

Análise Descritiva Quantitativa (ADQ[®])

Avaliação de Marcas de Chocolate

Ana Carolina	Ana Flávia	Carolina Stupka
Cintia Consulin	Damiane Ferreira	Eduardo Junior
Henrique Laureano	Jhosefer da Silva	Konstanz Winter
Lucas Bozza	Michele Mottin	Morlan Luigi
Pamella Feliciano	Renato Brito	Tiago Teixeira

CE231 - Sensometria
Profº Adilson dos Anjos
Universidade Federal do Paraná

05 de maio de 2015

1. Introdução
2. Etapas Iniciais
3. Análise Estatística
 - 3.1 Importando dados
 - 3.2 Anova por Atributo
 - 3.3 Analisando os avaliadores
 - 3.4 Comparações Múltiplas
 - 3.5 Gráfico Radar
4. Conclusões

1. Introdução

2. Etapas Iniciais

3. Análise Estatística

3.1 Importando dados

3.2 Anova por Atributo

3.3 Analisando os avaliadores

3.4 Comparações Múltiplas

3.5 Gráfico Radar

4. Conclusões

Análise Descritiva Quantitativa - ADQ®

É uma abordagem proposta para descrever produtos, caracterizando suas propriedades sensoriais.

- ▶ Proposto por Stone e Sidel (Tragon Corporation), em 1974.
- ▶ Procedimento protegido por empresa privada (Tragon Corporation).
- ▶ Avaliar todos os atributos sensoriais presentes no produto.

1. Introdução

2. Etapas Iniciais

3. Análise Estatística

3.1 Importando dados

3.2 Anova por Atributo

3.3 Analisando os avaliadores

3.4 Comparações Múltiplas

3.5 Gráfico Radar

4. Conclusões

Reunião de aproximadamente uma hora, com amostras de chocolate dos três tratamentos.

Atributos elencados:

- ▶ Intensidade Cor
- ▶ Ondulação
- ▶ Dureza
- ▶ Derretimento
- ▶ Doçura

Definição dos Atributos

Tabela 1 : Atributos Sensoriais Avaliados nos Chocolates

Atributo	Definição	Escala	
		Mínimo	Máximo
Intensidade Cor	Intensidade da cor marrom no chocolate	Claro	Escuro
Ondulação	Altura da crista da onda no formato do chocolate	Sem ondulação	Alta Ondulação
Dureza	Força requerida ao morder/sensação de dureza	Mais Macio	Mais Duro
Derretimento	Tempo até o derretimento do chocolate dentro da boca	Mais Rápido	Mais Demorado
Doçura	Sabor doce do chocolate	Imperceptível	Muito Intensa

Nome: Clema Cavallero Cunha Brand Data: 23/04

Avalie os atributos apresentados. Marque com um traço a intensidade percebida de cada atributo para cada amostra.

Aparência	Amostra		
Intensidade da cor marrom	914	Claro	Escuro
	533	Claro	Escuro
	315	Claro	Escuro
Ondulação	914	Sem ondulação	Alta ondulação
	533	Sem ondulação	Alta ondulação
	315	Sem ondulação	Alta ondulação
Dureza	914	Mais macio	Mais duro
	533	Mais macio	Mais duro
	315	Mais macio	Mais duro
Derretimento	914	Mais rápido	Mais demorado
	533	Mais rápido	Mais demorado
	315	Mais rápido	Mais demorado
Doçura	914	Imperceptível	Muito intenso
	533	Imperceptível	Muito intenso
	315	Imperceptível	Muito intenso

Figura 1 : Exemplo de Formulário de Avaliação Preenchido

- ▶ Três repetições com amostras codificadas de forma diferente (duas repetições dia 21/04 e uma dia 23/04)
- ▶ Avaliadores instruídos quanto ao preenchimento no ato da avaliação
- ▶ Dois tabletes de chocolate de cada tratamento em cada repetição

1. Introdução

2. Etapas Iniciais

3. Análise Estatística

3.1 Importando dados

3.2 Anova por Atributo

3.3 Analisando os avaliadores

3.4 Comparações Múltiplas

3.5 Gráfico Radar

4. Conclusões

1. Introdução

2. Etapas Iniciais

3. Análise Estatística

3.1 Importando dados

3.2 Anova por Atributo

3.3 Analisando os avaliadores

3.4 Comparações Múltiplas

3.5 Gráfico Radar

4. Conclusões

Importando Dados

Os dados foram tabulados em um arquivo com extensão .csv, *data.csv*

```
##-----  
## Lendo e renomeando dados  
dados <- read.table("data.csv", header=TRUE, sep = ";", dec=",")  
names(dados) <- c("aval", "atr", "trat", "resp")  
  
##-----  
## Descodificando as marcas  
code.a <- c(389, 411, 598); code.b <- c(724, 145, 917)  
code.c <- c(491, 612, 115)  
for(i in code.a) dados$trat[dados$trat == i] <- "Garoto"  
for(i in code.b) dados$trat[dados$trat == i] <- "Nestle"  
for(i in code.c) dados$trat[dados$trat == i] <- "Lacta"  
dados$trat <- as.factor(dados$trat)
```

