

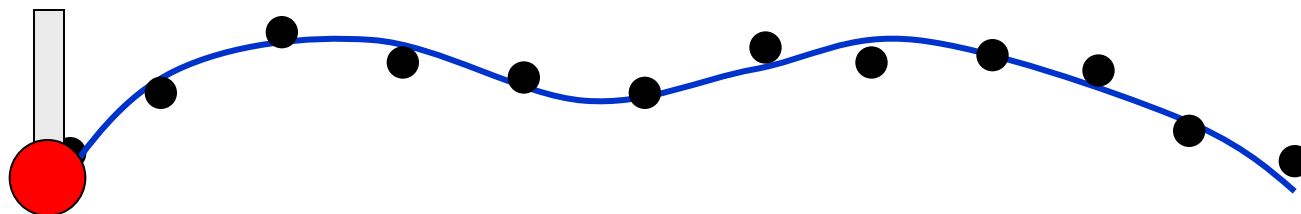


Formação Avançada em Metrologia 3D

www.forma3d.com.br

Material didático informativo sobre GD&T e Medição 3D

Associação Geométrica



Associação Geométrica

A essência da medição por coordenadas consiste em localizar pontos sobre a peça a medir e processar matematicamente estes pontos, em busca das informações geométricas de interesse.

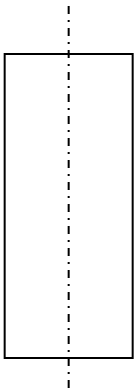
Neste processamento, o desafio principal é representar, por meio de poucos pontos, a geometria da peça medida. A partir de pontos espaçados, há a necessidade de reconstruir matematicamente as geometrias medidas para retirar delas as informações geométricas necessárias.

Este material faz uma rápida abordagem deste processo e de sua importância para a obtenção de resultados confiáveis.

Os temas aqui apresentados são objetos de estudo dos cursos do Programa FORMA3D.

Associação Geométrica

**Elemento
Nominal**



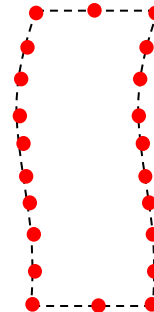
*Como o
projetista
pensa*

**Elemento
Real**



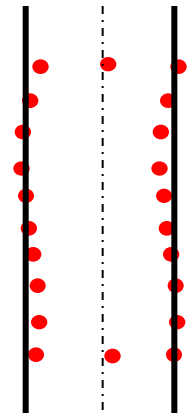
*Como o
processo
produz*

**Elemento
Extraído**



*Como a
peça é
apalpada*

**Elemento
Associado**



*Como o software
reconstrói a
geometria*

Associação Geométrica (o risco)

O desafio de extrair informações geométricas a partir de pontos

Modelo

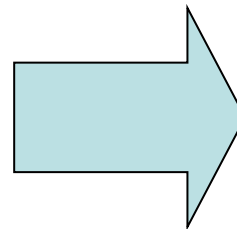
Sub amostragem de pontos... Erro de *aliasing*.



“Elemento real”



Extração



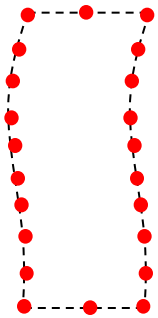
“Elemento associado”



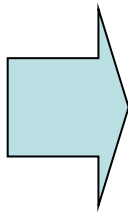
Associação

Associação Geométrica

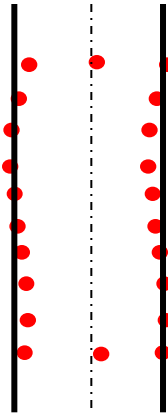
**Elemento
Extraído**



Como a
peça é
apalpada

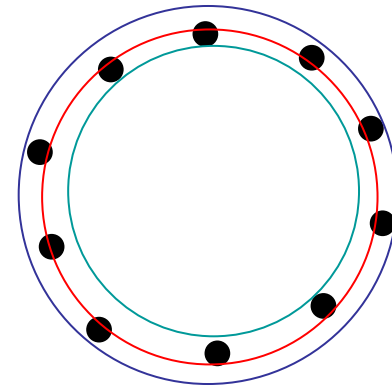


**Elemento
Associado**

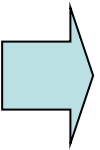


Como o software
reconstrói a
geometria

No processo de reconstrução geométrica do elemento a partir de pontos, podem ser empregados diferentes métodos matemáticos, normalmente disponíveis nos softwares de medição 3D.



