

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO - TIMON 2.5

Laboratório de Robótica e Sistemas Autônomos - RoSA

Autores:

Jéssica Lima Motta

Leonardo Mendes de Souza Lima

Miguel Felipe Nery Vieira

Vinícius José Gomes de Araujo Felismino

Salvador

Bahia, Brasil

Setembro de 2020

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
2	ESTUDO	5
3	EXPERIMENTOS	7
4	INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS	9
5	CONCLUSÃO	13
	REFERÊNCIAS	15

1 INTRODUÇÃO

Este documento tem como objetivo analisar um experimento estatístico sobre um modelo de helicóptero de papel. Durante o processo, foi medido o seu tempo de queda em duas alturas diferentes, 1,30 m e 2,10 m, além disto, para alterar o seu desempenho, pedaços de fita foram colados em seu corpo e hélices e um clipe foi adicionado em sua parte inferior a fim de verificar a influência da variação destes parâmetros no resultado final. Para variar o valor. O procedimento resultou em trinta e duas combinações distintas conforme vistas na tabela 1 .

Para realizar o estudo estatístico dos dados foi utilizada a ferramenta R, uma linguagem de programação voltada à manipulação, análise e visualização de dados.

Tabela 1: Dados do experimento.

Clipe	Altura	Ad_top	Ad_left	Ad_right	Score
+	-	-	-	-	1,57
-	-	-	-	-	1,27
+	+	-	-	-	1,70
-	+	-	-	-	1,10
+	+	+	-	-	1,75
-	+	+	-	-	1,30
+	-	+	-	-	1,82
-	-	+	-	-	1,31
+	+	+	-	+	1,68
-	+	+	-	+	1,35
+	-	+	-	+	2,04
-	-	+	-	+	1,42
+	-	+	+	+	1,86
-	-	+	+	+	1,32
+	+	+	+	+	1,63
-	+	+	+	+	1,17
+	-	-	+	+	1,58
-	-	-	+	+	1,44
+	+	-	+	+	1,73
-	+	-	+	+	1,25
+	+	-	-	+	1,55
-	+	-	-	+	1,23
+	-	-	-	+	1,91
-	-	-	-	+	1,50
+	-	-	+	-	1,92
-	-	-	+	-	1,36
+	+	-	+	-	1,71
-	+	-	+	-	1,52
+	+	+	+	-	1,74
-	+	+	+	-	1,32
+	-	+	+	-	1,83
-	-	+	+	-	1,40

2 ESTUDO

3 EXPERIMENTOS

4 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

O modelo de regressão linear encontrado, considerando a interação entre dois elementos, é disposto a seguir.

```
##
## Call:
## lm(formula = tempo ~ (altura + clipe + ad_top + ad_esquerda +
##      ad_direita) + altura * clipe + altura * ad_top + altura *
##      ad_esquerda + altura * ad_direita + clipe * ad_top + clipe *
##      ad_esquerda + clipe * ad_direita + ad_top * ad_esquerda +
##      ad_top * ad_direita + ad_esquerda * ad_direita,
##      data = helicoptero)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.180625 -0.055312 -0.009375  0.059687  0.120625
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)      1.24188    0.07069   17.569 6.99e-12 ***
## altura+          0.42125    0.07903    5.330 6.77e-05 ***
## clipe+         -0.04125    0.07903   -0.522  0.60885
## ad_top+          0.07875    0.07903    0.996  0.33386
## ad_esquerda+     0.17625    0.07903    2.230  0.04040 *
## ad_direita+      0.19125    0.07903    2.420  0.02779 *
## altura+:clipe+   -0.03250    0.07069   -0.460  0.65186
## altura+:ad_top+  0.09500    0.07069    1.344  0.19771
## altura+:ad_esquerda+ -0.04000    0.07069   -0.566  0.57932
## altura+:ad_direita+ -0.02000    0.07069   -0.283  0.78085
## clipe+:ad_top+   -0.03750    0.07069   -0.531  0.60304
## clipe+:ad_esquerda+  0.06750    0.07069    0.955  0.35382
## clipe+:ad_direita+ -0.14250    0.07069   -2.016  0.06092 .
## ad_top+:ad_esquerda+ -0.13500    0.07069   -1.910  0.07425 .
## ad_top+:ad_direita+ -0.00500    0.07069   -0.071  0.94448
## ad_esquerda+:ad_direita+ -0.21000    0.07069   -2.971  0.00901 **
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
##
## Residual standard error: 0.09996 on 16 degrees of freedom
## Multiple R-squared: 0.9161, Adjusted R-squared: 0.8375
## F-statistic: 11.65 on 15 and 16 DF, p-value: 6.57e-06
```

Pode-se observar que, para o nosso modelo, as variáveis que possuem relevância estatística, ou seja $Pr < 0.05$ são: altura ($Pr = 6.77e-05$), ad_esquerda ($Pr = 0.4040$), ad_direita ($Pr = 0.02779$) e ad_esquerda:ad_direita ($Pr = 0.00901$).

