

Exemplo: Esquema fatorial de tratamentos

Renata Alcarde Sermarini

Croqui

Um possível croqui para o experimento fatorial 2×2 :

- Criando o plano de casualização seguindo o delineamento inteiramente casualizado com três repetições

```
library(agricolae)

Tratamentos <- c("I0:C0", "I0:C1",
                "I1:C0", "I1:C1")

Plano.DIC <- design.crd(Tratamentos,
                       r = 3)
```

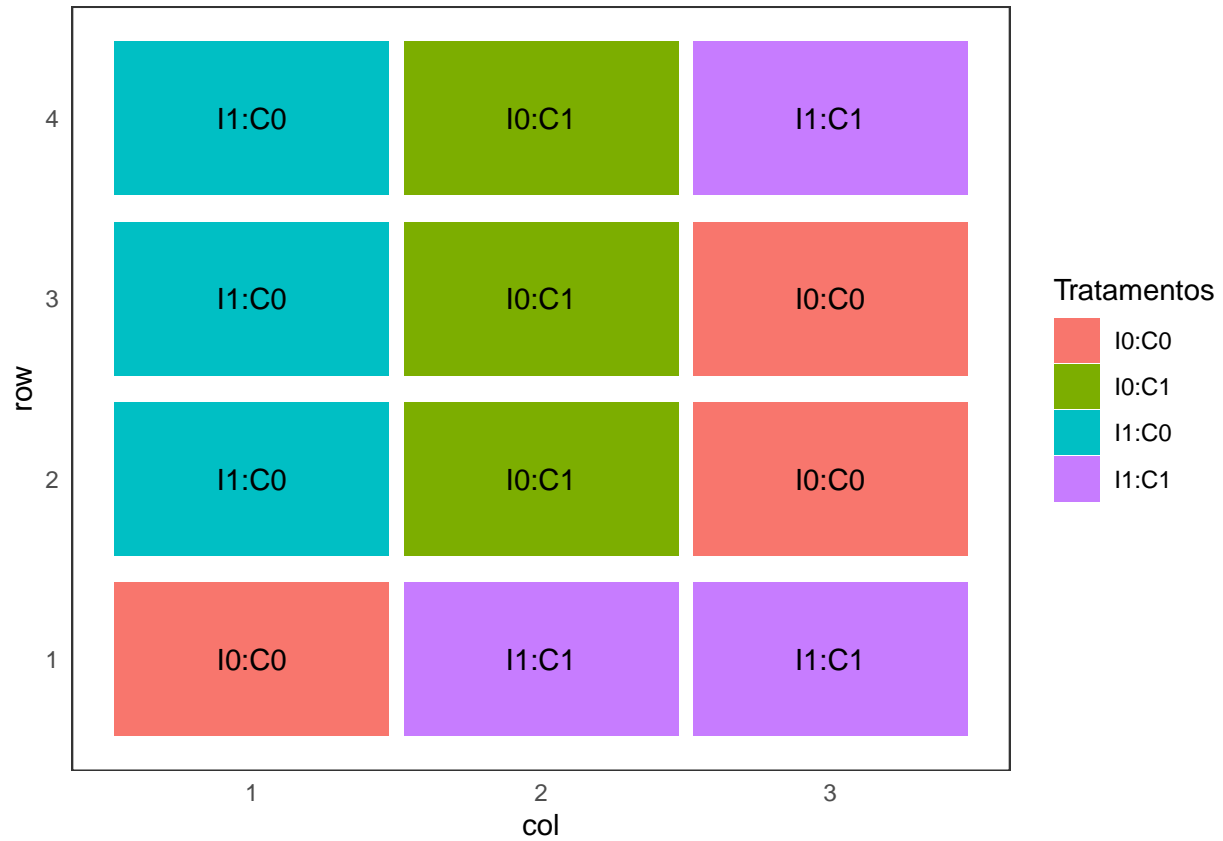
– Croqui (DIC)

```
library(agricolaeplotr)

##
## Attaching package: 'agricolaeplotr'

## The following object is masked from 'package:base':
##
## summary

plot_design_crd(Plano.DIC,
                factor_name = "Tratamentos",
                labels = "Tratamentos",
                ncols = 3,
                nrows = 4)
```

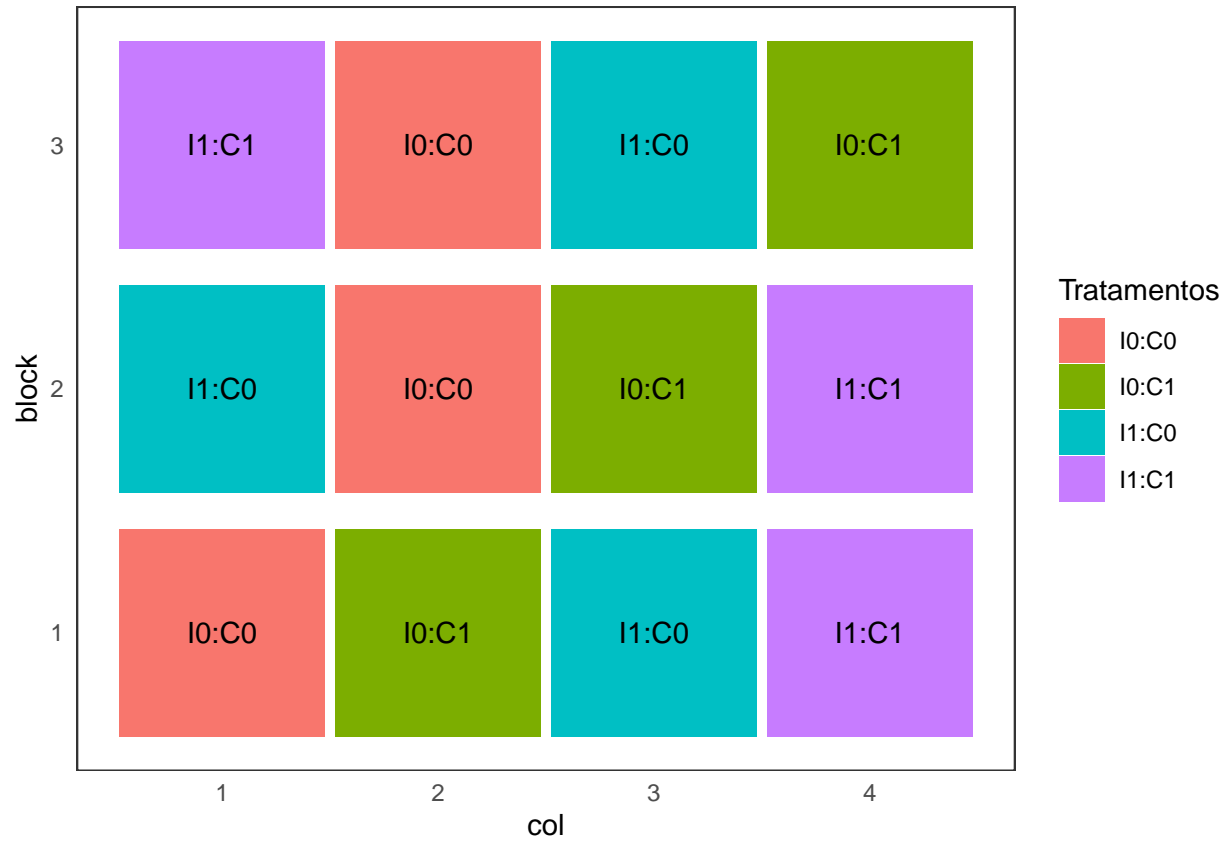


- Criando o plano de casualização seguindo o delineamento casualizado em blocos com três repetições

```
Plano.DBC <- design.rcbd(Tratamentos,
  r = 3)
```