Estrutura dos dados

```
head(dados)
```

```
>
>      aval      atr  trat resp
> 1 Cintia M Consulin Intensidade Cor Nestle 1.20
> 2 Cintia M Consulin Intensidade Cor  Lacta 2.90
> 3 Cintia M Consulin Intensidade Cor Garoto 5.70
> 4 Cintia M Consulin      Ondulação Nestle 2.10
> 5 Cintia M Consulin      Ondulação  Lacta 5.60
> 6 Cintia M Consulin      Ondulação Garoto 1.25
```

```
str(dados)
```

```
> 'data.frame': 540 obs. of  4 variables:
> $ aval: Factor w/ 16 levels "Adilson dos Anjos",...: 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 ...
> $ atr : Factor w/ 5 levels "Derretimento",...: 4 4 4 5 5 5 3 3 3 1 ...
> $ trat: Factor w/ 3 levels "Garoto","Lacta",...: 3 2 1 3 2 1 3 2 1 3 ...
> $ resp: num  1.2 2.9 5.7 2.1 5.6 1.25 1.65 8.7 7.1 3.1 ...
```

Organizando os dados

```
##-----  
## Juntando avaliadores com repetições incompletas  
dados$aval <- gsub("^((\\w+) .*$", "\\1", dados$aval) ## Somente o 1º nome  
table(dados$aval)[table(dados$aval) == 45] ## Avaliadores com 3 rep  
table(dados$aval)[table(dados$aval) != 45] ## Avaliadores incompletos
```

```
>  
> Adilson      Cintia      Damiane      Eduardo Henrique      Michele      Morlan      Renato  
>      45          45          45          45          45          45          45  
>      Tiago  
>      45  
>  
>      Ana Carolina Jhosefer Konstanz      Lucas      Pamela  
>      15          15          30          15          30          30
```

```
## Agrupando respostas  
dados$aval[dados$aval == "Jhosefer" | dados$aval == "Ana"] <- "Jhosefer*"  
dados$aval[dados$aval == "Lucas" | dados$aval == "Carolina"] <- "Lucas*"  
dados$aval[dados$aval == "Pamela" | dados$aval == "Konstanz"] <- "Pamela*"  
dados$aval <- as.factor(dados$aval)
```

Dados Importados

Dados devidamente importados e organizados para análise no R.

```
head(dados)
```

```
>      aval      atr  trat resp
> 1 Cintia Intensidade Cor  Nestle 1.20
> 2 Cintia Intensidade Cor   Lacta 2.90
> 3 Cintia Intensidade Cor  Garoto 5.70
> 4 Cintia      Ondulação Nestle 2.10
> 5 Cintia      Ondulação  Lacta 5.60
> 6 Cintia      Ondulação Garoto 1.25
```

```
str(dados)
```

```
> 'data.frame': 540 obs. of  4 variables:
> $ aval: Factor w/ 12 levels "Adilson","Cintia",...: 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 ...
> $ atr : Factor w/ 5 levels "Derretimento",...: 4 4 4 5 5 5 3 3 3 1 ...
> $ trat: Factor w/ 3 levels "Garoto","Lacta",...: 3 2 1 3 2 1 3 2 1 3 ...
> $ resp: num  1.2 2.9 5.7 2.1 5.6 1.25 1.65 8.7 7.1 3.1 ...
```

1. Introdução

2. Etapas Iniciais

3. Análise Estatística

3.1 Importando dados

3.2 Anova por Atributo

3.3 Analisando os avaliadores

3.4 Comparações Múltiplas

3.5 Gráfico Radar

4. Conclusões

Com a ANOVA por atributo deseja-se avaliar se os avaliadores estão em consenso, bem como verificar se houve distinção das notas dos atributos dentre os tratamentos (marcas).

Para tal avaliação realiza-se a anova com interesse nos efeitos de:

- ▶ **Avaliador:** Similar a interpretação de bloco em planejamento de experimentos. Informa se entre os avaliadores houve repostas distintas.
- ▶ **Tratamento:** Principal interesse, informa se os avaliadores conseguiram distinguir os tratamentos dentro de cada atributo.
- ▶ **Interação (Avaliador:Tratamento):** Informa se a combinação de avaliador com algum tratamento resultou em uma resposta muito diferentes das demais (consenso nas repostas).

Análise de Variância - Atributos

```
atributos <- levels(dados$atr) ## Extraindo os 5 atributos
lista.db <- list()             ## Armazena os dados estratificados
lista.mu <- list()             ## Armazena as médias por avaliador

## Tabela para armazenar os p-valores
tab.anova.atr <- data.frame(atributo = atributos,
                             avaliador = as.numeric(1:5),
                             amostra = 1:5,
                             interacao = 1:5)

## Preenchendo a tabela com os p-valores
for(i in 1:length(atributos)){
  ## Selecionando dados apenas de um atributo
  da <- subset(dados, atr == atributos[i])
  ## Analise de variancia
  m0 <- anova(aov(resp ~ aval*trat, data=da))
  ## Extraindo apenas os p-valores dos efeitos
  tab.anova.atr[i, 2] <- m0$"Pr(>F)"[1] ## de avaliador
  tab.anova.atr[i, 3] <- m0$"Pr(>F)"[2] ## de amostra
  tab.anova.atr[i, 4] <- m0$"Pr(>F)"[3] ## da interacao
  ## Médias de nota de avaliador por amostra para cada atributo
  lista.mu[[i]] <- aggregate(resp ~ aval + trat, data = da, mean)
  lista.db[[i]] <- da ## Armazenando os dados estratificados na lista
}
```

