



Ex. 12 - Parcelas Subdivididas

Exercício 01. Planeje um experimento na sua área de atuação com os tratamentos no esquema de parcelas subdivididas.

Exercício 02. Faça a análise de um conjunto de dados da sua área de atuação, coletado de um experimento com parcelas subdivididas.

EXERCÍCIO 01

- **Áreas de atuação:**
 1. Genética Quantitativa;
 2. Melhoramento de Plantas;
 3. Hortaliças;
- **Título do experimento:**
 - Preparos de solo e diferentes adubos na qualidade de tubérculos de batata inglesa
- **Hipóteses testadas:**
 - Primeira hipótese:
 - H0: Não há interação significativa para a combinação entre o preparo de solo e os adubos testados;
 - Ha: Há a interação para as combinações de preparo de solo e os adubos testados;
 - Segunda hipótese:
 - H0: O tipo de preparo de solo não promove alterações na qualidade de tubérculos;
 - Ha: O tipo de preparo de solo promove alterações na qualidade de tubérculos;
 - Terceira hipótese:
 - H0: O tipo de adubo não promove alterações na qualidade de tubérculos;
 - Ha: O tipo de adubo promove alterações na qualidade de tubérculos;
- **Objetivos:**
 - Verificar a relação entre tipos de preparo de solos e adubos sobre a qualidade de tubérculos de batata;
- **Fatores e níveis:**
 - Primeiro fator [Parcela] → Preparo de solo:
 - Grade pesada;
 - Grade leve;
 - Cultivo mínimo;
 - Segundo fator [Sub-parcela] → Tipo de adubo:
 - a. Orgânico;
 - b. Organomineral;
 - c. Mineral;
- **Variável resposta:**
 - Teor de sólidos totais dos tubérculos, em porcentagem;
- **Design Experimental:**
 - Delineamento em Blocos Casualizado em Parcelas Subdivididas;
 - J = 4 repetições;
 - I x K → 3 x 3 = 9 Tratamentos Experimentais;

```
# Índices para i, k, j
I = 3      # N° de parcelas
K = 3      # N° de sub-parcelas
```

```

J = 4      # N° de repetições/blocos

# Criação de um vetor para os níveis de estudo
Psolo = c("Grade Pesada", "Grade Leve", "Cultivo Mínimo")      # Parcelas
Adubo = c("Orgânico", "Mineral", "Organomineral")              # Sub-parcelas

# Função de sorteio para o delineamento Par. Sub. do Agricolae
(Plano <- design.split(
  Psolo,
  Adubo,
  r = J,
  design = "rcbd",
  serie = 0
))

# Extrai apenas o delineamento sorteado
(Plano <- Plano$book)

# Extrai as posições relativas de cada fator
with(Plano, table(block, Psolo))
with(Plano, table(block, Adubo))
with(Plano, table(block, Psolo, Adubo))

# Criação de uma função que abrevia o nome das fontes de variação
Sigla <- function(Psolo, Adubo) {
  # Abreviações dos Adubos
  sAdubo <- ifelse(Adubo == "Orgânico", "Orga",
    ifelse(Adubo == "Mineral", "Mine",
      ifelse(Adubo == "Organomineral", "OrMi", NA)))

  # Abreviações dos Preparos de Solo
  sPsolo <- ifelse(Psolo == "Grade Pesada", "GP",
    ifelse(Psolo == "Grade Leve", "GL",
      ifelse(Psolo == "Cultivo Mínimo", "CM", NA)))

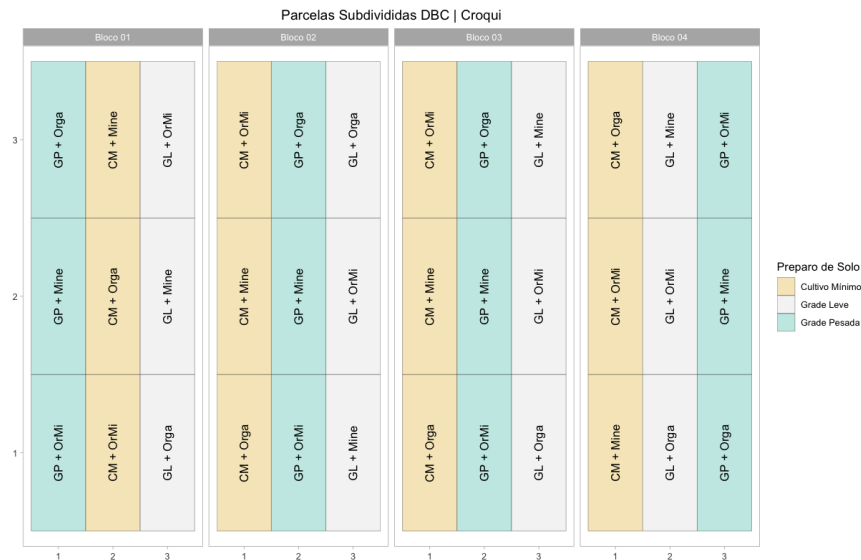
  # Combina as abreviações
  paste(sPsolo, sAdubo, sep = " + ")
}

# Associa as abreviações ao data frame
Plano <- Plano %>%
  mutate(Sigla = mapply(Sigla, Psolo, Adubo))

# Paleta do RColorBrewer
paleta <- brewer.pal(9, "BrBG")[4:6]
display.brewer.all()

# Plota o croqui da área
ggplot(Plano, aes(x= rep(1:I, each = K, times = J), y = splots, fill = Psolo)) +
  geom_tile(color="black") +
  geom_text(aes(label = Sigla), color = "black", size = 4, angle = 90) +
  facet_wrap(~ block, ncol = 4, labeller = labeller(                # ncol = 4
    block = c("1" = "Bloco 01", "2" = "Bloco 02", "3" = "Bloco 03", "4" = "Bloco 04"))) +
  scale_fill_manual(values = paleta) +
  labs(
    x = NULL,
    y = NULL,
    title = "Parcelas Subdivididas DBC | Croqui",
    fill = "Preparo de Solo") +
  theme_light() +
  theme(
    axis.text.x = element_text(angle = 0, vjust = 0.5, hjust = 0.5),
    panel.grid = element_blank(),
    plot.title = element_text(hjust = 0.5)
  )

