

Descubra a tecnologia RENGAGE™ –
apalpadores de elevada exatidão para máquinas-
ferramenta com desempenho líder de mercado



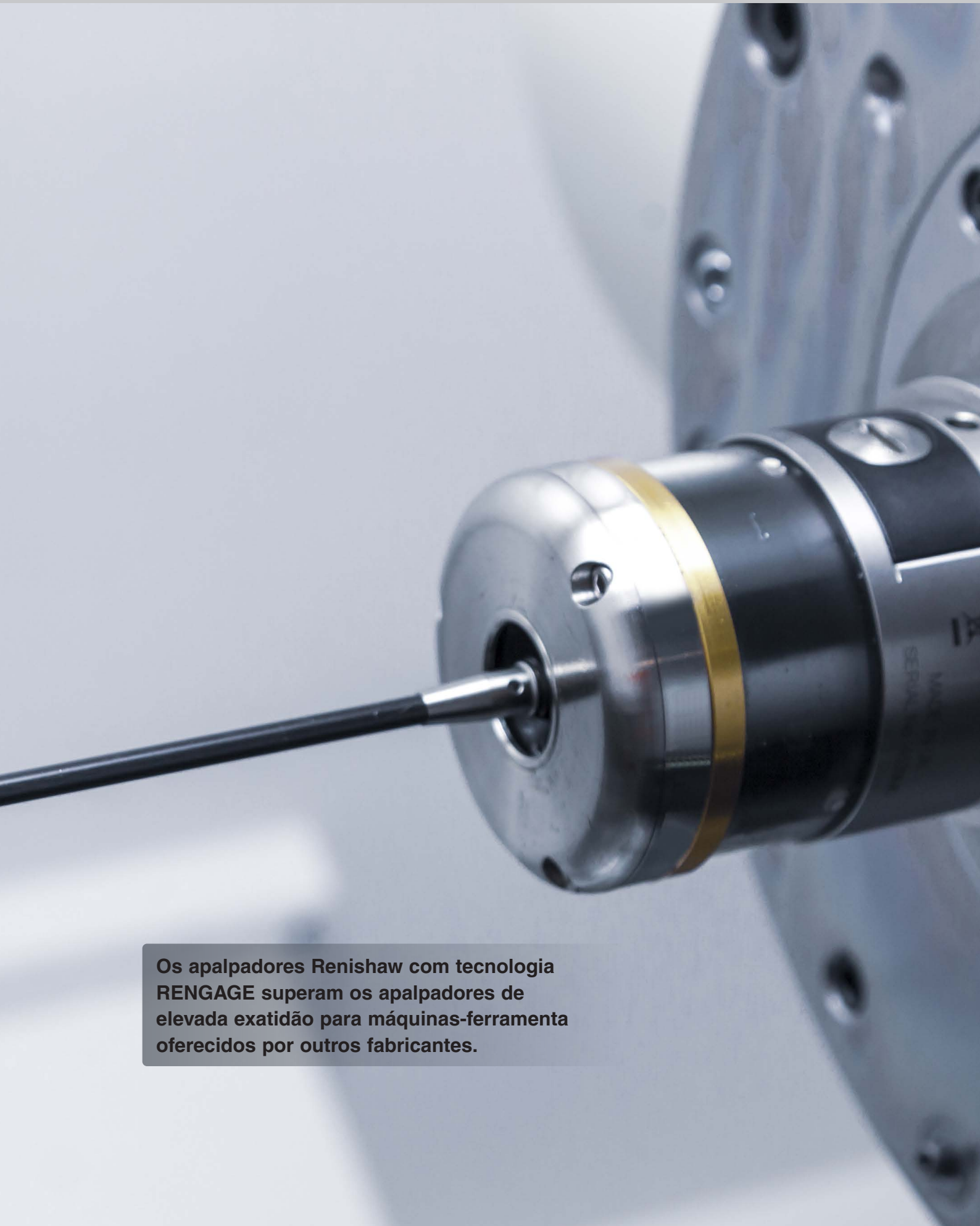
A evolução da tecnologia dos apalpadores para máquinas-ferramenta

A Renishaw inventou o apalpador por contato para máquinas-ferramenta na década de 1970. O sucesso dessa inovação, baseada em um princípio resistivo cinemático, contribuiu para o status da Renishaw como líder mundial em projetos, fabricação e suporte de produtos de medição dimensional. A base deste projeto continua a desempenhar um papel valioso na preparação de peças, medição e controle de processo.

