

# Laboratório 03 - Planejamento e Análise de Experimentos (MAE0316)

Caio M. de Almeida - 15444560      Eduardo Yukio G. Ishihara - 15449012  
Gustavo S. Garone - 15458155      Ian B. Loures - 15459667  
João Victor G. de Sousa - 15463912

14 de novembro de 2025

---

Neste laboratório, usaremos “.” como separador decimal e quatro dígitos decimais.

## Exercício 1

### Item a

A unidade experimental são as folhas, enquanto a unidade observacional são seus quadrantes.

### Item b

Um DCA (Delineamento Completamente Aleatorizado) realiza a alocação aleatoriamente dos tratamentos às unidades experimentais, enquanto um DABC (Delineamento Aleatorizado em Blocos Completos) designa para cada bloco pelo menos uma repetição de cada tratamento.

Tabela 1: ANOVA para o modelo DCA

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Trat	2	941.4	470.7000	5.2914	0.0115
Residuals	27	2401.8	88.9556	NA	NA

Tabela 2: ANOVA para o modelo DABC

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Planta	4	1403.2	350.8000	8.0797	3e-04
Trat	2	941.4	470.7000	10.8413	5e-04
Residuals	23	998.6	43.4174	NA	NA

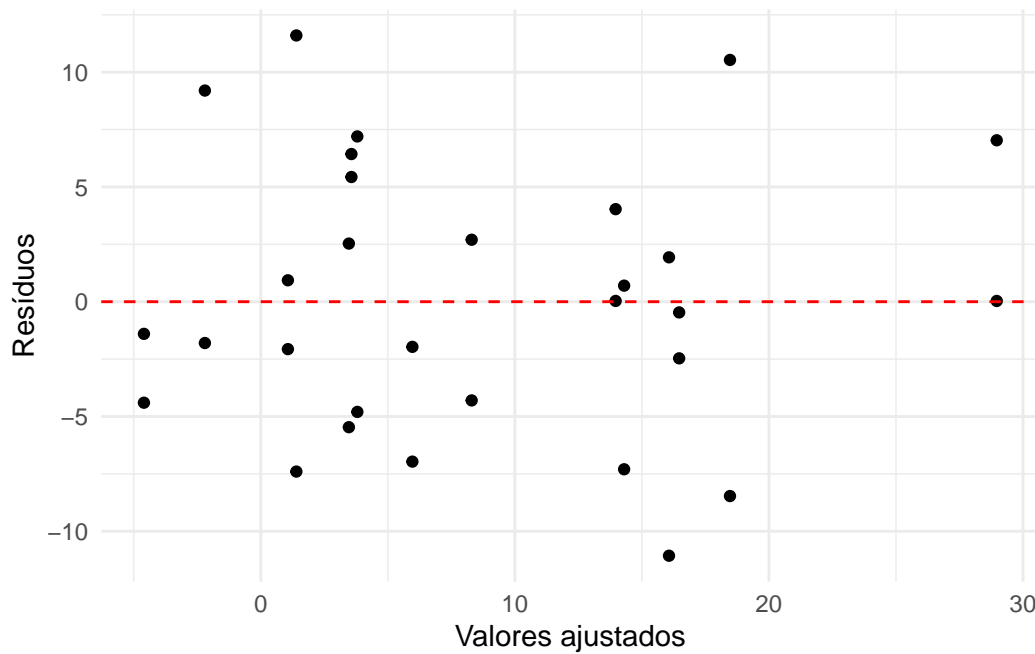
Vemos efeito significativo dos tratamentos em ambos modelos, como indica a Tabela 2 e a Tabela 1.

Porém, o modelo DABC efeito significativo para o fator Planta, o que indica que o modelo DABC é mais adequado para esses dados.

### Verificação das suposições

Primeiramente, verificaremos as suposições do modelo com blocos (DABC)