Análise de Variância - Atributos

```
tab.anova.atr
```

```
>      atributo      avaliador      amostra      interacao
> 1  Derretimento 2.271069e-03 6.448208e-07 1.669567e-07
> 2      Doçura 2.513763e-06 5.881471e-02 1.160875e-02
> 3      Dureza 5.709619e-03 5.353900e-07 4.168007e-02
> 4 Intensidade Cor 4.085931e-03 2.869463e-25 1.998958e-02
> 5      Ondulação 2.804529e-03 2.528091e-16 2.724436e-01
```

atributo	avaliador	amostra	interacao
Derretimento	0.0023	0.0000	0.0000
Doçura	0.0000	0.0588	0.0116
Dureza	0.0057	0.0000	0.0417
Intensidade Cor	0.0041	0.0000	0.0200
Ondulação	0.0028	0.0000	0.2724

1. Introdução

2. Etapas Iniciais

3. Análise Estatística

3.1 Importando dados

3.2 Anova por Atributo

3.3 Analisando os avaliadores

3.4 Comparações Múltiplas

3.5 Gráfico Radar

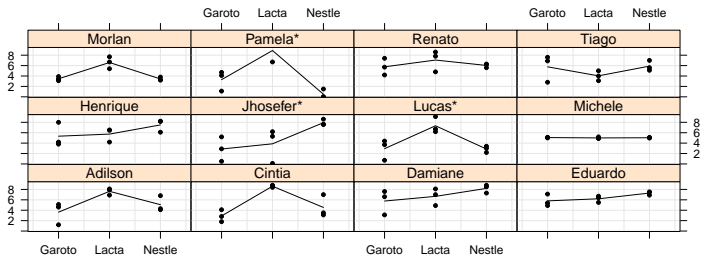
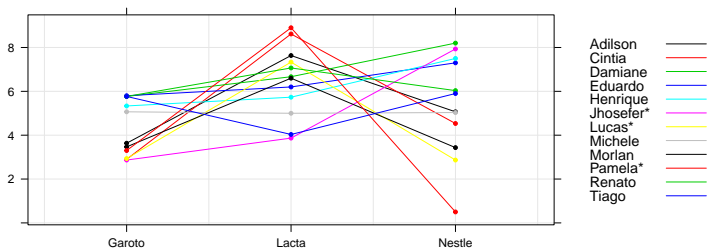
4. Conclusões

Análise de Variância - Avaliadores

```
atributos <- levels(dados$atr)      ## Extraindo os 5 atributos
avaliadores <- levels(dados$aval)  ## Extraindo os 12 avaliadores
lista.av <- list()                  ## Armazena os p-valores da ANOVA

## Preenchendo a lista
for(j in 1:length(atributos)){
  ## Estratificando os dados por atributo
  db <- lista.db[[j]]
  db <- db[with(db, order(aval, trat)),] ## Ordenando os dados
  db$rep <- paste(db$aval, 1:3, sep="")  ## Criando a coluna rep
  db$rep <- as.factor(db$rep)           ## Transformando em fator
  ## Tabela para armazenar os p-valores
  tab.anova.aval <- data.frame(
    avaliador = avaliadores,
    tratamento = 1:12,
    repeticao = 1:12)
  for(i in 1:length(avaliadores)){
    ## Estratificando os dados por avaliador
    da <- subset(db, aval == avaliadores[i])
    ## Análise de variância
    m0 <- anova(aov(resp ~ trat + rep, data = da))
    ## Extraindo apenas os p-valores dos efeitos
    tab.anova.aval[i, 2] <- m0$"Pr(>F)"[1] ## de tratamento
    tab.anova.aval[i, 3] <- m0$"Pr(>F)"[2] ## de repetição
  }
  ## Armazenando a tabela na lista
  lista.av[[j]] <- tab.anova.aval
}
```

Gráfico de Interação - Derretimento



Anova por Avaliador - Derretimento

```
lista.av[[1]]
```

```
>      avaliador  tratamento repeticao
> 1      Adilson 0.122766694 0.8566703
> 2      Cintia 0.006503719 0.1458645
> 3      Damiane 0.278904964 0.3292810
> 4      Eduardo 0.174207712 0.4966164
> 5      Henrique 0.465923659 0.9927835
> 6  Jhosefer* 0.078048397 0.2515326
> 7      Lucas* 0.056537042 0.8529029
> 8      Michele 0.640000000 0.1322314
> 9      Morlan 0.005651826 0.2552464
> 10     Pamela* 0.007438560 0.4089681
> 11     Renato 0.651303070 0.7749123
> 12     Tiago 0.506351681 0.8717868
```

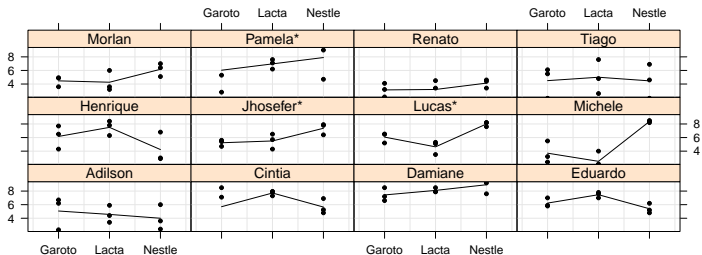
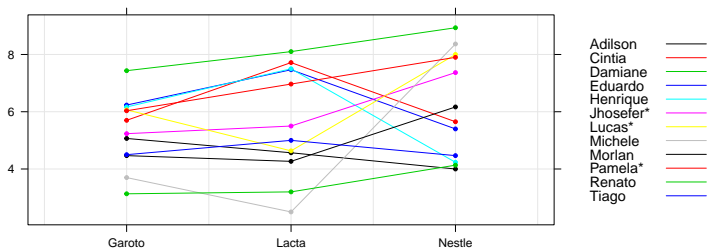
Modelando Derretimento

- ▶ Não observou-se um padrão nas respostas dos avaliadores
- ▶ Causas prováveis
 - ▶ Má descrição para avaliação do atributo.
 - ▶ Falta de treinamento dos avaliadores.
 - ▶ Atributo de difícil mensuração.

