

# Trabalho No.2

## CE311 - PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS

27 DE JUNHO DE 2024

Redigir de maneira individual e entregar na área correspondente no sistema **Microsoft Teams** um relatório eletrônico até o dia **15 de julho de 2024**.

1. Um experimento sobre a eficácia do solvente de verniz para unhas na remoção de verniz para unhas de tecidos foi conduzido por Pascale Quester em 1986. Duas marcas diferentes de solvente (fator A) e três marcas diferentes de verniz para unhas (fator B) foram investigadas. Uma gota de esmalte foi aplicada em um pedaço de pano (caído do aplicador 20 cm acima do pano).

Solvente	2	1	1	2	2	2	1	2
Verniz	3	3	3	3	2	2	2	2
Tempo	32.50	30.20	27.25	24.25	34.42	26.00	22.50	31.08
Solvente	1	2	1	1	2	1	2	2
Verniz	2	1	1	1	1	3	3	2
Tempo	25.17	29.17	27.58	28.75	31.75	29.75	30.75	29.17
Solvente	1	1	2	1	2	2	1	2
Verniz	2	1	2	2	1	3	3	1
Tempo	27.75	25.83	24.75	21.50	32.08	29.50	24.50	28.50
Solvente	2	1	1	2	1	1		
Verniz	3	3	1	1	1	2		
Tempo	28.75	22.75	29.25	31.25	22.08	25.00		

Tabela 1: Dados em minutos para o experimento com verniz para unhas

O pano foi imerso em uma tigela com solvente e o tempo medido (em minutos) até a completa dissolução do verniz. Foram seis combinações de tratamento 11, 12, 13, 21, 22, 23, onde o primeiro dígito representa a marca do solvente e o segundo dígito representa a marca do verniz utili-

zado no experimento. O delineamento foi inteiramente casualizado com  $r = 5$  observações em cada uma das seis combinações de tratamento.

Os dados estão listados na Tabela 1 na ordem em que foram coletados. O experimentador realizou um experimento piloto para estimar a variância do erro  $\sigma^2$  e verificar se o procedimento experimental foi satisfatório. O experimento piloto indicou que a interação entre o verniz e o solvente era insignificante. A semelhança da composição química dos vernizes e solventes, e a verificação do experimento piloto, sugerem que o modelo de efeitos principais

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ijk},$$

onde os  $\epsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$  são mutuamente independentes será um modelo satisfatório para o experimento principal.

- (a) Mostre os gráficos de interação para corroborar as informações da amostra piloto da falta de interação entre os efeitos principais e assim provar que o modelo de efeitos principais selecionado não seria uma representação gravemente incorreta dos dados.
  - (b) Verifique se o tempo médio de dissolução (em minutos) para as duas marcas de solvente e três marcas diferentes de verniz para unhas são significativamente diferentes.
  - (c) Estime a diferença nos tempos de dissolução dos dois solventes. Verifique se esta diferença poderia ter ocorrido por acaso.
2. Os dados fornecidos na Tabela 2 fazem parte de um experimento descrito por D. Wilkie na edição de 1962 da Applied Statistics (volume 11, páginas 184-195). O experimento foi projetado para examinar a posição da velocidade máxima do ar soprado no espaço entre uma haste áspera e um tubo liso que a rodeia.

Os fatores de tratamento foram a altura das nervuras na haste rugosa (fator A) em alturas igualmente espaçadas de 0.010, 0.015 e 0.020 polegadas (codificado 1, 2, 3) e o número de Reynolds (fator B) em seis níveis (codificado 1–6) igualmente espaçados logaritmicamente no intervalo 4.8–5.3.

O número de Reynolds é uma grandeza adimensional usada na mecânica dos fluidos para caracterizar o regime de escoamento de um fluido em

um determinado sistema. É muito utilizado para distinguir entre fluxo laminar e turbulento. Para o caso do fluxo de ar, o número de Reynolds é calculado com base na velocidade do ar, densidade do ar, viscosidade dinâmica do ar e em uma dimensão característica do sistema, como o diâmetro de um tubo ou a largura de uma placa.

Em termos simples, o número de Reynolds é alto em escoamentos rápidos ou em fluidos com baixa viscosidade, o que tende a produzir turbulência. Por outro lado, é baixo em escoamentos lentos ou fluidos com alta viscosidade, o que favorece o fluxo laminar.

