

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais
CET076 - Metodologia e Estatística Experimental

DELINEAMENTO EM QUADRADO LATINO

Discentes: Antonio Edson Rocha Sales e Lucas Henrique Santos de Almeida

2023.2

Ilhéus-BA
2023



Sumário

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Conceito

Tipos de Delineamentos Apresentados

DELINEAMENTO EM QUADRADO LATINO

Ronald A. Fisher

Introdução

Utilização

Distribuição dos tratamentos

Vantagens

Desvantagens

Exemplos de fatores que podem ser observados

Princípios Básicos da Experimentação

Modelo estatístico

Exemplos de fatores que podem ser observados

Princípios Básicos da Experimentação

Modelo estatístico

EXPERIMENTO EM QUADRADO LATINO

Hipótese

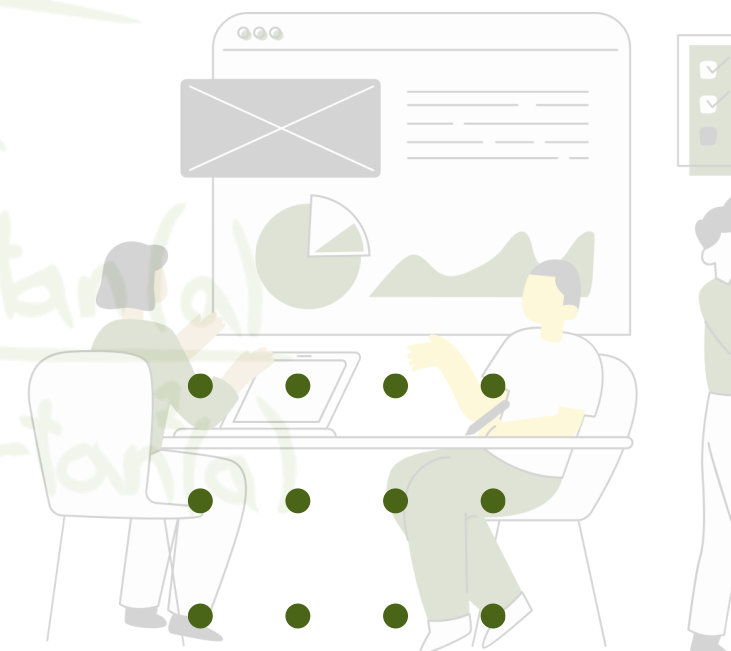
Análise de variância

Fórmulas da ANOVA

Contrastes Ortogonais

Considerações Finais

Referências Bibliográficas



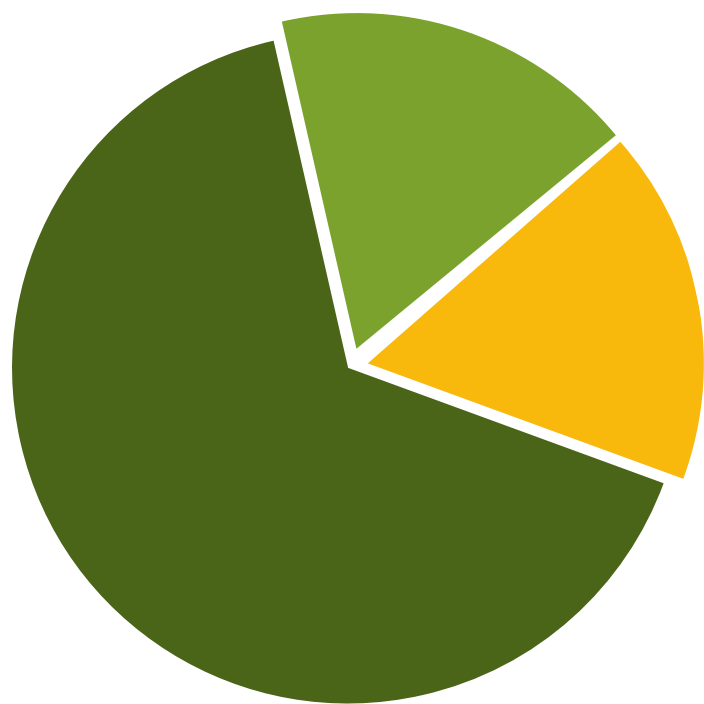
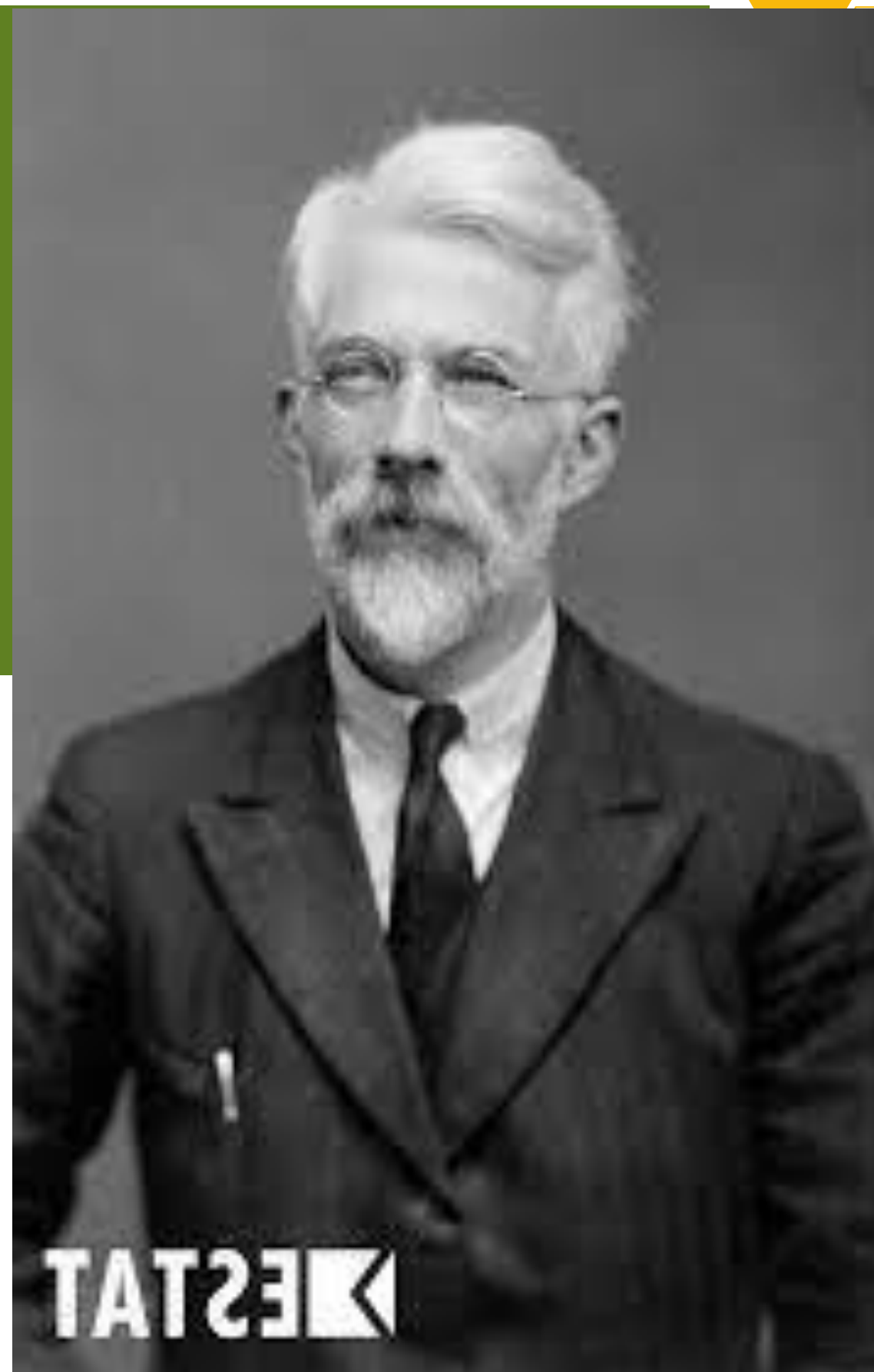
DELINEAMENTO EXPERIMENTAL



Ronald A. Fisher

(1890-1962)

Ronald A. Fisher (1890-1962) foi um estatístico, geneticista e biólogo evolutivo britânico, considerado uma figura proeminente na estatística e na genética do século XX. Ele fez contribuições significativas em várias áreas, incluindo estatística, genética, biologia evolutiva e design experimental.



Conceito

Delineamento Experimental

“DELINEAR”:
Traçar, esboço,
desenhar.



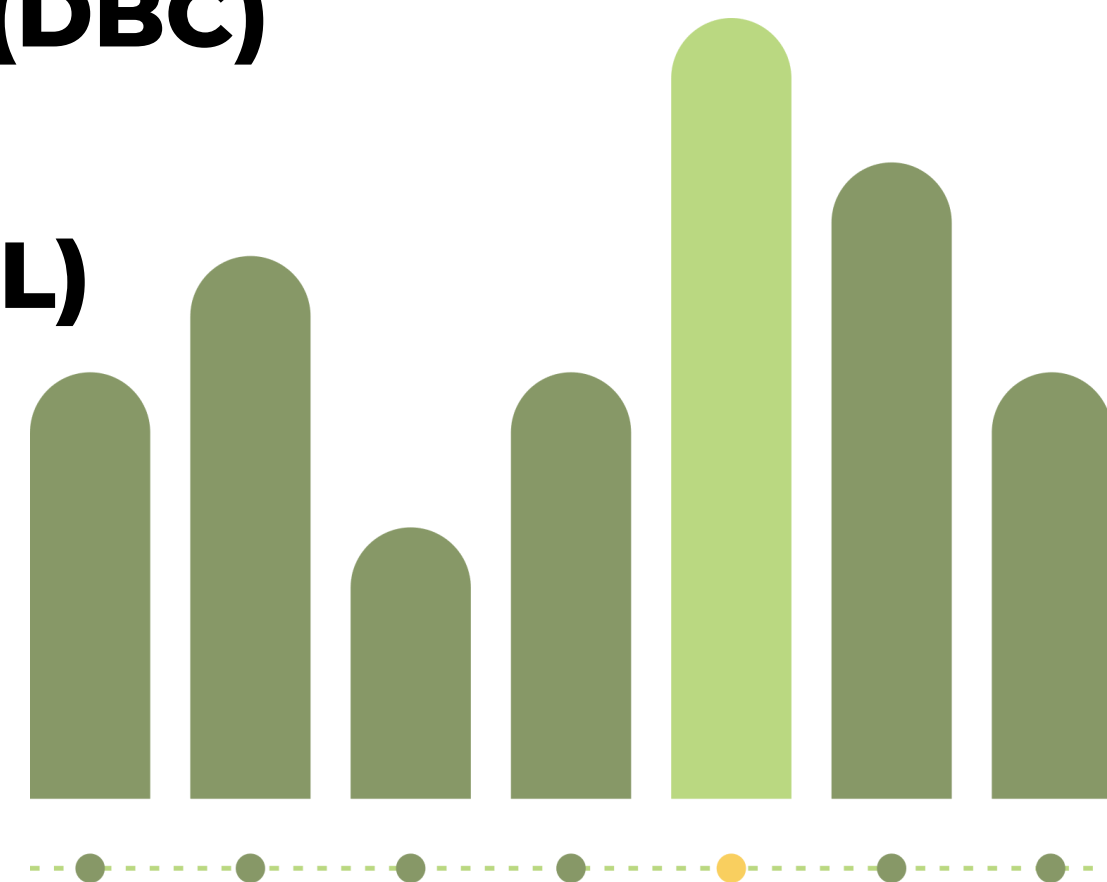
“EXPERIMENTAR”:
é um procedimento
planejado, com o objetivo de
provocar variação em uma
ou mais variáveis de
resposta .

**“A forma como os
tratamentos ou níveis de
um fator são dispostos às
unidades experimentais
ou parcelas ”.**



Tipos de Delineamentos Apresentados:

- **Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC)**
- **Delineamento em Blocos Casualizados (DBC)**
- **Delineamento em Quadrado Latino (DQL)**



DELINEAMENTO EM QUADRADO LATINO



Introdução

- É um delineamento experimental utilizado pelos pesquisadores, principalmente quando este tem pouco material experimental (animais, plantas...).
- O DQL terá como objetivo organizar os blocos em duas direções designadas por “linhas” e “colunas”, permitindo isolar os efeitos de duas fontes de variação do erro experimental.
- As unidades experimentais são arranjadas em um quadrado ($n \times n$).



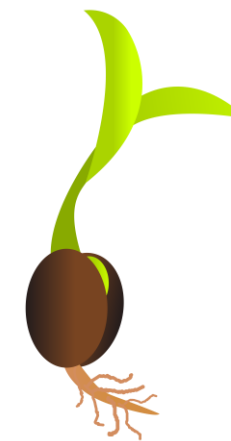
Utilização

- Cabe pesquisador estabelecer um planejamento experimental antes da execução do experimento.
- Utiliza-se delineamento quando é possível reconhecer duas fontes de variação sistemáticas antes da aplicação dos tratamentos.