Décadas de investimento contínuo em desenvolvimento permitem que a Renishaw ofereça produtos de alta qualidade com desempenho de ponta. Este guia compara os apalpadores com tecnologia RENGAGE™ com os de convencionais e ilustra os recursos de desempenho superior da tecnologia RENGAGE™ com base em testes no "mundo real".

A tecnologia RENGAGE™ proporciona desempenho excepcional em medição tridimensional (3D) e repetibilidade ao sub micron. Devido ao seu projeto inovador e capacidade excepcional, os apalpadores Renishaw com tecnologia RENGAGE superam os apalpadores de elevada exatidão para máquinas-ferramenta oferecidos por outros fabricantes.





Os apalpadores Renishaw com tecnologia RENGAGE superam os apalpadores de elevada exatidão para máquinas-ferramenta oferecidos por outros fabricantes.

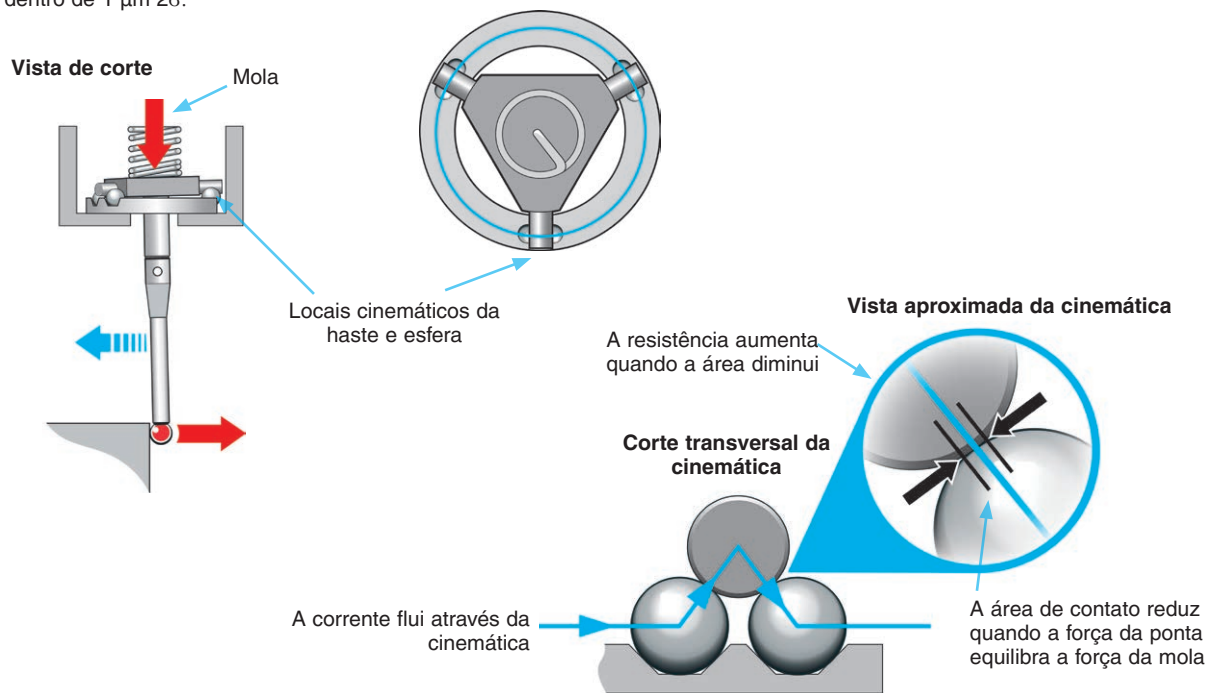