– Croqui (DBC)

```
plot_rcdb(Plano.DBC,
  factor_name = "Tratamentos",
  labels = "Tratamentos")
```

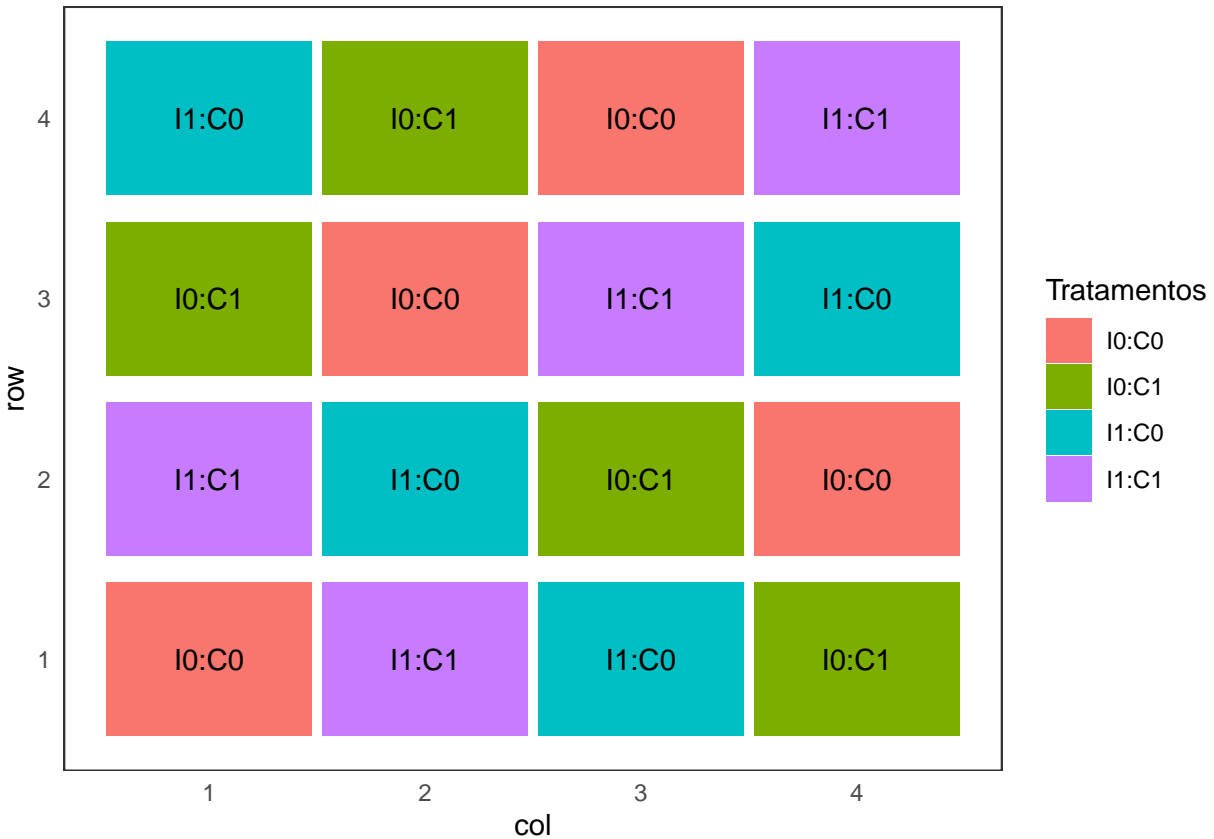


- Criando o plano de casualizaçãoseguindo o delineamento quadrado latino (necessariamente com quatro repetições)

```
Plano.DQL <- design.lsd(Tratamentos)
```

– Croqui (DQL)

```
plot_latin_square(Plano.DQL,
  factor_name = "Tratamentos",
  labels = "Tratamentos")
```



Análise dos dados (exemplo)

Experimento fatorial 2x2 segundo o delineamento inteiramente casualizado com três repetições, para analisar o efeito da calagem e da irrigação sobre o peso de plantas.

Entrada dos dados

```
rm(list = ls())
dados <- read.csv2("fat1.csv")
str(dados)
```