FRV (sob controle do pesquisador):

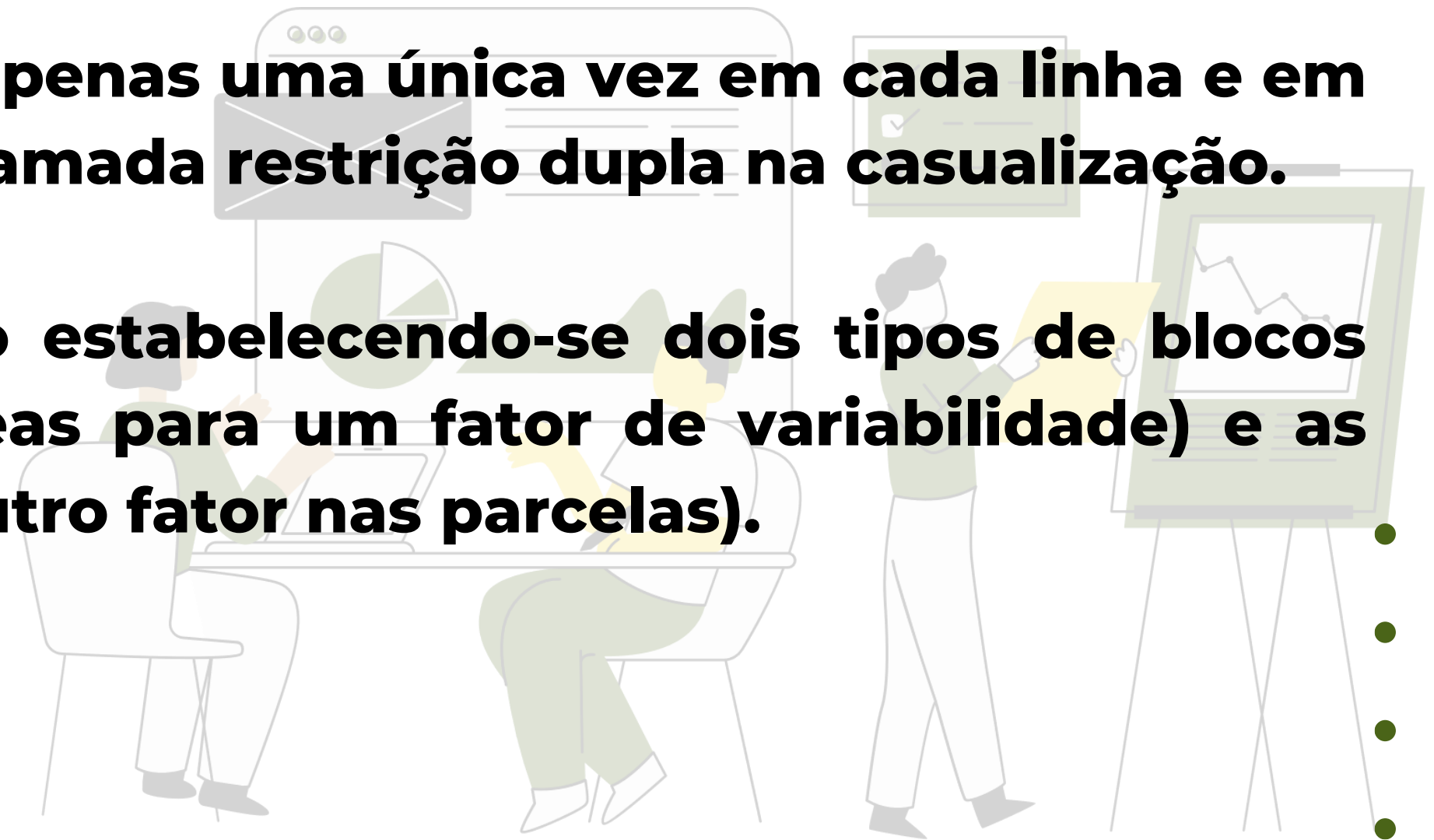
material experimental, tipo/quantidade de adubo, tipo de solo, tamanho de sementes, etc.

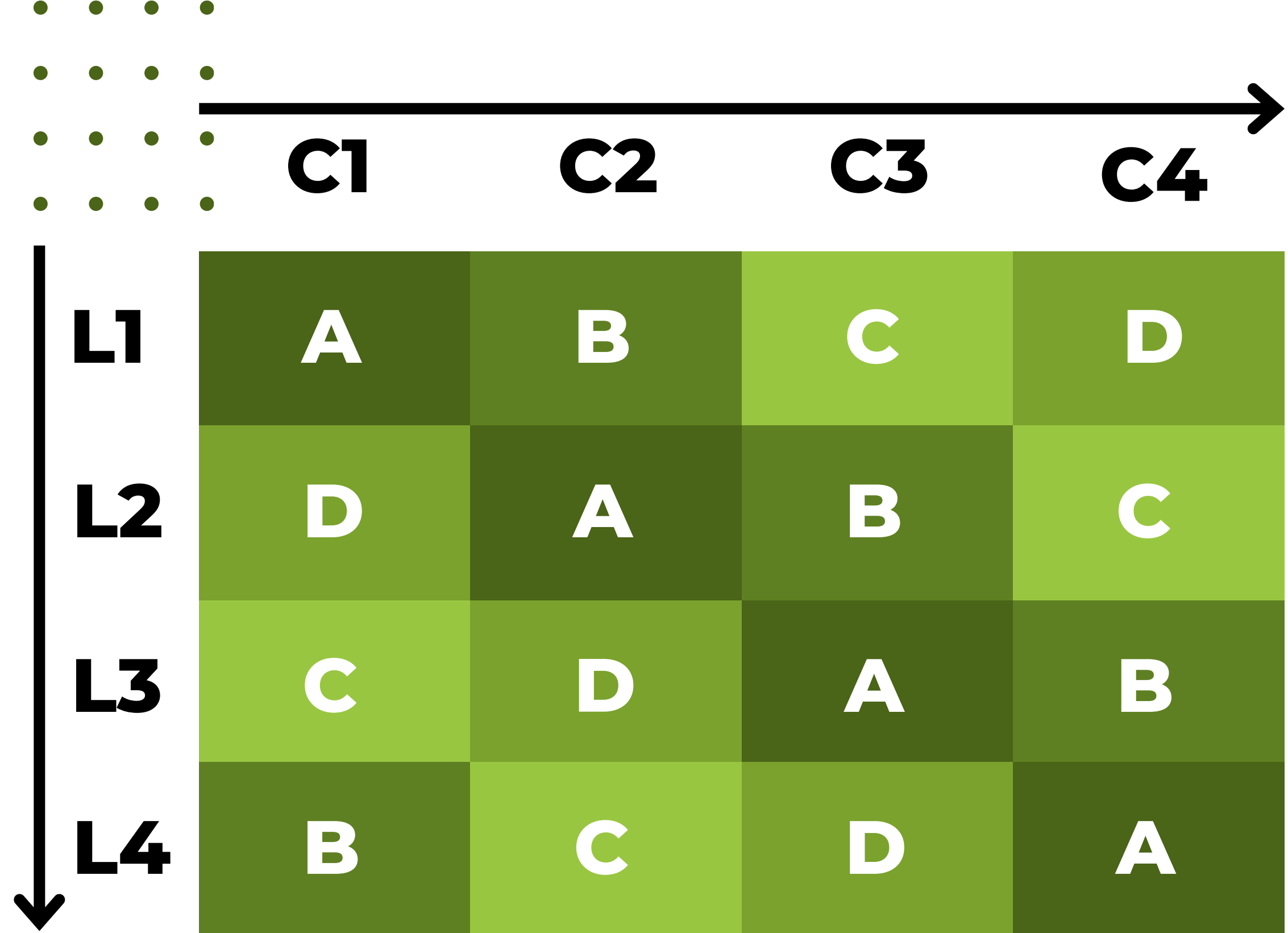


Distribuição dos tratamentos



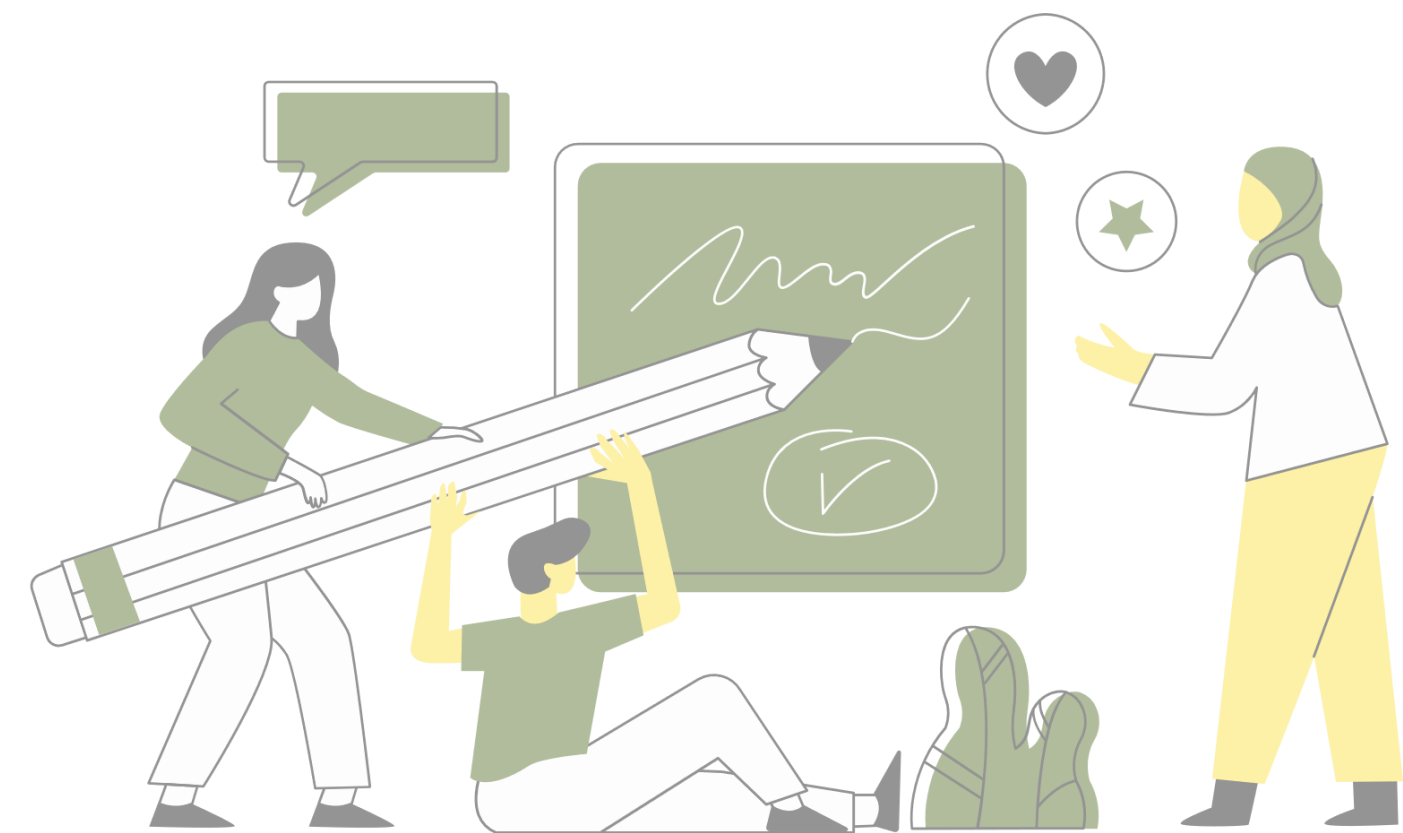
- **As unidades experimentais são arranjadas em um quadrado, $n \times n$, e os tratamentos, são aplicados ao acaso, de tal forma que cada tratamento aparece, exatamente, uma vez em cada linha e em cada coluna.**
- **Cada tratamento deve aparecer apenas uma única vez em cada linha e em cada coluna, isto representa a chamada restrição dupla na casualização.**
- **O controle local em DQL é feito estabelecendo-se dois tipos de blocos completos: As linhas (homogêneas para um fator de variabilidade) e as colunas (homogêneas para um outro fator nas parcelas).**





**ESQUEMA DA CASUALIZAÇÃO DAS UNIDADES EXPERIMENTAIS.
(AS SETAS À ESQUERDA DA FIGURA ESTÃO INDICANDO AS
DIREÇÕES DOS POSSÍVEIS GRADIENTES.).**

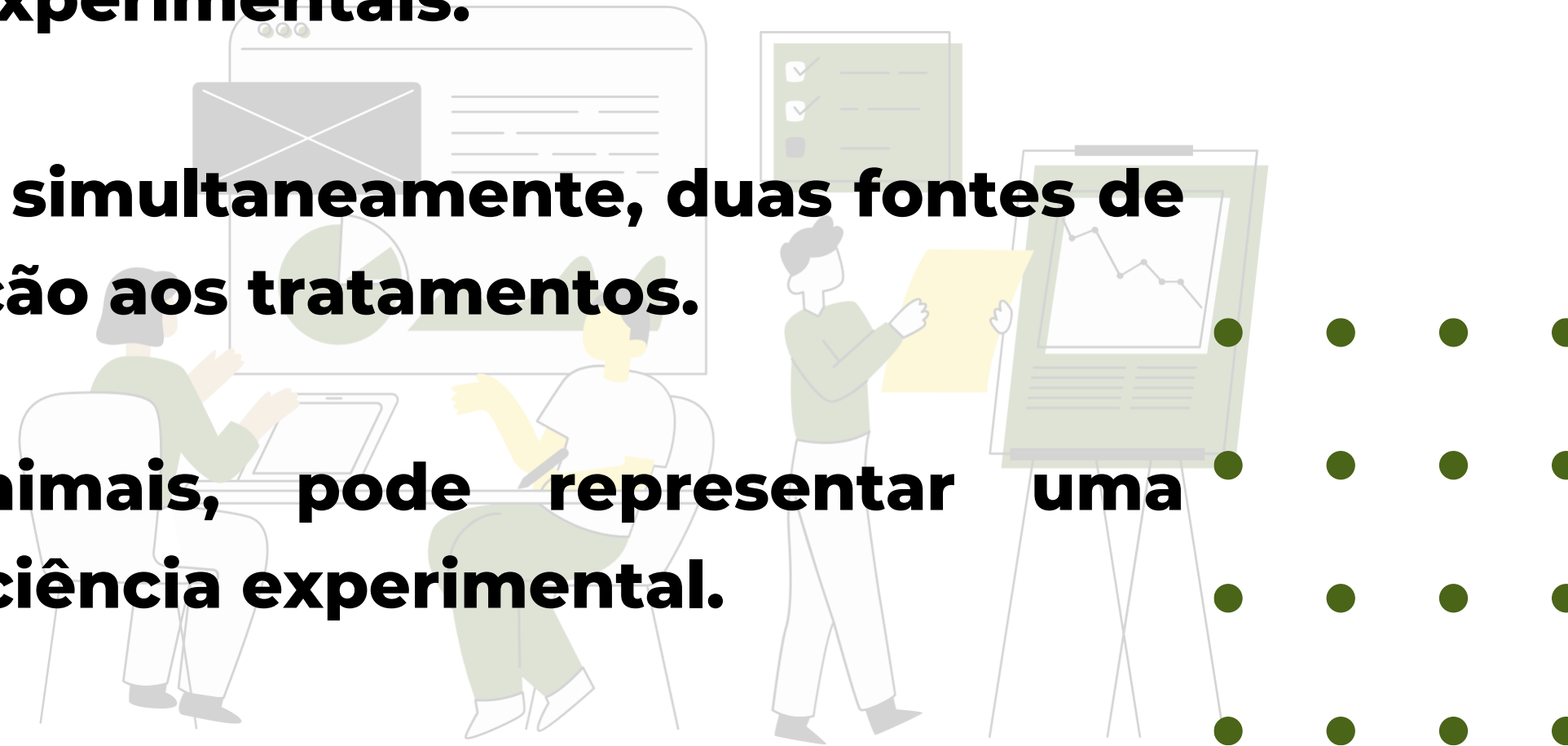
nº tratamentos
=
nº linhas
=
nº colunas
=
nº repetições cada trat.