Tecnologia convencional de apalpador

Apalpadores cinemáticos resistivos

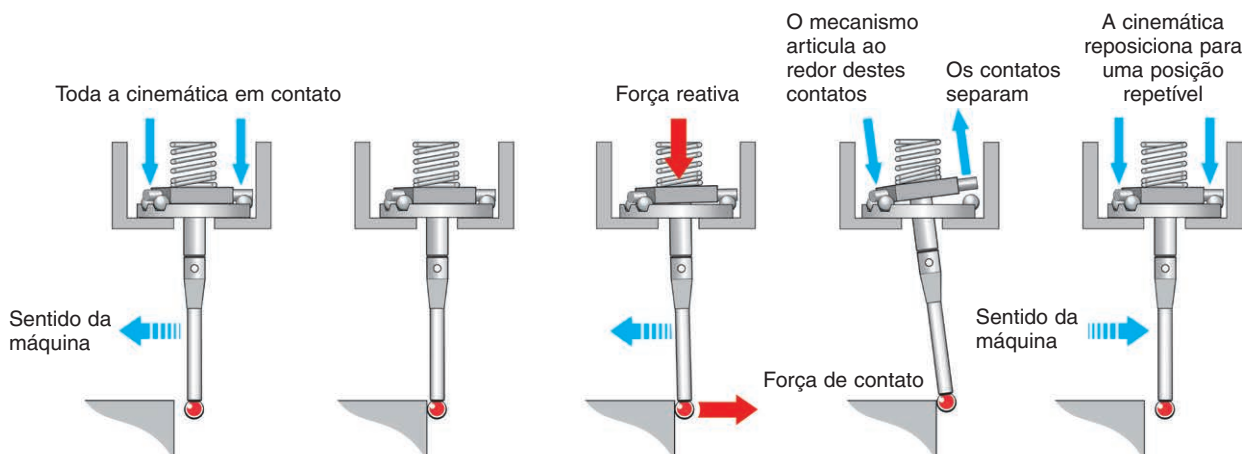
Dentro de um apalpador resistivo cinemático, três hastes igualmente espaçadas repousam sobre seis esferas de carboneto de tungstênio, proporcionando seis pontos de contato em um local cinemático. Uma corrente elétrica flui através das esferas e as hastes.

Um mecanismo de mola permite que a ponta do apalpador deflita quando entra em contato com a peça. Ao entrar em contato com uma peça, a força transmitida através da ponta separa as esferas e as hastes, reduzindo o tamanho das áreas de contato e aumentando sua resistência elétrica. O apalpador é acionado quando um limite definido é atingido.

Quando a ponta não está mais em contato com a peça, o mecanismo do apalpador retoma à sua posição original (repouso) dentro de $1 \mu\text{m } 2\sigma$.