Para questões didáticas continuou-se o estudo com as respostas para este atributo sem o efeito de interação. O modelo no R foi especificado como:

```
## Derretimento
subda <- subset(lista.db[[1]], aval != "Pamela*" & aval != "Tiago")
mod1 <- aov(resp ~ aval + trat, data=subda)
```


Gráfico de Interação - Doçura



Anova por Avaliador - Doçura

```
lista.av[[2]]
```

```
>      avaliador  tratamento  repeticao
> 1      Adilson 0.5993169758 0.07427766
> 2      Cintia 0.4835502990 0.39886869
> 3      Damiane 0.2061088479 0.30367236
> 4      Eduardo 0.0450058188 0.59032860
> 5      Henrique 0.2708603182 0.93434988
> 6  Jhosefer* 0.0328134317 0.17126864
> 7      Lucas* 0.0005908241 0.01658239
> 8      Michele 0.0023522037 0.11027538
> 9      Morlan 0.0386359109 0.04432133
> 10     Pamela* 0.7900114183 0.91883028
> 11     Renato 0.5507607961 0.62764017
> 12     Tiago 0.9565720283 0.45403559
```

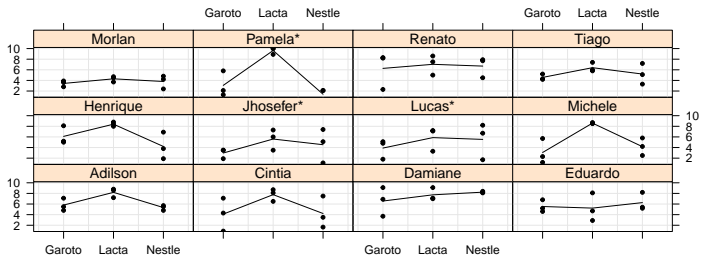
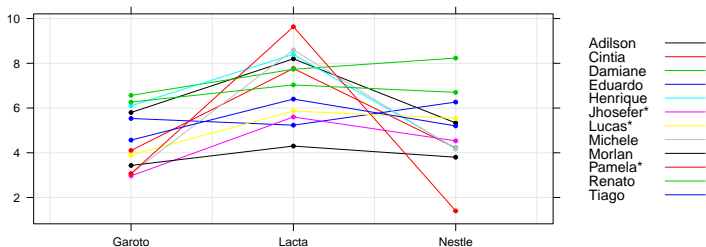
- ▶ Dois grupos de avaliadores com respostas similares
- ▶ Causas prováveis
 - ▶ Má descrição para avaliação do atributo.
 - ▶ Falta de treinamento dos avaliadores.

Observou-se também que ao retirar a avaliadora *Michele* o efeito de interação se torna não significativo. Portanto, optou-se por retirá-la da análise.

O modelo no R foi especificado como:

```
## Doçura
subda <- subset(lista.db[[2]], aval != "Michele")
mod2 <- aov(resp ~ aval + trat, data=subda)
```

Gráfico de Interação - Dureza



Anova por Avaliador - Dureza

```
lista.av[[3]]
```

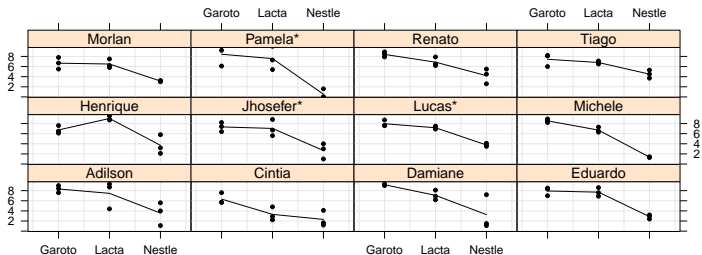
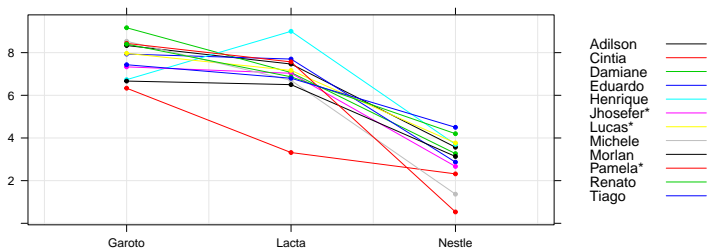
```
>      avaliador  tratamento  repeticao
> 1      Adilson 0.034031371 0.45764972
> 2      Cintia 0.356720959 0.94539044
> 3      Damiane 0.607891940 0.77871711
> 4      Eduardo 0.859522258 0.94697178
> 5      Henrique 0.125053354 0.57913057
> 6  Jhosefer* 0.174354764 0.06547306
> 7      Lucas* 0.604822665 0.34284495
> 8      Michele 0.009432279 0.11300771
> 9      Morlan 0.505249834 0.41614758
> 10     Pamela* 0.010861413 0.74995146
> 11     Renato 0.667991864 0.01107445
> 12     Tiago 0.403029898 0.86109598
```