```



Observe que, dentro de cada bloco estão alocadas, exatamente uma vez, todas as combinações possíveis de Preparo de Solo e Adubação. Ainda, como o preparo de solo é uma atividade feita em linhas, ele foi alocado nas parcelas [plots] e, a adubação, foi alocada nas sub-parcelas [sub-plots], visto que é mais factível variar suas doses.

EXERCÍCIO 02

Para esse exercício, será utilizada a variável **teor de sólidos totais**.

▼ ANOVA + TUKEY | Análise de variância e teste de comparações múltiplas

- Uso do [ExpDes.pt](#) para realização da análise de variância e teste Tukey:

```
# Code:
with(PsubDBC,
  psub2.dbc(
    Psolo,
    Adubo,
    Rep,
    Tsolidos,
    quali = c(T,T),
    mcomp = "tukey",
    fac.names = c("Preparo de solo", "Adubação"),
    sigT = 0.05,
    sigF = 0.05,
    unfold = NULL
  ))
```

- Resultado:

```
# ANOVA:
-----
Legenda:
FATOR 1 (parcela): Preparo de solo
FATOR 2 (subparcela): Adubação
-----

-----
Quadro da análise de variancia
-----
```

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
Preparo de solo	2	22.518	11.259	8.528	0.017622 *
Bloco	3	40.618	13.539	10.256	0.008905 **
Erro a	6	7.921	1.320		
Adubação	2	105.001	52.500	209.835	< 2.2e-16 ***

```
Preparo de solo*Adubação  4    0.604  0.151  0.604  0.664977
Erro b                    18    4.504  0.250
Total                    35 181.165
```

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
CV 1 = 6.121996 %
CV 2 = 2.665129 %
```

```
[...]
```

```
Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
```

```
Preparo de solo
Teste de Tukey
```

```
Grupos Tratamentos Medias
a  Grade Pesada    19.59665
ab Grade Leve     19.0049
b  Cultivo Mínimo  17.70323
```