**Vejamos o exemplo disto
no ajuste de círculos e cilindros.**



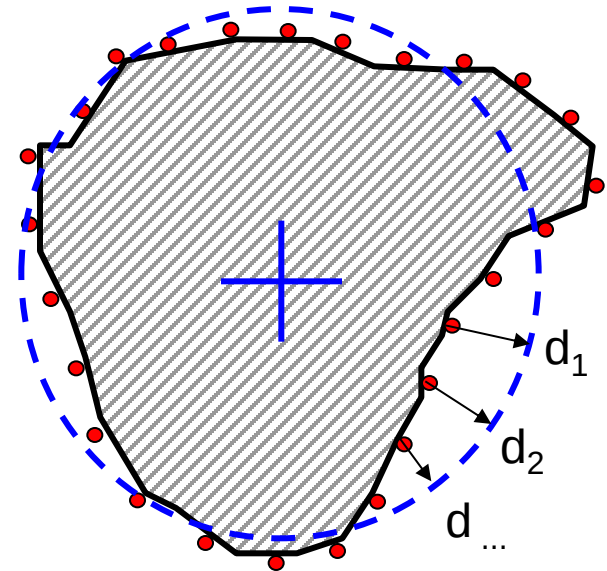
Mínimos Quadrados

Também conhecido como Least Square ou Ajuste Gaussiano.

A partir dos pontos, o elemento geométrico é ajustado de tal forma que o somatório quadrático dos desvios residuais de cada ponto ao elemento ajustado é o menor possível.

O resultado é um elemento em que todos os pontos disponíveis são utilizados no cálculo.

É a condição *default* dos software de medição 3D.



$$d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2$$

Menor possível

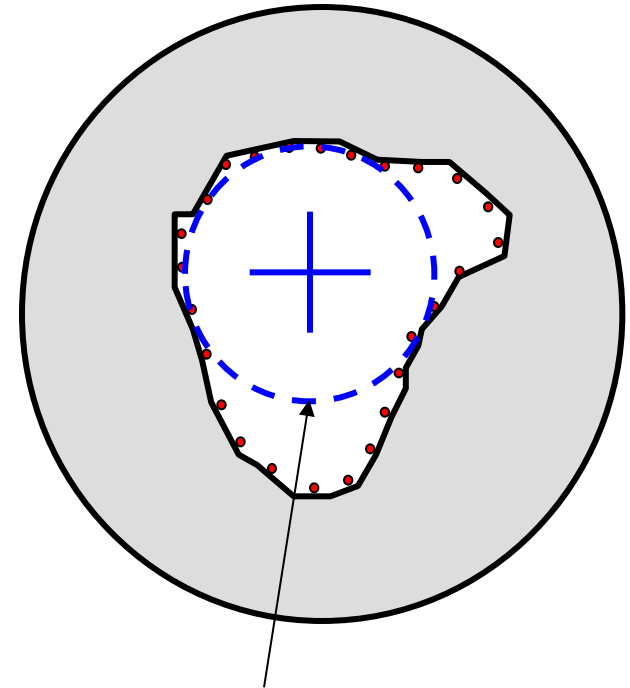
Máximo Inscrito

Tipo de associação indicada para geometrias internas (furos).

A partir dos pontos disponíveis, o software determina quais os 3 pontos que determinam a menor circunferência possível.

Corresponde ao maior eixo que consegue se inscrever neste furo, sendo uma forma de ajuste mais funcional no aspecto da montagem.

Independente da quantidade de pontos apalpados, somente 3 determinam o resultado.