Figura 1: Gráfico Resíduos x Ajustados para modelo DABC

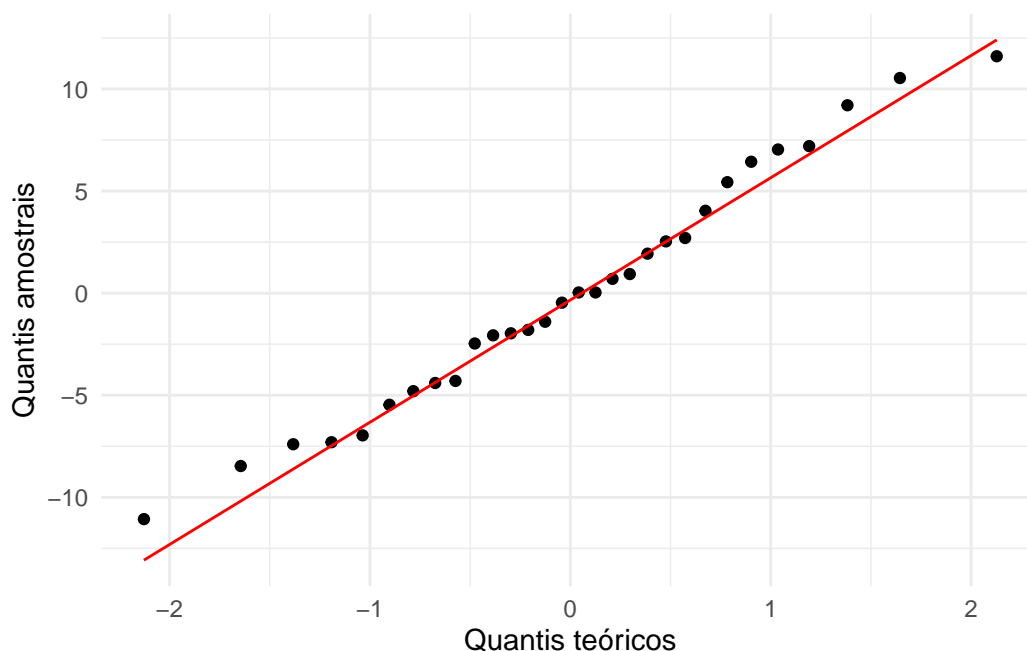


O gráfico de resíduos vs ajustados na Figura 1 não apresenta padrões evidentes, sugerindo homocedasticidade dos resíduos. Prosseguiremos com o teste de Shapiro-Wilk para normalidade dos resíduos, com resultados na Tabela 3, e um QQ-plot para visualização, na Figura 2.

Tabela 3: Shapiro-Wilk normality test: **resíduos**

Test statistic	P value
0.9799	0.8235

Figura 2: QQ-Plot dos resíduos do modelo DABC



Finalmente, com normalidade não rejeitada, aplicamos o teste de Bartlett para verificar homocedasticidade, com resultados na Tabela 4.

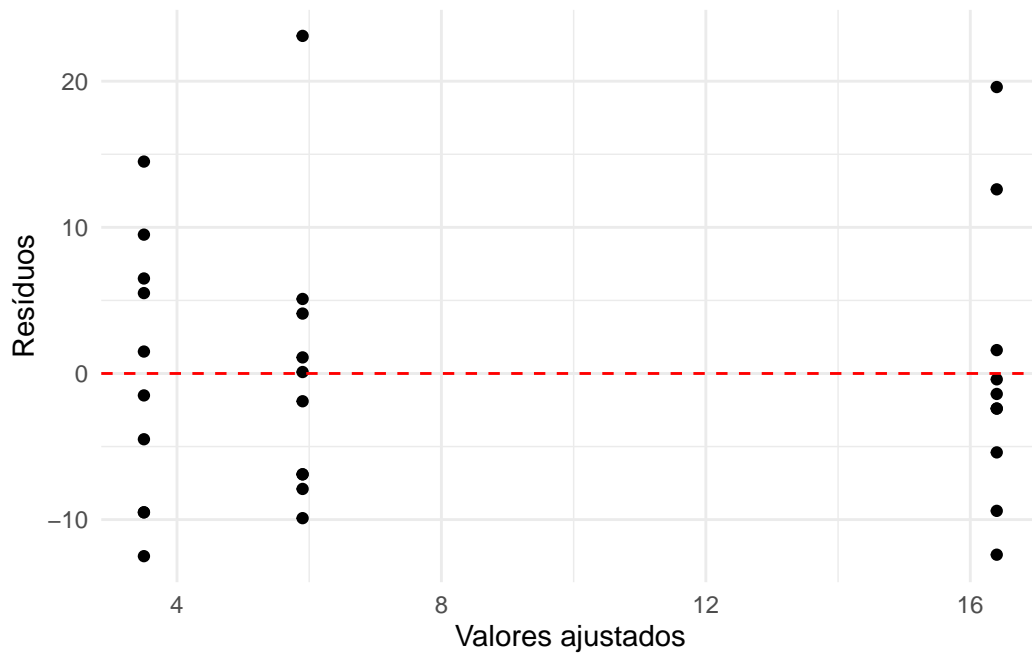
Tabela 4: Bartlett test of homogeneity of variances: **resíduos** by **Trat**

Test statistic	df	P value
2.62	2	0.2698

Deste diagnóstico, concluímos que o modelo DABC satisfaz as suposições de normalidade e homocedasticidade dos resíduos. Dessa forma, por incluir **Planta** no modelo, o DABC é um modelo mais completo para esses dados. Sendo assim, poderíamos parar nossa análise por aqui, mas seguiremos com diagnóstico do modelo DCA.