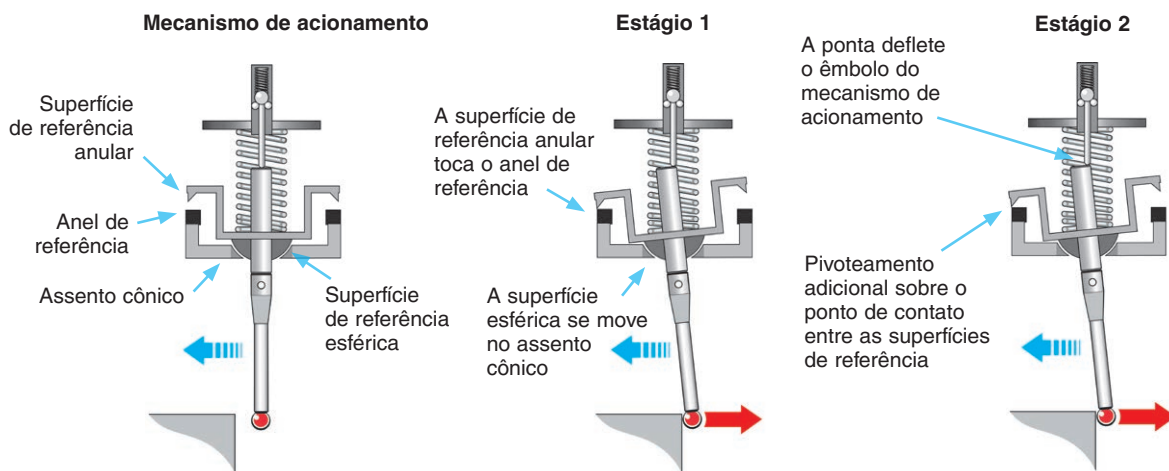


As etapas na geração do acionamento de um apalpador resistivo cinemático são mostrados abaixo. O acionamento elétrico repetível e o reposicionamento mecânico do mecanismo são fundamentais para uma metrologia confiável.



Outros tipos de apalpadores

Apalpadores do tipo assento esférico ou pivotante são projetos alternativos comuns. A teoria sugere que esses desenhos fornecem força de acionamento uniforme no plano XY. No entanto, a realidade é muito diferente, porque depende da precisão da esfera fabricada e das superfícies dos assentos cônicos e da relação entre os dois. Portanto, na prática, as forças de acionamento são altamente variáveis.



As principais desvantagens deste projeto são:

1. A ponta não está localizada de forma única porque a relação entre a esfera e o assento cônico não limita todos os graus de liberdade. O mecanismo pode girar e não é apropriado para pontas em estrela.
2. O movimento livre do mecanismo normalmente resulta em uma deflexão significativa da ponta antes que o apalpador seja acionado.
3. Uma grande força de contato entre a ponta e a peça pode marcá-la.

Incerteza de toque do apalpador

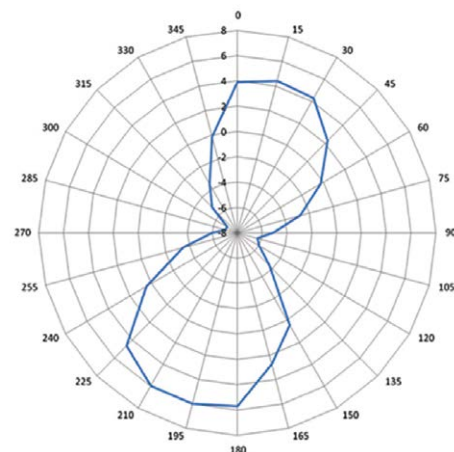
A incerteza de toque é uma característica de todos os apalpadores. É causada pela flexão da ponta e pelo movimento do mecanismo do apalpador antes que o mesmo registre o contato com a superfície. Ela, portanto, depende de:

- Comprimento e rigidez da ponta
- Força requerida para acionar o apalpador
- Sentido do contato com a superfície
- Projeto do mecanismo do apalpador

Portanto, todos os apalpadores exibirão alguma incerteza que, quando plotada, pode assemelhar-se à forma irregular oposta.

Para a medição em dois eixos, os erros potenciais são relativamente fáceis de calibrar. No entanto, na medição em três eixos, os erros de incerteza de toque são maiores, complexos e mais difíceis de compensar, particularmente com alguns apalpadores convencionais.

Esses erros são significativos e podem afetar negativamente a exatidão e a repetibilidade na medição 3D.



Exemplo de plotagem de incerteza de toque (somente X-Y) para palpador do tipo assento esférico convencional

Tecnologia RENGAGE™

Projetados há mais de uma década e patenteados pela Renishaw, os apalpadores com tecnologia RENGAGE incorporam a comprovada tecnologia "strain gauge" de silício com eletrônica ultracompacta e mecânica de precisão para obter desempenho e capacidades inigualáveis. Apropriados para uma grande variedade de aplicações em máquinas-ferramenta e capazes de lidar com as limitações de desempenho 3D de muitos projetos alternativos de apalpadores, os modelos MP250, OMP400, RMP400, OMP600 e RMP600 são os produtos mais recentes a incorporar esta tecnologia.

