

Estudo de Caso 03: Comparison of Rising Drilling Configurations

Equipe 04

24 de Junho de 2017

Coordenador: Bernardo Marques

Relator: Danny Tonidandel

Verificador: Gustavo Vieira

Monitor: Alessandro Cardoso

1. Descrição do Problema

O objetivo do problema é realizar uma comparação entre quatro tipos de tubos de perfuração *drilling risers*, que consiste em uma espécie de conduíte ou tubo utilizado para servir como passagem temporária para o petróleo extraído em plataformas oceânicas. Mais especificamente, pretende-se comparar o tempo médio até a falha (*mean time to failure* ou *MTTF*) de quatro configurações diferentes (níveis *A*, *B*, *C*, *D*) de equipamentos, de forma a escolher a que forneça a menor probabilidade de falha, considerando-se um período de 20 anos. Para isto serão comparadas a configuração padrão (*Riser 1*) com as outras três, buscando encontrar qual delas proverá o maior *MTTF*. Ou seja, a questão a se responder é:

Algum dos risers alternativos é melhor que o padrão?

A plataforma de testes escolhida pela equipe de engenharia consiste na utilização de um modelo em escala para os *risers* com um protocolo de tempo acelerado, em que há uma relação direta entre o tempo medido de cada observação (em minutos) e a configuração do sistema real. Todavia, o custo de cada observação é significativamente custoso, sendo cerca de *US\$10000* (dez mil dólares). Afim de minimizar os custos com amostras coletadas é possível utilizar os dados históricos existentes para a primeira configuração (*Riser1*).

Os parâmetros experimentais desejados são:

- Nível de significância: $\alpha = 0.05$;
- Tamanho de efeito de interesse prático: $d_t^* = 0.25$;
- Potência desejada: $(1 - \beta) = \pi \geq 0.85$.

2. Planejamento Experimental

Esta etapa do presente estudo de caso consiste em investigar o comportamento dos níveis de fator a partir de uma análise exploratória, e posteriormente, aplicar um teste de comparações múltiplas para as médias. A variância do processo é desconhecida e será estimada utilizando-se os dados históricos de operação fornecidos em <https://git.io/vHDG3>. A variância será considerada como sendo uniforme para todas as configurações neste estudo.

Os dados experimentais utilizados foram obtidos através de simulação, por meio de um [aplicativo web] <http://orcslab.cpdee.ufmg.br:3838/riserdata/>. A data de nascimento do segundo membro mais jovem da equipe (15/10/1992) foi o parâmetro utilizado como semente para o gerador de números da simulação. Os dados gerados informam uma tabela com os níveis de cada fator de interesse em uma coluna e os tempos (tomados em escala logarítmica) em coluna respectiva.

2.1 Análise de Variância

Para avaliar o questionamento acima, será utilizada a ferramenta estatística para análise de variância denominada ANOVA.

A técnica ANOVA compara médias de diferentes amostras para verificar se estas possuem médias iguais ou não. Assim, essa técnica permite que vários grupos sejam comparados [1], [2].

Em outras palavras, a análise de variância é utilizada quando se quer decidir se os níveis apresentam médias diferentes em relação à uma média global μ . As diferenças entre as médias dos níveis e a média global é $\tau_i \forall i$. Desta forma a ANOVA se baseia no teste de hipóteses abaixo, onde quando refutado a hipótese nula, evidencia-se indícios de diferenças entre os níveis.

Esta técnica é restrita apenas à indicação da existência ou não de diferenças entre os níveis avaliados sem indicar quais níveis seriam diferentes.

$$\begin{cases} H_0 : \tau_i = 0, & \forall i \\ H_1 : \exists \tau_i \neq 0 \end{cases}$$

Esta etapa foi considerada como uma primeira verificação ao questionamento deste estudo por apresentar um custo de coleta de amostras menor do que o teste de comparações múltiplas discutido abaixo. Portanto, caso não seja detectada alguma diferença entre os níveis o estudo será concluído por meio do teste ANOVA.

2.2 Comparações Múltiplas

Caso a análise ANOVA identifique a existência de diferenças entre os níveis, deve-se proceder com testes de comparação múltipla, no intuito de identificar qual ou quais níveis apresentam tal diferença.

Desta forma, somente, caso a análise de variância indique a existência de diferenças entre os níveis, será aplicado o teste de comparações múltiplas um-contratodos (*one-vs-all*) de *Dunnett*, onde os *Risers* propostos serão confrontados com a configuração padrão *Riser1* para verificar se alguma proposta traria ganho de *MTTF* frente à configuração já estabelecida.

