

5º Exercício Avaliativo

Planejamento de experimentos

Ariane Hayana Thomé de Farias
João Claudio da Silva Araujo Lobato

Entregue em: 26/11/2021

14.20) Um experimento é projetado para estudar a dispersão do pigmento na tinta. Quatro misturas diferentes de um pigmento específico são estudadas. O procedimento consiste em preparar uma determinada mistura e, em seguida, aplicá-la a um painel por meio de três métodos de aplicação (pincel, spray e rolo). A resposta medida é a refletância percentual do pigmento. São necessários três dias para realizar o experimento, e os dados obtidos seguem. Analise os dados e tire conclusões, assumindo que as combinações e os métodos de aplicação são fixos.

Dia	Aplicação Método	Misturas			
		1	2	3	4
1	1	64.5	66.3	74.1	66.5
	2	68.3	69.5	73.8	70.0
	3	70.3	73.1	78.0	72.3
2	1	65.2	65.0	73.8	64.8
	2	69.2	70.3	74.5	68.3
	3	71.2	72.8	79.1	71.5
3	1	66.2	66.5	72.3	67.7
	2	69.0	69.0	75.4	68.6
	3	70.8	74.2	80.1	72.4

- Estatística Descritiva

Para o entendimento das principais medidas descritivas do problema em estudo, faz-se uma breve análise descritiva dos dados:

Tabela descritiva por dia e método

Show 10 ▾ entries

Dia ▴▾	Método ▴▾	Média ▴▾	DP ▴▾	Variância ▴▾	Mínimo ▴▾	Máximo ▴▾	CV ▴▾
1	1	67.85	4.26	18.17	64.5	74.1	6.28
1	2	70.4	2.38	5.65	68.3	73.8	3.38
1	3	73.42	3.27	10.69	70.3	78	4.45
2	1	67.2	4.4	19.39	64.8	73.8	6.55
2	2	70.55	2.69	7.26	68.3	74.4	3.82
2	3	73.65	3.7	13.68	71.2	79.1	5.02
3	1	68.17	2.83	7.98	66.2	72.3	4.14
3	2	70.5	3.27	10.71	68.6	75.4	4.64
3	3	74.38	4.06	16.5	70.8	80.1	5.46