Menor círculo calculado por 3 dos pontos apalpados

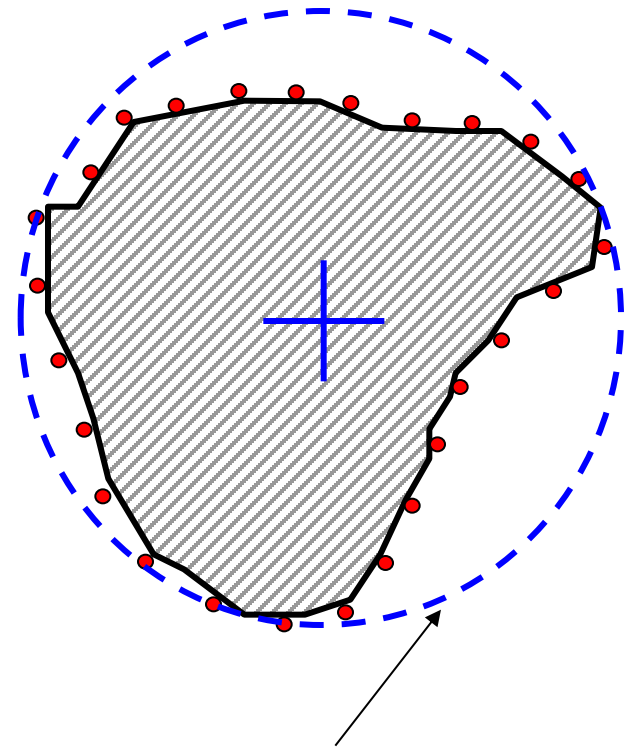
Mínimo Circunscrito

Ajuste recomendado para geometrias externas (eixos).

A partir dos pontos, o software determina quais os 3 pontos que determinam a maior circunferência possível.

Corresponde ao menor furo que consegue circunscrever este eixo, sendo uma forma de ajuste mais funcional no aspecto da montagem.

Independente da quantidade de pontos apalpados, somente 3 determinam o resultado.

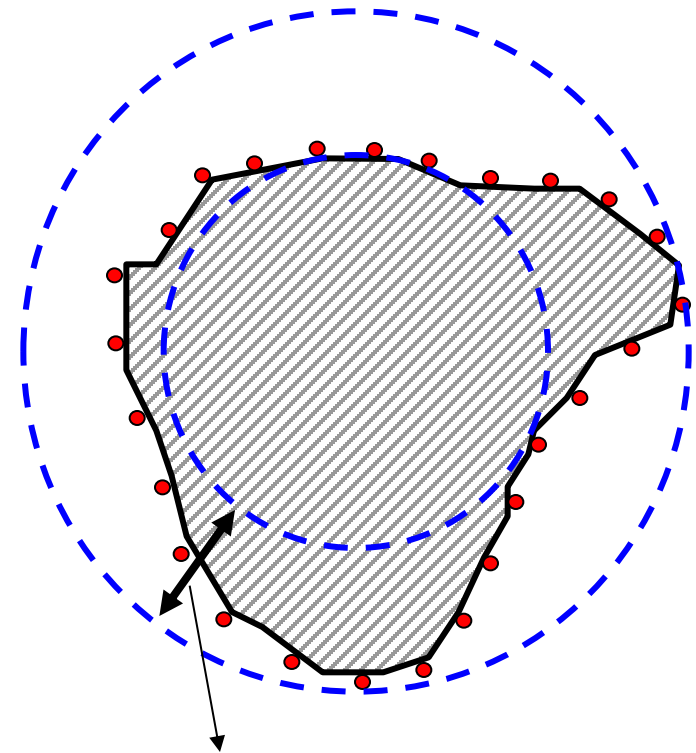


Maior círculo calculado por 3 dos pontos apalpados

Zona Mínima ou Min-Max

Método também chamado de Chebichev, é um ajuste recomendado para a obtenção do erros de forma (circularidade, cilindridade, retitude, planeza e perfis).