Os "strain gauges" são posicionados em nervuras projetadas cuidadosamente, formando parte da estrutura do apalpador mas separados do mecanismo cinemático. Os "strain gauges" estão dispostos para detectar tensões em todos os eixos e suas saídas são combinadas eletronicamente usando algoritmos patenteados.

Ao atingir um limiar de resistência em qualquer sentido, é gerado um sinal de acionamento com forças que são muito menores do que aquelas necessárias para acionar um apalpador convencional.





RENISHAW 
RMP600


technology

Como a detecção é completamente independente do mecanismo do apalpador, os apalpadores com tecnologia RENGAGE funcionam com forças reduzidas, alta repetibilidade e características de acionamento consistentes que normalmente não são encontradas em um apalpador convencional.

Utilizando a tecnologia RENGAGE, é possível eliminar até 90% dos erros de incerteza de toque.

Para aplicações de dois eixos, os apalpadores strain gauges podem eliminar a necessidade de calibração. No entanto, os benefícios podem realmente ser percebidos quando os apalpadores são usados em aplicações de três eixos e na medição de geometrias complexas. É nessas aplicações que os apalpadores com a tecnologia RENGAGE são únicos.

Os apalpadores com tecnologia RENGAGE ainda utilizam o mecanismo cinemático da Renishaw para reposicionar a ponta. Este sistema, comprovado ao longo de 30 anos, garante a repetibilidade de reposicionamento, fundamental para uma metrologia confiável.



Os engenheiros da Renishaw têm muito orgulho dos produtos que são desenvolvidos para nossos clientes. É importante que nossos produtos tenham o mais alto padrão para garantir que os produtos dos clientes – inspecionados por nossos sistemas - também sejam da mais alta qualidade.

Avaliação da tecnologia RENGAGE™

Os engenheiros da Renishaw têm muito orgulho dos produtos que são desenvolvidos para nossos clientes. É importante que nossos produtos tenham o mais alto padrão para garantir que os produtos dos clientes – inspecionados por nossos sistemas - também sejam da mais alta qualidade.

A Renishaw afirma que o desempenho dos seus apalpadores de alta precisão para máquinas-ferramenta com a tecnologia RENGAGE™ são “inigualáveis”. A transparência é tão importante para a cultura da Renishaw quanto o espírito de inovação, então para confirmar a exatidão dessas declarações, a Renishaw testou o apalpador OMP400 juntamente com cinco apalpadores por contato de outros fabricantes - apalpadores “A”, “B”, “C” e “E”. Esses apalpadores são versões com força reduzida de sistemas de apalpadores convencionais ou apalpadores de elevada exatidão especialmente projetados.

Para efetuar uma avaliação realista do desempenho de cada apalpador, a Renishaw assegurou que cada apalpador completasse um programa de teste completo – aumentando o tempo de permanência e executando novamente os testes, quando necessário. Isso permitiu que cada análise fornecesse resultados que pudessem ser usados para avaliar o desempenho.

Desempenho e teste do apalpador

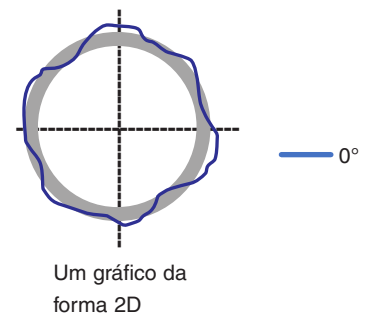
É necessário um conjunto consistente de métricas para comparar o desempenho dos apalpadores que estão sendo testados. Foram escolhidos os erros de forma 2D, 3D e repetibilidade, pois essas características de desempenho são críticas para produzir componentes exatos.

Desempenho em 2D

O desempenho em 2D é medido encontrando o erro de forma de uma característica 2D.

Neste teste, o raio de uma esfera calibrada foi medido tomando pontos em torno do seu equador. A diferença encontrada entre o raio mínimo e máximo medidos nestes pontos é o erro de forma 2D.

Visto que as dimensões da esfera são conhecidas com precisão, o erro de forma deve ser gerado pelo apalpador. Quanto menor o erro de forma 2D do apalpador, melhor o desempenho em 2D.



