



ESALQ

**Experimentação em
Genética e
Melhoramento**

Introdução

- O objetivo do melhoramento genético é obter genótipos superiores. Entretanto, o ambiente influencia na expressão de grande número de caracteres, podendo mascarar os efeitos dos genótipos.
- Para reduzir os efeitos ambientais e aproximar os efeitos fenotípicos e genotípicos, são empregadas técnicas de experimentação.

Introdução

Para se avaliar o comportamento de cultivares quanto aos caracteres agronômicos, como produtividade, acamamento, altura, precocidade, etc, são realizados ensaios (experimentos) comparativos.

Introdução

- Todos estes dados são utilizados para recomendação de cultivares para determinadas regiões.
- As análises são realizadas com objetivo de reduzir o efeito ambiental, que pode ser devido a fatores como heterogeneidade de solo, umidade, temperatura, dentre outros.

Definições

- **Estatística experimental:** envolve metodologia utilizada no planejamento, execução e interpretação dos experimentos;
- **Experimento:** trabalho experimental planejado com objetivo de resolver um problema de interesse em nosso campo de estudo;
- **Tratamento:** material cujo efeito deseja-se medir ou comparar em um experimento (Ex: cultivares, espaçamentos, doses de adubo, etc.);

Definições

➤ **Parcela:** unidade experimental básica a que se aplica um tratamento no experimento:

(Ex: vaso, placa de Petri, linha de 10m, talhão de 200 m², um animal, etc);

➤ **Delineamento experimental:** forma de dispor as parcelas no experimento:

(Ex: DIC, DBC, DQL, etc);

Definições

➤ **Variação ao acaso:** aquelas que ocorrem no experimento devido a fatores não controlados, conhecidos ou não, que afetam os resultados experimentais:

(Ex: diferença genética, pequenas diferenças na fertilidade do solo / condições ambientais / dose de adubo / produtos químicos, incidência desigual de pragas e doenças, erros de medidas, etc).

Princípios básicos da experimentação

Casualização

Repetição

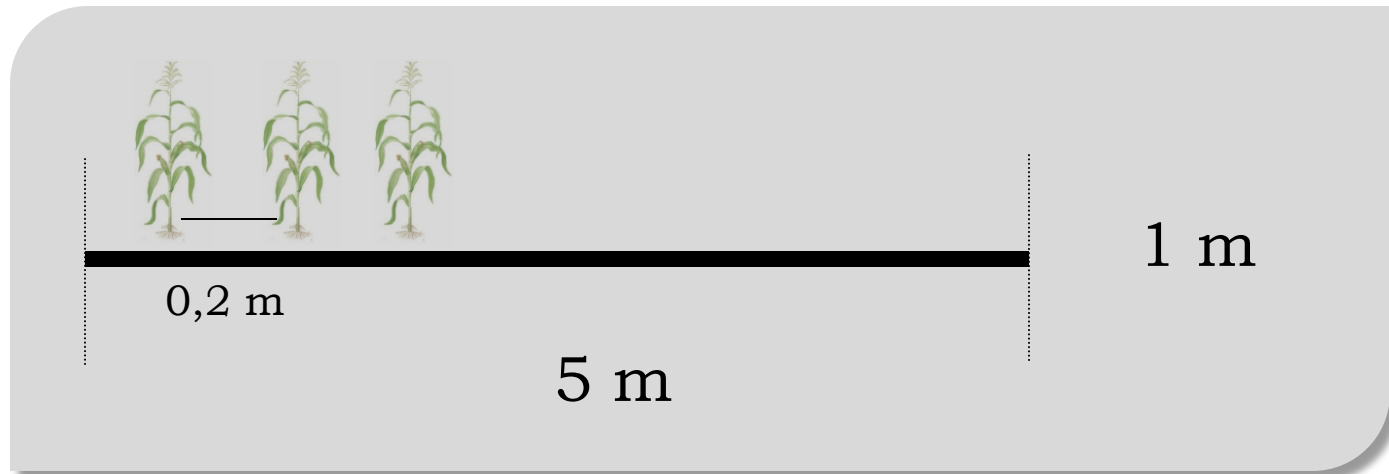
Controle Local

Reduzir efeito do ambiente

Parcela

➤ Menor unidade experimental

Ex.: Uma parcela de milho corresponde a 5 m^2 com 25 plantas, sendo 5 metros lineares



Cada espécie tem tamanho de parcela determinado por métodos estatísticos e diferem entre si.

Repetição

- Número de vezes que o tratamento ocorre no experimento;
- O princípio da repetição (aumento do número de observações em cada tratamento) é utilizado com intuito de aumentar a confiabilidade dos resultados observados.