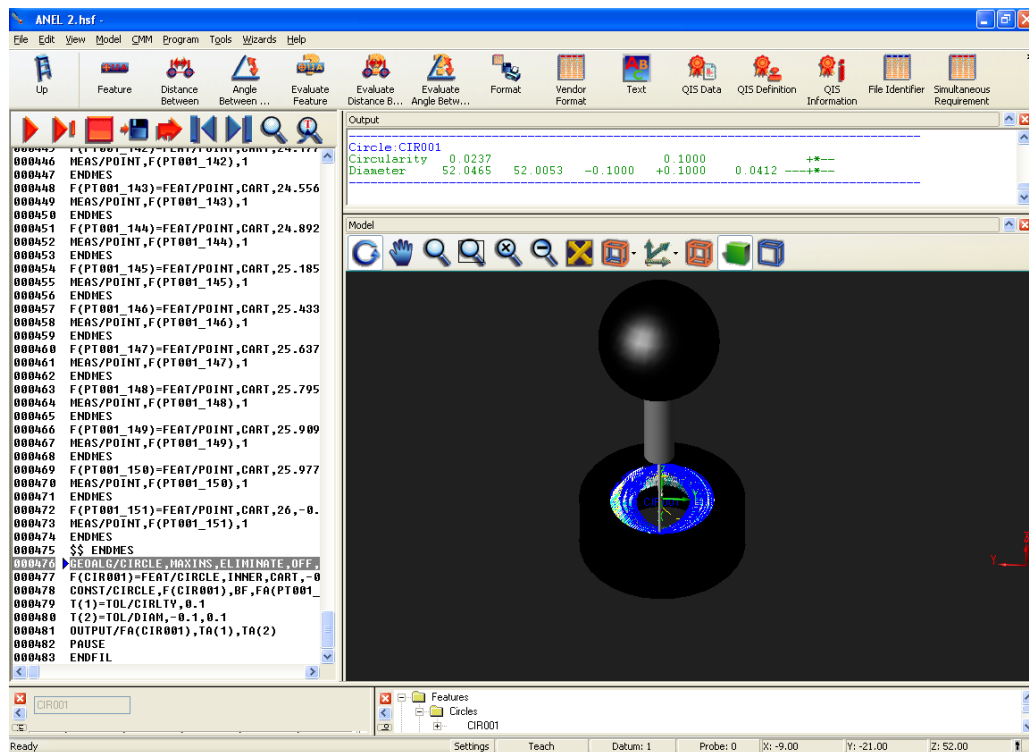
No caso da circularidade, a partir dos pontos apalpados sobre o eixo ou furo, o software determina quais os 2 círculos que conseguem enquadrar todos os pontos com a menor zona radial entre estes círculos.



Erro de circularidade

*O erro de circularidade também pode ser calculado a partir dos métodos de ajuste anteriores.

Avaliando na prática...



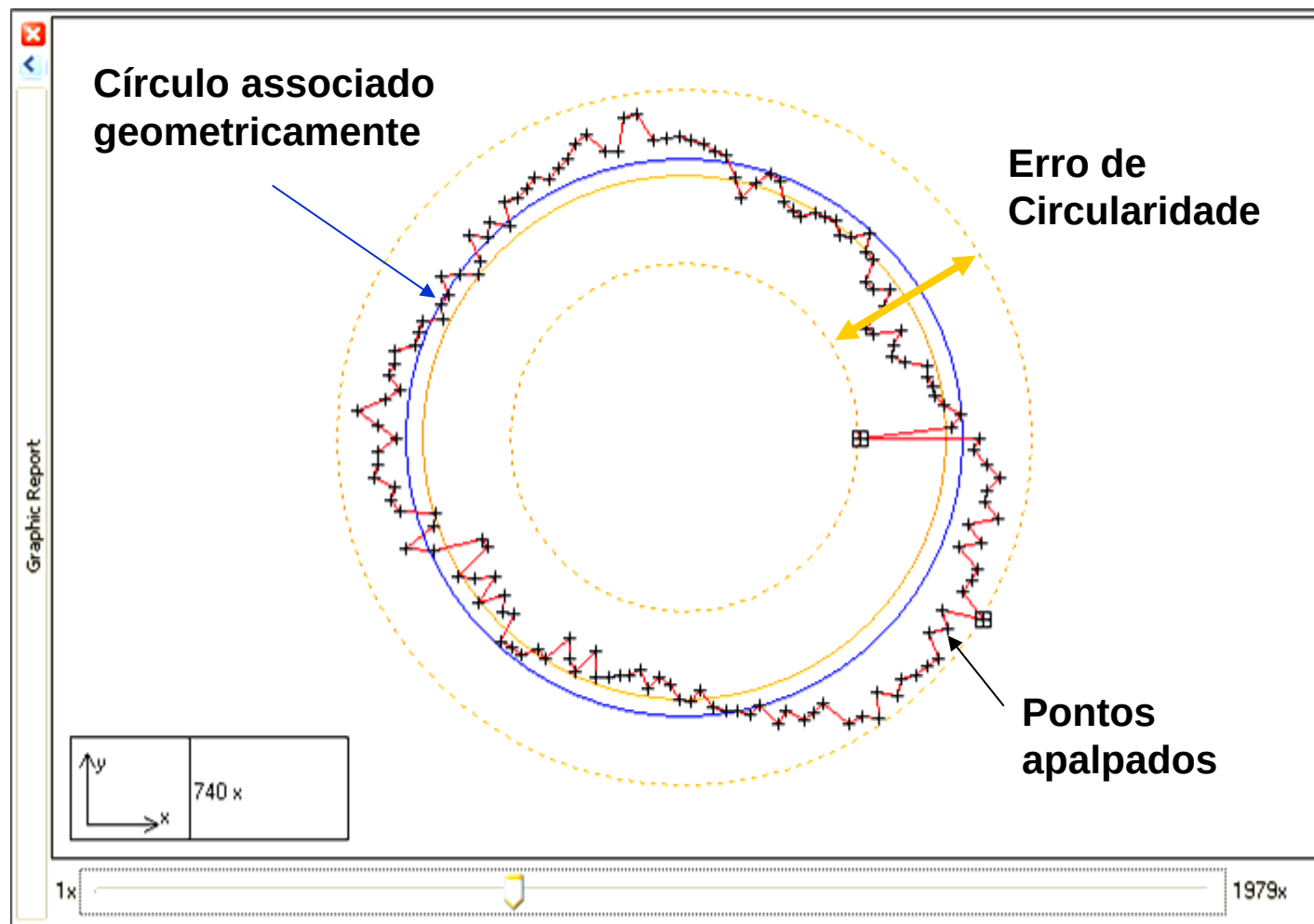
Peça com furo medido com 150 pontos e ajustado segundo diferentes métodos matemáticos.



