



Ajuste polinomial na intensidade ultrassônica em metais

Beatriz Regina Brum¹, Felipe Emanuel Barletta Mendes², Aline Edlaine de Medeiros³ e Terezinha Aparecida Guedes⁴

¹Programa de Pós Graduação Bioestatística UEM

²Programa de Pós Graduação Bioestatística UEM

³Programa de Pós Graduação Bioestatística UEM

⁴Departamento de Estatística da UEM

RESUMO

Neste trabalho buscou-se ajustar um modelo de regressão polinomial a dados referentes a calibragem de equipamentos capazes de mensurar ondas ultrassônicas. As utilizações dessas vibrações podem ser vistas em várias aplicações, entre elas na detecção de fissuras em metais e na avaliação de estruturas de concreto. A análise (dos mesmos) foi realizada pelo software R e o conjunto de dados encontra-se disponível no próprio programa através do comando "(NISTnls)". Com o ajuste procurou-se verificar se a intensidade ultrassônica e as distâncias dos metais podem ser modelados por meio de uma regressão polinomial.

Os resultados verificados na análise de regressão mostraram que os comportamentos da intensidade ultrassônica em função das distâncias dos metais apresentam uma forte tendência a um modelo quadrático. No diagnóstico verificou-se a normalidade dos resíduos, bem como erro padrão baixo para os coeficientes estimados e coeficiente de determinação alto caracterizando assim um bom ajuste do modelo.

Palavras chave: intensidade ultrassônica, regressão polinomial, ajuste e análise de resíduos.

1 INTRODUÇÃO

Os modelos de regressão polinomiais têm um papel importante na descrição do comportamento de uma variável aleatória y como função de uma variável explicativa

x. Esses modelos buscam encontrar um padrão dentre a variabilidade observada da variável y .

Esse estudo se propôs a ajustar um modelo de regressão polinomial à intensidade ultrassônica que varia de acordo com as diferentes distâncias apresentadas pelos metais. As ondas ultrassônicas têm sido amplamente estudadas pela física e engenharia. No passado ensaios eram realizados nas ferrovias e portos com intuito de detectar possíveis trincas nos trilhos dos trens ou em cascos de navios. Embora esse processo fosse feito com o auxílio de martelos, o som produzido pelo bater do martelo acusava possíveis falhas ou rachaduras grosseiras sinalizando assim a ocorrência de possíveis acidentes.

2 Metodologia

Os modelos de Regressão Polinomial têm forma infinita, o mais comum pode ser escrito por:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \cdots + \beta_m x_1^m + \varepsilon \quad (1)$$

Esse tipo de modelo apresenta apenas uma variável preditora que pode ter vários graus. Como a quantidade de variáveis preditoras variam de problema a problema torna-se evidente que a expressão se altere. Os modelos de regressão polinomial podem ser vistos sob diferentes aspectos, por exemplo, podemos considerar os possíveis Modelos de Regressão com duas variáveis independentes.

- Modelo de primeira ordem.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon \quad (2)$$

- Modelo de segunda ordem sem interação.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_1^2 + \beta_4 x_2^2 + \varepsilon \quad (3)$$

- Modelo com previsor de primeira ordem e interação.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_1 x_2 + \varepsilon \quad (4)$$

- Modelo de Regressão Quadrática completo de duas variáveis preditoras.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_1^2 + \beta_4 x_2^2 + \beta_5 x_1 x_2 + \varepsilon \quad (5)$$

Esse estudo abordou um modelo com previsor quadrático na regressão, o qual apresentando uma relação curvilínea entre as variáveis preditoras, a variável y cresce (ou decresce) a uma taxa variável para os diversos valores de x_i .

Onde β_0 representa o intercepto de Y não tendo interpretação prática, β_1 é interpretado como a mudança esperada em Y com o aumento de uma unidade em x_1 enquanto os demais x_k se mantêm fixos, procedendo da mesma forma para a interpretação dos demais coeficientes.

Modelos com previsores para variáveis categóricas também podem ser ajustados por um modelo polinomial. Quando conveniente, variáveis quantitativas podem ser atribuídas a elas assim como valores categóricos ou qualitativos.