Com **uma** repetição:

$$F_X = G_X + E_X$$

$$F_Y = G_Y + E_Y$$

$$(F_X - F_Y) = (G_X + E_X) - (G_Y + E_Y)$$

$$(F_X - F_Y) = (G_X - G_Y) + (E_X - E_Y)$$

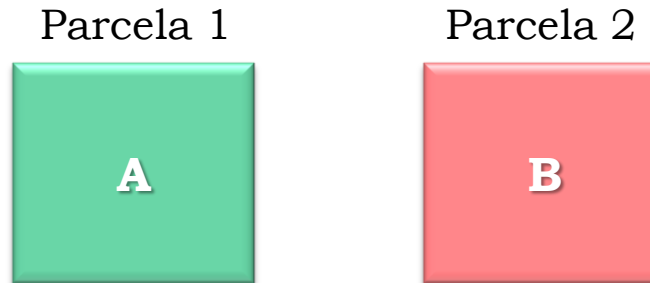
Conclusão

➤ Nota-se que as diferenças genotípicas são confundidas com as diferenças ambientais. Com uso de repetições, e com os valores fenotípicos médios, tem-se:

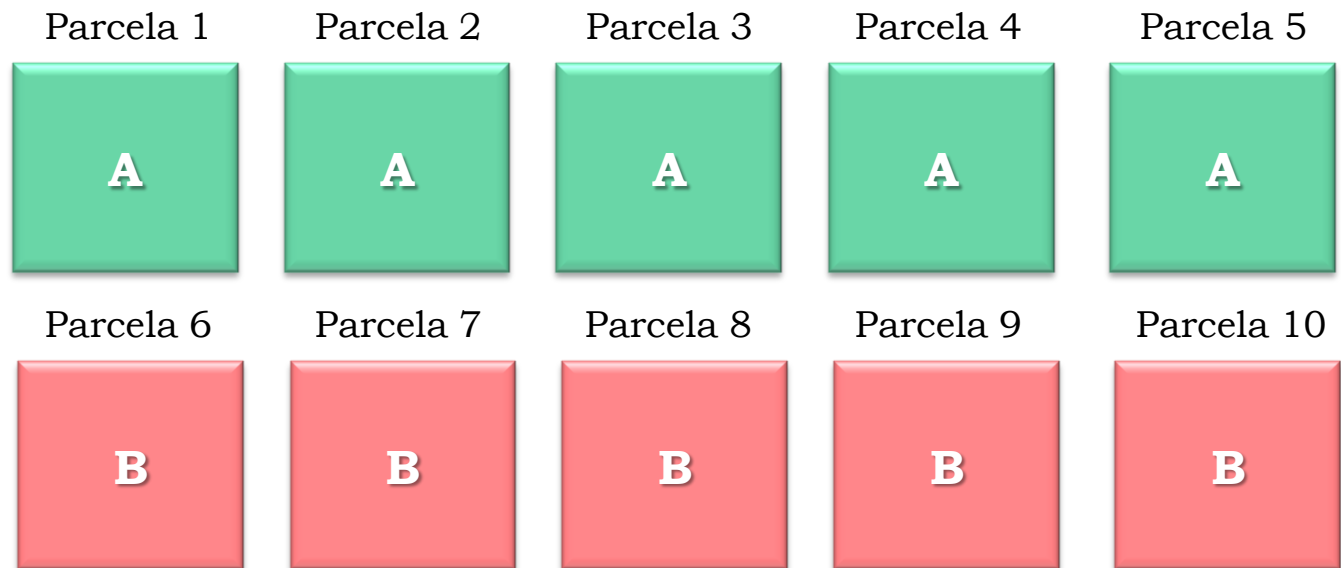
Com ***r*** repetições:


$$(\bar{F}_X - \bar{F}_Y) = (G_X - G_Y) + \frac{(E_X - E_Y)}{r}$$


Sem repetição:



Com repetição:



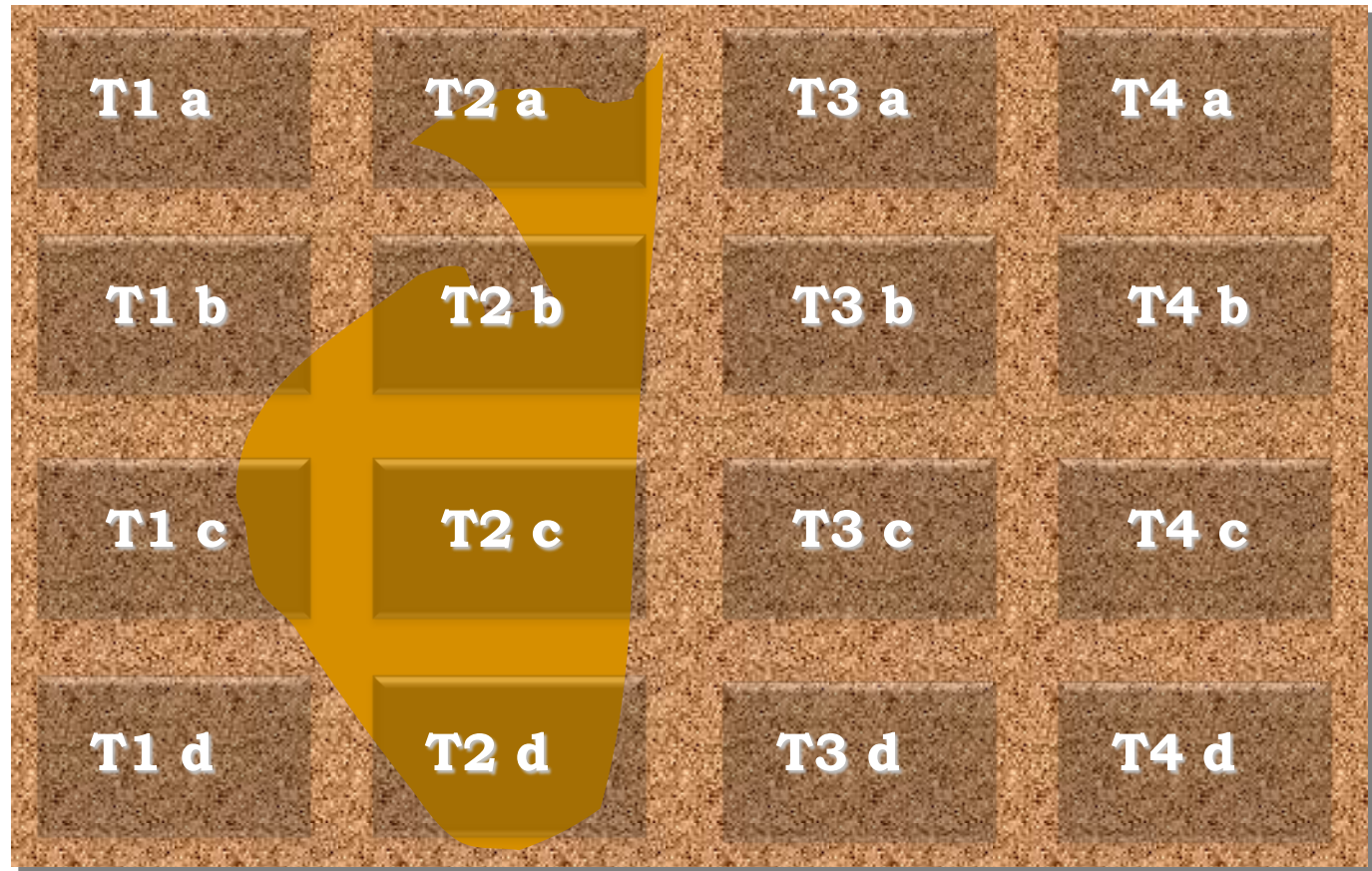
- 
- Assim, as diferenças ambientais (residuais) são divididas pelo número de repetições e, portanto, têm seus efeitos reduzidos.
 - Os valores fenotípicos aproximam-se dos valores genotípicos a medida que r aumenta. Logo, as comparações fenotípicas ($F_X - F_Y$) aproximam-se das genotípicas ($G_X - G_Y$).

- 
- Para caracteres de alta herdabilidade, às vezes não é preciso utilizar repetições;
 - Para caracteres de baixa herdabilidade, sempre é preciso utilizar repetições.

Casualização:

- Consiste em distribuir aleatoriamente (ao acaso) os tratamentos nas parcelas experimentais.
- Dessa forma, qualquer tratamento tem a mesma chance de ocupar uma determinada posição na parcela experimental (seja ela favorável ou não), garantindo a independência dos erros experimentais.
- Isto evita que um tratamento seja sistematicamente favorecido por qualquer fator externo.

Efeito de manchas de solo (fertilidade) na experimentação



Sem casualização (com repetição):

Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5
A	A	A	A	A
Parcela 6	Parcela 7	Parcela 8	Parcela 9	Parcela 10
B	B	B	B	B

Com casualização (com repetição):

Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5
A	B	A	B	B
Parcela 6	Parcela 7	Parcela 8	Parcela 9	Parcela 10
B	A	A	B	A

Controle local:

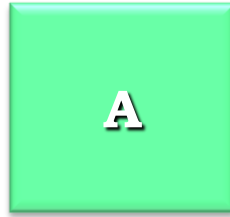
- Princípio muito usado, mas não é obrigatório. Ele consiste em distribuir os tratamentos no campo em área homogêneas, ou seja subáreas chamadas blocos
- O controle local deve ser realizado quando se souber ou se desconfiar da heterogeneidade da área experimental ou do material a ser utilizado.
- Sua finalidade é dividir um ambiente heterogêneo em sub-ambientes homogêneos. Ele torna o experimento mais eficiente porque reduz o erro experimental.

Exemplo:

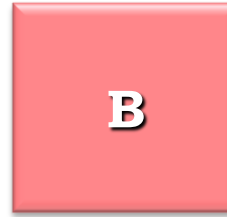
Se a área experimental estiver em declive (as regiões baixas são mais férteis do que as mais elevadas). Neste caso deve-se considerar as linhas de nível do terreno e em cada linha deve-se colocar todos os tratamentos. Este procedimento procura evitar o favorecimento de um tratamento em detrimento de outros.