CMM LKG80-C e Software Modus.

Mínimos Quadrados

Diâmetro = 52,0637 mm
Circularidade = 0,0219 mm



Máximo Inscrito

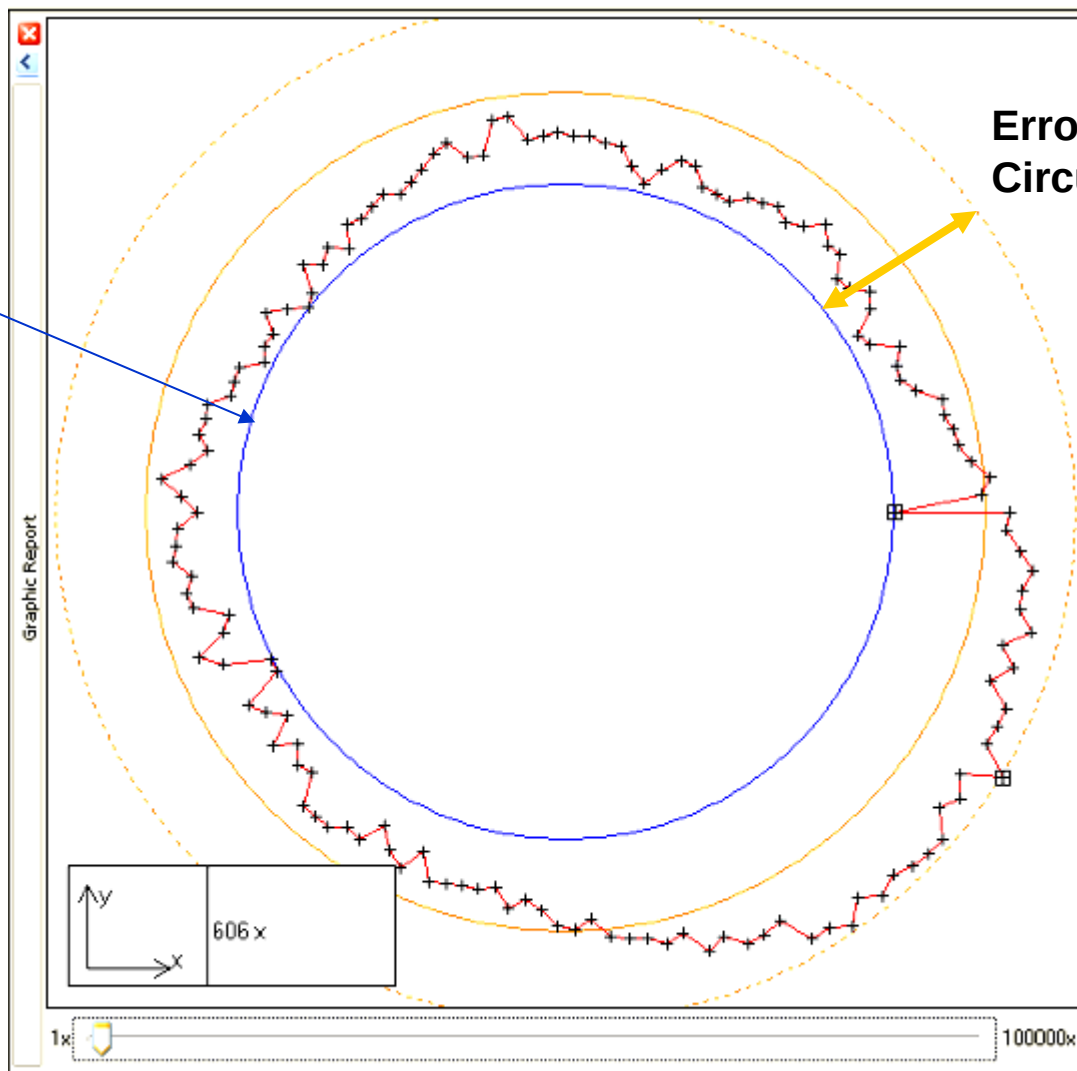
Diâmetro = 52,0465 mm
Circularidade = 0,0237 mm

