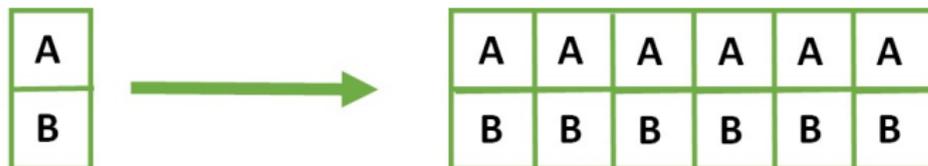
- do material experimental
- da área experimental
- das condições de coleta dos dados

Relacionados aos **Princípios Básicos da Experimentação**, são eles:

- Repetição
- Casualização
- Controle local

Planejamento de Experimentos

Repetição

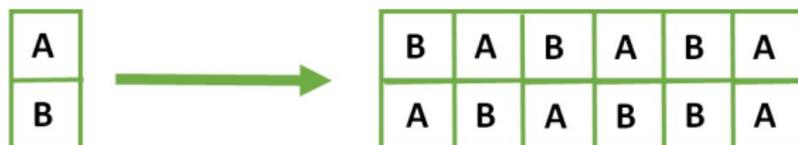


$$y_A > y_B \stackrel{?}{\Rightarrow} \mu_A > \mu_B$$

$$y_A > y_B \stackrel{?}{\Rightarrow} \mu_A > \mu_B$$

Planejamento de Experimentos

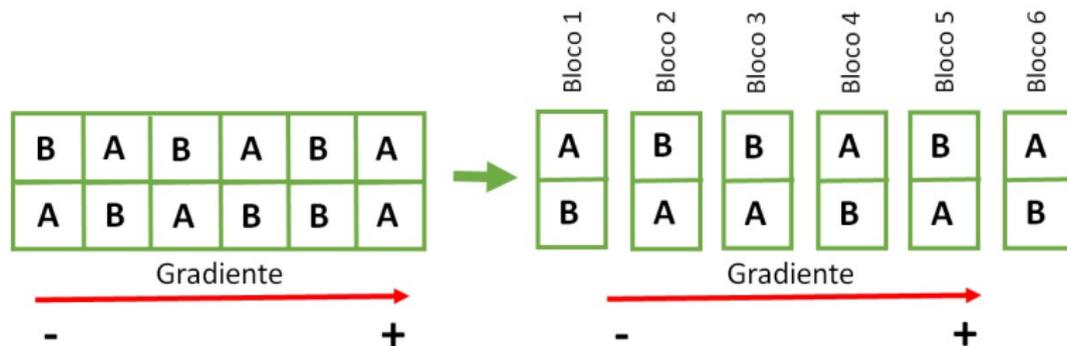
Casualização



$y_{Aj} > y_{Bj}$, ocorre **por acaso** com probabilidade $\frac{6!6!}{12!} = \frac{6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 \times 6!}{12 \cdot 11 \cdot 10 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 6!} = \frac{1}{132}$

Planejamento de Experimentos

Controle local (Ambientes Heterogêneos)



Planejamento de Experimentos

Princípios básicos da Experimentação

Os princípios da repetição e da casualização devem estar presentes em todos os experimentos. Entretanto, o princípio do controle local está presente apenas em experimentos que apresentam condições heterogêneas (ambiente, material, pessoal, etc.)

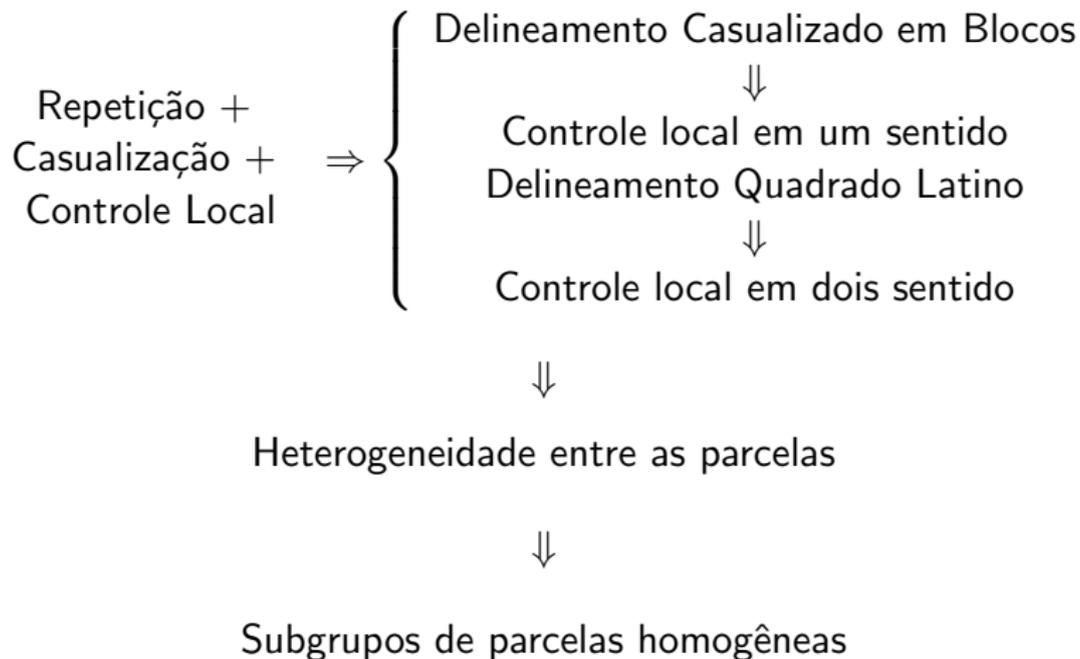
Repetição + Casualização \Rightarrow Delineamento Inteiramente Casualizado



Homogeneidade entre as parcelas

Planejamento de Experimentos

Princípios básicos da Experimentação



Planejamento de Experimentos

Fases posteriores ao planejamento do experimento

- Instalação do experimento;
- Condução (memória);
- Coleta dos dados (pessoal treinado);
- Análise dos dados;
- Interpretação dos resultados (pesquisador).

Planejamento

Referências

-  ANDRADE, D.F. & OGLIARI, P.J. Estatística para as ciências agrárias e biológicas – com noções de experimentação. Editora da UFSC. 2007. 438p.
-  BARBIN, D., 1994. Planejamento e análise estatística de experimentos agrônômicos, Piracicaba, SP.
-  DIAS, C.T. dos S. 2010. Estatística Experimental. LCE, ESALQ/USP. Disponível em <http://www.lce.esalq.usp.br/tadeu.html> ou <https://sites.google.com/site/carlostadeudossantosdias/>
-  VIEIRA, S. & HOFFMANN, R. Estatística Experimental. 2ª. Ed. Atlas, São Paulo, 1999. 185p.