Sem repetição, sem casualização, sem controle local:

Parcela 1



Parcela 2



Com repetição, com casualização, com controle local:

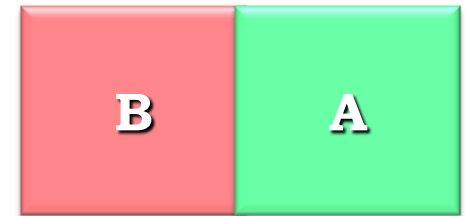
Bloco 1



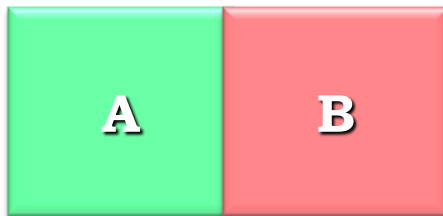
Bloco 2



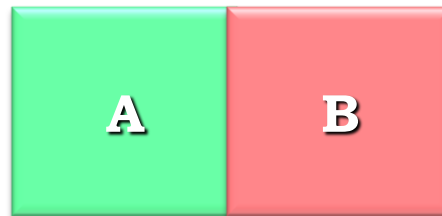
Bloco 3



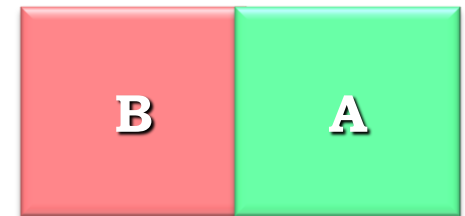
Bloco 4



Bloco 5



Bloco 6



Delineamentos experimentais

1. Delineamento inteiramente ao acaso

- Os experimentos inteiramente ao acaso são os mais simples. Nestes delineamentos utilizam-se apenas os princípios da repetição e da casualização.
- Utilizado quando a área experimental é bastante homogênea: casas de vegetação laboratórios.
- Os tratamentos são alocados nas áreas experimentais utilizando-se sorteios.

Exemplo: vasos em casa de vegetação

T1 a	T2 b	T3 c	T4 d
T2 b	T3 d	T4 a	T1 c
T4 c	T3 a	T1 d	T2 b
T4 d	T1 c	T2 b	T3 a

Modelo Matemático

$$Y_{ij} = m + t_i + e_{ij}$$

Y_{ij} é a resposta ao tratamento i na repetição j ;
 m é uma das constantes, geralmente, a média;
 t_i é o efeito do tratamento i ;
 e_{ij} é o erro experimental.

2. Delineamento em blocos casualizados

- Nestes tipo de delineamento, além dos princípios da repetição e da casualização deve-se utilizar o princípio do controle local.
- A área experimental deve ser subdividida em áreas homogêneas que devem conter todos os tratamentos, sendo alocados por sorteio. Isto caracteriza um bloco, que neste caso, é sinônimo de repetição.

Exemplo: experimento em área com declive

Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bloco 5
T1	T5	T3	T4	T2
T2	T4	T5	T3	T5
T3	T3	T4	T5	T2
T4	T2	T1	T2	T3
T5	T1	T2	T1	T4

Declividade →

Modelo Matemático

$$Y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$$

- Y_{ij} é a resposta ao tratamento i na repetição j ;
- m é uma das constantes, geralmente, a média;
- t_i é o efeito do tratamento i ;
- b_j é o efeito de bloco j ;
- e_{ij} é o erro experimental.



Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bloco 5	Médias
T1(1)	T1(2)	T1(3)	T1(4)	T1(5)	$\bar{T} 1$
T2 (1)	T2 (2)	T2 (3)	T2 (4)	T2 (5)	$\bar{T} 2$
T3 (1)	T3 (2)	T3 (3)	T3 (4)	T3 5)	$\bar{T} 3$
T4 (1)	T4 (2)	T4 (3)	T4 (4)	T4 (5)	$\bar{T} 4$
Tn (1)	Tn (2)	Tn (3)	Tn (4)	Tn (5)	$\bar{T} n$

Média das repetições:

$$\bar{T} 1 = G1 + \frac{E1}{5}$$

$$\bar{T} 2 = G2 + \frac{E2}{5}$$

$$\bar{T} 3 = G3 + \frac{E3}{5}$$

$$\bar{T} 4 = G4 + \frac{E4}{5}$$

...

$$\bar{T} n = Gn + \frac{En}{5}$$

Experimentação, ganho com seleção e herdabilidade

Fenótipo = genótipo + ambiente

$$F = G + E$$

Variância

$$\sigma_F^2 = \sigma_G^2 + \sigma_E^2$$

Herdabilidade

$$h^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_G^2 + \sigma_E^2}$$

Ganho com a seleção

$$GS = h^2 \times ds = ds \times \left(\frac{\sigma_G^2}{\sigma_G^2 + \sigma_E^2} \right)$$

Com o uso de repetições:

Variância fenotípica das médias

$$\sigma_F^2 = \sigma_G^2 + \frac{\sigma_E^2}{r}$$

Herdabilidade das médias

$$h_x^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_G^2 + \frac{\sigma_E^2}{r}}$$

Com o uso de repetições:

Ganho com seleção (entre médias)

$$GS = ds \times \left(\frac{\sigma_G^2}{\sigma_G^2 + \frac{\sigma_E^2}{r}} \right)$$


Com isso a σ_F^2 diminui, h_x^2 e o ganho com seleção aumenta

Interação Genótipo x Ambiente

- Em um determinado ambiente, a manifestação fenotípica é o resultado da ação do genótipo sob influência do meio.
- Quando se considera uma série de ambientes, detecta-se, além dos efeitos genéticos e ambientais, um efeito proporcionado pela interação dos mesmos.

Qual implicação da interação Genótipo x Ambiente?

No caso de sua existência há possibilidade de o melhor genótipo em um ambiente não o ser em outro. Este fato influencia o ganho com a seleção e dificulta a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade.