Showing 1 to 9 of 9 entries

Previous

1

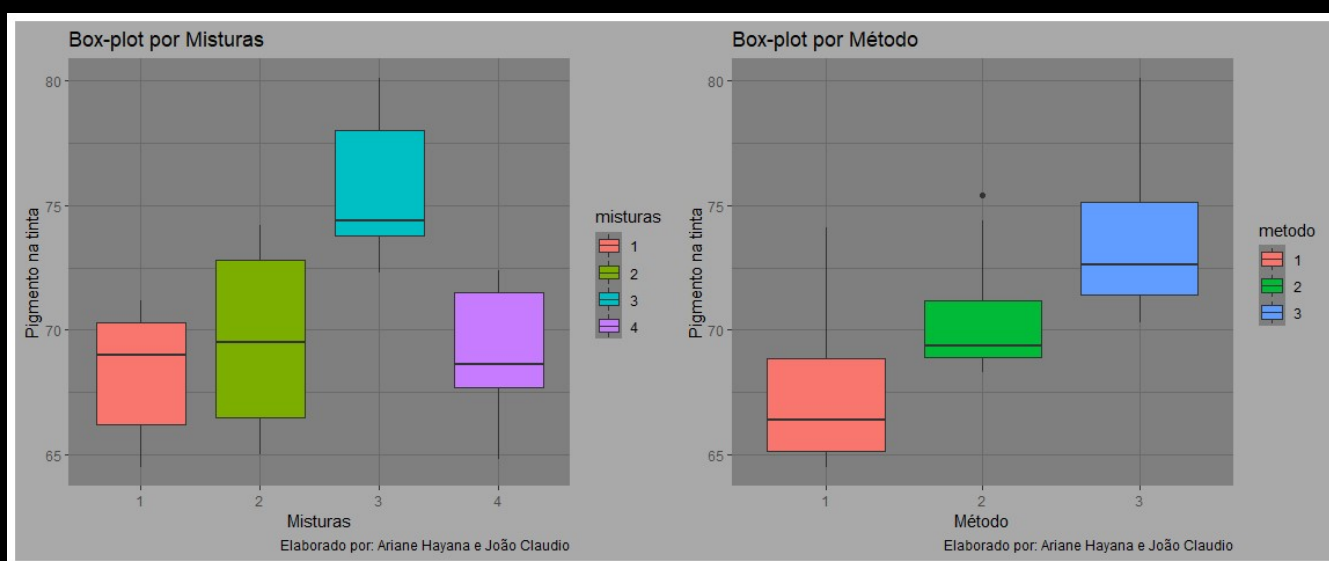
Next

Neste cenário, objetiva-se estudar a dispersão do pigmento na tinta. Para tanto, temos que considerar 4 misturas de um determinado pigmento o qual o procedimento consiste em preparar uma mistura a qual utilizando 3 métodos distintos e um período de 3 dias, pretende-se encontrar a refletância percentual do pigmento.

Com base nestas informações, é possível verificar que a média em cada dia e método varia entre 67,20 e 74,38. No que se refere ao desvio padrão, nota-se que o valor mais alto é encontrado no dia 2 e método 1, cujo resultado corresponde a 4,4 e variância de 19,39.

Por outro lado, temos na tabela acima o coeficiente de variação (CV), que é a razão entre o desvio padrão e a média amostral expresso em porcentagem. Assim, quanto menor for o coeficiente de variação, mais homogêneo será o grupo analisado, o que implica em uma menor dispersão em torno da média. Portanto, considerando as informações da tabela é possível observar que no **dia 1** e **método 2** é onde encontra-se o menor CV, que é classificado como **Baixo**, tendo em vista que seu CV é de 3,38%. Note que todos os dias e métodos em análise se enquadram na classificação de **Baixo** CV, com resultados menores que 10% e o valor mais alto corresponde ao CV do **dia 2** e **método 1**, com 6,55%.

Representação gráfica



A comparação gráfica entre os diagramas em caixa (*box-plot*) apresenta um resumo das principais medidas descritivas abordadas anteriormente. Pode-se notar, por exemplo, que no gráfico referente ao **método**, o **método 2** apresenta um ponto atípico. Quanto à posição, é possível visualizar os valores correspondentes às medianas através das linhas centrais de cada box-plot. Veja que nas **misturas 3 e 4**, a mediana está mais próxima do 1º quartil e o mesmo ocorre nos métodos, o que implica dizer que os dados são assimétricos positivos. Por outro lado, podemos verificar também que, no gráfico das misturas, a **mistura 2** é a que apresenta a maior variabilidade do que as demais e o mesmo ocorre com o **método 1**.

- Análise de variância (ANOVA)

O experimentador decide conduzir o experimento da seguinte maneira: pretende-se adotar diversos métodos para avaliar os resultados obtidos. Sob análise, os resultados obtidos em tal metodologia serão:

Anova Efeito Fixo com `aov`

Aqui iremos realizar os cálculos da tabela ANOVA utilizando a função `aov`. Para tanto, os cálculos foram elaborados utilizando o software `R`, obtendo-se os seguintes resultados:

```
##
## Error: dia
##      Df Sum Sq Mean Sq
## dia   2   2.084    1.042
##
## Error: dia:metodo
##              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## metodo         2 222.13   111.07   233.1 7.24e-05 ***
## Residuals      4    1.91     0.48
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Error: Within
##              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## misturas        3 306.48   102.16  137.977 1.45e-09 ***
## dia:misturas     6   4.46     0.74    1.005   0.465
## misturas:metodo  6  10.22     1.70    2.301   0.103
## Residuals       12   8.88     0.74
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Note que os fatores `mistura` e `método` são significativos em $\alpha = 0,05$.

Utilizando outra metodologia com seguinte algoritmo, temos:

```
misturas<-as.fixed(misturas)
metodo<-as.fixed(metodo)
dia<-as.random(dia)
mod <- aov(resp~dia*misturas+metodo*misturas + Error(dia/metodo))
summary(mod)
```

```
##
## Error: dia
##      Df Sum Sq Mean Sq
## dia  2  2.084   1.042
##
## Error: dia:metodo
##              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## metodo        2 222.13  111.07   233.1 7.24e-05 ***
## Residuals     4   1.91    0.48
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Error: Within
##              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## misturas       3 306.48  102.16 137.977 1.45e-09 ***
## dia:misturas   6   4.46    0.74   1.005   0.465
## misturas:metodo 6  10.22    1.70   2.301   0.103
## Residuals     12   8.88    0.74
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Observe que resultado fica semelhante ao anterior de quando é de efeito fixo:

```
## -----
## Legenda:
## FATOR 1 (parcela):  metodo
## FATOR 2 (subparcela):  misturas
## -----
##
## -----
## Quadro da analise de variancia
## -----
##              GL      SQ      QM      Fc Pr(>Fc)
## metodo        2 222.13 111.067 233.075 7.2e-05 ***
## Bloco         2   2.08   1.042   2.187 0.22822
## Erro a        4   1.91   0.477
## misturas       3 306.48 102.160 137.744 < 2e-16 ***
## metodo*misturas 6  10.22   1.704   2.297 0.08013 .
## Erro b       18  13.35   0.742
## Total        35 556.18
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
## -----
## CV 1 = 0.9766617 %
## CV 2 = 1.218441 %
```

```
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## -----
## metodo
## Teste de Tukey
## -----
## Grupos Tratamentos Medias
## a      3      73.81667
## b      2      70.48333
## c      1      67.74167
## -----
##
## misturas
## Teste de Tukey
## -----
## Grupos Tratamentos Medias
## a      3      75.66667
## b      2      69.63333
## bc     4      69.12222
## c      1      68.3
## -----
```

Agora, utilizando a função `agricolae`:

```
##
## ANALYSIS SPLIT PLOT:  resp
## Class level information
##
## metodo      :  1 2 3
## misturas    :  1 2 3 4
## dia        :  1 2 3
##
## Number of observations:  36
##
## Analysis of Variance Table
##
## Response: resp
##
##           Df  Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## dia         2    2.084   1.042      NaN      NaN
## metodo      2  222.134  111.067  233.076 7.238e-05 ***
## Ea          4    1.906    0.477      NaN      NaN
## misturas    3  306.481  102.160  137.744 1.330e-12 ***
## metodo:misturas 6   10.222    1.704    2.297  0.08013 .
## Eb         18   13.350    0.742      NaN      NaN
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
```

```
## cv(a) = 1 %, cv(b) = 1.2 %, Mean = 70.68056
```

Note que nos diversos métodos adotados pelo experimentador, a conclusão será a mesma, ou seja, os fatores **mistura** e **método** são significativos. E como podemos analisar segundo o teste de Tukey, temos a seguinte tabela de médias tanto para o **método** quanto para as **misturas**:

Método

Dia	Mistura	Média
1	3	73,81
2	2	70,48
3	1	67,74

Misturas

Dia	Mistura	Média
1	3	75,66
2	2	69,63
2-3	4	69,12
3	1	68,3

- Análise dos Resíduos

Nesta etapa, testaremos o pressuposto necessário para a validação da tabela da ANOVA que vimos acima através da função **shapiro.test()**, a qual verificamos a hipótese de normalidade dos resíduos. Caso o valor-p seja maior que 0,05, aceitaremos a hipótese nula de que os resíduos seguem uma distribuição normal. Assim, os resultados obtidos foram os seguintes:

```
##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data: resid(d2)
## W = 0.96084, p-value = 0.2282
```

Note que neste teste *aceitamos* H_0 , ou seja, os dados possuem distribuição

normal, sendo adequado para a resolução do problema apresentado.