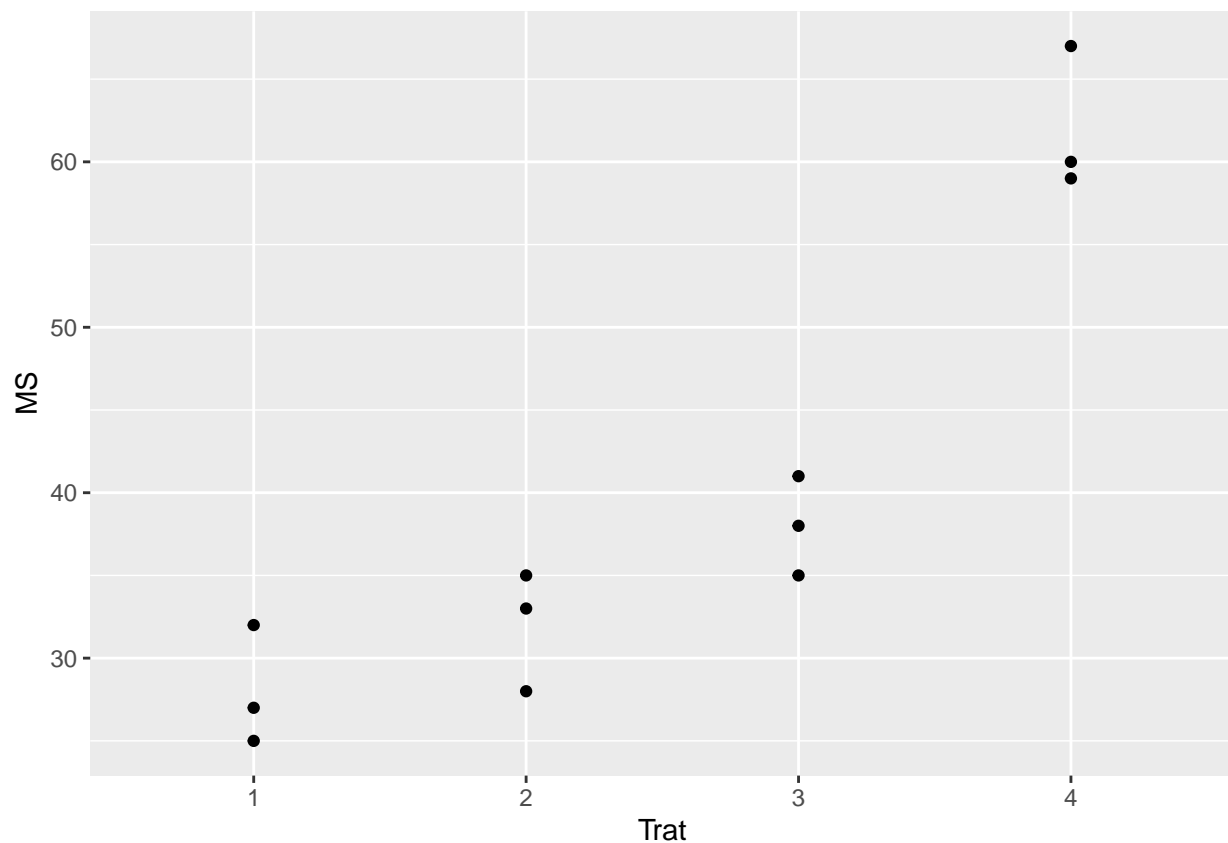
```
## 'data.frame': 12 obs. of 4 variables:
## $ Trat: int 1 1 1 2 2 2 3 3 3 4 ...
## $ I : int 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 ...
## $ C : int 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 ...
## $ MS : int 25 32 27 35 28 33 41 35 38 60 ...
```

```
dados <- transform(dados,
  Trat = as.factor(Trat),
  I = as.factor(I),
  C = as.factor(C))
str(dados)
```

```
## 'data.frame': 12 obs. of 4 variables:
## $ Trat: Factor w/ 4 levels "1","2","3","4": 1 1 1 2 2 2 3 3 3 4 ...
## $ I : Factor w/ 2 levels "0","1": 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 ...
## $ C : Factor w/ 2 levels "0","1": 1 1 1 2 2 2 1 1 1 2 ...
## $ MS : int 25 32 27 35 28 33 41 35 38 60 ...
```

Gráficos

```
library(ggplot2)
ggplot(dados,
       aes(x = Trat,
           y = MS)) +
  geom_point()
```



```
with(dados,
     tapply(MS, I, mean))
```

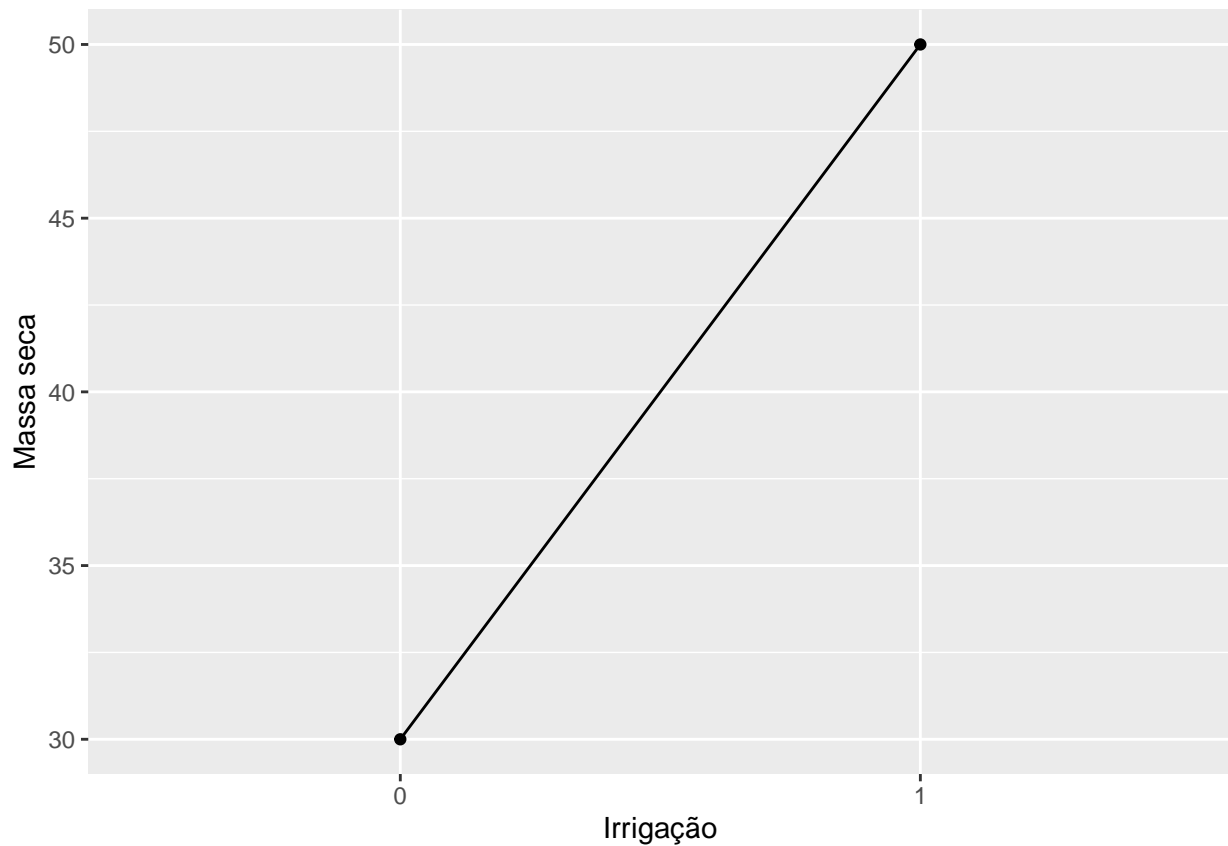
```
## 0 1
## 30 50
```

```
plt.C <- ggplot(dados,
               aes(x = I,
                   y = MS,
```

```

        group = 1)) +
geom_point(stat = 'summary',
           fun = mean) +
geom_line(stat = 'summary',
          fun = mean) +
labs(x = "Irrigação",
     y = "Massa seca")
print(plt.C)

```



```

with(dados,
     tapply(MS, C, mean))