As respostas foram medidas como  $y = (d - 1.4) \times 10^3$ , onde  $d$  é a distância em polegadas do centro da haste. Antes do experimento, os investigadores pensavam que os fatores interagiriam até certo ponto. Eles queriam usar o conjunto de contrastes de tendência polinomial ortogonal para a interação  $AB$  e estavam razoavelmente certos de que os contrastes  $A_Q B_{qr}$ ,  $A_L B_{qn}$ ,  $A_Q B_{qn}$  seriam insignificantes. Assim, a soma dos quadrados para estes três contrastes poderia ser usada para estimar  $\sigma^2$  com 3 graus de liberdade. Estamos usando “ $L, Q, C, qr, qn$ ” como notação abreviada para contrastes lineares, quadráticos, cúbicos, quárticos e quánticos, respectivamente.

Haste rugosa alturas	Número de Reynolds					
	1	2	3	4	5	6
1	-24	-23	1	8	29	23
2	33	38	45	57	74	80
3	37	79	79	95	101	111

Tabela 2: Dados para o experimento de velocidade do ar, com fatores altura das nervuras na haste rugosa (A) e número de Reynolds (B)

- (a) Encontre os coeficientes para os contrastes de tendências polinomiais ortogonais. Os investigadores estavam certos acerca dos contrastes  $A_Q B_{qr}$ ,  $A_L B_{qn}$ ?
  - (b) Quais efeitos os fatores considerados mostram na velocidade do ar? Apresente também os resultados graficamente.
3. **Tempo de reação** Este experimento foi realizado para comparar a velocidade de resposta de um sujeito humano a estímulos sonoros e visuais. Um computador pessoal foi usado para apresentar um “estímulo”

a um sujeito e o tempo que o sujeito levou para pressionar uma tecla em resposta foi monitorado. O sujeito foi avisado de que o estímulo viria por meio de uma pista auditiva ou visual.

Os dois fatores de tratamento foram “Estímulo de sugestão” em dois níveis, “auditivo” e “visual” e “Tempo de sugestão” em três níveis, 5, 10 e 15 segundos entre a sugestão e o estímulo. Três observações foram feitas em cada combinação dos tratamentos para um único sujeito.

Os tempos de reação são indiferentes segundo o tipo de sugestão e o tempo de sugestão?

```
A = rep(c("auditivo","visual"),each = 3)
B = rep(c(5,10,15),each = 6)
Reaction.time = c(0.204,0.170,0.181,0.257,0.279,0.269,
                 0.167,0.182,0.187,0.283,0.235,0.260,0.202,0.198,
                 0.236,0.256,0.281,0.258)
time.reaction = data.frame("Estímulo.de.sugestão" = A,
                          "Tempo.de.sugestão" = B,
                          "Tempo.de.reação" = Reaction.time)
tail(time.reaction)
```

#### 4. Experimento de sobrevivência (Box and Cox, 1964)

Os dados da Tabela 3 mostram os tempos de sobrevivência de animais aos quais foram administrados um veneno e um tratamento. Os dados foram apresentados por Box, G.E.P. e Cox, D.R. em um artigo no Journal of the Royal Statistical Society em 1964. Havia três venenos, fator A em três níveis, quatro tratamentos, fator B em quatro níveis e  $r = 4$  animais (unidades experimentais) designados aleatoriamente para cada combinação de tratamento.

- (a) Verifique as suposições de um modelo completo bidirecional para esses dados. Se as suposições forem satisfeitas, analise os dados e discuta suas conclusões.
- (b) Faça uma transformação adequada nos dados. Os valores dos dados transformados representam então “taxas de mortalidade”. Verifique as suposições do modelo novamente. Se as suposições forem satisfeitas, analise os dados e discuta suas conclusões.

- (c) Apresente um gráfico de interação para os dados originais e transformados. Discuta a interação entre os dois fatores em cada uma das escalas de medição.

Poisson	Tratamentos			
	1	2	3	4
I	0.31	0.82	0.43	0.43
	0.45	1.10	0.45	0.71
	0.46	0.88	0.63	0.66
	0.43	0.72	0.76	0.62
II	0.36	0.92	0.44	0.56
	0.29	0.61	0.35	1.02
	0.40	0.49	0.31	0.71
	0.23	1.24	0.40	0.38
III	0.22	0.30	0.23	0.30
	0.21	0.37	0.25	0.36
	0.18	0.38	0.24	0.31
	0.23	0.29	0.22	0.33

Tabela 3: Dados para o experimento de sobrevivência (unidades de 10 horas)