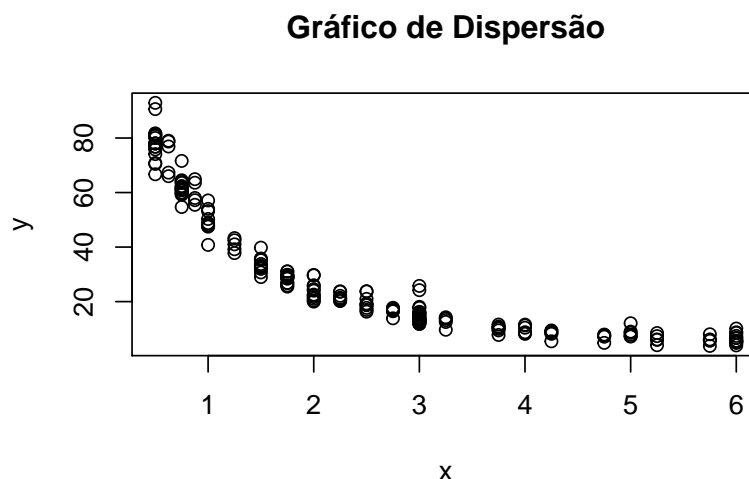
A padronização das variáveis também é empregada quando os valores da variável explicativa são demasiadamente grandes. Esse tipo de codificação expressa as variáveis preditoras em unidades de desvios padrão, os quais apresentam-se acima ou a baixo da média. A codificação aumenta a precisão numérica da estimativa.

Os dados analisados por este estudo foram extraídos do "Original from National Institutes for Standards", a variável resposta (y) representa o nível de intensidade sonora medida por W/cm^2 ou ultrassônica e a preditora (x) representa a distância do metal. A amostra era composta por 214 tamanhos de metal onde 21 observações foram extraídas para o ajuste do modelo.

O software "R" foi utilizado para a análise dos dados, sendo este livre e podendo ser obtido pelo endereço, www.r-project.org. Os dados foram importados para o R através do pacote "(NISTnls)", onde inicialmente foi efetuado uma análise descritiva dos dados para verificar o comportamento do nível de intensidade sonora que os diferentes tamanhos de metal produziram. Para o ajuste do modelo no R foi utilizado o pacote "MASS" com a função "lm" que ajusta e estima os parâmetros do modelo quadrático. Na análise dos resíduos verificou-se a presença de "outliers" sendo estes retirados da amostra. Após a retirada dos valores atípicos uma nova regressão foi ajustada no intuito de estimar os parâmetros da regressão seguindo para mais uma análise de diagnóstico ajuste, na qual foi verificado a normalidade dos resíduos.

3 Resultados e Conclusão

Através da análise gráfica observou-se que os dados tinham comportamento quadrático.



O ajuste aos dados gerou uma regressão polinomial quadrática expressa por:

$$\hat{Y} = 90,1930 - 41,0016x_1 + 4,9365x_1^2 \quad (6)$$

Não foi verificada multicolinearidade. Na análise de diagnóstico o histograma de resíduos mostrou que os mesmos se encontravam concentrados ao redor de zero. O boxplot apresenta apenas um "outliers". O gráfico de normalidade mostrou o quanto os resíduos estão próximos da reta teórica e o teste de Shapiro Wilk apresentou normalidade nos resíduos.

O coeficiente de determinação obtido foi de 0,954 e o ajustado, 0,953. O erro padrão dos resíduos resultou em 4,95. Portanto o ajuste polinomial tem alta capacidade de predição, podendo assim ser utilizado para prever a intensidade ultrassônica para distintas distâncias de metal que pode ser utilizada como auxílio na calibragem de equipamentos próprios para medições ultrassônicas.

Referências

- [1] ANDREUCCI, R. Ensaio por ultra-som. *São Paulo: Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivo* (2003).
- [2] DEVORE, J. L. *Probability and Statistics for Engineering and the Sciences*. Cengage Learning, 2015.
- [3] MONTGOMERY, D. C. R., AND GEORGE, C. Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. 4. *São Paulo: LTC* (2009).
- [4] ORIGINAL FROM NATIONAL INSTITUTES FOR STANDARDS, AND TECHNOLOGY. *NISTnls: Nonlinear least squares examples from NIST*.