Agora, verificaremos as suposições do modelo sem blocos (DCA)

Figura 3: Gráfico Resíduos x Ajustados para modelo DCA

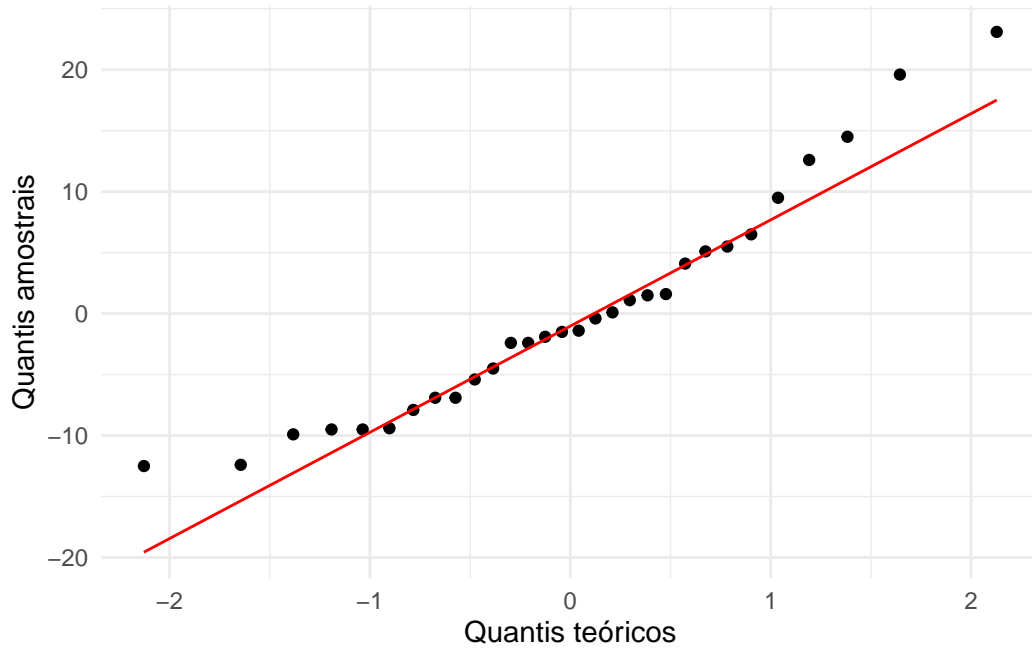


O gráfico de resíduos vs ajustados na Figura 3 pode indicar heterocedasticidade dos resíduos. Prosseguiremos com o teste de Shapiro-Wilk para normalidade dos resíduos, com resultados na Tabela 5, e um QQ-plot para visualização, na Figura 4.

Tabela 5: Shapiro-Wilk normality test: **residuosDCA**

Test statistic	P value
0.9366	0.07376

Figura 4: QQ-Plot dos resíduos do modelo DCA



O QQ-plot na Figura 4 sugere que os resíduos podem não seguir uma distribuição normal, além disso, o teste de Shapiro-Wilk na Tabela 5 apresentou um **valor-p** bem mais baixo que do modelo DABC, indicando uma maior evidência contra a normalidade dos resíduos. Ainda assim, não rejeitou a normalidade ao nível de 5%.

Com desconfiança da normalidade, usaremos o teste de Levene para verificar homocedasticidade, com resultados na Tabela 6.

Tabela 6: Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

	Df	F value	Pr(>F)
<b>group</b>	2	0.08517	0.9186
	27	NA	NA

O teste de Levene na Tabela 6 não rejeita a homocedasticidade dos resíduos. Ainda assim, o modelo DCA apresenta mais indícios de violação da normalidade do que o modelo DABC, que também modela melhor os dados. Desta forma, escolheríamos o modelo DABC para descrever esses dados. Por curiosidade, verificamos também os  $R^2$  ajustados dos dois modelos, na Tabela 7.

Tabela 7:  $R^2$  ajustado dos modelos DCA e DABC

Modelo	$R^2$ Ajustado
DCA	0.2284
DABC	0.6234

### Item c

Realizaremos o teste de aleatorização para um modelo DABC, considerando que as suposições de normalidade e homocedasticidade podem ser satisfeitas.

Tabela 8: ANOVA por permutação para o modelo DABC

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Planta	4	1403.2	350.8000	8.0797	3e-04
Trat	2	941.4	470.7000	10.8413	5e-04
Residuals	23	998.6	43.4174	NA	NA

De acordo com a Tabela 8, o teste de aleatorização também indica efeito significativo dos tratamentos. O **valor-p** do fator de tratamentos do teste de aleatorização global é 0 (menor que 0.0001).