Vantagens



- **Conduz a um menor erro experimental.**
- **O controle é utilizado com alta precisão.**
- **Permite maior controle da heterogeneidade dos fatores ambientais e/ou dos fatores experimentais.**
- **Possibilidade de se controlar, simultaneamente, duas fontes de variação sistemáticas em adição aos tratamentos.**
- **Em experimentos com animais, pode representar uma alternativa de economia e eficiência experimental.**



Desvantagens



- **Pouca flexibilidade.**

- **É mais indicado, na prática, para um número de tratamentos variando entre 5-8;**

OBS.: Quando o número de tratamentos é menor que 5, há uma redução do número de graus de liberdade do resíduo;

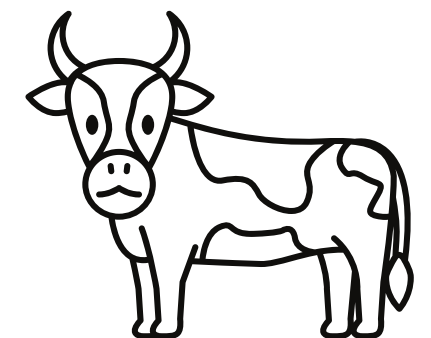
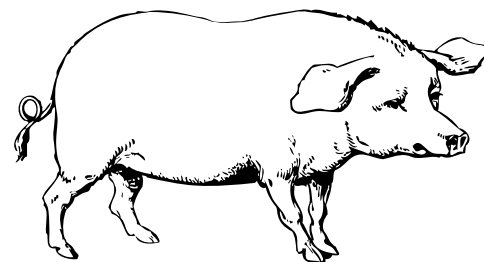
- **Excessivo número de unidades experimentais necessárias quando o número de tratamentos é grande.**

OBS.: Se fossem utilizados mais de 10 tratamentos, teria um número grande de repetições.



Exemplos de fatores que podem ser observados

- **Gradientes de fertilidade e umidade, perpendiculares entre si, no solo e no interior de casas de vegetação;**
- **Animais de mesma idade nas linhas e de mesmo peso inicial nas colunas ao se estudar ganho de peso;**
- **Aplicador e máquinas diferentes ao se estudar controles alternativos de invasoras, pragas e doenças;**
- **Heterogeneidade em áreas experimentais de uso intensivo.**



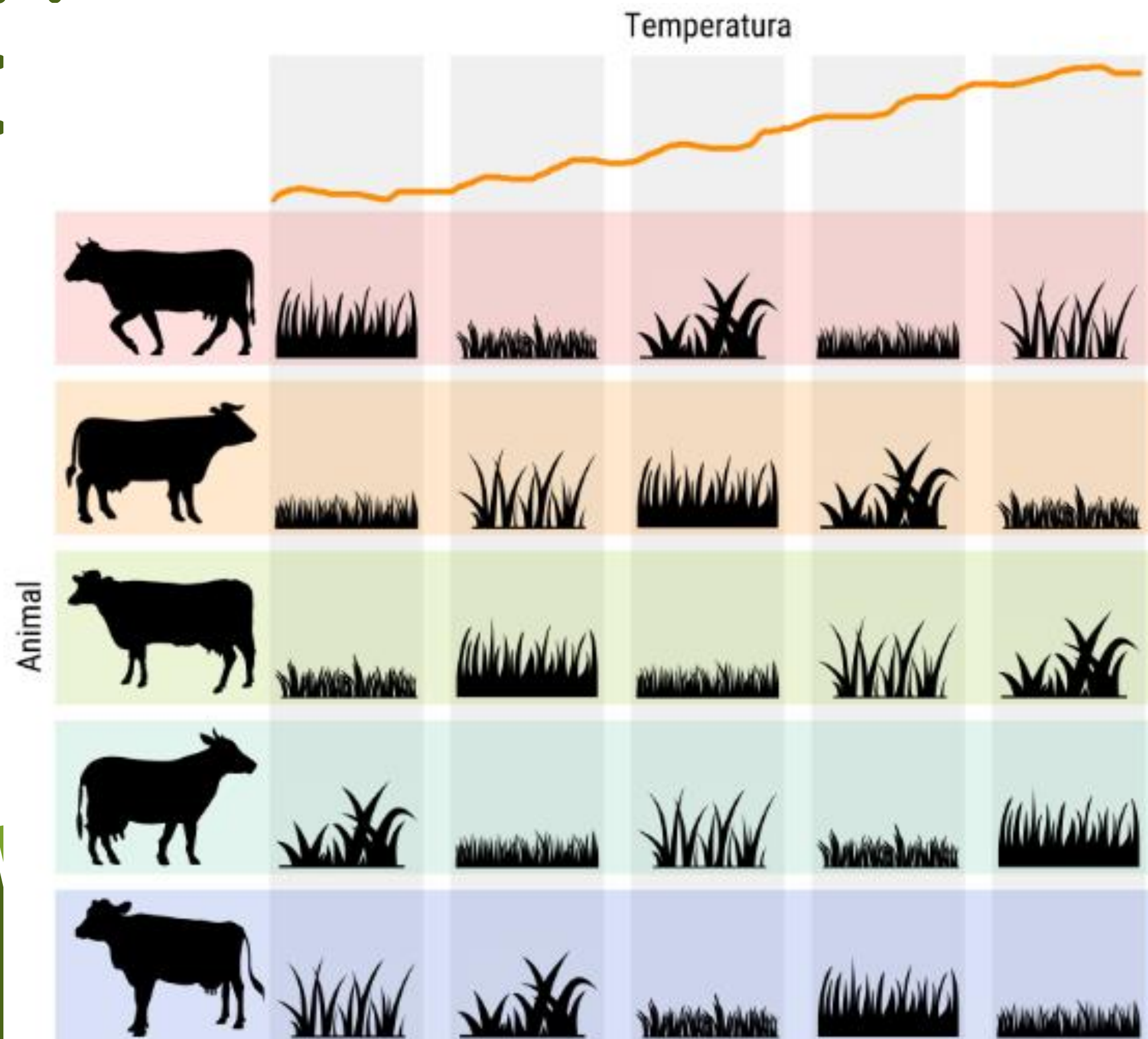


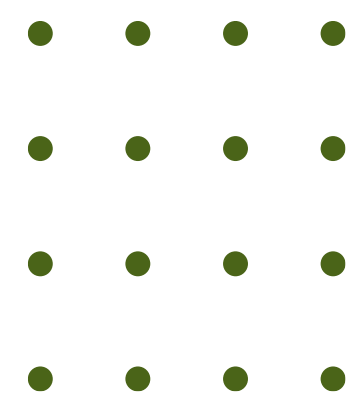
Ilustração de um experimento em delineamento quadrado latinos, 5x5 para estudar o efeito de 5 tipos de grama no ganho de peso de animais. O quadrado latino está bloqueando o efeito de animal (linhas) e o efeito ambiental (colunas).

Fonte: <http://leg.ufpr.br/walmes/mpaer/delineamento-de-quadrado-latino.html>

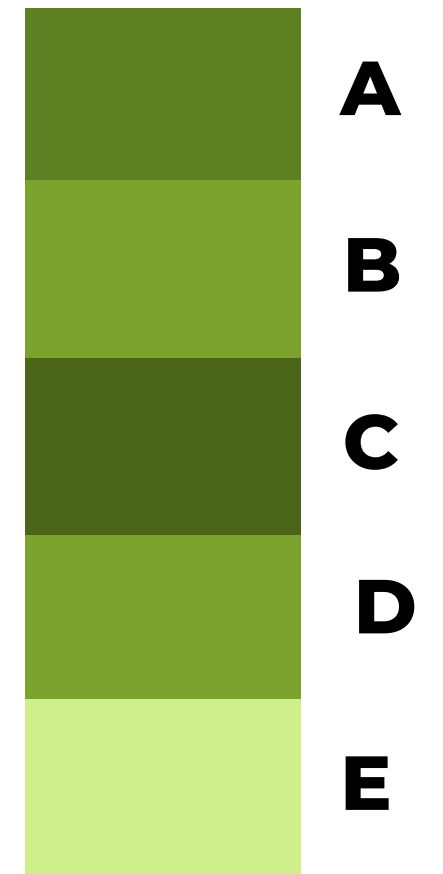
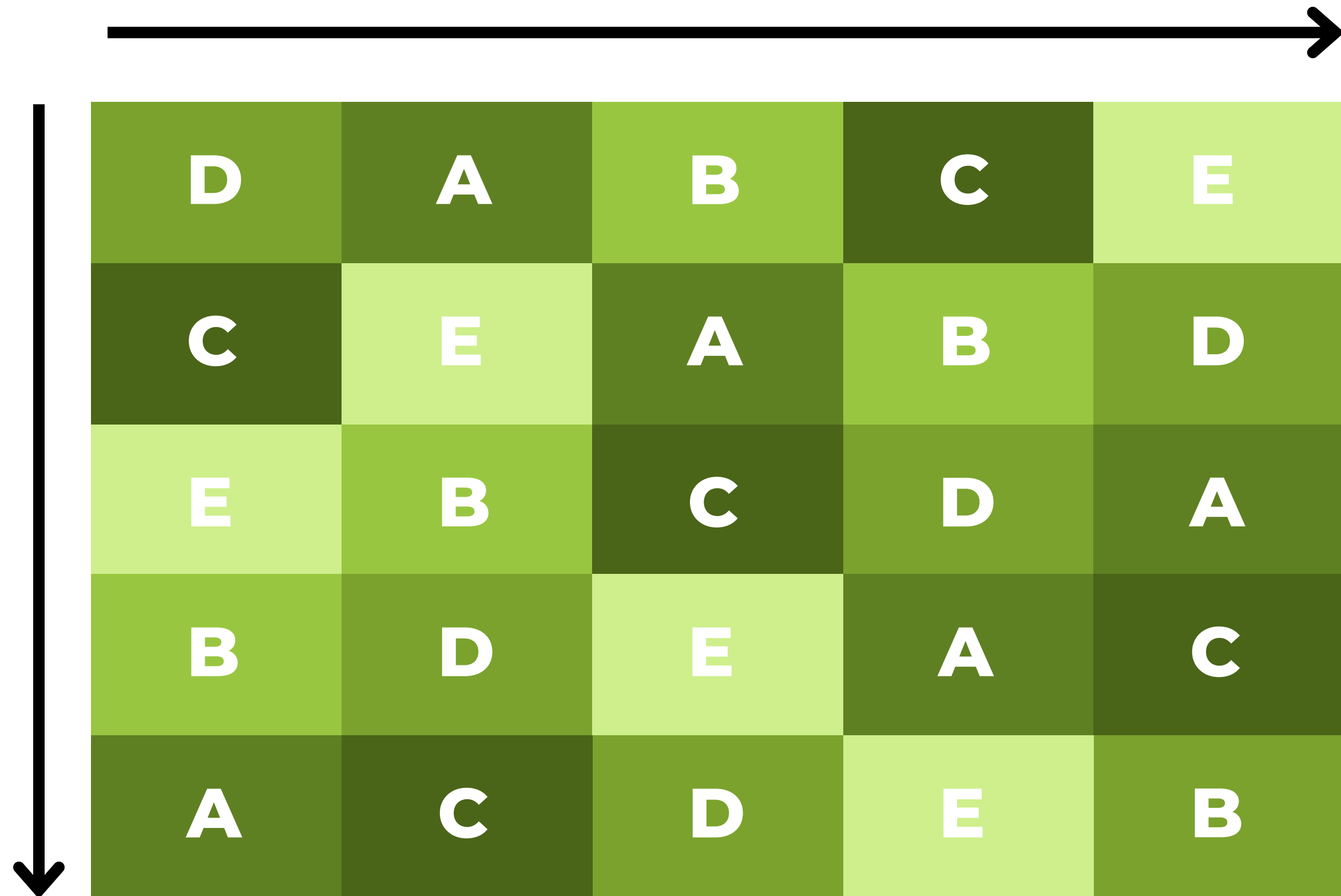
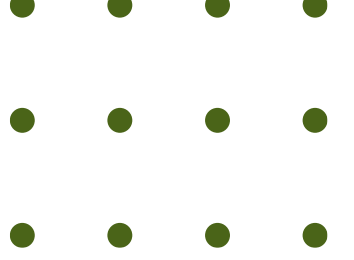


Princípios Básicos da Experimentação

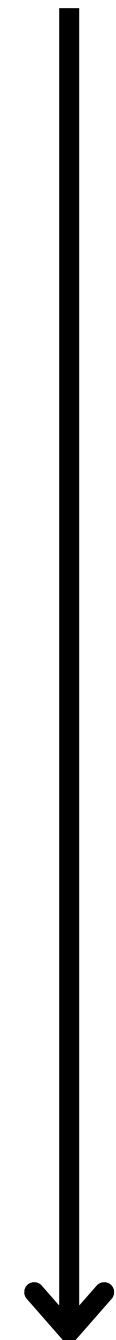

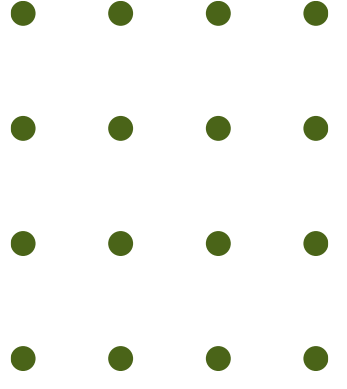
- **CASUALIZAÇÃO:** Garante que as possíveis diferenças entre tratamentos não seja por tendenciosidade.
- **REPETIÇÃO:** Permite a estimativa do erro experimental ou resíduo, sendo seu número dependente da variabilidade do material e condições experimentais.
- **CONTROLE LOCAL:** Uso de linhas e colunas, garantindo que as possíveis variações entre as repetições, devido a heterogeneidade das condições experimentais, e ou, do material experimental, não seja atribuída ao erro experimental ou resíduo.