Cabe ao melhorista avaliar sua magnitude e significância, quantificar seus efeitos sobre as técnicas de melhoramento e estratégias de difusão de tecnologia e fornecer subsídios que possibilitem adotar procedimentos para sua minimização ou aproveitamento.

Causas da interação?

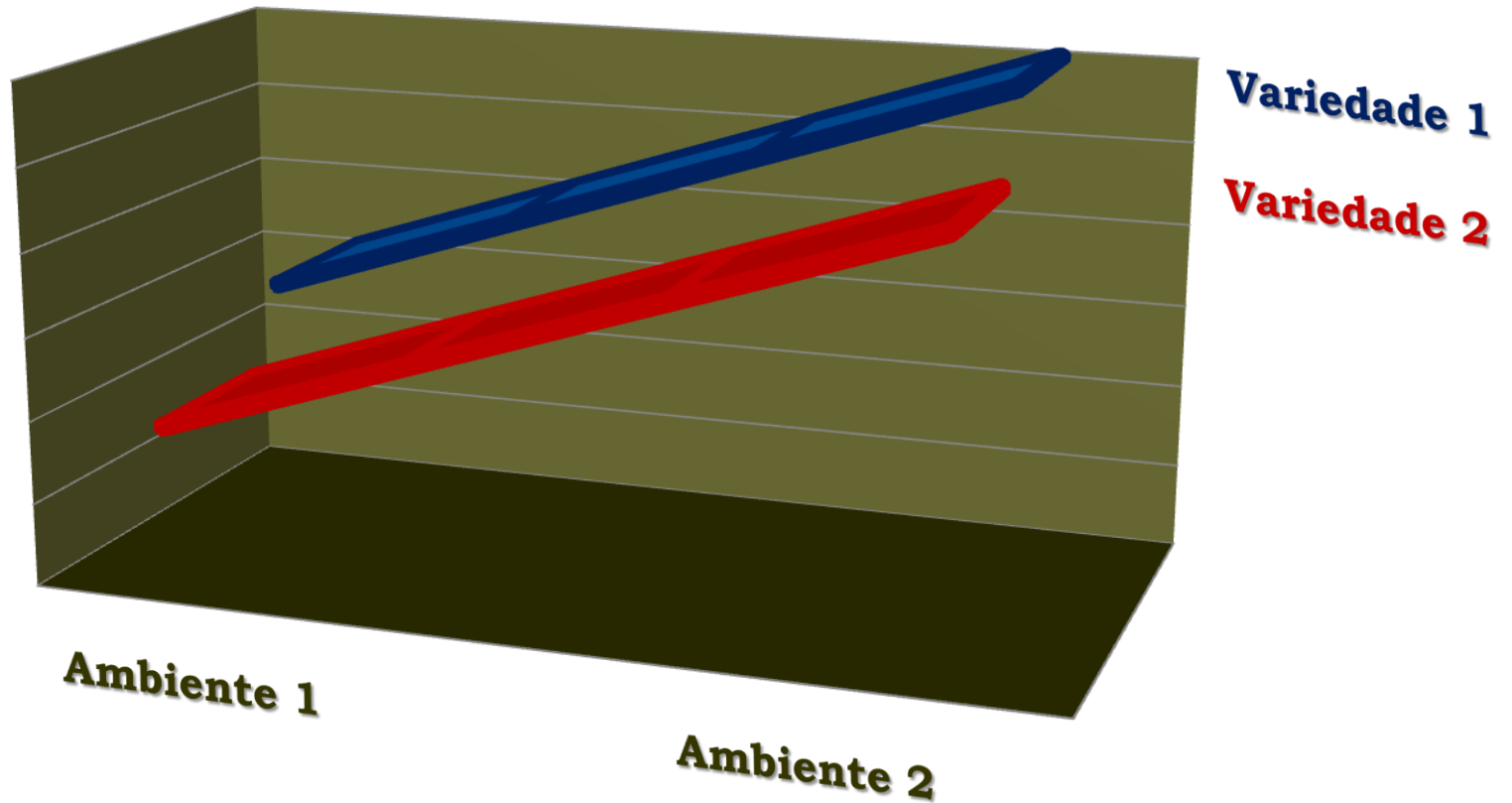
Fatores fisiológicos e bioquímicos próprios de cada genótipo cultivado

A interação genótipo x ambiente ocorre quando há respostas diferenciadas dos genótipos em relação à variação do ambiente.