Considerando as variáveis que possuem relevância estatística, a equação linear que representa o modelo é descrita da seguinte forma:

$$tempo = média(tempo) + \frac{coef(altura)}{2} altura + \frac{coef(ad_esquerda)}{2} ad_esquerda + \frac{coef(ad_direita)}{2} ad_direita + \frac{coef(ad_esquerda : ad_direita)}{2} ad_esquerda : ad_direita$$

Desta forma, fazendo as devidas substituições, temos que:

$$tempo = 1.54 + \frac{0.42125}{2} altura + \frac{0.17625}{2} ad_esquerda + \frac{0.19125}{2} ad_direita + \frac{(-0.21)}{2} ad_esquerda : ad_direita, \text{ logo:}$$

$$tempo = 1.54 + 0.210625 altura + 0.088125 ad_esquerda + 0.095625 ad_direita - 0.105 ad_esquerda : ad_direita \quad (4.1)$$

É fácil de verificar na equação 4.1 que as variáveis *altura*, *ad_direita* e *ad_esquerda* influenciam positivamente no tempo de queda (possuem coeficientes positivos) enquanto a interação entre as variáveis *ad_esquerda:ad_direita* influencia negativamente (possui coeficiente negativo). Desta forma, considerando que nossas variáveis de entrada assumam apenas valores de -1 ou 1, para encontrar o maior valor de tempo de voo devemos atribuir valor positivo às variáveis *altura*, *ad_direita* e valor negativo à interação *ad_esquerda:ad_direita*, o que resulta em:

$$tempo_max = 1.54 + 0.2106 * (1) + 0.0881 * (1) + 0.0931 * (1) - 0.105 * (-1) = 2.04seg$$

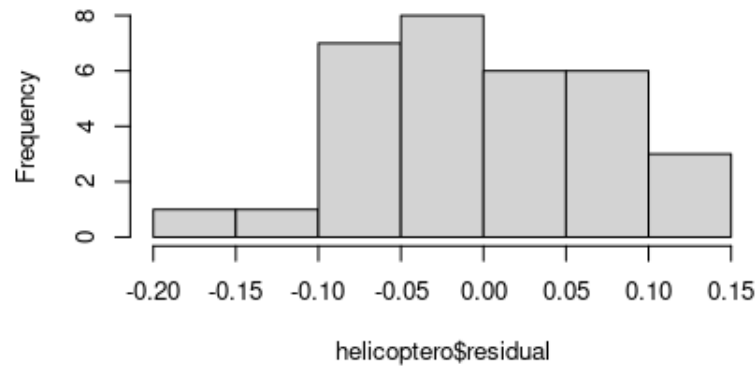
De forma análoga, para encontrar o menor valor de tempo de voo devemos atribuir valor negativo às variáveis *altura*, *ad_direita* e *ad_esquerda* e valor positivo à interação *ad_esquerda:ad_direita*, resultando em :

$$tempo_min = 1.54 + 0.2106 * (-1) + 0.0881 * (-1) + 0.0931 * (-1) - 0.105 * (1) = 1.15seg$$

Para garantir a veracidade do modelo de regressão linear encontrado deve-se então realizar a análise dos seus resíduos, os quais espera-se possuírem distribuição normal e

aleatoriedade em torno da regressão obtida. A Figura 1 exibe o histograma dos resíduos calculados e pode-se observar a distribuição normal dos valores, conforme o esperado.

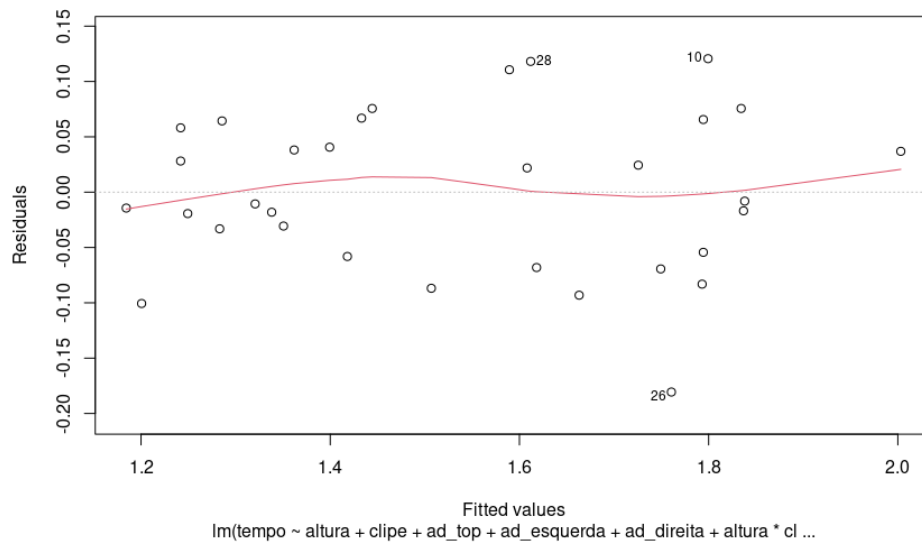
Figura 1: Histograma dos resíduos



Fonte: Autoria própria.