Esquema de casualização



Casualização, Repetição e Controle local



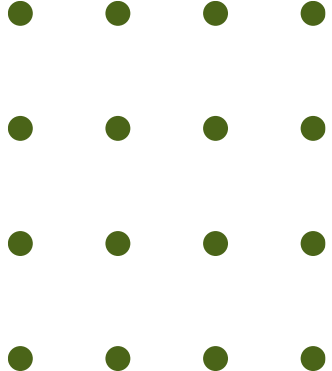
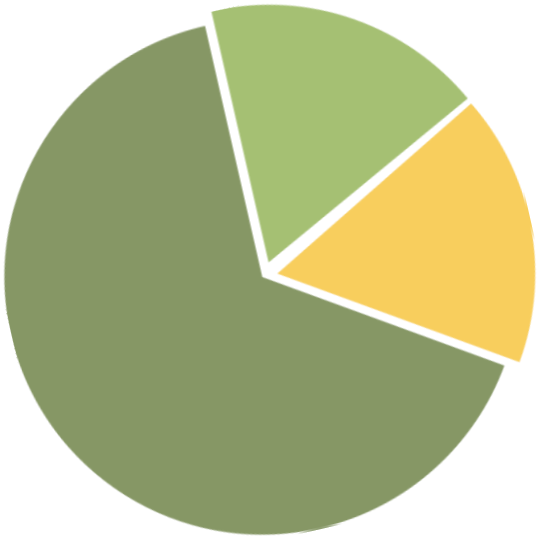
	1'	2'	3'	4'	5'
1	A	B	C	D	E
2	E	A	B	C	D
3	D	E	A	B	C
4	C	D	E	A	B
5	B	C	D	E	A

Para ilustrar essa alocação, considere o exemplo de um experimento com cinco tratamentos (A, B, C, D, E).

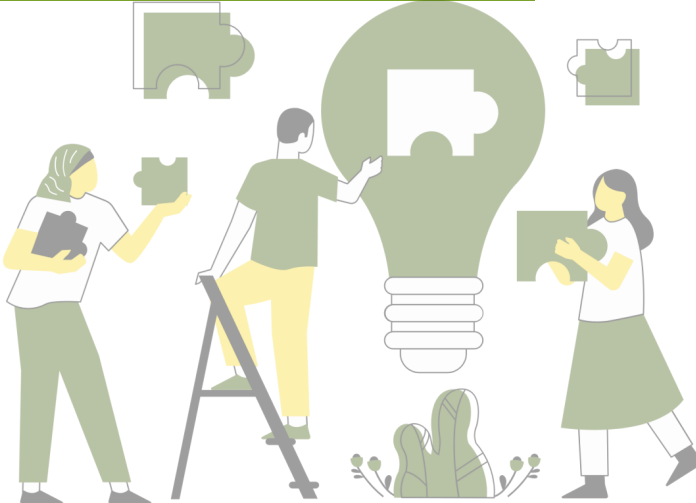


Em seguida, faz-se uma redistribuição das linhas e colunas para se garantir o princípio da casualização:

	1'	2'	3'	4'	5'
4	B	D	E	A	C
5	A	C	D	E	B
2	C	E	A	B	D
1	D	A	B	C	E
3	E	B	C	D	A



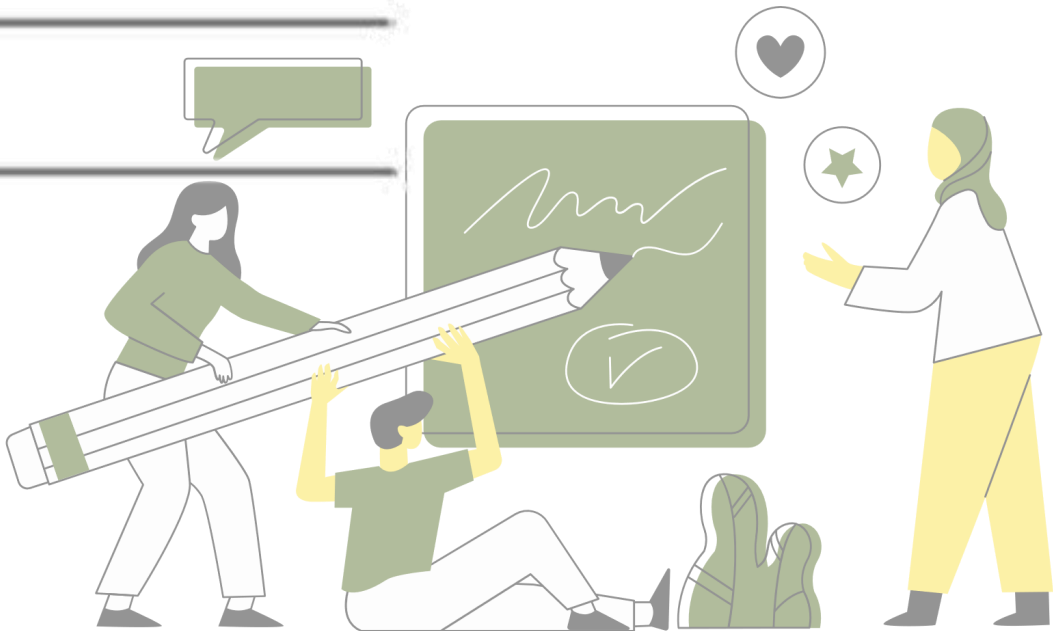
	3'	1'	4'	5'	2'
4	E	B	A	C	D
5	D	A	E	B	C
2	A	C	B	D	E
1	B	D	C	E	A
3	C	E	D	A	B



O SORTEIO DA ORDEM DAS COLUNAS COMPLETA A CASUALIZAÇÃO.
TEM-SE O ESQUEMA DEFINITIVO QUE DETERMINA A ALOCAÇÃO DO
EXPERIMENTO NO CAMPO.

LINHAS	QUADRADOS					LINHAS
	1	2	3	4	5	
1	A 11	D 14	B 13	C 12	E 16	L1
2	B 21	E 22	C 23	D 24	A 25	L2
3	D 31	B 32	E 34	A 33	C 36	L3
4	C 20	A 22	D 25	E 26	B 28	L4
5	E 15	C 18	A 17	B 19	D 20	L5
COLUNAS	C1	C2	C3	C4	C5	

$$\sum L \neq \sum T$$
$$\sum L_1 = A + D + B + C + E$$
$$\sum T_1 = 11 + 25 + 33 + 22 + 17$$





Modelo estatístico

- y_{ijk} = Valor observado na parcela do tratamento k na linha i e na coluna j
- μ = Média geral do experimento
- l_i = Efeito da linha i
- c_j = Efeito da coluna j
- $(tk)_{ij}$ = Efeito do tratamento k na linha i e na coluna j
- e_{ijk} = Efeito dos fatores não controlados

$$y_{ijk} = \mu + l_i + c_j + (tk)_{ij} + e_{ijk}$$

Não é fonte de variação

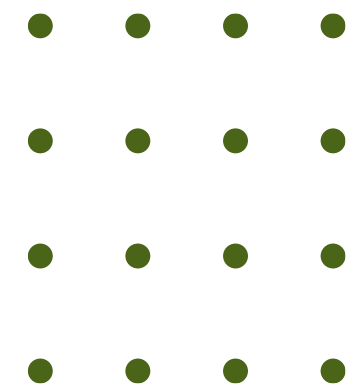
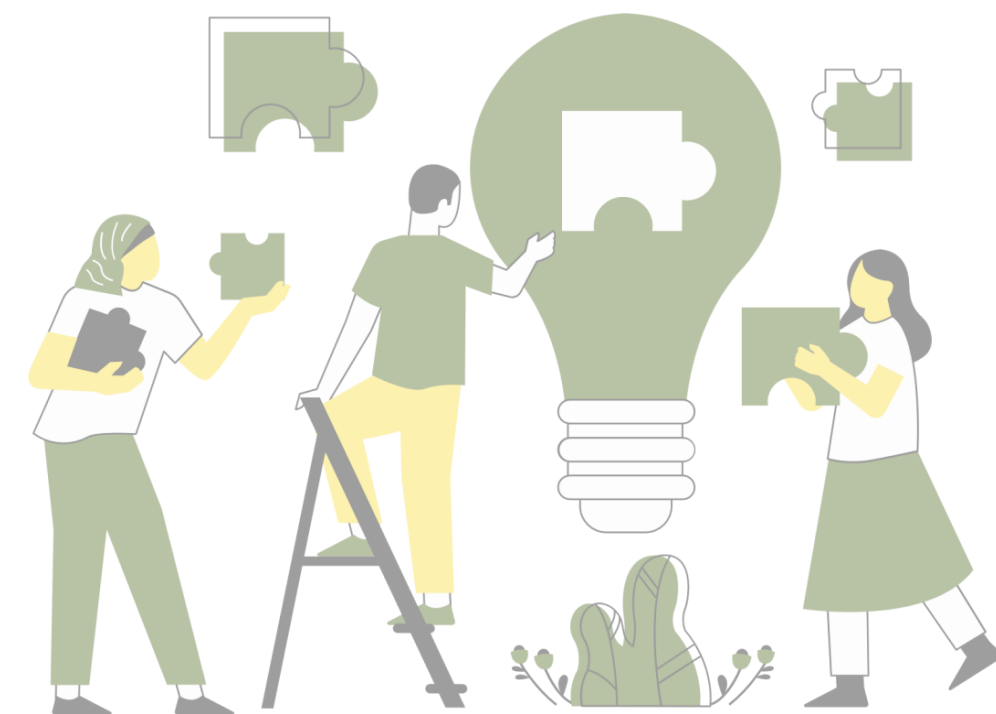
É fonte de variação

É fonte de variação

É fonte de variação

É fonte de variação

EXPERIMENTO EM QUADRADO LATINO



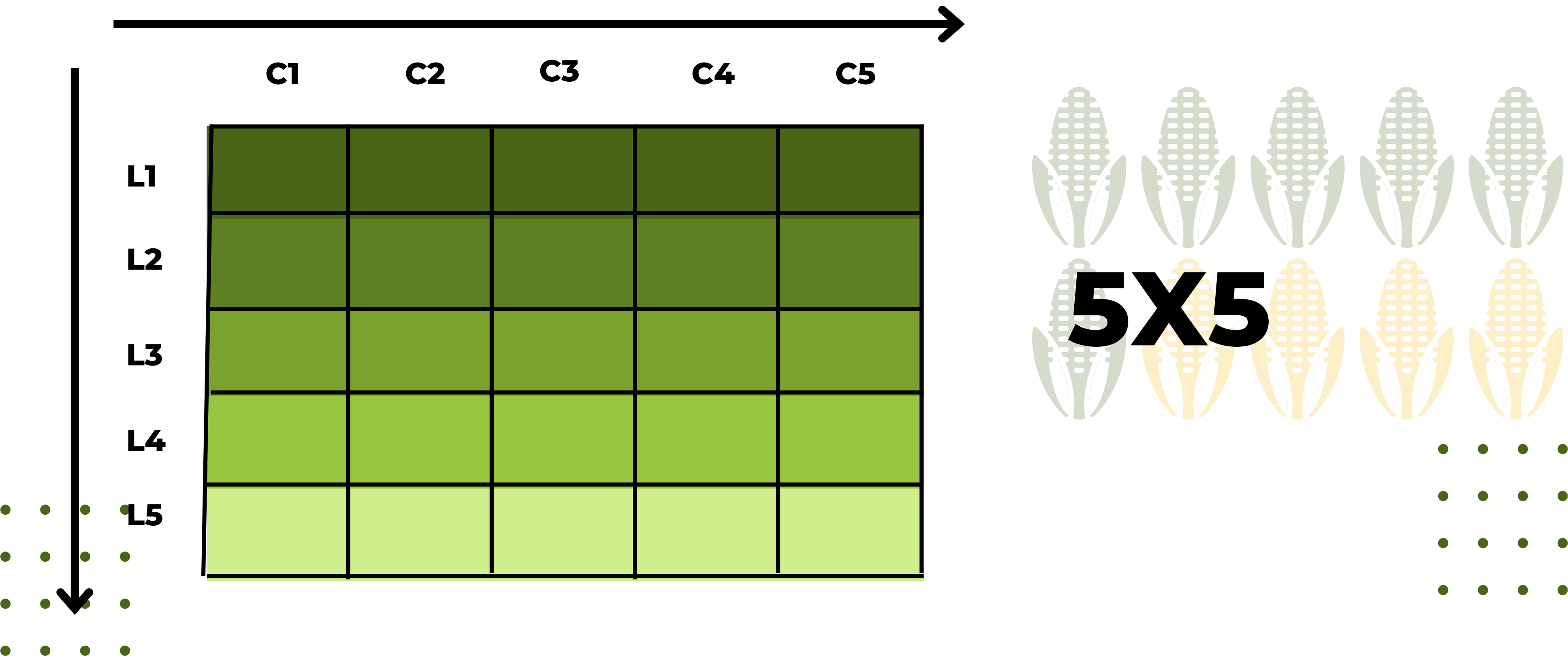
Experimento em Quadrado Latino

OBSERVAÇÃO: Em primeiro lugar, para se montar um experimento em quadrado latino, devemos considerar que os dois fatores de heterogeneidade tenham a mesma proporção de níveis.