```

```

## 0 1
## 33 47

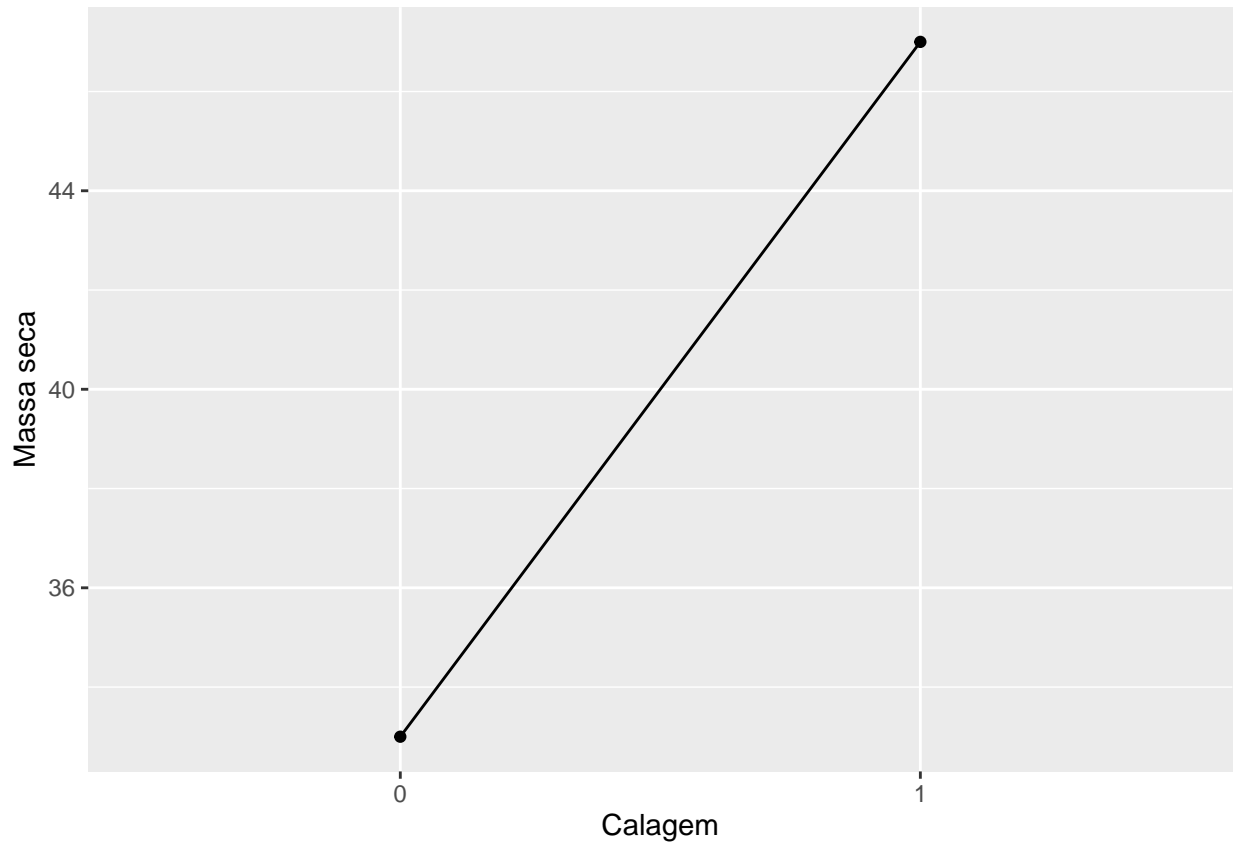
```

```

plt.E <- ggplot(dados,
                aes(x = C,
                   y = MS,
                   group = 1)) +
geom_point(stat = 'summary',
           fun = mean)+
geom_line(stat = 'summary',
          fun = mean)+
labs(x = "Calagem",

```

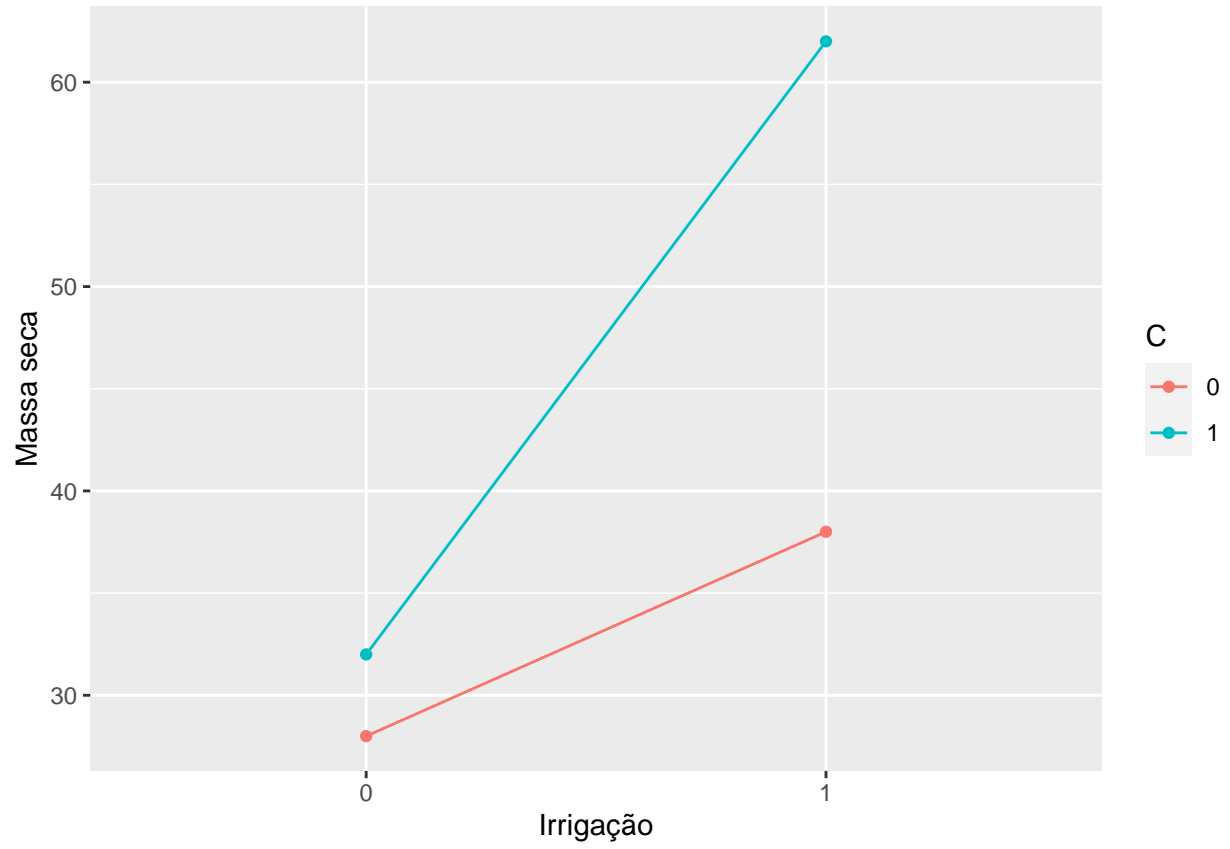
```
y = "Massa seca")  
print(plt.E)
```