- ▶ Razoável consenso nas respostas, porém diferentes usos da escala
- ▶ Causas prováveis
 - ▶ Falta de treinamento dos avaliadores, quanto a escala

Observou-se também que ao retirar os avaliadores *Pamela** (utilização dos extremos da escala) e *Eduardo* (Padrão de respostas contrária ao grupo) o efeito de interação se torna não significativo. Portanto, optou-se por retirá-los da análise. O modelo no R foi especificado como:

```
## Dureza
subda <- subset(lista.db[[3]], aval != "Pamela*" & aval != "Eduardo")
mod3 <- aov(resp ~ aval + trat, data=subda)
```

Gráfico de Interação - Intensidade Cor



Anova por Avaliador - Intensidade da Cor

```
lista.av[[4]]
```

```
>      avaliador  tratamento  repeticao
> 1      Adilson 1.608132e-02 0.04785630
> 2      Cintia 5.359414e-02 0.53643444
> 3      Damiane 3.653319e-02 0.25358704
> 4      Eduardo 2.617325e-03 0.71348574
> 5      Henrique 3.557338e-03 0.09337705
> 6  Jhosefer* 4.548925e-02 0.91844875
> 7      Lucas* 4.432616e-05 0.02872738
> 8      Michele 5.244314e-05 0.55636926
> 9      Morlan 4.790960e-03 0.17382887
> 10     Pamela* 2.191634e-02 0.87855707
> 11     Renato 1.966959e-03 0.03759799
> 12     Tiago 3.629488e-02 0.54757107
```

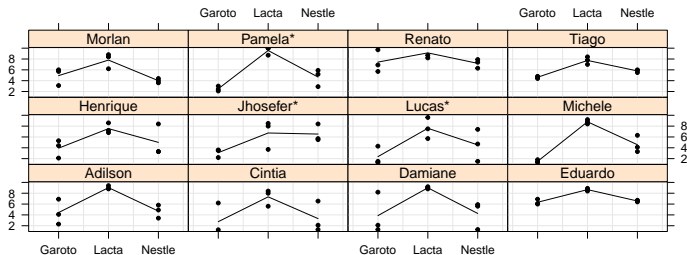
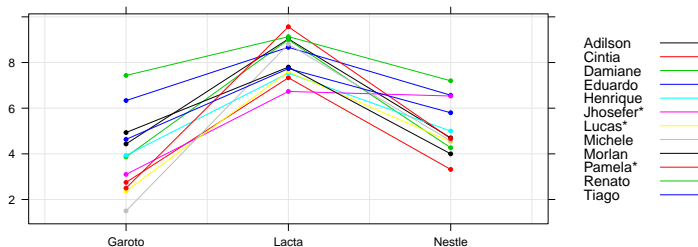

Modelando Intensidade da Cor

- ▶ Razoável consenso nas respostas, porém diferentes usos da escala
- ▶ Causas prováveis
 - ▶ Falta de treinamento dos avaliadores, quanto a escala

Observou-se também que ao retirar os avaliadores *Henrique* (utilização dos extremos da escala) e *Cintia* (Para a marca Lacta nota muito inferior as demais) o efeito de interação se torna não significativo. Portanto, optou-se por retirá-los da análise. O modelo no R foi especificado como:

```
## Intensidade
subda <- subset(lista.db[[4]], aval != "Henrique" & aval != "Cintia")
mod4 <- aov(resp ~ aval + trat, data=subda)
```

Gráfico de Interação - Ondulação



Anova por Avaliador - Ondulação

```
lista.av[[5]]
```

```
>      avaliador  tratamento  repeticao
> 1      Adilson 0.030849770 0.37646036
> 2      Cintia 0.052476759 0.08341072
> 3      Damiane 0.093092700 0.26384515
> 4      Eduardo 0.002172592 0.53876589
> 5      Henrique 0.232761080 0.60568876
> 6  Jhosefer* 0.177604206 0.79918963
> 7      Lucas* 0.120272890 0.51500263
> 8      Michele 0.001976870 0.50344960
> 9      Morlan 0.016196821 0.13533703
> 10     Pamela* 0.005011086 0.85656201
> 11     Renato 0.052973041 0.02477097
> 12     Tiago 0.004660984 0.78903850
```

Modelando Ondulação

- ▶ Consenso nas respostas, porém diferentes usos da escala
- ▶ Causas prováveis
 - ▶ Falta de treinamento dos avaliadores, quanto a escala

Para este atributo a interação entre avaliador e tratamento não foi significativo, portanto não foi considerado no modelo final.

```
## Ondulação  
subda <- lista.db[[5]]  
mod5 <- aov(resp ~ aval + trat, data=subda)
```

1. Introdução

2. Etapas Iniciais

3. Análise Estatística

3.1 Importando dados

3.2 Anova por Atributo

3.3 Analisando os avaliadores

3.4 Comparações Múltiplas

3.5 Gráfico Radar

4. Conclusões

Comparações Múltiplas

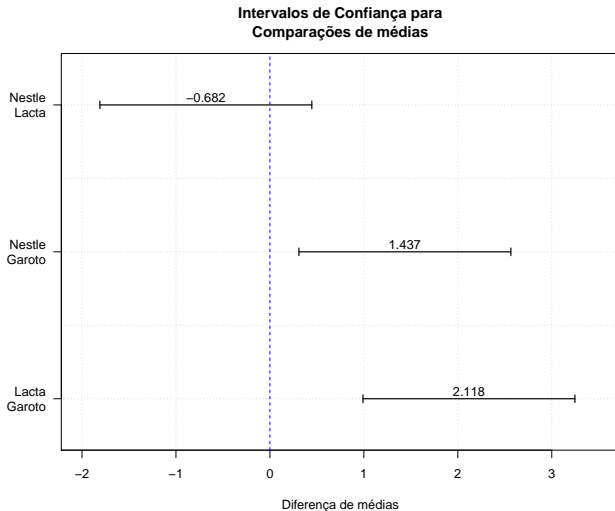
Objetivam identificar diferença entre as médias dos tratamentos:

- ▶ São realizados para cada atributo avaliado
- ▶ Utiliza-se o teste de comparações múltiplas de Tukey
- ▶ Efeito de interação não significativo

No R utiliza-se a função

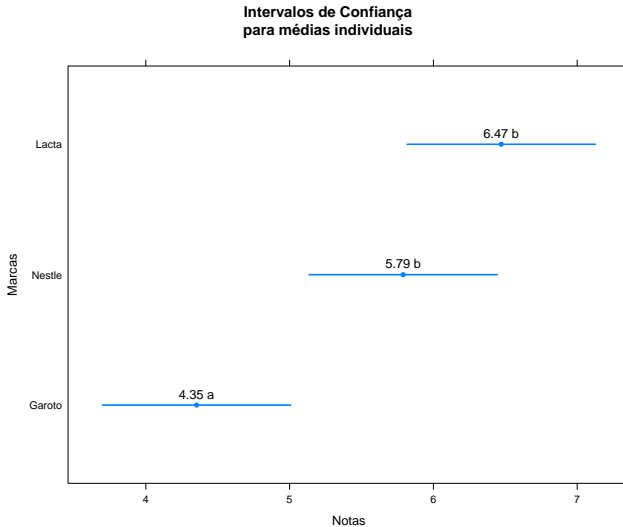
TukeyHSD(modelo, which = "fator_de_comparação")

Comparações Múltiplas - Derretimento¹



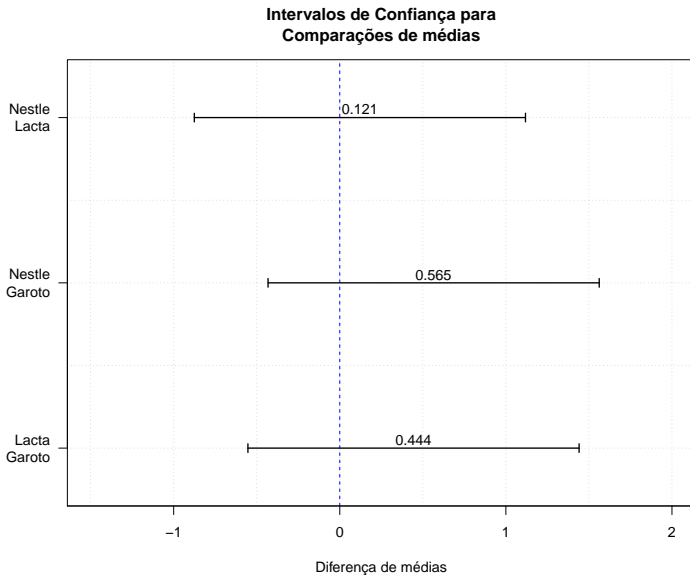
¹ Resultados não confiáveis devido as razões apontadas na seção 3.3