FORMA3D

www.forma3d.com.br

Círculo associado
geometricamente

Erro de
Circularidade



Minimo Circuncrito

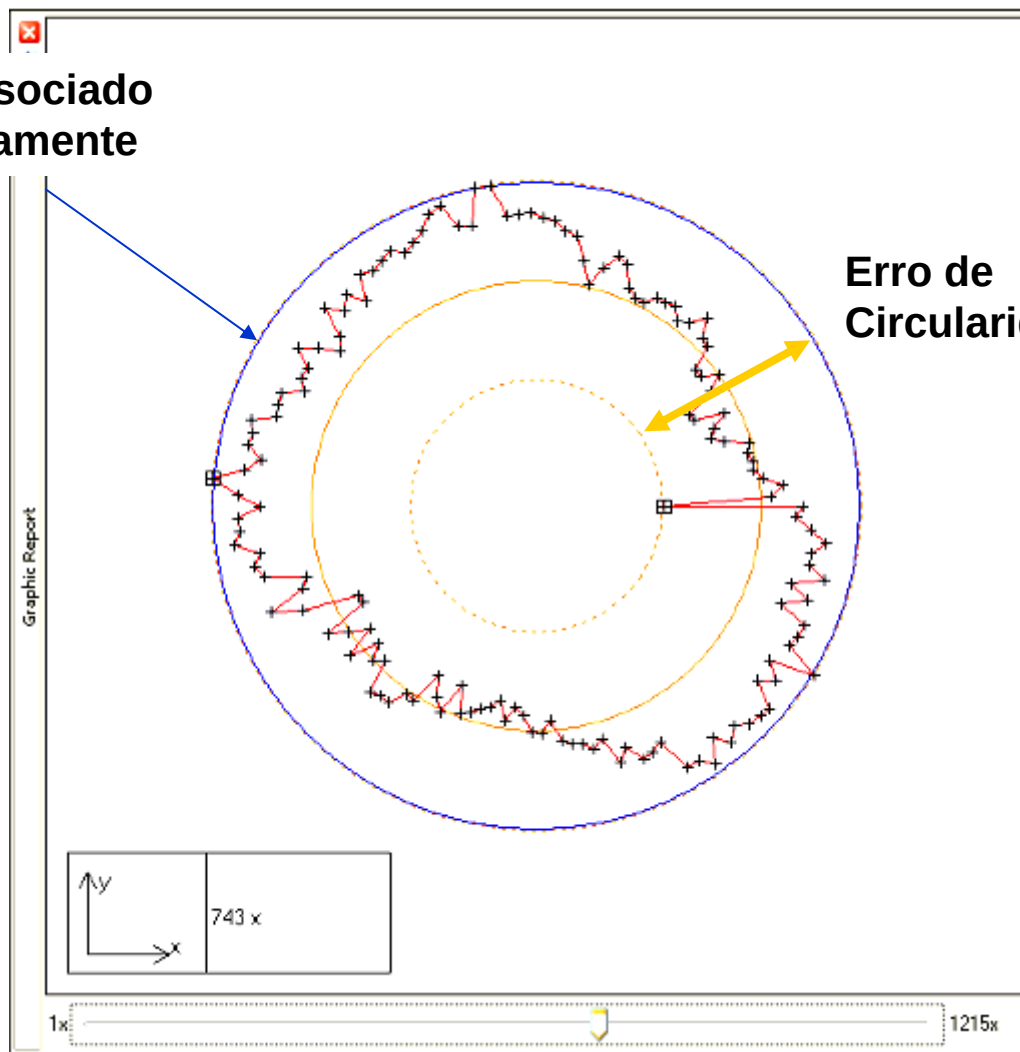
Diâmetro = 52,0783 mm
Circularidade = 0,0214 mm