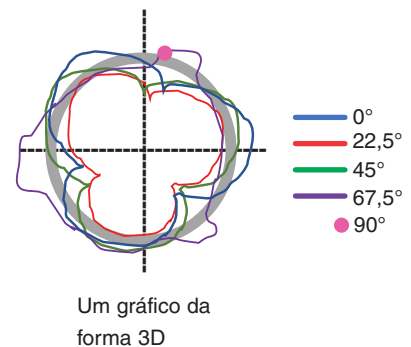
Desempenho em 3D

Com a usinagem multieixos agora comum, o desempenho da medição 3D é mais importante do que nunca.

O desempenho em 3D é medido encontrando-se o erro de forma de uma característica com as dimensões X, Y e Z. Quanto menor o valor do erro de forma 3D, melhor o desempenho em 3D do apalpador.

Para medir o erro de forma 3D, o teste mediu o raio de uma esfera calibrada, tomando pontos em quatro elevações diferentes e no pólo.

A diferença encontrada entre o raio mínimo e máximo medidos é o erro de forma 3D.



Repetibilidade

Neste teste, a repetibilidade é uma medida de quão bem um apalpador pode reproduzir uma medição sob condições constantes. É uma métrica frequentemente citada em folhas de dados de análise. Quanto menor é o valor, melhor será a repetibilidade.

A repetibilidade é diferente da exatidão, pois a exatidão descreve o quão próximo um valor medido está do valor verdadeiro.



O teste de desempenho mede uma esfera calibrada de $\varnothing 25$ mm em uma variedade de ângulos e avanços, com diferentes pontas, para obter o erro de forma 2D, erro de forma 3D e repetibilidade.

Ao realizar o teste, foi seguida a melhor prática – como definida na norma ISO 230-10. Para realizar o teste foi utilizado um centro de usinagem vertical de 3 eixos (VMC) de exatidão e preço médios, com um comando Siemens 828D.

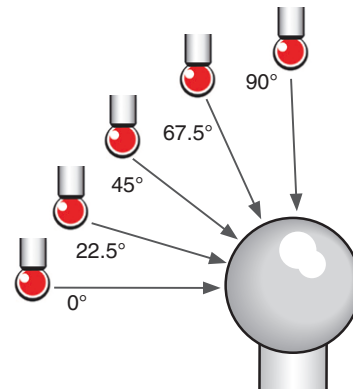
O teste compreendeu os seguintes aspectos:

Pontos medidos em uma esfera

No teste foram medidos 145 pontos em incrementos de $2,5^\circ$, normais à superfície a 0° , $22,5^\circ$, 45° e $67,5^\circ$. Um ponto também foi medido no pólo da esfera.

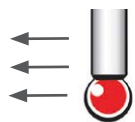
Os pontos a 0° são utilizados para o cálculo do erro de forma 2D. Para calcular o erro de forma 3D, todos os pontos são utilizados.

Para medir a repetibilidade, cada ponto foi medido 25 vezes.

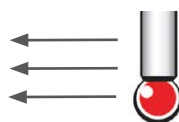


Com vários avanços

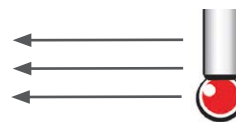
O teste foi executado várias vezes com avanços de 30 mm/min, 600 mm/min e 2000 mm/min.



30 mm/min



600 mm/min



2000 mm/min

Com vários comprimentos de pontas

Cada apalpador foi equipado primeiro com uma ponta de 50 mm e depois com uma de 200 mm. Ambas as pontas foram usadas para medir os pontos na esfera a cada avanço.

De acordo com as especificações, todos os apalpadores testados podem ser usados com uma ponta de 50 mm, mas apenas o OMP400 e o apalpador "A" são recomendados para uso com uma ponta de 200 mm. 200 mm é a ponta mais longa recomendada para uso com todos os apalpadores de máquinas-ferramenta com a tecnologia RENGAGE™.