Para que se proceda com o teste de comparações múltiplas, deve-se manter o controle sobre os erros do tipo-I em cada comparação. É preciso corrigir os valores de α para cada teste. A escolha para este caso é o método de correção de Bonferroni:

$$\alpha_{adj} = \frac{\alpha_{família}}{K},$$

no qual $K = 3$ é o número de comparações a serem feitas que no caso do teste um-contratodos de *Dunnett* é conforme abaixo:

$$K = a - 1,$$

onde a é o número de níveis que neste do estudo é 4 e o $\alpha_{família} = 0.05$.

2.3 Definição do Tamanho Amostral

Para calcular o tamanho amostral neste caso, utilizaremos, portanto, as mesmas relações utilizadas na comparação de duas amostras independentes emparelhadas “todos contra um”, alterando-se apenas os valores de α para os valores corrigidos α_{adj} para as múltiplas hipóteses e $a - 1$ comparações:

$$n_i = \left(1 + \frac{1}{K}\right) \left(\frac{\hat{\sigma}}{\delta^*}\right)^2 (t_{\alpha_{adj}} + t_{\beta})^2,$$

com $n_0 = n_i \sqrt{K}$,

em que $t_{\alpha_{adj}}$ e t_{β} são dependentes de n . Para solucionar esse problema, eles foram substituídos por $z_{\alpha_{adj}}$ e z_{β} e a equação foi testada iterativamente até convergência (implementação em anexo no arquivo *calcN.R*). Dessa forma, foi encontrado o valor $n_1 = 60$.

```
## Parsed with column specification:
## cols(
##   Riser = col_character(),
##   LogTTF = col_double()
## )
```

Já temos então, neste ponto, subsídios para o cálculo do tamanho amostral do ANOVA: (Discutir essa ideia ainda...)

$$\tau = \left(-\frac{(a-1)\delta^*}{a}, \frac{\delta^*}{a}, \frac{\delta^*}{a}, \frac{\delta^*}{a} \right)$$

Número necessário pra anova: $60 \cdot 3 + 50$

Número necessário pra análises subsequentes: $58 \cdot 3 + (101 - 10)$

Mais barato fazer ANOVA antes e pegar mais amostras do grupo 1 apenas se necessário. N das comparações multiplas não é tão grande por ser unilateral.

CUSTO TOTAL!

2.4 Tratamento e Validação dos Dados

Considerando o experimento realizado, foi criada uma rotina para validação dos dados obtidos e identificação de erros. bla bla

1. $\text{LogTTF} > 0$

Caso os valores de uma execução não atendam essas condições, ela seria descartada. No entanto, nenhuma das amostras apresenta problema.

3. Análise Estatística

3.1 Análise de Variância

```
## Parsed with column specification:
## cols(
##   Riser = col_character(),
##   LogTTF = col_double()
## )
```