Comparações Múltiplas - Derretimento¹

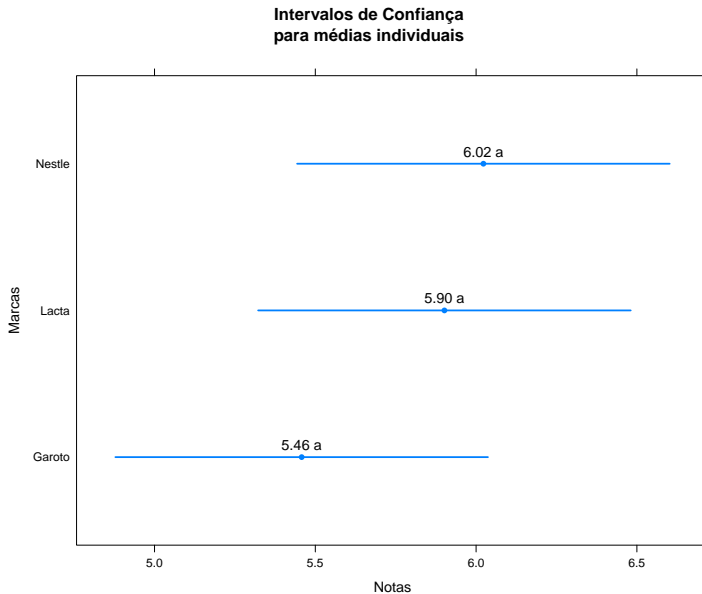


¹ Resultados não confiáveis devido as razões apontadas na seção 3.3

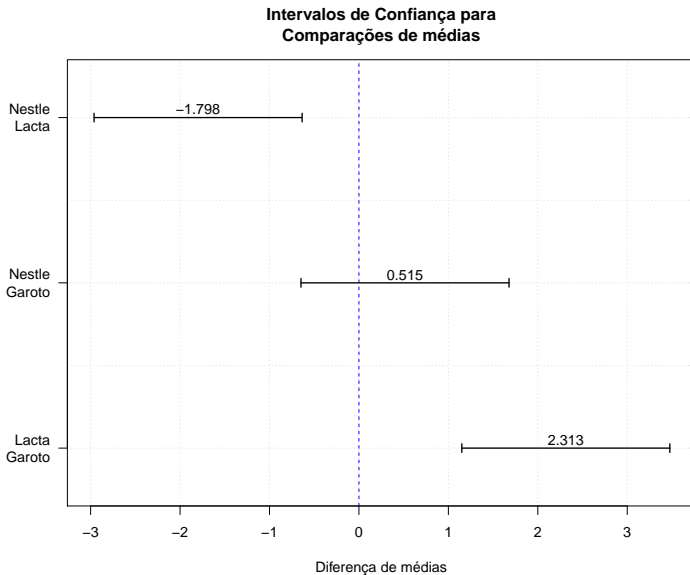
Comparações Múltiplas - Doçura



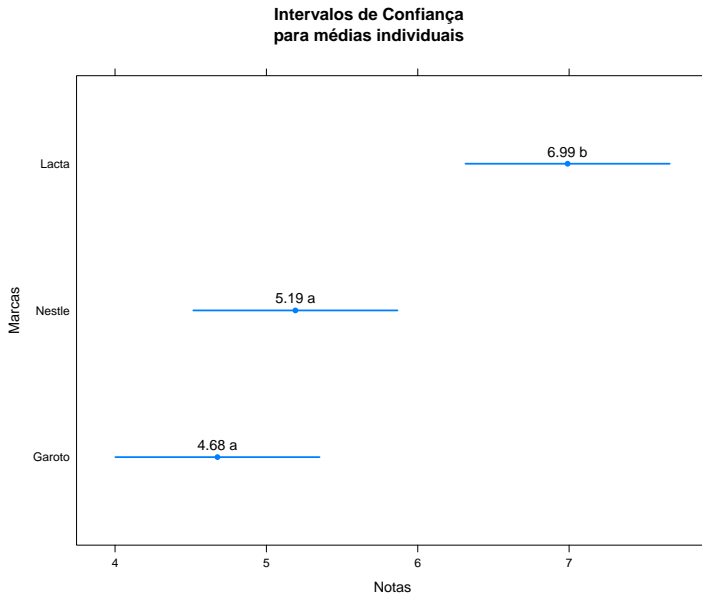
Comparações Múltiplas - Doçura



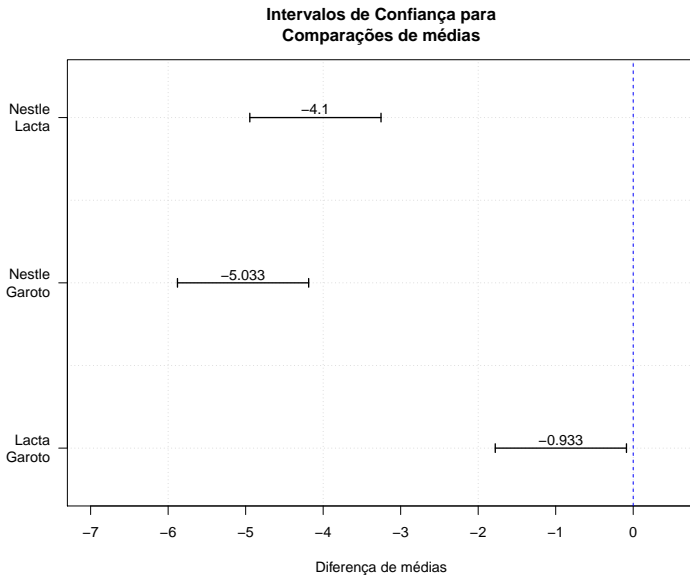
Comparações Múltiplas - Dureza



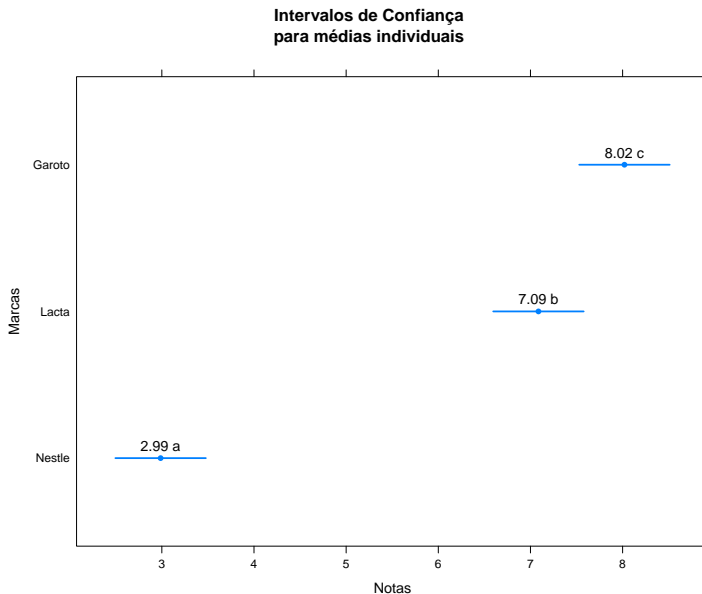
Comparações Múltiplas - Dureza



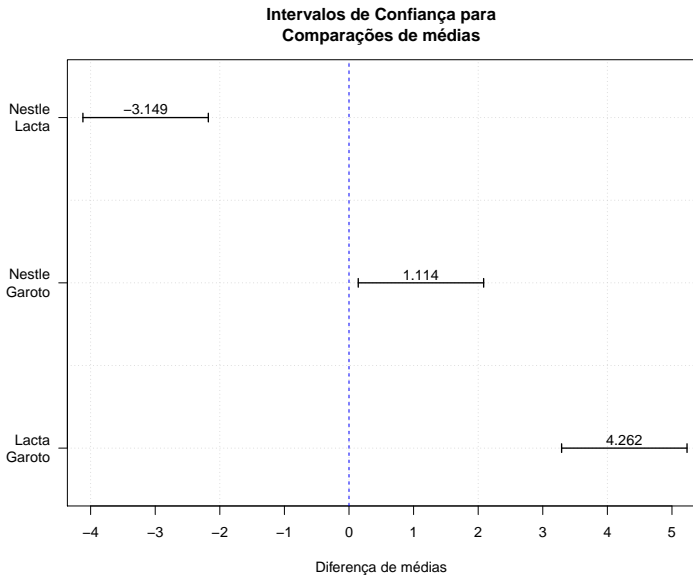
Comparações Múltiplas - Intensidade da Cor



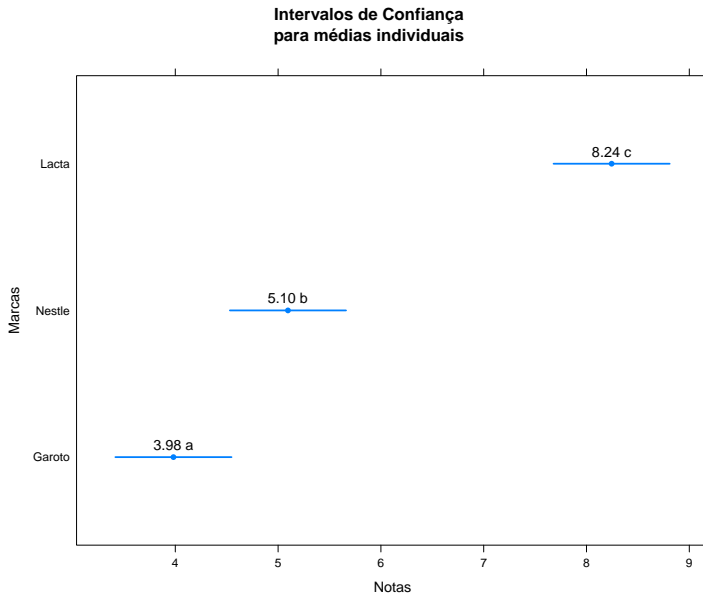
Comparações Múltiplas - Intensidade da Cor



Comparações Múltiplas - Ondulação



Comparações Múltiplas - Ondulação



1. Introdução

2. Etapas Iniciais

3. Análise Estatística

3.1 Importando dados

3.2 Anova por Atributo

3.3 Analisando os avaliadores

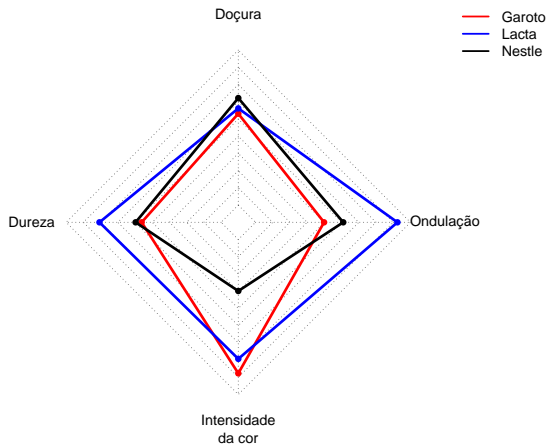
3.4 Comparações Múltiplas

3.5 Gráfico Radar

4. Conclusões

Gráfico Radar

Gráfico descritivo com o perfil dos tratamentos.



1. Introdução
2. Etapas Iniciais
3. Análise Estatística
 - 3.1 Importando dados