1º - Montagem do croqui



2º - Faz a distribuição dos tratamentos em ordem sistemática, iniciando em cada linha na diagonal.

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

A, B, C, D: Variedades

Tendo cuidado para não extrapolar o número de determinado tratamento nas unidades experimentais

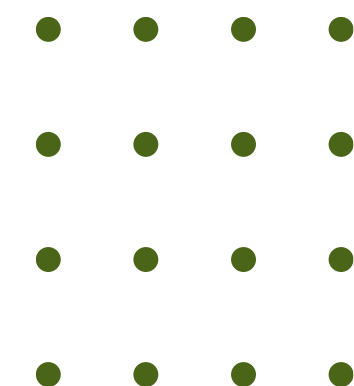
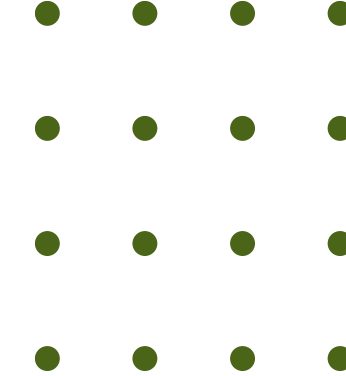
3º - Sorteio dos tratamentos para linhas e colunas



GRADIENTE ASSOCIADO A LINHA (L)

GRADIENTE ASSOCIADO A COLUNA (C)

	C1	C2	C3	C4	C5
L1	D	A	B	C	E
L2	C	E	A	B	D
L3	E	B	C	D	A
L4	B	D	E	A	C
L5	A	C	D	E	B



**A PARTIR DA CASUALIZAÇÃO DEFINITIVA, PODEMOS AGORA ORGANIZAR
UMA TABELA QUE ORIENTARÁ A CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO E REGISTRO
DAS AVALIAÇÕES:**

Linha	Coluna			Totais de linhas
	1	...	j	
1	Y_{11k}	...	Y_{1jk}	l_1
2	Y_{21k}	...	y_{2jk}	l_2
.
.
.
i				l_i
Totais de colunas	C_1	...	C_j	

**QUADRO PARA COLETA DE DADOS DE EXPERIMENTOS NO
DQL**

Fonte: Notas de aulas expandidas/CET076_12ed_1pf, Prof. José Cláudio Faria.

EXEMPLO DE EXPERIMENTO

O objetivo de um experimento foi estudar o efeito da época de castração no desenvolvimento e produção de suínos. Dispunha-se para esse estudo, de 5 matrizes da mesma raça, que foram submetidas mesma alimentação manejo durante o período de gestação.

Leitegadas	Faixas de Peso Inicial					Totais
	1	2	3	4	5	
1	93,0(A)	115,4(C)	116,9(E)	110,2(D)	110,4(B)	545,9
2	110,6(C)	96,5(E)	108,9(B)	97,6(A)	112,0(D)	525,6
3	102,1(B)	108,6(D)	77,9(A)	102,0(E)	111,7(C)	502,3
4	115,4(D)	94,9(A)	114,0(C)	100,2(B)	118,5(E)	543,0
5	117,6(E)	114,1(B)	118,7(D)	108,8(C)	80,2(A)	539,4
Totais	538,7	529,5	536,4	518,8	532,8	2656,2

Fonte: CARNEIRO, A. P S; RIBEIRO JR, J. L; SANTOS, N. T; MARTINS FILHO, S; Estatística Experimental (Apostila), UFV, 2010, 214p.

Análise de variância

- Aponta se existe ou não diferença entre as médias populacionais.
- Fontes reconhecidas de variação: Tratamentos, Linhas e Colunas.
- Neste caso, pressupõe-se que a variabilidade total observada nos dados de unidades experimentais, para uma dada variável-resposta, pode ser decomposta em efeitos decorrentes de causas controladas e de causas não controladas.

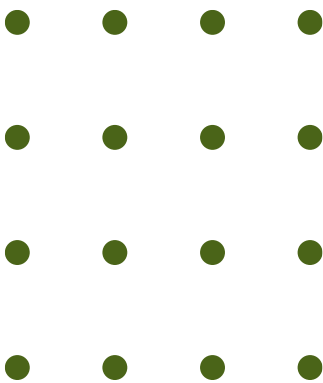
EXEMPLO DE EXPERIMENTO

Um pesquisador instalou um experimento para comparar 5 tipos de bacilos (A, B, C, D, e E) usados para produção de iogurte. No momento da instalação do experimento, o pesquisador verificou que o material experimental disponível (25 unidades de 1 litro de leite) não era completamente homogêneo entre si, pois apresentavam variação quanto ao teor de gordura e grau de acidez. Para controlar estas duas fontes de variação, o pesquisador distribuiu os bacilos ao acaso às amostras de leite de tal forma que cada bacilo pudesse ser testado em todas as condições de teor de gordura e grau de acidez. O quadro dado a seguir ilustra a distribuição dos bacilos às amostras de leite bem como o volume (em ml) de iogurte produzido:

Teor de Gordura	Grau de Acidez					Totais
	1	2	3	4	5	
1	450 A	620 E	680 C	620 D	780 B	3150
2	750 C	990 B	750 E	660 A	830 D	3980
3	750 D	910 C	690 A	990 B	760 E	4100
4	650 E	890 D	835 B	850 C	875 A	4100
5	750 B	720 A	850 D	770 E	890 C	3980
Totais	3350	4130	3805	3890	4135	19310

$T_A = 3395$ $T_B = 4345$ $T_C = 4080$ $T_D = 3940$ $T_E = 3550$

Fonte: CARNEIRO, A. P S; RIBEIRO JR, J. L; SANTOS, N. T; MARTINS FILHO, S; Estatística Experimental (Apostila), UFV, 2010, 214p.





QUADRO DA ANOVA

FV	GL	SQ	QM	FCal	FTab
TRATAMENTO					
LINHA					
COLUNA					
RESÍDUO					
TOTAL					

Grau de Acidez						
Teor de Gordura	1	2	3	4	5	Totais
1	450 A	620 E	680 C	620 D	780 B	3150
2	750 C	990 B	750 E	660 A	830 D	3980
3	750 D	910 C	690 A	990 B	760 E	4100
4	650 E	890 D	835 B	850 C	875 A	4100
5	750 B	720 A	850 D	770 E	890 C	3980
Totais	3350	4130	3805	3890	4135	19310

$T_A = 3395 \quad T_B = 4345 \quad T_C = 4080 \quad T_D = 3940 \quad T_E = 3550$

Estabelecimento da hipótese

H0: $\mu A = \mu B = \dots = \mu E$
H1: Nem todas as médias dos tratamentos são iguais

Esquema da análise de variância

Causa da variação	GL	SQD	QMD	F _{cal}
Linhas	k - 1	SQDlin	QMDlin	QMDlin/QMDres
Colunas	k - 1	SQDcol	QMDcol	QMDcol/QMDres
Tratamentos	k - 1	SQDtra	QMDtra	QMDtra/QMDres
Resíduo	(k - 2) (k -1)	SQDres	QMDres	
Total	k ² - 1	SQDtot		

Fonte: Notas de aulas expandidas/CET076_12ed_1pf, Prof. José Cláudio Faria.



QUADRO DA ANOVA

FV	GL	SQ	QM	FCal	FTab
TRATAMENTO	5-1				
LINHA	5-1				
COLUNA	5-1				
RESÍDUO					
TOTAL	25-1				

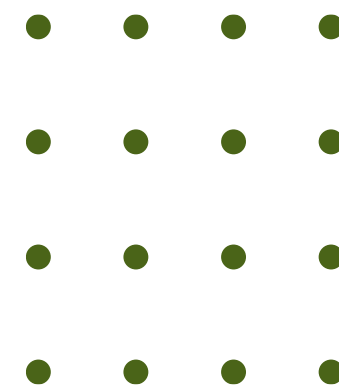
Grau de Acidez						
Teor de Gordura	1	2	3	4	5	Totais
1	450 A	620 E	680 C	620 D	780 B	3150
2	750 C	990 B	750 E	660 A	830 D	3980
3	750 D	910 C	690 A	990 B	760 E	4100
4	650 E	890 D	835 B	850 C	875 A	4100
5	750 B	720 A	850 D	770 E	890 C	3980
Totais	3350	4130	3805	3890	4135	19310

T_A = 3395 T_B = 4345 T_C = 4080 T_D = 3940 T_E = 3550

Estabelecimento da hipótese

H₀: $\mu_A = \mu_B = \dots = \mu_E$

H₁: Nem todas as médias dos tratamentos são iguais





QUADRO DA ANOVA

FV	GL	SQ	QM	FCal	FTab
TRATAMENTO	4				
LINHA	4				
COLUNA	4				
RESÍDUO	24 - 4 - 4 - 4				
TOTAL	24				

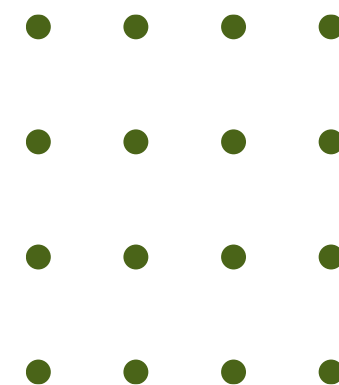
Grau de Acidez						
Teor de Gordura	1	2	3	4	5	Totais
1	450 A	620 E	680 C	620 D	780 B	3150
2	750 C	990 B	750 E	660 A	830 D	3980
3	750 D	910 C	690 A	990 B	760 E	4100
4	650 E	890 D	835 B	850 C	875 A	4100
5	750 B	720 A	850 D	770 E	890 C	3980
Totais	3350	4130	3805	3890	4135	19310

T_A = 3395 T_B = 4345 T_C = 4080 T_D = 3940 T_E = 3550

Estabelecimento da hipótese

H₀: $\mu_A = \mu_B = \dots = \mu_E$

H₁: Nem todas as médias dos tratamentos são iguais



QUADRO DA ANOVA

FV	GL	SQ	QM	FCal	FTab
TRATAMENTO	4				
LINHA	4				
COLUNA	4				
RESÍDUO	12				
TOTAL	24	369406			

Grau de Acidez						
Teor de Gordura	1	2	3	4	5	Totais
1	450 A	620 E	680 C	620 D	780 B	3150
2	750 C	990 B	750 E	660 A	830 D	3980
3	750 D	910 C	690 A	990 B	760 E	4100
4	650 E	890 D	835 B	850 C	875 A	4100
5	750 B	720 A	850 D	770 E	890 C	3980
Totais	3350	4130	3805	3890	4135	19310

$$T_A = 3395 \quad T_B = 4345 \quad T_C = 4080 \quad T_D = 3940 \quad T_E = 3550$$

Estabelecimento da hipótese

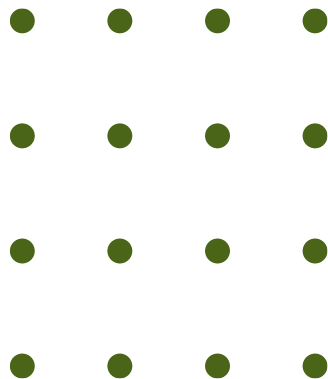
H0: $\mu_A = \mu_B = \dots = \mu_E$
H1: Nem todas as médias dos tratamentos são iguais

$$C = (19.310)^2 / 25 = 14,915,044.$$

$$SQTotal = [(450)^2 + (620)^2 + \dots + (890)^2] - C = 369406$$

Cálculo da soma de quadrados

- Soma de quadrado Total = SQTotal
- Soma de quadrado dos Tratamentos = SQTrat
- Soma de quadrado Linhas = SQLinhas
- Soma de quadrado Colunas = SQColunas
- Soma de quadrado Resíduo = SQRes



QUADRO DA ANOVA

FV	GL	SQ	QM	FCal	FTab
TRATAMENTO	4	120466			
LINHA	4				
COLUNA	4				
RESÍDUO	12				
TOTAL	24	369406			

Cálculo da soma de quadrados

Soma de quadrado Total = SQTotal

Soma de quadrado dos Tratamentos = SQTrat

Soma de quadrado Linhas = SQLinhas

Soma de quadrado Colunas = SQColunas

Soma de quadrado Resíduo = SQRes

Grau de Acidez						
Teor de Gordura	1	2	3	4	5	Totais
1	450 A	620 E	680 C	620 D	780 B	3150
2	750 C	990 B	750 E	660 A	830 D	3980
3	750 D	910 C	690 A	990 B	760 E	4100
4	650 E	890 D	835 B	850 C	875 A	4100
5	750 B	720 A	850 D	770 E	890 C	3980
Totais	3350	4130	3805	3890	4135	19310

$$T_A = 3395 \quad T_B = 4345 \quad T_C = 4080 \quad T_D = 3940 \quad T_E = 3550$$