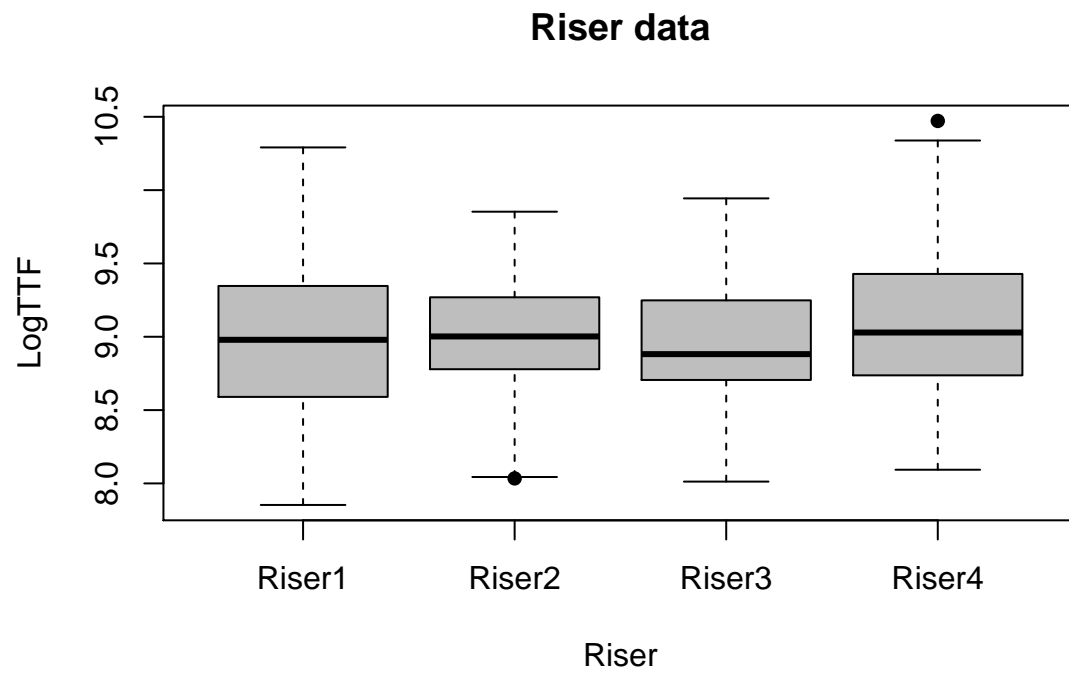
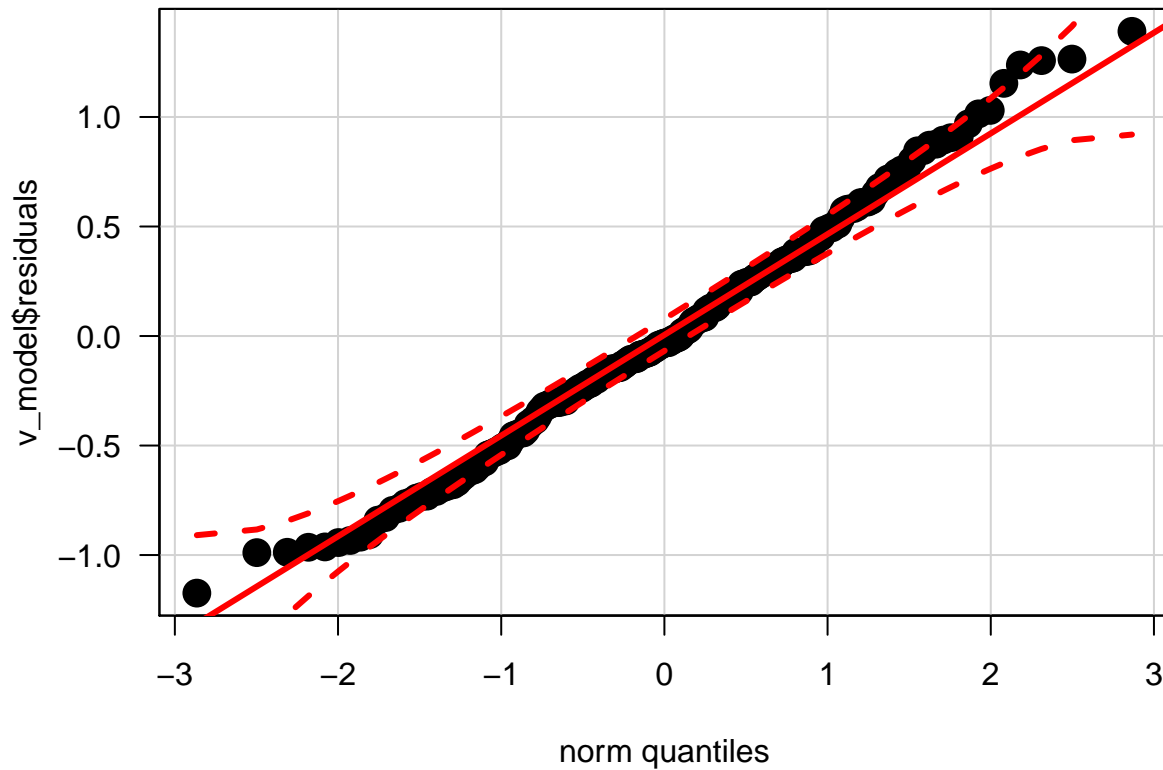


Gráfico não indica visualmente diferença significativa. P valor grande -> não rejeita hipótese de que não há diferença