 - 3.2 Anova por Atributo
 - 3.3 Analisando os avaliadores
 - 3.4 Comparações Múltiplas
 - 3.5 Gráfico Radar
- 4. Conclusões**

Experimento em geral:

- ▶ Má definição dos atributos.
- ▶ Falta de treinamento dos avaliadores quanto a utilização da escala e realização do experimento.

Atributos:

- ▶ Derretimento:
 - ▶ Efeito de interação significativo.
 - ▶ Falta de consenso nas resposta.
- ▶ Doçura:
 - ▶ Avaliadores específicos com respostas divergentes dos demais. (Retirados da análise)
 - ▶ Tratamentos não diferiram significativamente.
- ▶ Dureza:
 - ▶ Avaliadores específicos com respostas divergentes dos demais. (Retirados da análise)
 - ▶ Lacta com notas superiores as de Garoto e Nestle. Nestle e Garoto notas não divergiram.
- ▶ Intensidade da cor:
 - ▶ Avaliadores específicos com respostas divergentes dos demais. (Retirados da análise)
 - ▶ Todas as marcas diferiram. $\text{Nestle}^* < \text{Lacta} < \text{Garoto}$
- ▶ Ondulação:
 - ▶ Padrão nas respostas dos avaliadores
 - ▶ Todas as marcas diferiram. $\text{Garoto} < \text{Nestle} < \text{Lacta}^*$