FORMA3D

www.forma3d.com.br

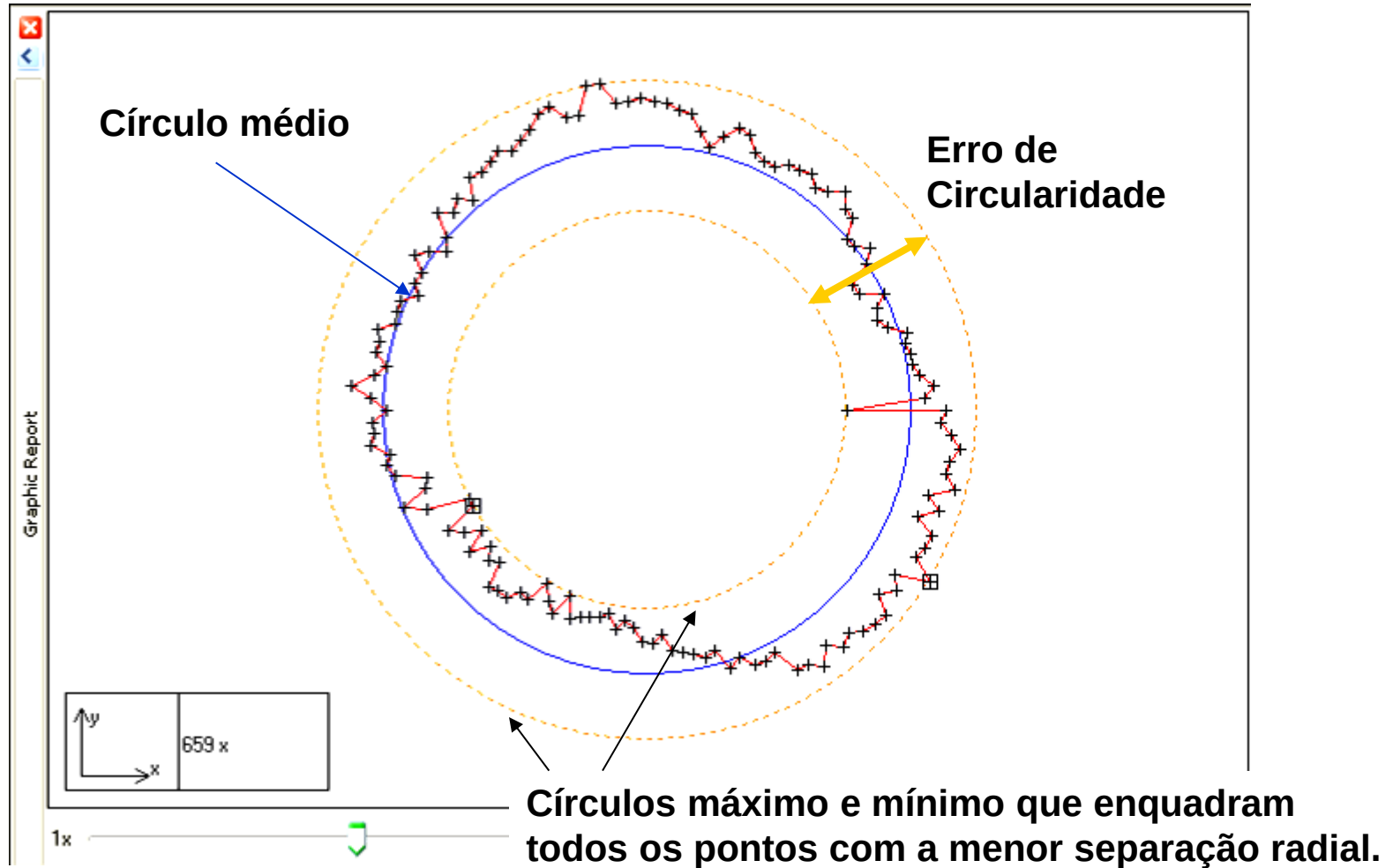
Círculo associado
geometricamente

Erro de
Circularidade

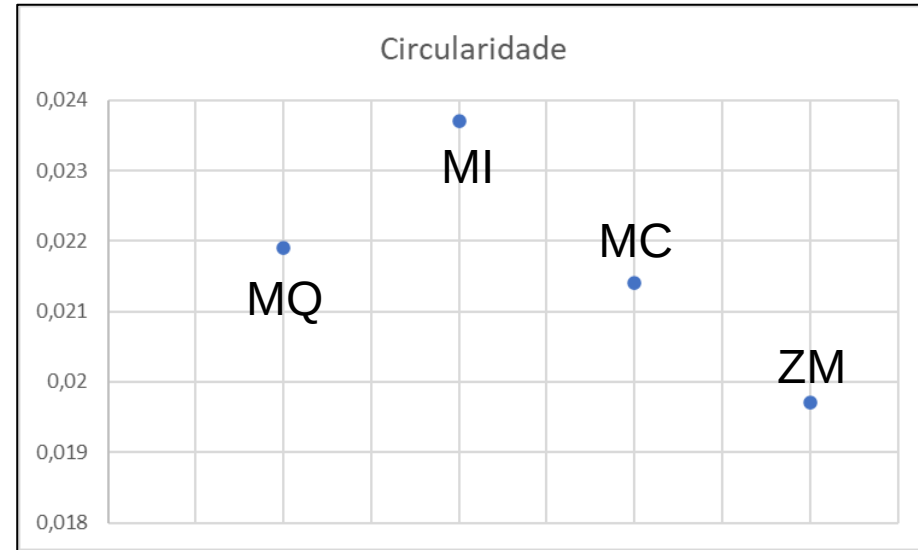
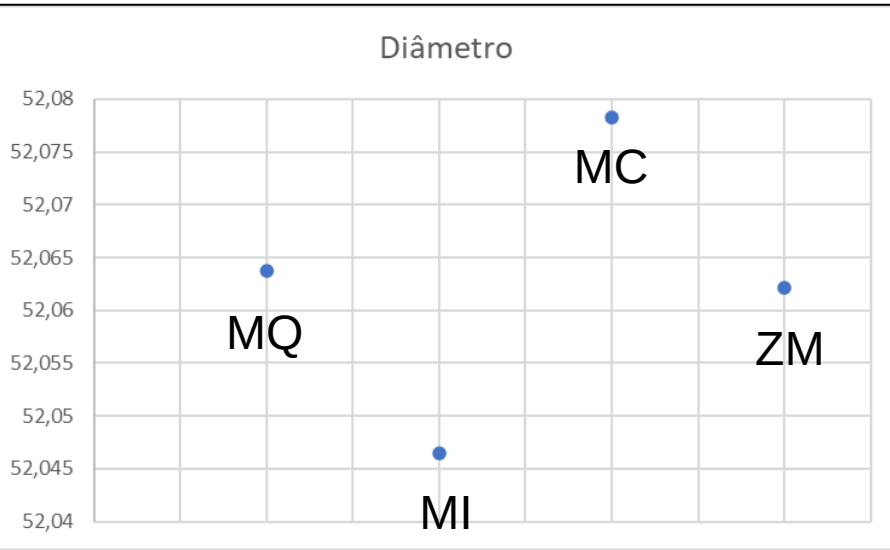


Zona Mínima

Diâmetro = 52,0622 mm
Circularidade = 0,0197 mm



Resumo



MQ = Mínimos Quadrados

MI = Máximo Inscrito

MC = Mínimo Circunscrito

ZM = Zona Mínima

Conclusão

Existem várias formas de associar um elemento geométrico a partir de pontos. Cada método possui suas vantagens e desvantagens em termos de resultado funcional e de incerteza de medição.

Para extrair a informação mais significativa e de forma mais confiável é muito importante conhecer em detalhes estas formas de associação.

Qual o mais funcional?

Qual o mais preciso?

Qual o mais indicado?

Qual a influência da quantidade de pontos em cada resultado?

Por que os software de medição utilizam o best fit como *default*?

Qual método é mais influenciado por erros de apalpação?

Como identificar e eliminar pontos atípicos?



Estas e outras respostas você encontra em nossos cursos.



Formação Avançada em Metrologia 3D
www.forma3d.com.br