

# ANOVA das distâncias para estudos de R&R em sistemas de medição caracterizados por perfis

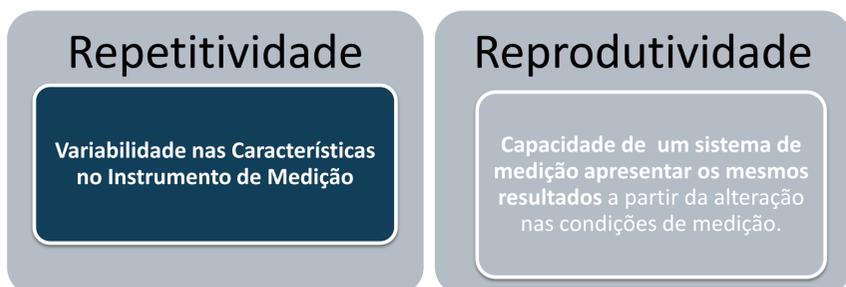
## Objetivo

- Adaptar a ANOVA (Análise de Variância) para avaliar sistemas de medição em que variáveis funcionais são mensuradas.
- Objetivo é solucionar problemas causados pelo uso equivocado de métodos para variáveis simples em estudos de Repetitividade e Reprodutividade (R&R).

## Método de Análise Utilizado

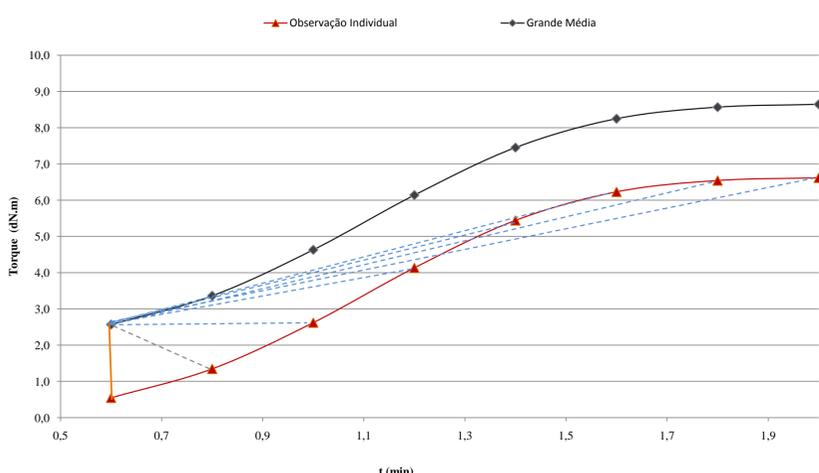
- Na Análise de Dados Funcionais (ADF) observações são descritas por conjuntos de valores e não por valores individuais (únicos).
- Observações são curvas onde medições de interesse são usualmente indexadas no tempo.
- Para avaliar o desempenho e a capacidade de um sistema de medição, o estudo de R&R é usado na análise dos dados do sistema.
- Análise permite decompor a variabilidade do SM e avaliar a interação entre seus componentes.
- Método de análise de dados mais usado em estudos de R&R é a ANOVA.
- No caso de dados funcionais, método mais apropriado é a ANOVA das Distâncias, proposta neste trabalho.

## Componentes de um estudo de R & R



## Método ANOVA das Distâncias

- Método ANOVA das distâncias se baseia no cálculo da Distância de Hausdorff entre as curvas observadas e as curvas médias esperadas.
- Curva média é definida pelo conjunto das médias dos pontos das curvas observadas.
- Variável de resposta é dada por uma curva; assim, cálculos da ANOVA devem ser determinados por meio de uma medida de proximidade entre as curvas.
- Quanto menor a distância, maior a semelhança entre os dois conjuntos.
- Existem três abordagens possíveis: Abordagem das Medianas, Abordagem da Média e Abordagem da Diagonal
- Três abordagens utilizam valores de distância de Hausdorff calculadas entre curvas.
- Determinação das distâncias de Hausdorff:



## Caso Aplicado na Indústria

Fabricante de pneus

Qualidade é medida pela viscosidade da borracha

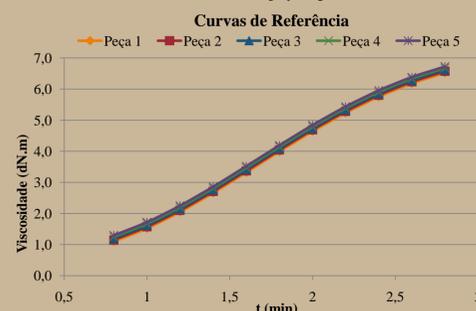
Uma das características é dada pelo torque suportado em diferentes instantes de tempo

Torque é descrito pela Distribuição de Weibull:

$$X = \beta_0 - \beta_1 e^{-\beta_2 t^{\beta_3}}$$

onde:  $X$  é o torque,  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  e  $\beta_3$  são coeficientes experimentais e  $t$  é o tempo.

O objetivo da simulação foi gerar curvas correspondentes às  $k$  medições dos  $i$  avaliadores efetuadas sobre as  $j$  peças de referência.



## Sistema de Medição Reprovado

O estudo simulado de R&R envolve a avaliação de um SM com 2 avaliadores e 5 peças. Cada avaliador efetua 5 repetições da medida, cuja variável de resposta é funcional. A variável de resposta é formada por curvas compostas de 11 pontos.

A tabela fornece a informação de uma reprovação do sistema de medição, pois evidencia a variação de peças e de avaliadores ( $F_{cal} > F_{tab}$  indica fonte de variação significativa).

Fonte de Variação	SQ	GDL	MQ	FCAL	FTAB
Avaliador	0,0212	1	0,0212	60,20	4,062
Peça	0,1998	4	0,0500	141,7	2,584
Resíduos	0,0155	44	0,0004		
Total	0,23150	49			

Tabela ANOVA de dois fatores usando a mediana das distâncias

## Conclusão

O Método da ANOVA das Distâncias é uma adaptação de R&R para o tratamento para a análise de dados funcionais. Este método soluciona os problemas causados pelo uso equivocado de métodos de variáveis simples em estudos de R&R em que a variável é funcional. Algumas questões relevantes que surgiram no decorrer dessa pesquisa podem ser apontadas como sugestões relacionadas ao desdobramento dos métodos apresentados