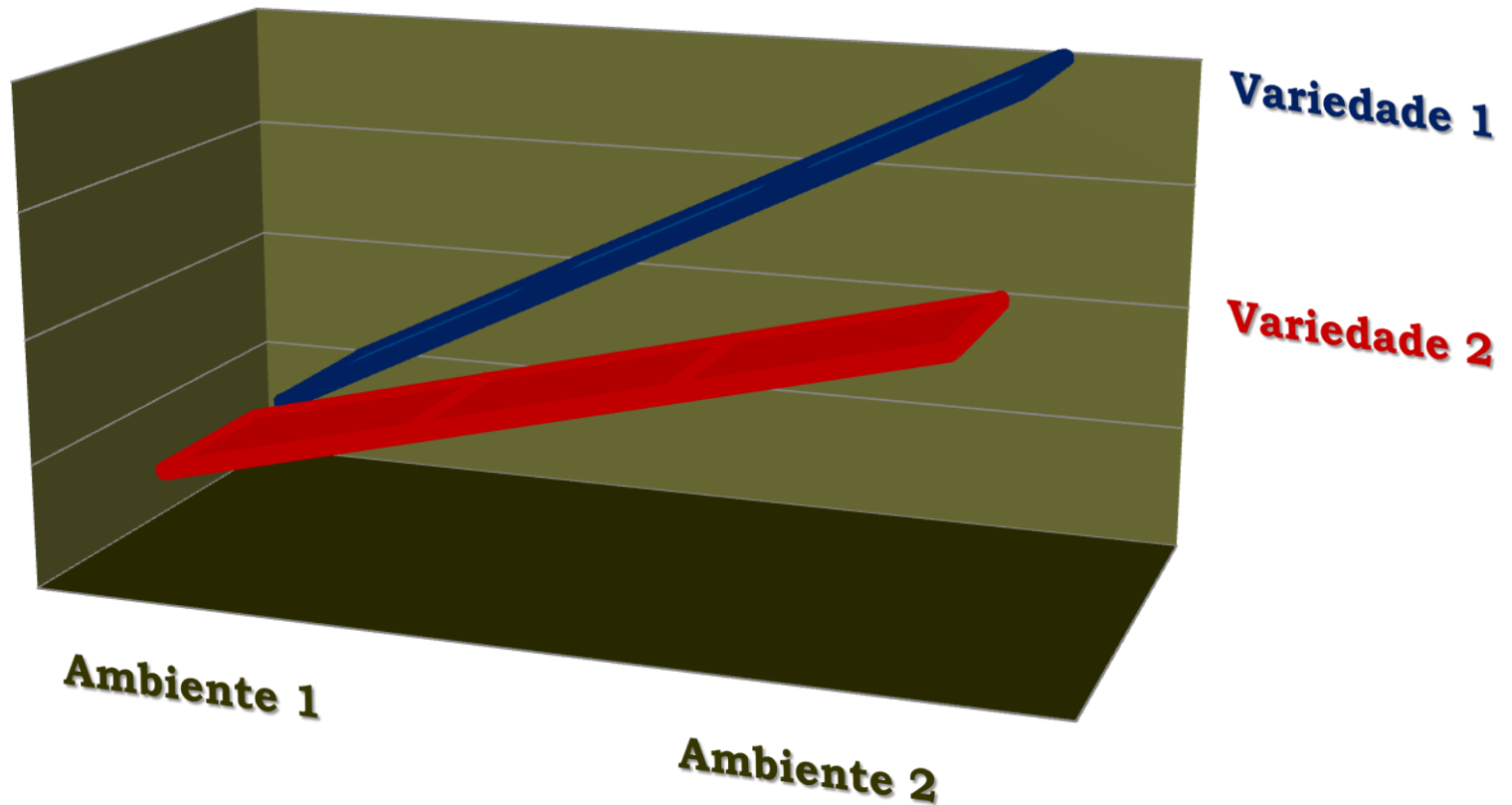


A existência da interação está associada a dois fatores: o denominado simples, que é proporcionado pela diferença de variabilidade entre genótipos nos ambientes e o segundo denominado complexo, que é dado pela falta de correlação entre genótipos