```
Adubação
Teste de Tukey
```

```
Grupos Tratamentos Medias
a  Organomineral  21.06234
b  Mineral       18.27537
c   Orgânico     16.96707
```

- Interpretações:
 - Foi observado efeito do bloco a 5% de probabilidade de erro.
 - A hipótese de nulidade para efeito da interação entre os fatores preparo de solo e adubação é aceita a 5% de probabilidade de erro. Ou seja, a interação não é significativa, cabendo assim, verificar os efeitos individuais de cada fator.
 - O fator Preparo de solo promove diferenças entre as variâncias dos dados amostrais a 5% de probabilidade de erro. Deve-se prosseguir para um teste de comparações múltiplas.
 - O fator Adubação promove diferenças entre as variâncias dos dados amostrais a 5% de probabilidade de erro. Deve-se prosseguir para um teste de comparações múltiplas.
 - Pelo **teste Tukey**, é possível inferir que, em relação ao teor de sólidos solúveis:
 - Para os preparos de solo:
 - a. Grade pesada é superior ao Cultivo mínimo.
 - b. Grade pesada e grade leve não se diferem estatisticamente a 5% de probabilidade de erro.
 - Para os Genótipos:
 - a. A adubação organomineral é superior às demais;
 - b. A adubação mineral é superior á orgânica;

▼ Representação gráfica dos dados

1. Teste Tukey para os **preparos de solo**:

- Cálculo de médias observadas:

```
meanTSSoil <- PsubDBC %>%
  group_by(Psolo) %>%
  summarise(meanTSSoil = mean(Tsolidos, na.rm = TRUE))
```

- Associação entre o resultado do Tukey e os preparos de solo:

```
# Cria um dataframe com o resultado do teste Tukey;
TukeySoil <- tibble(
  Psolo = c("Grade Pesada", "Grade Leve", "Cultivo Mínimo"),
```

```

tTest = c("a", "ab", "c")
)

# Adiciona os grupos Tukey às médias
meanTSsoil <- left_join(meanTSsoil, TukeySoil, by="Psolo")

```

- Gráfico de barras com o resultado do Tukey:

```

# Paleta do RColorBrewer
pTukeySoil <- brewer.pal(9, "BrBG")[4:6]

# Gráfico de Barras
ggplot(meanTSsoil, aes(x = Psolo, y = meanTSsoil, fill = Psolo)) +
  geom_bar(stat = "identity", show.legend = FALSE, width = 0.6) +
  geom_text(
    aes(label = tTest), vjust = -0.5, color = "black") +
  scale_y_continuous(
    limits = c(0, 25), breaks = seq(0, 25, by = 1)) +
  coord_cartesian(ylim = c(12, 22)) +
  scale_fill_manual(values = pTukeySoil) +
  theme_light() +
  labs(title = "Psub DBC Batata | Tukey p/ preparo de solo",
       x = NULL,
       y = "% Sólidos") +
  theme(
    plot.title = element_text(hjust = 0.5, size = 14, face = "bold"))

```

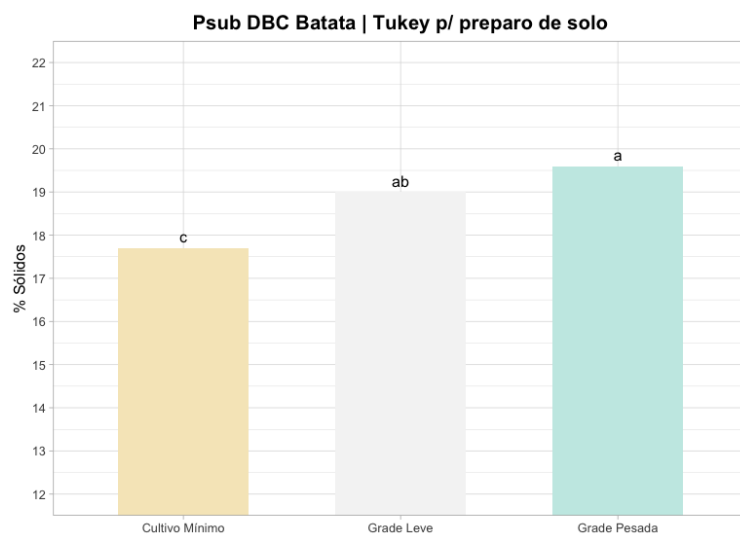


Gráfico de barras com as médias de % de sólidos do tubérculo para cada preparo de solo testado seguido pelo resultado do teste Tukey.

2. Teste Tukey para os tipos de **adubo**:

- Cálculo de médias observadas:

```

meanTSfert <- PsubDBC %>%
  group_by(Adubo) %>%
  summarise(meanTSfert = mean(Tsolidos, na.rm = TRUE))

```

- Associação entre o resultado do Tukey e os porta-enxertos:

```

# Cria um dataframe com o resultado do teste Tukey;
TukeyFert <- tibble(
  Adubo = c("Mineral", "Organomineral", "Orgânico"),
  tTest = c("b", "a", "c")
)

```

```
# Adiciona os grupos Tukey às médias
meanTSfert <- left_join(meanTSfert, TukeyFert, by="Adubo")
```

- Gráfico de barras com o resultado do Tukey:

```
# Paleta do RColorBrewer
pTukeyFert <- brewer.pal(9, "BrBG")[4:6]

# Gráfico de Barras
ggplot(meanTSfert, aes(x = Adubo, y = meanTSfert, fill = Adubo)) +
  geom_bar(stat = "identity", show.legend = FALSE, width = 0.6) +
  geom_text(
    aes(label = tTest), vjust = -0.5, color = "black") +
  scale_y_continuous(
    limits = c(0, 25), breaks = seq(0, 25, by = 1)) +
  coord_cartesian(ylim = c(12, 22)) +
  scale_fill_manual(values = pTukeyFert) +
  theme_light() +
  labs(title = "Psub DBC Batata | Tukey p/ adubo",
       x = NULL,
       y = "% Sólidos") +
  theme(
    plot.title = element_text(hjust = 0.5, size = 14, face = "bold"))
```

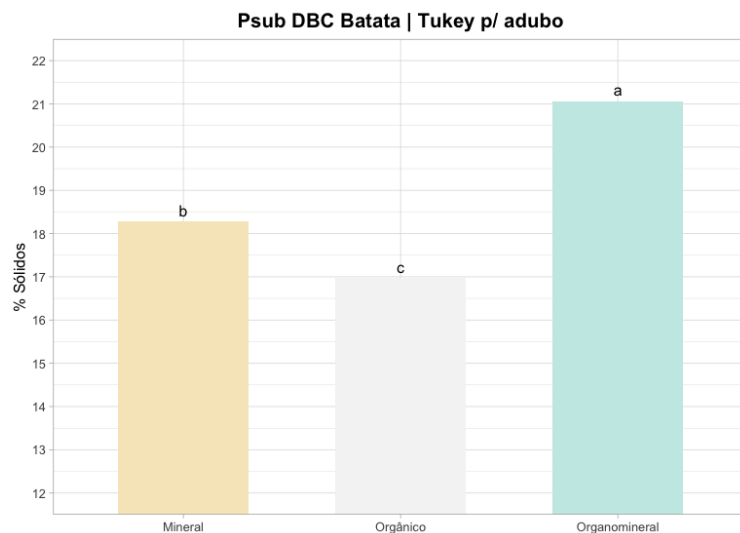


Gráfico de barras com as médias de % de sólidos do tubérculo para cada adubo testado seguido pelo resultado do teste Tukey.

CONCLUSÕES

- Delineamento e esquema adotado:
 - Há efeito do bloco nos dados coletados para esse experimento.

∴ O as variações ambientais no sentido perpendicular ao dos blocos, para esse experimento, foram significativas.
- ANOVA e Tukey:
 - A interação entre os fatores testados não foram significativas.
 - Há diferença entre, pelo menos dois **tipos de preparo de solo** testados, para a variável teor de sólidos totais. Portanto, foi realizado um teste de comparações múltiplas adequado para o conjunto de dados, a fim de estudar essas diferenças.
 - A grade pesada se demonstrou superior ao cultivo mínimo;
 - Grade pesada e grade leve não se diferem;
 - Há diferença entre, pelo menos dois **tipos de adubo** testados, para a variável teor de sólidos totais. Portanto, foi realizado um teste de comparações múltiplas adequado para o conjunto de dados, a fim de estudar essas diferenças.
 - A adubação organomineral se demonstrou superior as demais;
 - A adubação orgânica apresentou o pior desempenho;