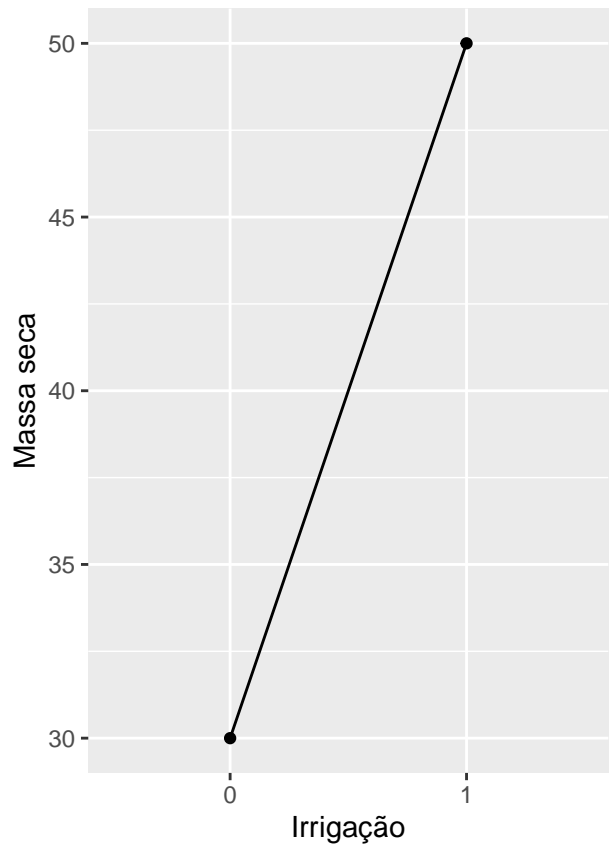
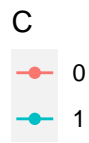
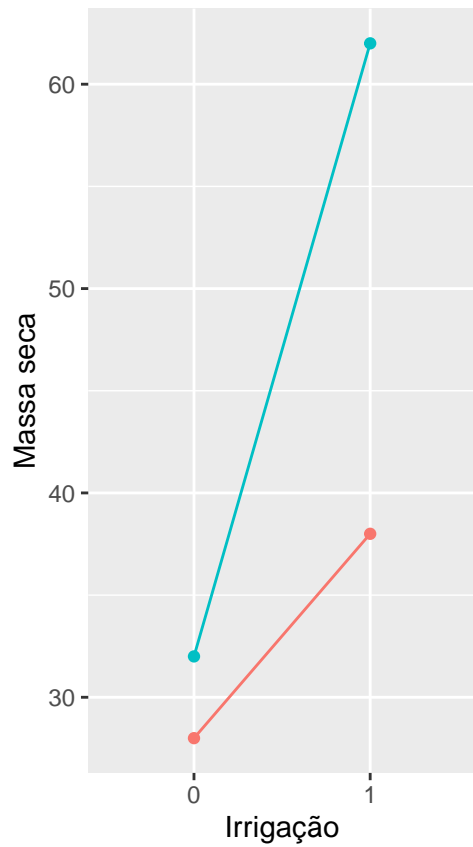
```
with(dados,  
     tapply(MS, list(I, C), mean))
```

```
##  0  1  
## 0 28 32  
## 1 38 62
```

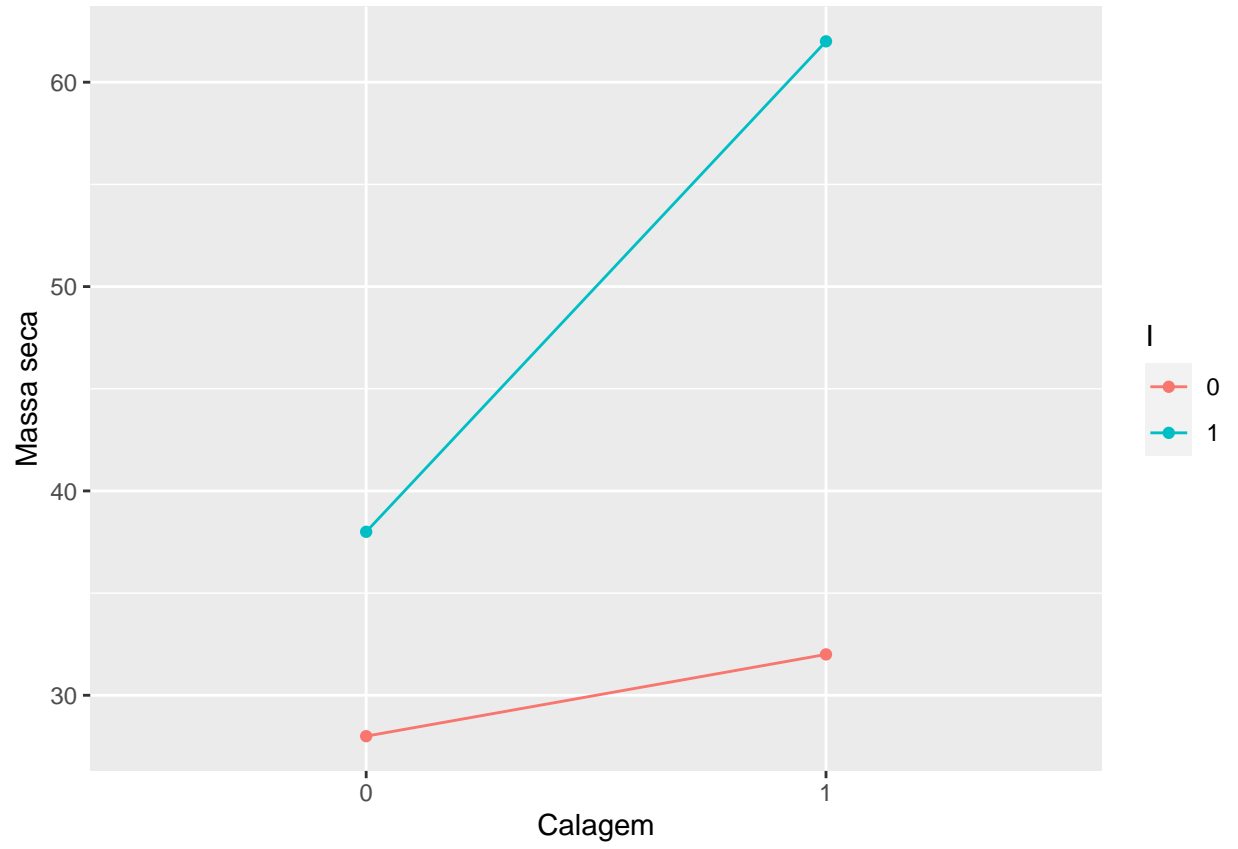
```
plt.int1 <- ggplot(dados,  
                  aes(x = I,  
                      y = MS,  
                      group = C,  
                      color = C)) +  
  geom_point(stat = 'summary',  
            fun = mean) +  
  geom_line(stat = 'summary',  
           fun = mean) +  
  labs(x = "Irrigação",  
       y = "Massa seca")  
print(plt.int1)
```