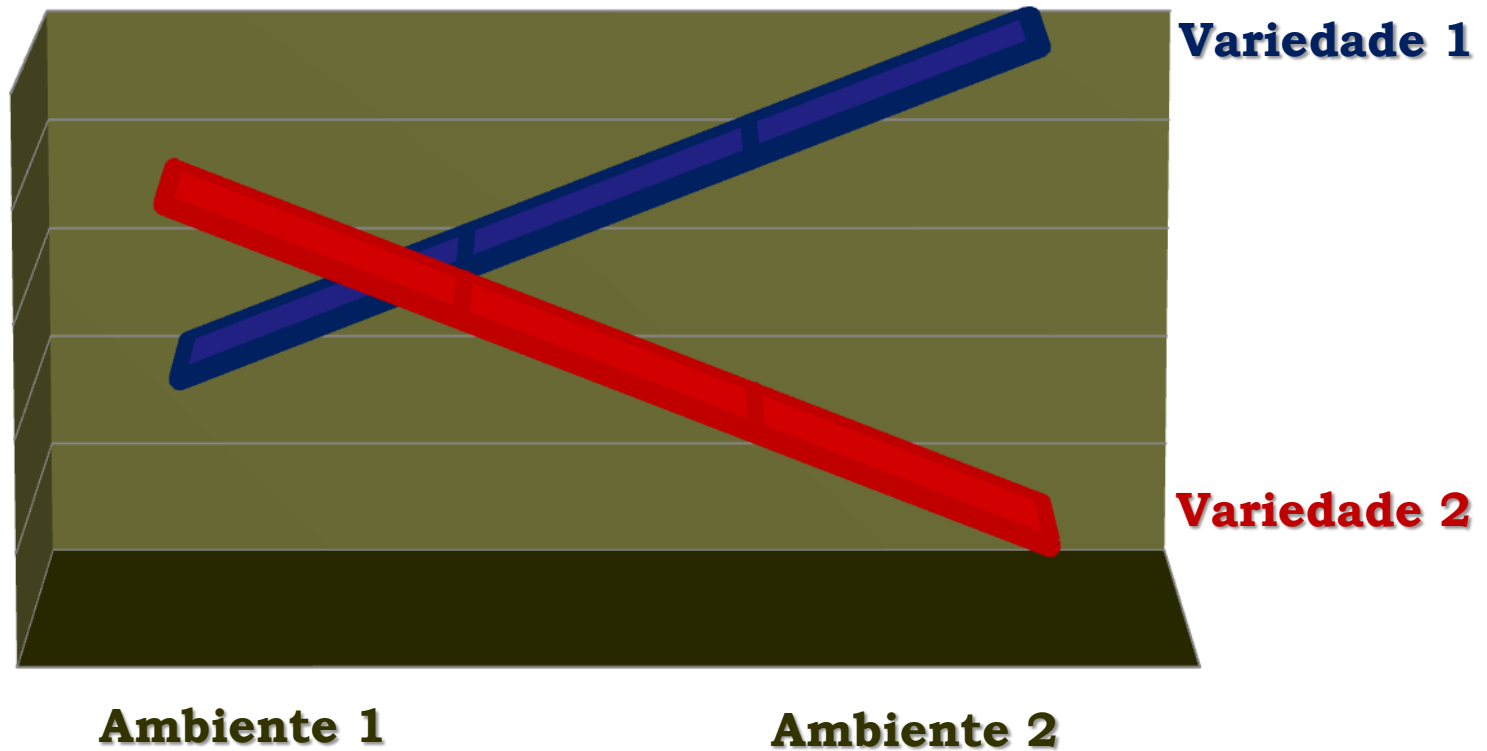
Sem Interação



Interação Simples



Interação Complexa



Conseqüências da interação genótipo x ambiente

- A inversão do comportamento causa problemas para o melhoramento. Um material recomendado para um local, não pode ser recomendado para outro;
- É necessário um programa de melhoramento em cada local;
- Essa situação é a mais comum na prática para os caracteres de interesse comercial;

Conseqüências da interação genótipo x ambiente

- Ocorre para os caracteres de baixa herdabilidade, ou seja, para os que sofrem maior influência ambiental;
- A presença desse tipo de interação aumenta os custos de obtenção de novas variedades, pois é necessário conduzir experimentos de avaliação em diferentes regiões;

Conseqüências da interação genótipo x ambiente

➤ Vantagem a longo prazo: preservação da variabilidade genética nas lavouras, evitando que somente um dado genótipo seja cultivado, o que aumentaria os riscos de quebras na produção em função de alguma mudança ambiental (ex: nova doença).

Bibliografia

1. Ramalho, M.A.P.; Ferreira, D.F.; Oliveira, A.C. Experimentação em genética e melhoramento de plantas (2000). Ed. UFLA. Capítulos 3,4 e 5.
2. Ramalho, M.A.P.; Santos, J.B.; Pinto, C.A.B.P. Genética na agropecuária (2001). Ed. UFLA. Capítulo 11.
3. Banzatto, D.A.; Kronka, S.N. Experimentação Agrícola (1995). Ed.FUNEP. Capítulo 1.

Aula Prática

Tabela 1. Rendimento em grãos (kg/ha) de soja, avaliados em três ambientes com sete genótipos:

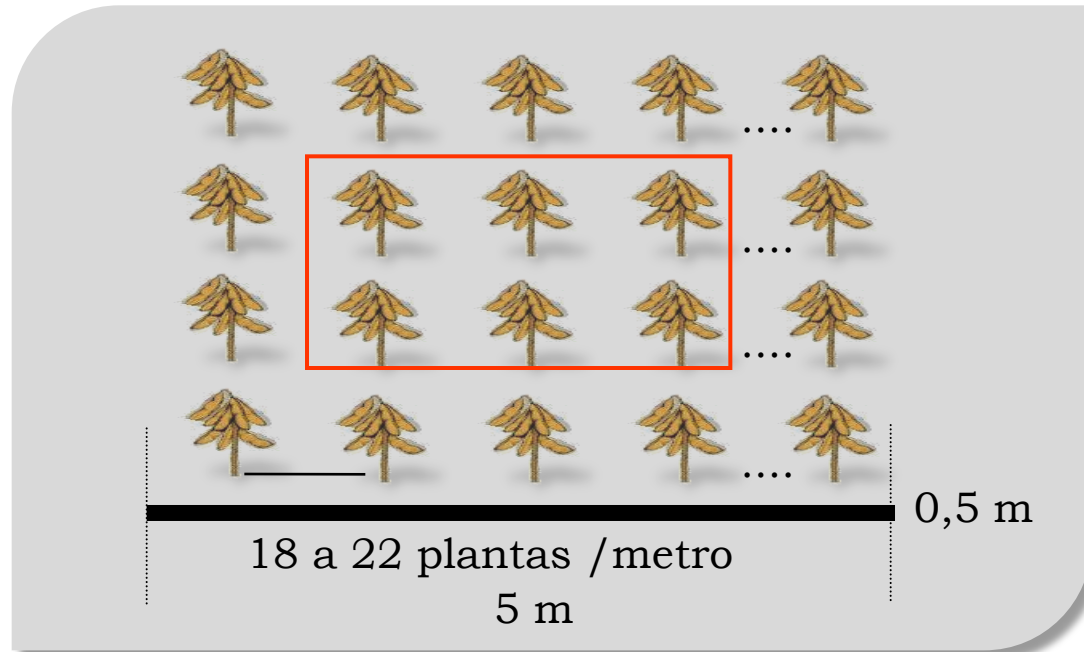
Genótipo	Ambiente		
	Itumbiara	Goiânia	Jataí
Conquista	1.993	3.012	3.056
Emgopa 315	1.823	2.806	2.815
FT-2000	1.235	2.722	3.225
MSOY-8001	1.800	2.772	2.769
L-7	1.924	2.572	2.251
L-8	1.751	2.409	2.099
L-9	1.877	2.673	2.497