50 mm



200 mm

Em condições de usinagem realísticas

Todos os testes foram executados em condições de umidade. A esfera foi lubrificada usando refrigerante para representar as condições encontradas em um cenário de usinagem realista.

Resultados dos testes de avaliação

Os resultados mostram que, para a forma 2D, a forma 3D e a repetibilidade, o apalpador OMP400 com a tecnologia RENGAGE™ teve o melhor desempenho.

Embora o OMP400 tenha sido o único modelo que testamos com a tecnologia RENGAGE, devido aos elementos de projeto comuns em toda a série, os resultados são indicativos para todos os apalpadores de elevada exatidão com a tecnologia RENGAGE.

Embora o desempenho dos outros apalpadores no mercado esteja próximo do OMP400 em alguns testes, quando os resultados são vistos como um todo, apenas o apalpador Renishaw com a tecnologia RENGAGE funciona de forma consistente em alto nível.

Para o desempenho excepcional em avanços rápidos em todas as condições, medindo tanto as características prismáticas quanto as de formato livre com pontas longas ou curtas, o apalpador de máquina-ferramenta Renishaw com tecnologia RENGAGE é a escolha lógica e comprovada.

RENISHAW 
OMP400

RENGAGE™ 3D technology

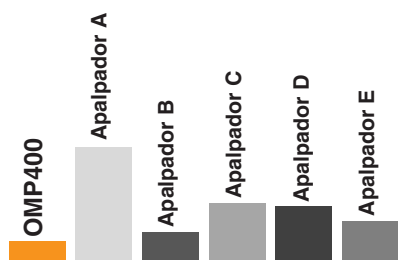


SERIAL No 7T4991

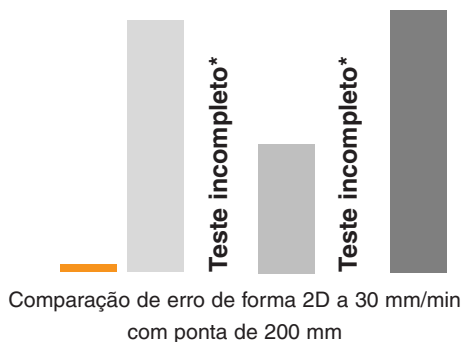
Os resultados mostram que, para a forma 2D, a forma 3D e a repetibilidade, o apalpador OMP400 com a tecnologia RENGAGE™ teve o melhor desempenho.



Erro de forma 2D



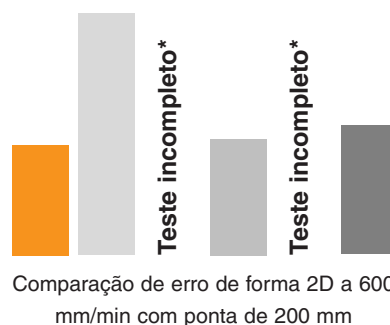
Comparação de erro de forma 2D a 30 mm/min com ponta de 50 mm



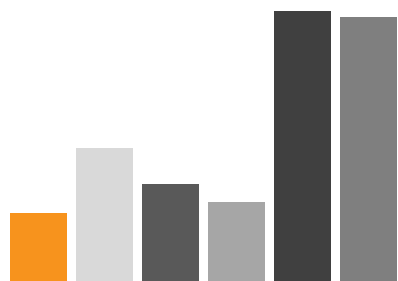
Comparação de erro de forma 2D a 30 mm/min com ponta de 200 mm



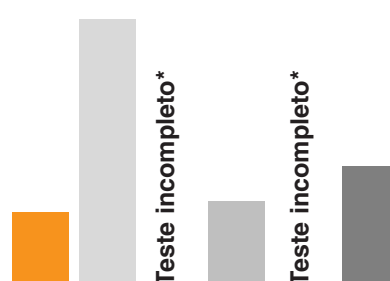
Comparação de erro de forma 2D a 600 mm/min com ponta de 50 mm