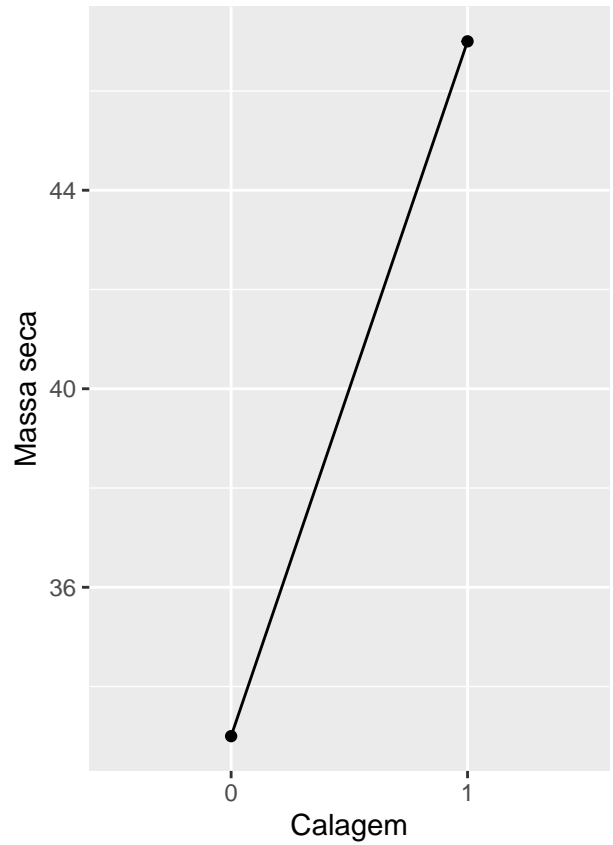
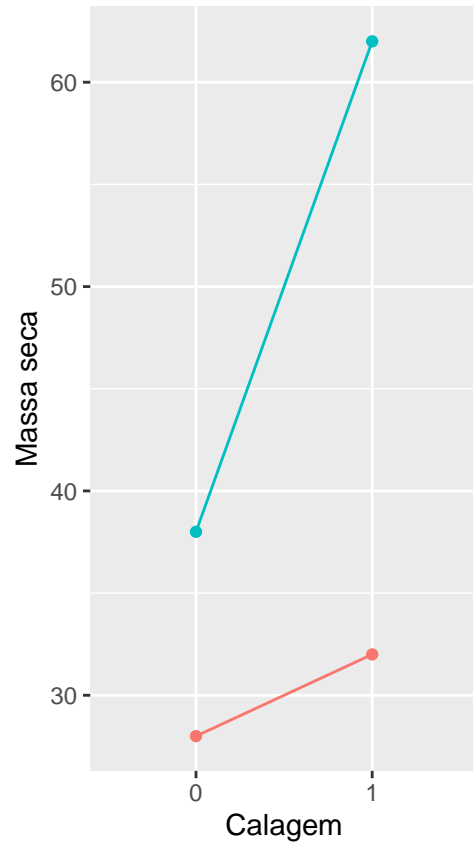
```
library(gridExtra)  
grid.arrange(plt.int1, plt.C, ncol=2)
```

```
plt.int2 <- ggplot(dados,
                  aes(x = C,
                      y = MS,
                      group = I,
                      color = I)) +
  geom_point(stat = 'summary',
            fun = mean)+
  geom_line(stat = 'summary',
           fun = mean)+
  labs(x = "Calagem",
       y = "Massa seca")
print(plt.int2)
```



```
grid.arrange(plt.int2, plt.E, ncol=2)
```



Ajuste do modelo

```
modelo <- lm(MS ~ Trat,
             data = dados)
```

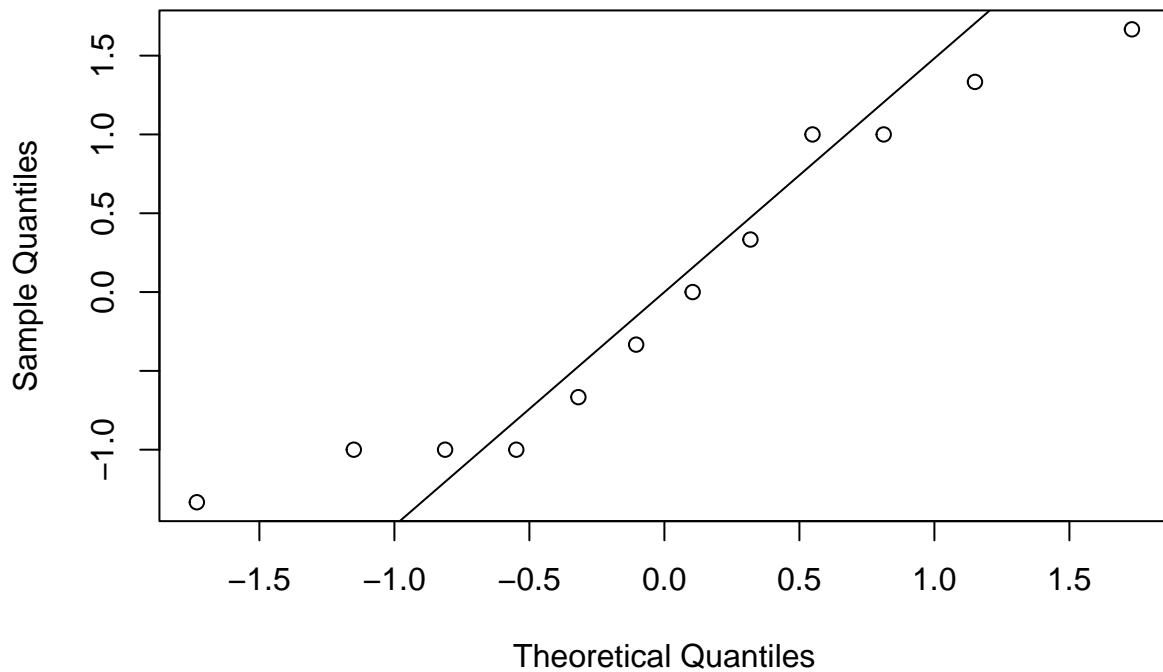
Verificação das pressuposições da ANOVA

```
res_Stud <- rstandard(modelo)
```

- Normalidade dos erros

```
qqnorm(res_Stud)
qqline(res_Stud)
```

Normal Q-Q Plot



```
# library(hnp)
# hnp(modelo,
#   print.on = TRUE)
```

Teste de normalidade:

H_0 : os erros seguem uma distribuição normal *versus* H_1 : os erros não seguem uma distribuição normal.