Fonte: Oliveira, A.B.; Duarte, J.B.; Pinheiro, J.B. Emprego da análise AMMI na avaliação da estabilidade produtiva em soja. PAB, 38:357-364, 2003

Parcela

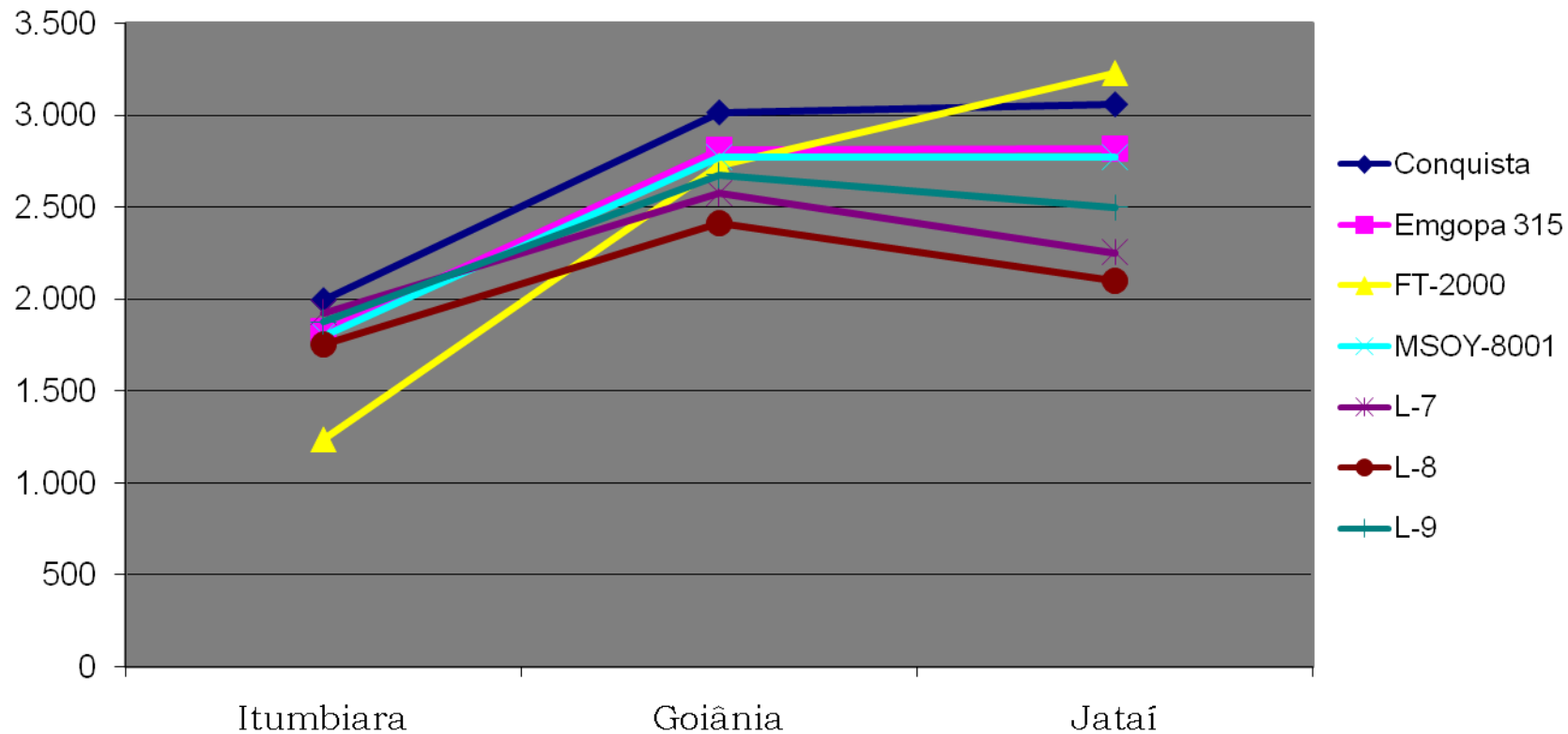
➤ Menor unidade experimental

Ex.: Uma parcela de soja corresponde a 4 fileiras com 5 x 0,5m.



Cada espécie tem tamanho de parcela determinado por métodos estatísticos e diferem entre si.

Rendimento de grãos (kg/ha) de soja para sete genótipos em três ambientes



Obrigado!
jbaldin@usp.br