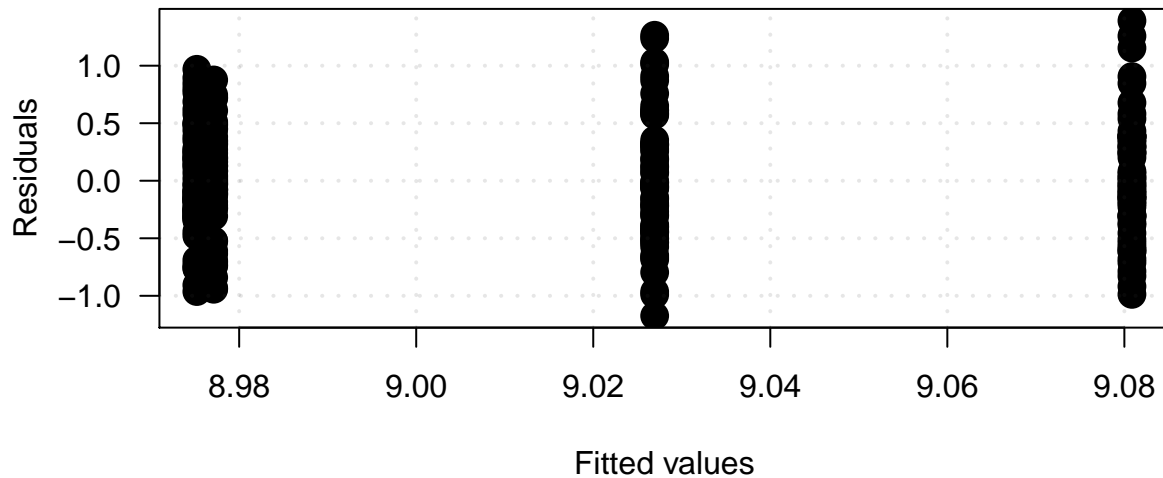
Não é necessário fazer comparação múltipla.

3.2 Validação das Premissas

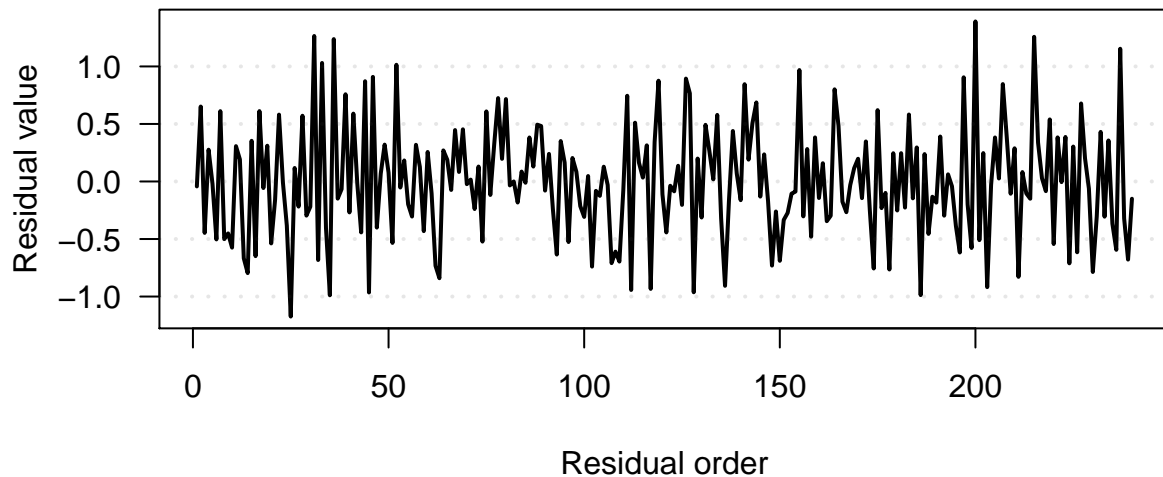
Normalidade



p valor rejeita normalidade No entanto, qq plot mostra que as violações de normalidade são muito pequenas. Anova é robusto a pequenas variações, então tudo ok. =)

Homocedasticidade

Comentar plot e p valor. Variância praticamente a mesma

Independência

O plot dos valores ordenados de diferenças de tempo entre os algoritmos não apresenta nenhum indício de dependência temporal dos valores. O teste de autocorrelação serial Durbin-Watson apresenta $p = 0$, o que reforça a hipótese de que não há autocorrelação serial entre as amostras.

4. Discussão e Conclusões

Os testes realizados levam às seguintes conclusões:

Variância entre grupos é explicada pela variância intra grupo. Não há indício de diferença significativa entre eles.

Recomenda-se manter riser 1. Custo do experimento é significativo, mas previniu um custo potencialmente maior de trocar o Riser.

Referências

- [1] F. Campelo, “Lecture notes on design and analysis of experiments.” <https://github.com/fcampelo/Design-and-Analysis-of-Experiments>, 2015.
- [2] D. C. Montgomery and G. C. Runger, *Applied statistics and probability for engineers*, vol. 5. John Wiley; Sons, 2011.