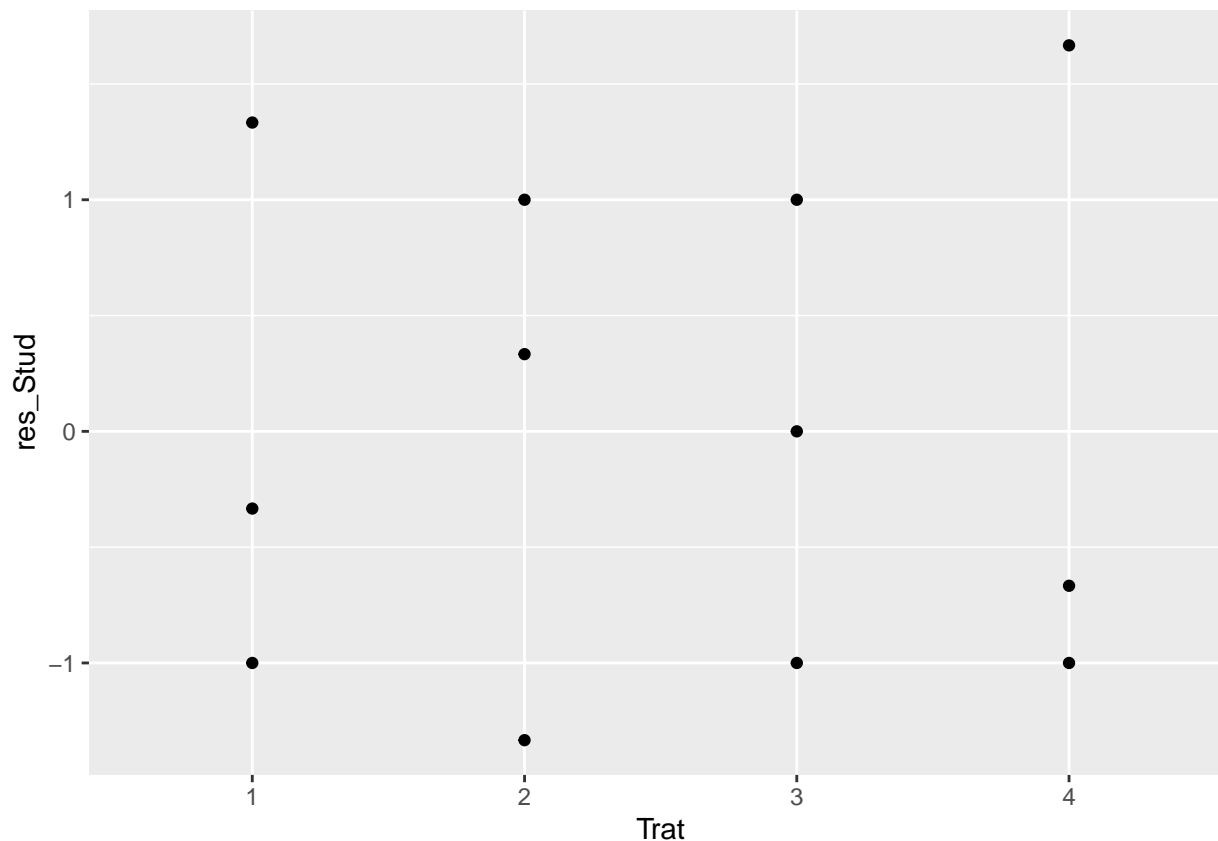
```
shapiro.test(res_Stud)
```

```
##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  res_Stud
## W = 0.91171, p-value = 0.2244
```

Considerando-se o nível de 5% de significância não há evidências para rejeitarmos H_0 . Logo, não se pode afirmar que os erros não seguem a distribuição normal.

- Homogeneidade de variâncias

```
ggplot(dados,
  aes(x = Trat,
    y = res_Stud)) +
  geom_point()
```



Teste de homogeneidade de variâncias

H_0 : há homogeneidade de variâncias *versus* H_1 : não há homogeneidade de variâncias.

```
library(lmtest)
```

```
## Carregando pacotes exigidos: zoo
```

```
##
```

```
## Attaching package: 'zoo'
```

```
## The following objects are masked from 'package:base':
```

```
##
```

```
## as.Date, as.Date.numeric
```

```
bptest(modelo)
```

```
##
```

```
## studentized Breusch-Pagan test
```

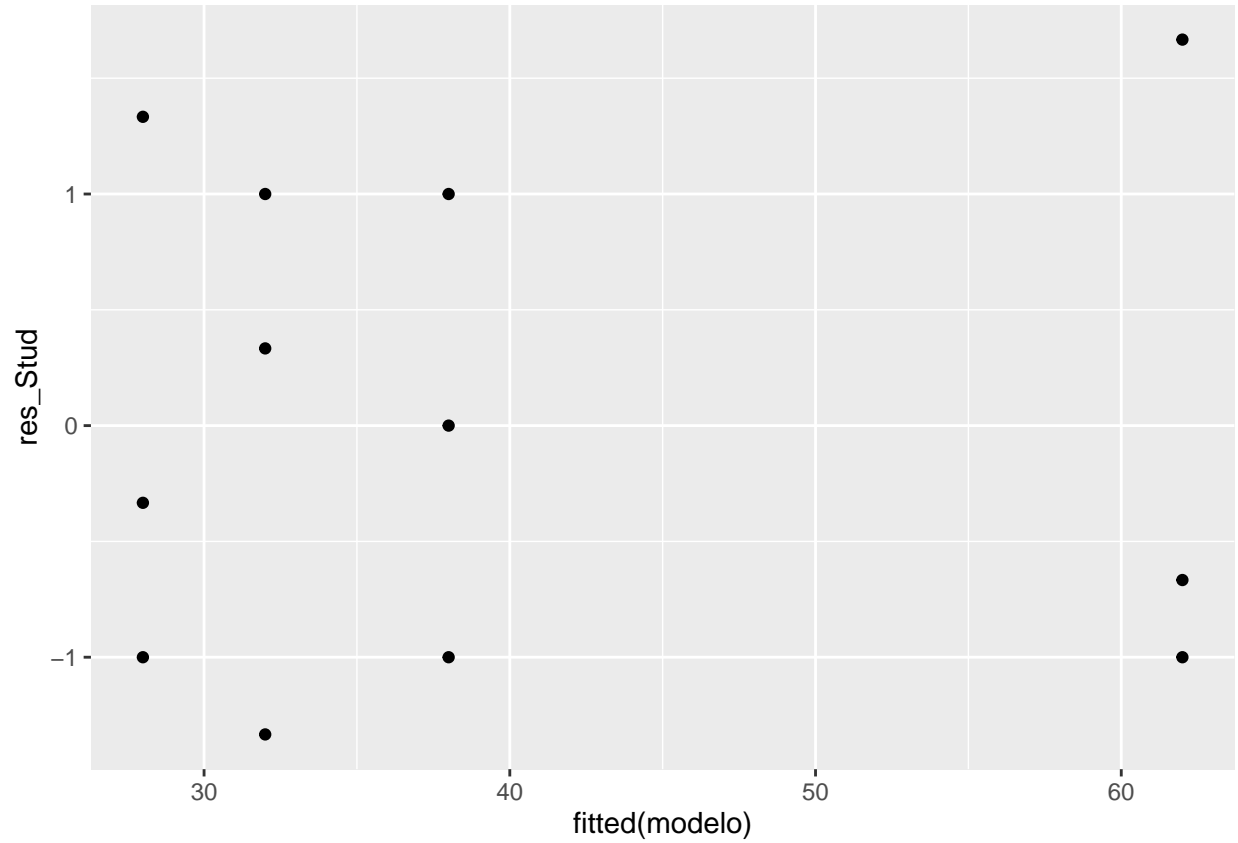
```
##
```

```
## data: modelo
```

```
## BP = 1.3878, df = 3, p-value = 0.7084
```