Estabelecimento da hipótese

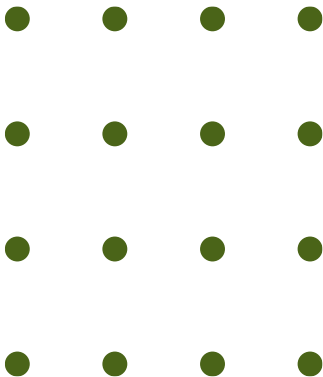
$H_0: \mu_A = \mu_B = \dots = \mu_E$

H_1 : Nem todas as médias dos tratamentos são iguais

$$C = (19.310)^2 / 25 = 14,915,044.$$

$$SQ_{Total} = [(450)^2 + (620)^2 + \dots + (890)^2] - C = 369406$$

$$SQ_{Dtrat} = [(3395^2 + 4345^2 + \dots + 3550^2) / 5] - C = 120466$$



QUADRO DA ANOVA

FV	GL	SQ	QM	FCal	FTab
TRATAMENTO	4	120466			
LINHA	4	129616			
COLUNA	4				
RESÍDUO	12				
TOTAL	24	369406			

Cálculo da soma de quadrados

Soma de quadrado Total = SQTotal

Soma de quadrado dos Tratamentos = SQTrat

Soma de quadrado Linhas = SQLinhas

Soma de quadrado Colunas = SQColunas

Soma de quadrado Resíduo = SQRes

Grau de Acidez						
Teor de Gordura	1	2	3	4	5	Totais
1	450 A	620 E	680 C	620 D	780 B	3150
2	750 C	990 B	750 E	660 A	830 D	3980
3	750 D	910 C	690 A	990 B	760 E	4100
4	650 E	890 D	835 B	850 C	875 A	4100
5	750 B	720 A	850 D	770 E	890 C	3980
Totais	3350	4130	3805	3890	4135	19310

$$T_A = 3395 \quad T_B = 4345 \quad T_C = 4080 \quad T_D = 3940 \quad T_E = 3550$$

Estabelecimento da hipótese

H0: $\mu_A = \mu_B = \dots = \mu_E$

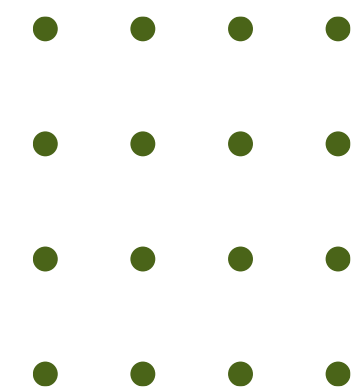
H1: Nem todas as médias dos tratamentos são iguais

$$C = (19.310)^2 / 25 = 14,915,044.$$

$$SQ_{Total} = [(450)^2 + (620)^2 + \dots + (890)^2] - C = 369406$$

$$SQ_{Dtrat} = [(3395^2 + 4345^2 + \dots + 3550^2) / 5] - C = 120466$$

$$SQ_{Lin} = [(3150^2 + 3980^2 + \dots + 3980^2) / 5] - C = 129616$$



QUADRO DA ANOVA

FV	GL	SQ	QM	FCal	FTab
TRATAMENTO	4	120466			
LINHA	4	129616			
COLUNA	4	82506			
RESÍDUO	12				
TOTAL	24	369406			

Cálculo da soma de quadrados

Soma de quadrado Total = SQTotal

Soma de quadrado dos Tratamentos = SQTrat

Soma de quadrado Linhas = SQLinhas

Soma de quadrado Colunas = SQColunas

Soma de quadrado Resíduo = SQRes

Grau de Acidez						
Teor de Gordura	1	2	3	4	5	Totais
1	450 A	620 E	680 C	620 D	780 B	3150
2	750 C	990 B	750 E	660 A	830 D	3980
3	750 D	910 C	690 A	990 B	760 E	4100
4	650 E	890 D	835 B	850 C	875 A	4100
5	750 B	720 A	850 D	770 E	890 C	3980
Totais	3350	4130	3805	3890	4135	19310

$$T_A = 3395 \quad T_B = 4345 \quad T_C = 4080 \quad T_D = 3940 \quad T_E = 3550$$

Estabelecimento da hipótese

H0: $\mu_A = \mu_B = \dots = \mu_E$

H1: Nem todas as médias dos tratamentos são iguais

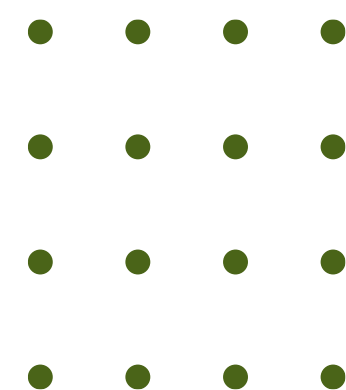
$$C = (19.310)^2 / 25 = 14,915,044.$$

$$SQ_{Total} = [(450)^2 + (620)^2 + \dots + (890)^2] - C = 369406$$

$$SQ_{Dtrat} = [(3395^2 + 4345^2 + \dots + 3550^2) / 5] - C = 120466$$

$$SQ_{Lin} = (3150^2 + 3980^2 + \dots + 3980^2 / 5) - C = 129616$$

$$SQ_{Col} = [(3550^2 + 4130^2 + \dots + 4135^2) / 5] - C = 82506$$



QUADRO DA ANOVA

FV	GL	SQ	QM	FCal	FTab
TRATAMENTO	4	120466			
LINHA	4	129616			
COLUNA	4	82506			
RESÍDUO	12	36818			
TOTAL	24	369406			

Cálculo da soma de quadrados

Soma de quadrado Total = SQTotal

Soma de quadrado dos Tratamentos = SQTrat

Soma de quadrado Linhas = SQLinhas

Soma de quadrado Colunas = SQColunas

Soma de quadrado Resíduo = SQRes

Grau de Acidez						
Teor de Gordura	1	2	3	4	5	Totais
1	450 A	620 E	680 C	620 D	780 B	3150
2	750 C	990 B	750 E	660 A	830 D	3980
3	750 D	910 C	690 A	990 B	760 E	4100
4	650 E	890 D	835 B	850 C	875 A	4100
5	750 B	720 A	850 D	770 E	890 C	3980
Totais	3350	4130	3805	3890	4135	19310

$$T_A = 3395 \quad T_B = 4345 \quad T_C = 4080 \quad T_D = 3940 \quad T_E = 3550$$

Estabelecimento da hipótese

H0: $\mu_A = \mu_B = \dots = \mu_E$

H1: Nem todas as médias dos tratamentos são iguais

$$C = (19.310)^2 / 25 = 14,915,044.$$

$$SQDTotal = [(450)^2 + (620)^2 + \dots + (890)^2] - C = 369406$$

$$SQDtrat = [(3395^2 + 4345^2 + \dots + 3550^2) / 5] - C = 120466$$

$$SQLin = [(3150^2 + 3980^2 + \dots + 3980^2) / 5] - C = 129616$$

$$SQCol = [(3550^2 + 4130^2 + \dots + 4135^2) / 5] - C = 82506$$

$$SQRes = 369406 - 120466 - 129616 - 82506 = 36818$$



QUADRO DA ANOVA

FV	GL	SQ	QM	FCal	FTab
TRATAMENTO	4	120466	30116,5		
LINHA	4	129616			
COLUNA	4	82506			
RESÍDUO	12	36818			
TOTAL	24	369406			

Grau de Acidez						
Teor de Gordura	1	2	3	4	5	Totais
1	450 A	620 E	680 C	620 D	780 B	3150
2	750 C	990 B	750 E	660 A	830 D	3980
3	750 D	910 C	690 A	990 B	760 E	4100
4	650 E	890 D	835 B	850 C	875 A	4100
5	750 B	720 A	850 D	770 E	890 C	3980
Totais	3350	4130	3805	3890	4135	19310

$T_A = 3395$ $T_B = 4345$ $T_C = 4080$ $T_D = 3940$ $T_E = 3550$

Estabelecimento da hipótese

H0: $\mu A = \mu B = \dots = \mu E$

H1: Nem todas as médias dos tratamentos são iguais

QMTrat = SQTrat/GLTrat = 30116,5

Cálculo da soma de quadrados

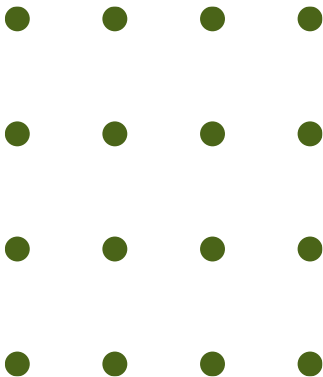
Soma de quadrado Total = SQTotal

Soma de quadrado dos Tratamentos = SQTrat

Soma de quadrado Linhas = SQLinhas

Soma de quadrado Colunas = SQColunas

Soma de quadrado Resíduo = SQRes



QUADRO DA ANOVA

FV	GL	SQ	QM	FCal	FTab
TRATAMENTO	4	120466	30116,5		
LINHA	4	129616	32404		
COLUNA	4	82506			
RESÍDUO	12	36818			
TOTAL	24	369406			

Grau de Acidez						
Teor de Gordura	1	2	3	4	5	Totais
1	450 A	620 E	680 C	620 D	780 B	3150
2	750 C	990 B	750 E	660 A	830 D	3980
3	750 D	910 C	690 A	990 B	760 E	4100
4	650 E	890 D	835 B	850 C	875 A	4100
5	750 B	720 A	850 D	770 E	890 C	3980
Totais	3350	4130	3805	3890	4135	19310

$$T_A = 3395 \quad T_B = 4345 \quad T_C = 4080 \quad T_D = 3940 \quad T_E = 3550$$

Estabelecimento da hipótese

H0: $\mu_A = \mu_B = \dots = \mu_E$

H1: Nem todas as médias dos tratamentos são iguais

$$QM_{\text{Trat}} = SQ_{\text{Trat}} / GL_{\text{Trat}} = 30116,5$$

$$QM_{\text{Lin}} = SQ_{\text{Lin}} / GLL_{\text{Lin}} = 32404$$

Cálculo da soma de quadrados

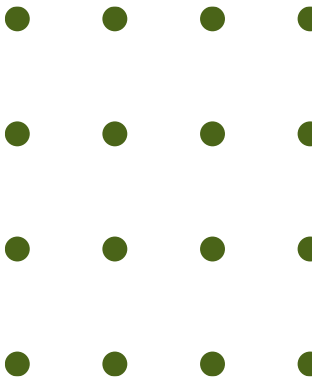
Soma de quadrado Total = SQTotal

Soma de quadrado dos Tratamentos = SQTrat

Soma de quadrado Linhas = SQLinhas

Soma de quadrado Colunas = SQColunas

Soma de quadrado Resíduo = SQRes



QUADRO DA ANOVA

FV	GL	SQ	QM	FCal	FTab
TRATAMENTO	4	120466	30116,5		
LINHA	4	129616	32404		
COLUNA	4	82506	20626,5		
RESÍDUO	12	36818			
TOTAL	24	369406			

Cálculo da soma de quadrados

Soma de quadrado Total = SQTotal
Soma de quadrado dos Tratamentos = SQTrat
Soma de quadrado Linhas = SQLinhas
Soma de quadrado Colunas = SQColunas
Soma de quadrado Resíduo = SQRes

Grau de Acidez						
Teor de Gordura	1	2	3	4	5	Totais
1	450 A	620 E	680 C	620 D	780 B	3150
2	750 C	990 B	750 E	660 A	830 D	3980
3	750 D	910 C	690 A	990 B	760 E	4100
4	650 E	890 D	835 B	850 C	875 A	4100
5	750 B	720 A	850 D	770 E	890 C	3980
Totais	3350	4130	3805	3890	4135	19310

$$T_A = 3395 \quad T_B = 4345 \quad T_C = 4080 \quad T_D = 3940 \quad T_E = 3550$$

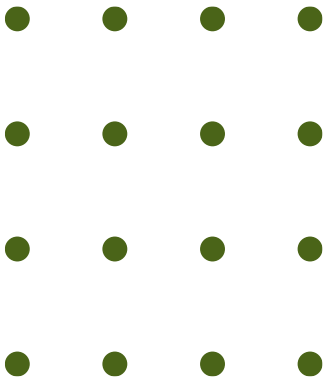
Estabelecimento da hipótese

H0: $\mu_A = \mu_B = \dots = \mu_E$
H1: Nem todas as médias dos tratamentos são iguais

$$QM_{Trat} = SQ_{Trat} / GL_{Trat} = 30116,5$$

$$QM_{Lin} = SQ_{Lin} / GLLin = 32404$$

$$QM_{Col} = SQ_{Col} / GLCol = 20626,5$$





QUADRO DA ANOVA

FV	GL	SQ	QM	FCal	FTab
TRATAMENTO	4	120466	30116,5		
LINHA	4	129616	32404		
COLUNA	4	82506	20626,5		
RESÍDUO	12	36818	3068,16		
TOTAL	24	369406			

Cálculo da soma de quadrados

Soma de quadrado Total = SQTotal
Soma de quadrado dos Tratamentos = SQTrat
Soma de quadrado Linhas = SQLinhas
Soma de quadrado Colunas = SQColunas
Soma de quadrado Resíduo = SQRes

Grau de Acidez						
Teor de Gordura	1	2	3	4	5	Totais
1	450 A	620 E	680 C	620 D	780 B	3150
2	750 C	990 B	750 E	660 A	830 D	3980
3	750 D	910 C	690 A	990 B	760 E	4100
4	650 E	890 D	835 B	850 C	875 A	4100
5	750 B	720 A	850 D	770 E	890 C	3980
Totais	3350	4130	3805	3890	4135	19310