Ao usar a função **plot()** para o nosso modelo, o primeiro gráfico gerado é o *Residuals vs Fitted*, exibido na Figura 2, que dá uma indicação se há padrões não-lineares nos resíduos. Pode-se verificar na figura que o nosso modelo exibe uma regressão linear através de um certo número dos pontos.

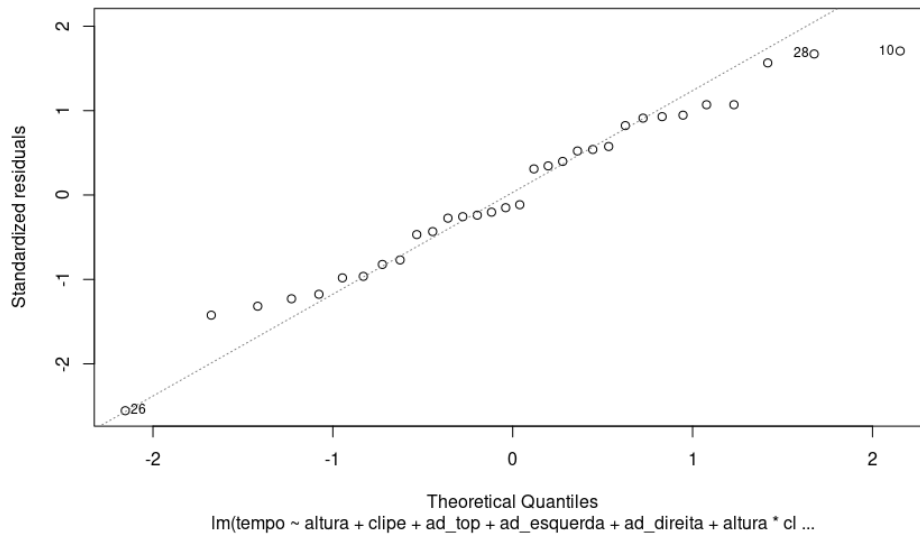
Figura 2: *Residuals vs Fitted*



Fonte: Autoria própria.

Uma outra forma de verificar a distribuição normal dos resíduos é através da Normal Q-Q. Podemos visualizar na Figura 3 a Normal Q-Q para o nosso modelo, na qual os resíduos seguem próximos à linha reta em diagonal, sendo uma boa indicação de quem encontram-se normalmente distribuídos.

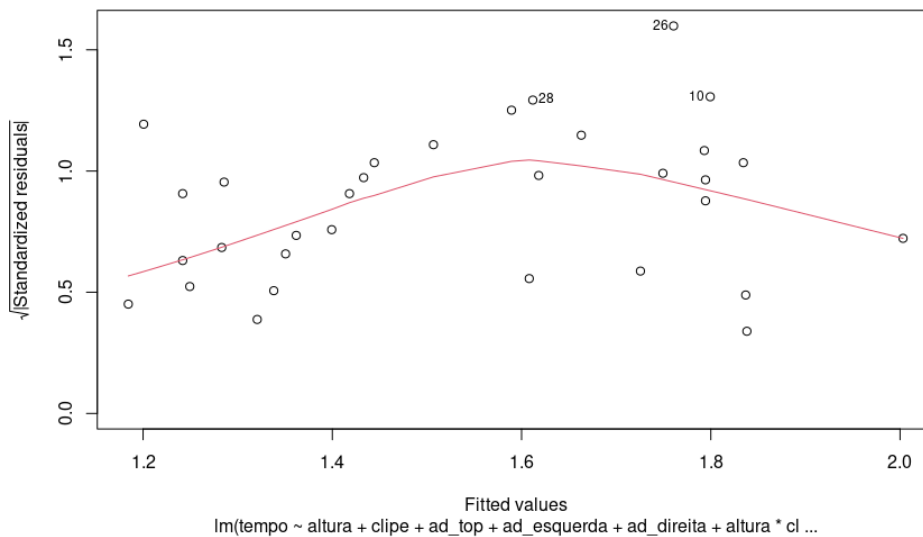
Figura 3: Normal Q-Q



Fonte: Autoria própria.

É necessário verificar também se os resíduos possuem homocedasticidade, ou seja, se possuem variância comum ao longo da regressão. Pode-se observar no gráfico exibido na Figura 4 que os resíduos apresentam-se aleatoriamente pela linha, sem concentrar-se nem ao topo nem abaixo da mesma, comportamento que se assemelha ao esperado.

Figura 4: *Scale-Location*



Fonte: Autoria própria.

A partir da análise realizada dos resíduos é possível então concluir que o modelo de regressão linear encontrado na equação 4.1 é válido para o helicóptero utilizado.

5 CONCLUSÃO

REFERÊNCIAS