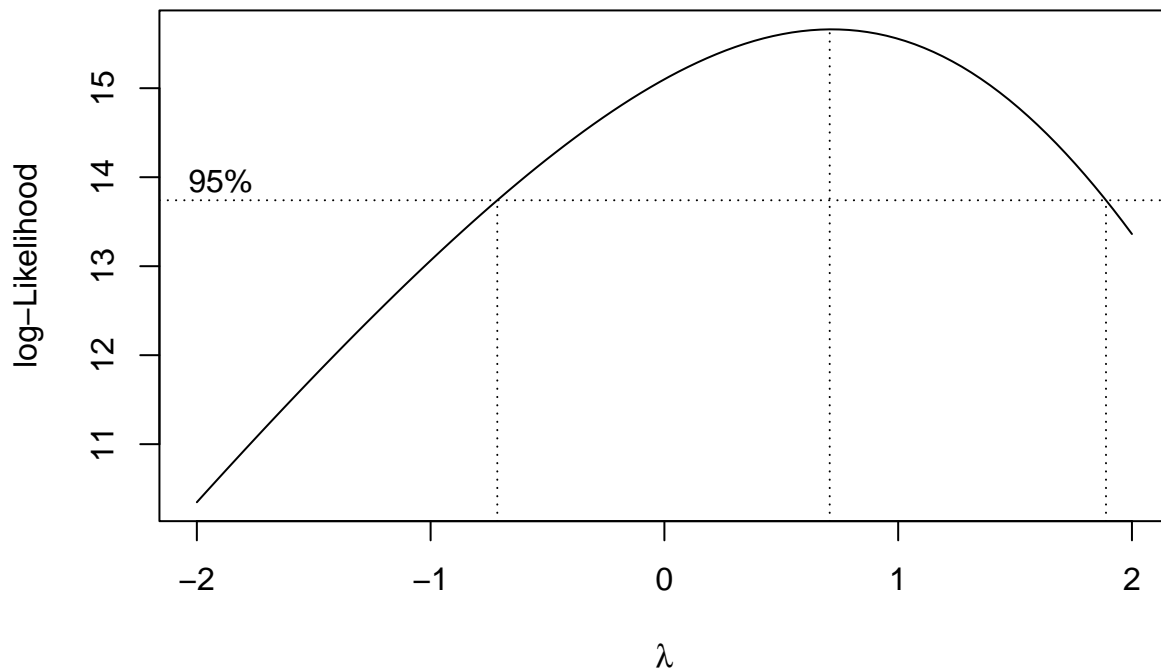
Considerando-se o nível de 5% de significância não há evidências para rejeitarmos H_0 . Logo, não se pode afirmar que não há homogeneidade de variâncias. - Relação entre média e variância

```
ggplot(dados,  
  aes(x = fitted(modelo),  
      y = res_Stud)) +  
  geom_point()
```



Box-Cox

```
library(MASS)  
boxcox(modelo)
```



Não há necessidade de transformação dos dados, pois $\lambda = 1$ pertence ao intervalo de confiança. Como todas as pressuposições foram atendidas, temos o seguinte quadro da ANOVA.

```
anova(modelo)
```

```
## Analysis of Variance Table
##
## Response: MS
##      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## Trat   3   2088    696.0  51.556 1.411e-05 ***
## Residuals 8    108     13.5
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
modelo.fat <- lm(MS ~ I*C,
                data = dados)
anova(modelo.fat)
```

```
## Analysis of Variance Table
##
## Response: MS
##      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## I       1   1200   1200.0  88.889 1.315e-05 ***
## C       1    588    588.0  43.556 0.0001694 ***
## I:C     1    300    300.0  22.222 0.0015137 **
```

```
## Residuals 8 108 13.5
## ---
## Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
library(ExpDes.pt)
```

```
##
## Attaching package: 'ExpDes.pt'

## The following object is masked from 'package:MASS':
##
## ginv

## The following objects are masked from 'package:agricolae':
##
## lastC, order.group, tapply.stat
```

```
with(dados,
      fat2.dic(I,
              C,
              MS,
              quali = c(TRUE, TRUE),
              fac.names = c("Irrigacao", "Calagem")))
```

```
## -----
## Legenda:
## FATOR 1: Irrigacao
## FATOR 2: Calagem
## -----
##
##
## Quadro da analise de variancia
## -----
##           GL   SQ QM     Fc     Pr>Fc
## Irrigacao    1 1200  2 88.889 0.00001315
## Calagem      1  588  5 43.556 0.00016945
## Irrigacao*Calagem 1  300  4 22.222 0.00151375
## Residuo      8  108  3
## Total       11 2196  1
## -----
## CV = 9.19 %
##
## -----
## Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-Wilk)
## valor-p: 0.2244004
## De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser considerados normais
## -----
##
##
## Interacao significativa: desdobrando a interacao
## -----
```



```

##
## Desdobrando Irrigacao dentro de cada nivel de Calagem
## -----
## -----
## Quadro da analise de variancia
## -----
##          GL   SQ       QM      Fc  Pr.Fc
## Calagem      1  588  588.0000 43.5556 2e-04
## Irrigacao:Calagem 0  1  150  150.0000 11.1111 0.0103
## Irrigacao:Calagem 1  1 1350 1350.0000   100    0
## Residuo       8  108   13.5000
## Total        11 2196  199.6364
## -----
##
##
##
## Irrigacao dentro do nivel 0 de Calagem
## -----
## Teste de Tukey
## -----
## Grupos Tratamentos Medias
## a    2   38
## b    1   28
## -----
##
##
## Irrigacao dentro do nivel 1 de Calagem
## -----
## Teste de Tukey
## -----
## Grupos Tratamentos Medias
## a    2   62
## b    1   32
## -----
##
##
## Desdobrando Calagem dentro de cada nivel de Irrigacao
## -----
## -----
## Quadro da analise de variancia
## -----
##          GL   SQ       QM      Fc  Pr.Fc
## Irrigacao      1 1200 1200.0000 88.8889   0
## Calagem:Irrigacao 0  1   24   24.0000  1.7778 0.2191
## Calagem:Irrigacao 1  1  864  864.0000   64    0
## Residuo       8  108   13.5000
## Total        11 2196  199.6364
## -----
##
##
##
## Calagem dentro do nivel 0 de Irrigacao
##

```

```
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
## -----
##   Niveis Medias
## 1      1      28
## 2      2      32
## -----
##
##
## Calagem dentro do nivel 1 de Irrigacao
## -----
## Teste de Tukey
## -----
## Grupos Tratamentos Medias
## a      2      62
## b      1      38
## -----
```