$T_A = 3395$ $T_B = 4345$ $T_C = 4080$ $T_D = 3940$ $T_E = 3550$

Estabelecimento da hipótese

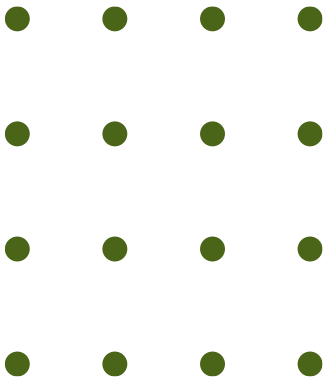
$H_0: \mu_A = \mu_B = \dots = \mu_E$
 H_1 : Nem todas as médias dos tratamentos são iguais

$$QM_{Trat} = SQ_{Trat} / GL_{Trat} = 30116,5$$

$$QM_{Lin} = SQ_{Lin} / GLLin = 32404$$

$$QM_{Col} = SQ_{Col} / GL_{Col} = 20626,5$$

$$QM_{Res} = SQ_{Res} / GL_{Res} = 3068,16$$





QUADRO DA ANOVA

FV	GL	SQ	QM	FCal	FTab
TRATAMENTO	4	120466	30116,5	9,82	
LINHA	4	129616	32404		
COLUNA	4	82506	20626,5		
RESÍDUO	12	36818	3068,16		
TOTAL	24	369406			

Grau de Acidez						
Teor de Gordura	1	2	3	4	5	Totais
1	450 A	620 E	680 C	620 D	780 B	3150
2	750 C	990 B	750 E	660 A	830 D	3980
3	750 D	910 C	690 A	990 B	760 E	4100
4	650 E	890 D	835 B	850 C	875 A	4100
5	750 B	720 A	850 D	770 E	890 C	3980
Totais	3350	4130	3805	3890	4135	19310

$T_A = 3395$ $T_B = 4345$ $T_C = 4080$ $T_D = 3940$ $T_E = 3550$

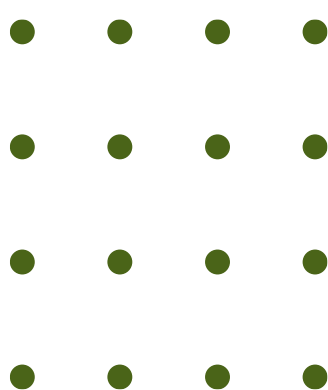
Estabelecimento da hipótese

H0: $\mu A = \mu B = \dots = \mu E$
H1: Nem todas as médias dos tratamentos são iguais

FcalTrat = QMTrat/QMRes = 9,82

Cálculo da soma de quadrados

- Soma de quadrado Total = SQTotal
- Soma de quadrado dos Tratamentos = SQTrat
- Soma de quadrado Linhas = SQLinhas
- Soma de quadrado Colunas = SQColunas
- Soma de quadrado Resíduo = SQRes



QUADRO DA ANOVA

FV	GL	SQ	QM	FCal	FTab
TRATAMENTO	4	120466	30116,5	9,82	3,26
LINHA	4	129616	32404		
COLUNA	4	82506	20626,5		
RESÍDUO	12	36818	3068,16		
TOTAL	24	369406			

Cálculo da soma de quadrados

Soma de quadrado Total = SQTotal
Soma de quadrado dos Tratamentos = SQTrat
Soma de quadrado Linhas = SQLinhas
Soma de quadrado Colunas = SQColunas
Soma de quadrado Resíduo = SQRes

Grau de Acidez						
Teor de Gordura	1	2	3	4	5	Totais
1	450 A	620 E	680 C	620 D	780 B	3150
2	750 C	990 B	750 E	660 A	830 D	3980
3	750 D	910 C	690 A	990 B	760 E	4100
4	650 E	890 D	835 B	850 C	875 A	4100
5	750 B	720 A	850 D	770 E	890 C	3980
Totais	3350	4130	3805	3890	4135	19310

$$T_A = 3395 \quad T_B = 4345 \quad T_C = 4080 \quad T_D = 3940 \quad T_E = 3550$$

Estabelecimento da hipótese

H0: $\mu_A = \mu_B = \dots = \mu_E$
H1: Nem todas as médias dos tratamentos são iguais

$$F_{calTrat} = QM_{Trat} / QM_{Res} = 9,82$$

$$F_{tab} = (GL_{Trat}; GL_{Res})_{5\%}$$

$$F_{tab} = (4 ; 12)_{5\%} = 3,26$$

Tabela 5. Limites unilaterais da distri

GL				
V2	1	2	3	4
1	161.4	199.5	215.7	224.6
2	18.513	19.000	19.164	19.247
3	10.128	9.552	9.277	9.117
4	7.709	6.944	6.591	6.388
5	6.608	5.786	5.409	5.192
6	5.987	5.143	4.757	4.534
7	5.591	4.737	4.347	4.120
8	5.318	4.459	4.066	3.838
9	5.117	4.256	3.863	3.633
10	4.965	4.103	3.708	3.478
11	4.844	3.982	3.587	3.357
12	4.747	3.885	3.490	3.259
13	4.667	3.806	3.411	3.178



QUADRO DA ANOVA

FV	GL	SQ	QM	FCal	FTab
TRATAMENTO	4	120466	30116,5	9,82	3,26
LINHA	4	129616	32404	10,56	3,26
COLUNA	4	82506	20626,5	6,72	3,26
RESÍDUO	12	36818	3068,16		
TOTAL	24	369406			

Cálculo da soma de quadrados

Soma de quadrado Total = SQTotal
Soma de quadrado dos Tratamentos = SQTrat
Soma de quadrado Linhas = SQLinhas
Soma de quadrado Colunas = SQColunas
Soma de quadrado Resíduo = SQRes

Grau de Acidez						
Teor de Gordura	1	2	3	4	5	Totais
1	450 A	620 E	680 C	620 D	780 B	3150
2	750 C	990 B	750 E	660 A	830 D	3980
3	750 D	910 C	690 A	990 B	760 E	4100
4	650 E	890 D	835 B	850 C	875 A	4100
5	750 B	720 A	850 D	770 E	890 C	3980
Totais	3350	4130	3805	3890	4135	19310

$T_A = 3395$ $T_B = 4345$ $T_C = 4080$ $T_D = 3940$ $T_E = 3550$

Estabelecimento da hipótese

$H_0: \mu_A = \mu_B = \dots = \mu_E$
 H_1 : Nem todas as médias dos tratamentos são iguais

$F_{calLinha} = QMLin/QMRes = 10,56$

$F_{calColuna} = QMCol/QMRes = 6,72$

$F_{cal} > F_{tab}$

Logo...



Anova

FV	GL	SQ	QM	Fcal
Tratamentos	4	120466	30116,5	9,81
Linhas	4	129616	32404	-
Colunas	4	82506	20626,5	-
Resíduo	12	36818	3068,16	
Total	24	369406		

Rejeita-se H0. Conclui-se que existe pelo menos um contraste entre médias de tratamentos estatisticamente diferente de zero, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

CV= 7,17

TESTE DE TUKEY

- Logo, médias seguidas da mesma letra, não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

$$\Delta = q_{5\%}(5, 12) \sqrt{\frac{QMRes}{k}} = 4,51 \sqrt{\frac{3068,16}{5}} = 111,72.$$

$\hat{m}_B = 869$ a
 $\hat{m}_C = 816$ ab
 $\hat{m}_D = 788$ abc
 $\hat{m}_E = 710$ bc
 $\hat{m}_A = 679$ c

v (gl erro)	α	t (núm)			
		2	3	4	5
5	0,05	3,64	4,60	5,22	5,67
	0,01	5,70	6,98	7,80	8,42
6	0,05	3,46	4,34	4,90	5,30
	0,01	5,24	6,33	7,03	7,56
7	0,05	3,34	4,16	4,68	5,06
	0,01	4,95	5,92	6,54	7,01
8	0,05	3,26	4,04	4,53	4,89
	0,01	4,75	5,64	6,20	6,62
9	0,05	3,20	3,95	4,41	4,76
	0,01	4,60	5,43	5,96	6,35
10	0,05	3,15	3,88	4,33	4,65
	0,01	4,48	5,27	5,77	6,14
11	0,05	3,11	3,82	4,26	4,57
	0,01	4,39	5,15	5,62	5,97
12	0,05	3,08	3,77	4,20	4,51
	0,01	4,32	5,05	5,50	5,84

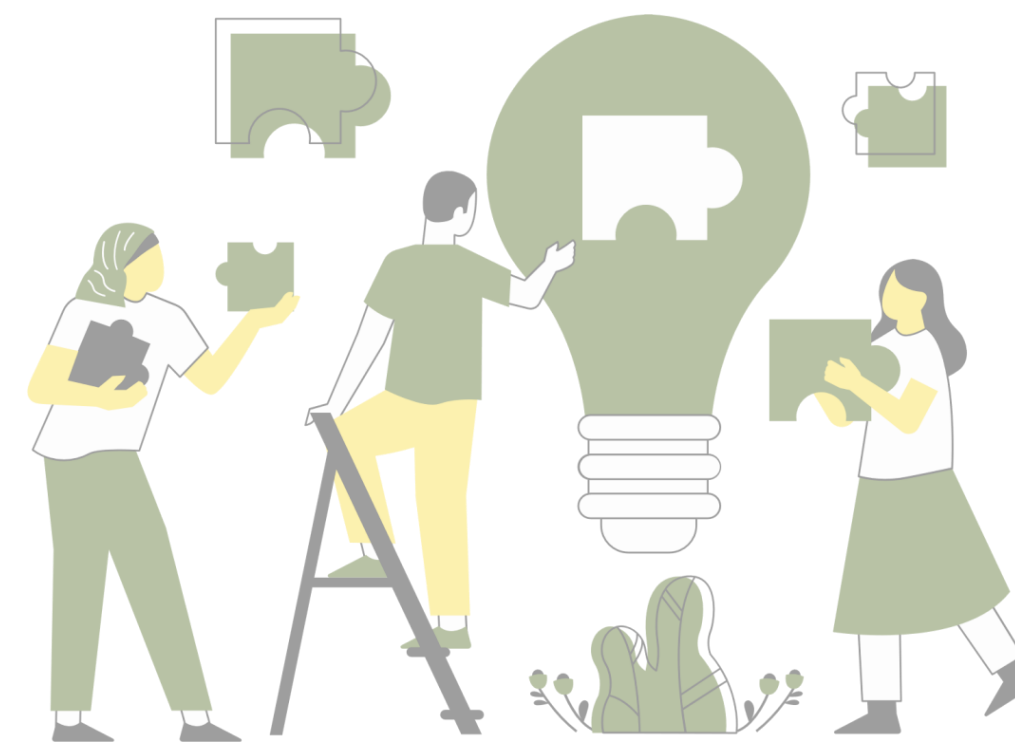
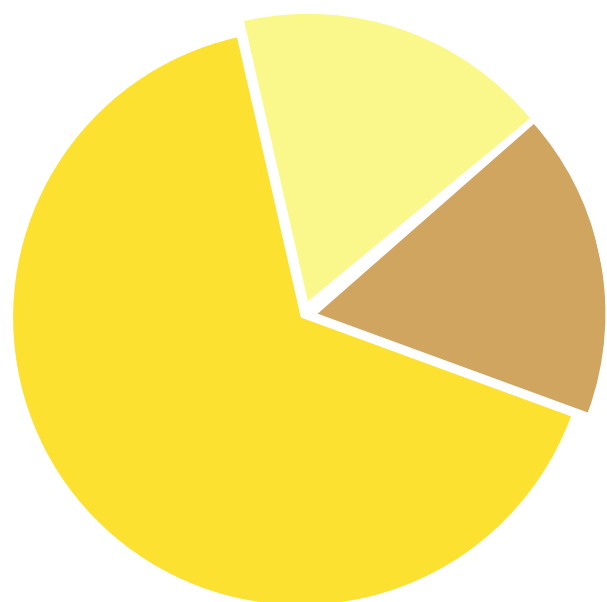
Valores da amplitude total estudentizada para o teste de tukey 5%

Contrastes ortogonais

- **Definição**

Define-se contraste como uma combinação linear das médias dos tratamentos em que a soma dos coeficientes é igual a zero.

Faz-se o contraste ortogonal para estudar os tratamentos em uma série de comparações:



Contrastes ortogonais

EXEMPLO:

Imagine que se pretende testar 5 alimentações em bovinos.

T1= 100%milho

T2= 100%sorgol

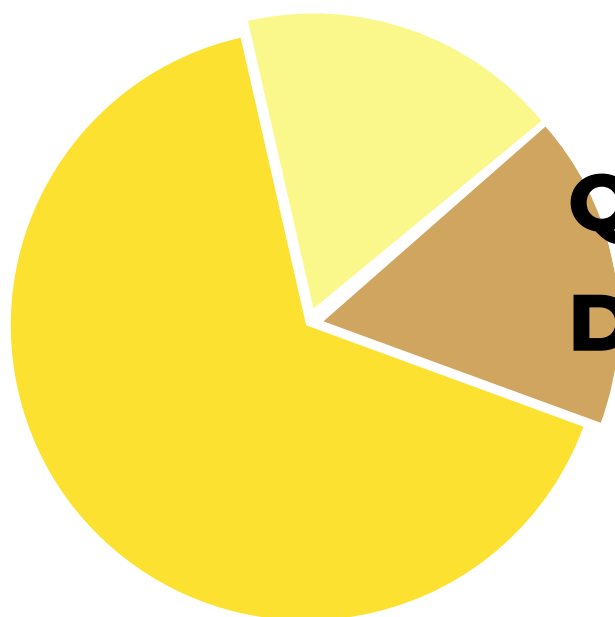
T3= 100%sorgo2

T4= 50%Milho+50%Sorgol

T5= 50%Milho+50%Sorgo2



Qual é o número máximo de contrastes que se pode testar?
Deve ser igual ao grau de liberdade do tratamento



Contrastes ortogonais

EXEMPLO

T1

100%milho

T2

100%sorgo 1

T3

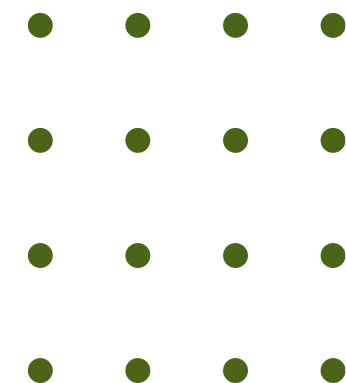
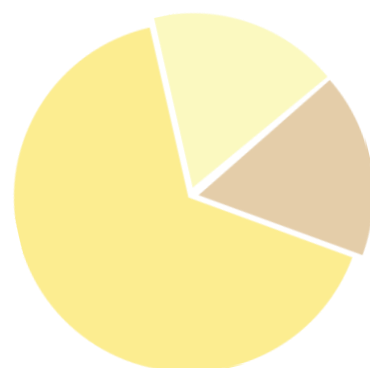
100%sorgo 2

T4

50%Milho+50%Sorgo1

T5

50%Milho+50%Sorgo2



Contrastes ortogonais

EXEMPLO

T1
100%milho

T2
100%sorgo 1

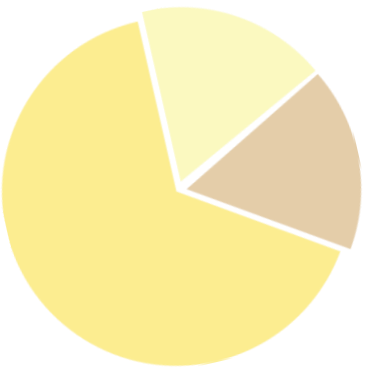
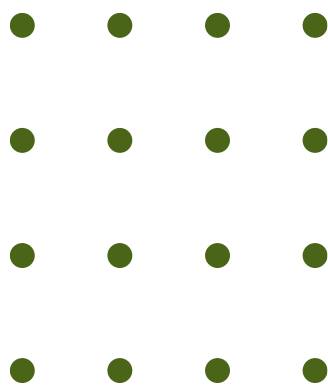
T3
100%sorgo 2

T4
50%Milho+50%Sorgo1

T5
50%Milho+50%Sorgo2



(1)
vs



Contrastes ortogonais

EXEMPLO

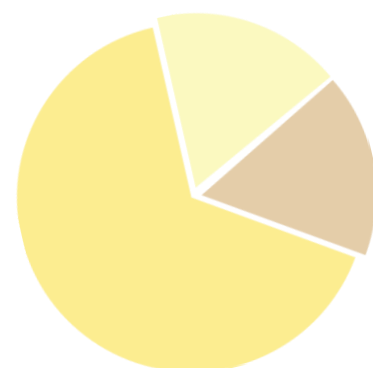
T1
100%milho

T2
100%sorgo 1

T3
100%sorgo 2

T4
50%Milho+50%Sorgo1

T5
50%Milho+50%Sorgo2



Contrastes ortogonais

EXEMPLO

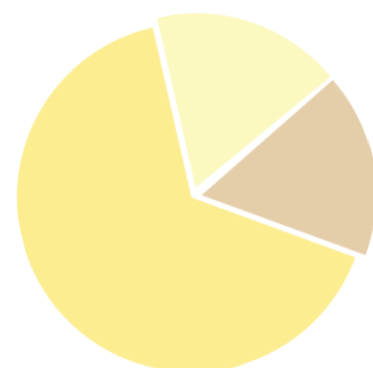
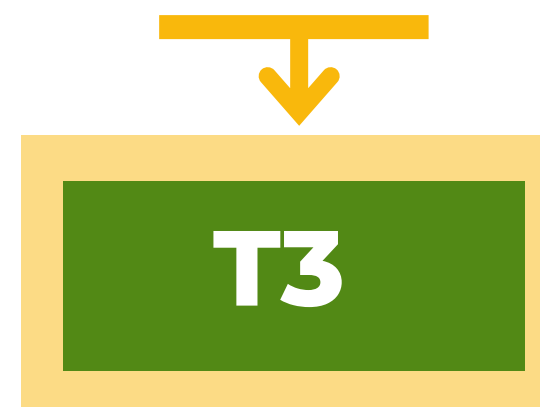
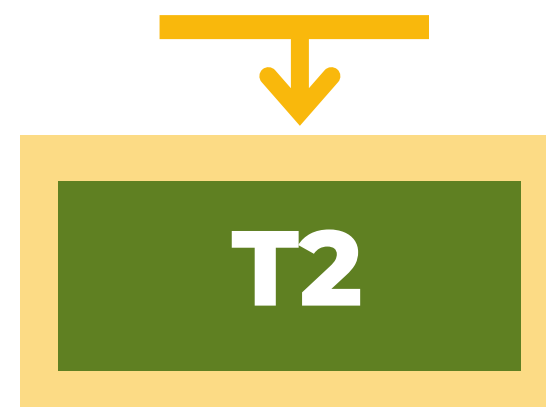
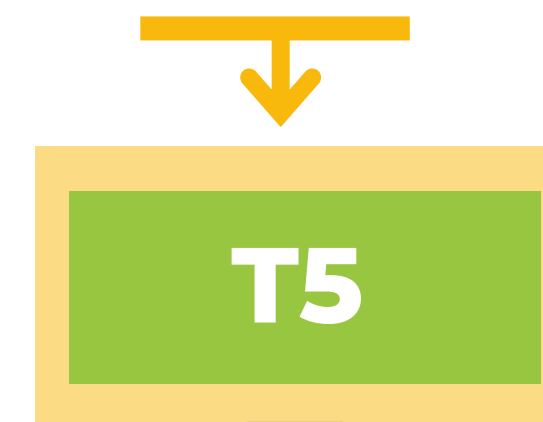
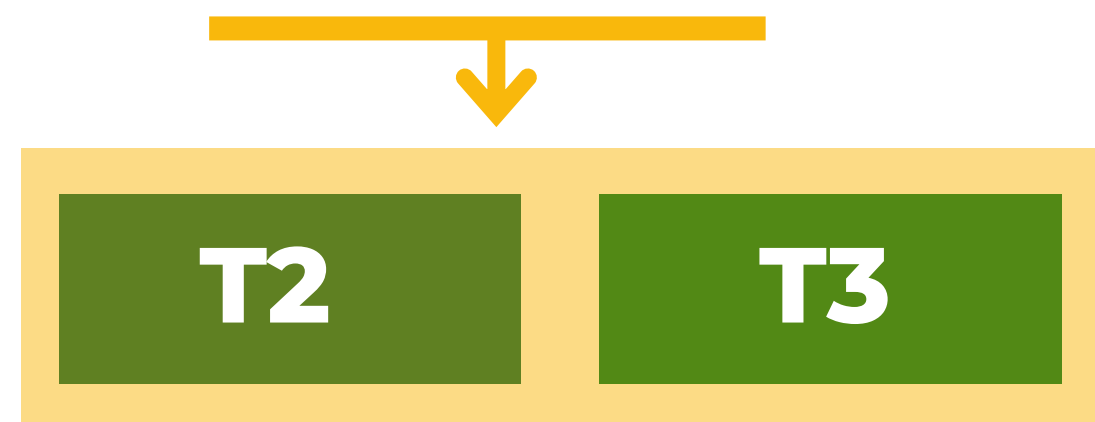
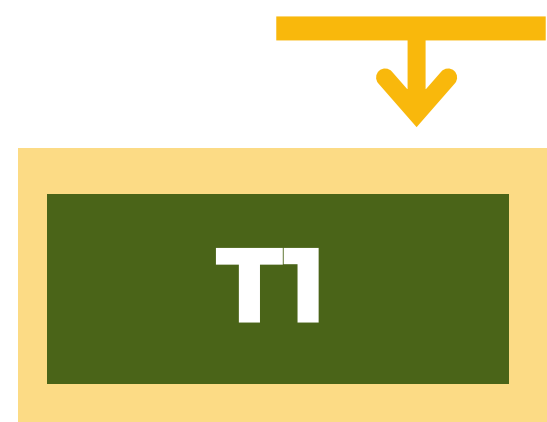
T1
100%milho

T2
100%sorgo 1

T3
100%sorgo 2

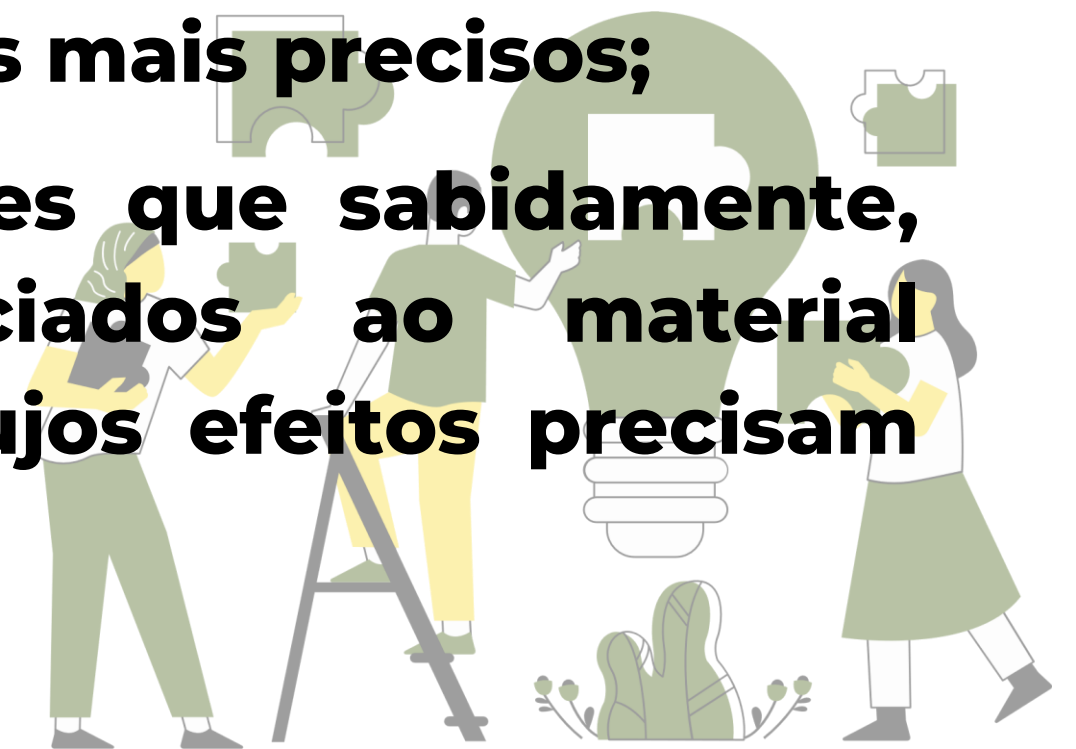
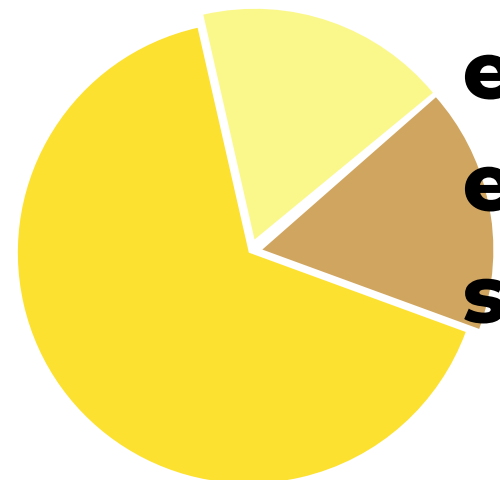
T4
50%Milho+50%Sorgo1

T5
50%Milho+50%Sorgo2



Considerações finais

- **É mais indicado, na prática, para um número de tratamentos variando entre 5-8;**
- **A perda de parcelas ocasiona dificuldades na análise;**
- **Em experimentos com animais, o DQL pode representar uma alternativa de economia e eficiência experimental;**
- **O DQL é teoricamente mais eficiente no controle da heterogeneidade mas isso não significa que ele garanta experimentos mais precisos;**
- **Assim, o DQL só deve ser adotado em situações que sabidamente, existam pelo menos dois gradientes associados ao material experimental e/ou as condições experimentais cujos efeitos precisam ser isolados da variação total.**



Referências Bibliográficas

- **FARIA, J.C.** Universidade Estadual de Santa Cruz. Notas de aulas expandidas, Ilhéus-BA.
- **COSTA, S.C.** Universidade Estadual de Londrina Departamento de Estatística. Quadrado Latino, Londrina – PR.
- **LIMA, P.C.** Estatística experimental- guia de estudos. Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais-BH.
- **AZEVEDO, C.** Planejamento e Analise Estatística de Experimentos em Quadrados Latinos.
- **FERREIRA, 2000.** Estatística Experimental Aplicada à Agronomia. p.175-192
- **PERTICARRARI, A.L.P.** Delineamento em Quadrado Latino – DQL. Roteiro de Aula Prática
- **CARNEIRO, A. P S; RIBEIRO JR, J. L; SANTOS, N. T; MARTINS FILHO, S;** Estatística Experimental (Apostila), UFV, 2010, 214p.
- Disponível<<https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/cienciasexatas/AMANDALIZPACIFICOMANFRIM/roteiro-dql.pdf>> Acesso em 01 de junho de 2022.
- Disponível em: ><http://leg.ufpr.br/walmes/mpaer/delineamento-de-quadrado-latino.htm>< Acesso em 25 de maio de 2022.