Comparação de erro de forma 2D a 600 mm/min com ponta de 200 mm



Comparação de erro de forma 2D a 2000 mm/min com ponta de 50 mm



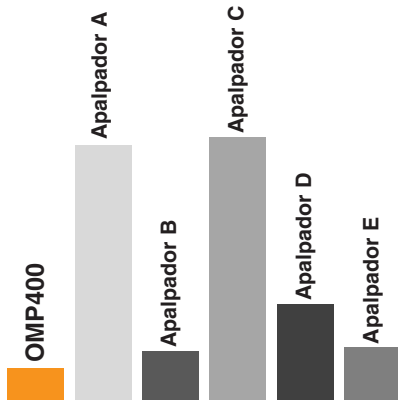
Comparação de erro de forma 2D a 2000 mm/min com ponta de 200 mm

* Os apalpadores B e D não concluíram o teste com ponta de 200 mm. No entanto, nenhum desses apalpadores está especificado para funcionar com uma ponta de 200 mm.

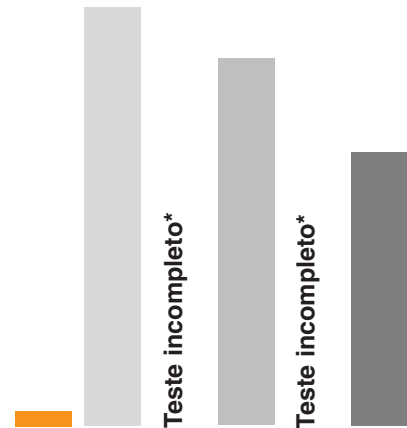


O apalpador Renishaw OMP400 com tecnologia RENGAGE™ apresenta o menor erro de forma 2D em todos os avanços, com pontas de 50 mm e 200 mm.

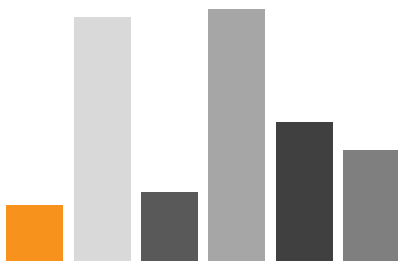
Erro de forma 3D



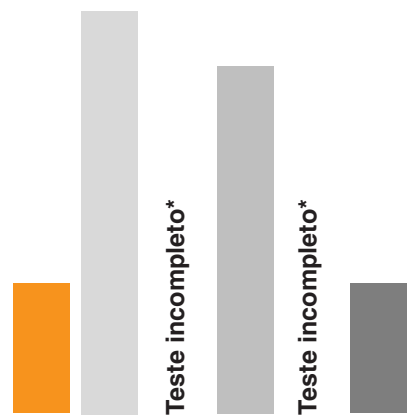
Comparação de erro de forma 3D a 30 mm/min com ponta de 50 mm



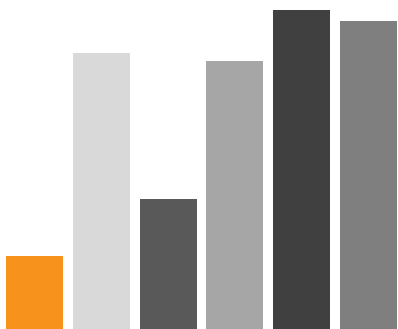
Comparação de erro de forma 3D a 30 mm/min com ponta de 200 mm



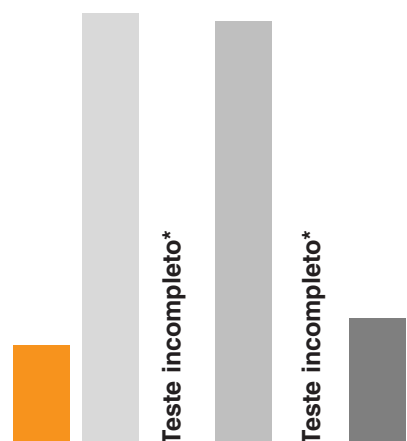
Comparação de erro de forma 3D a 600 mm/min com ponta de 50 mm



Comparação de erro de forma 3D a 600 mm/min com ponta de 200 mm



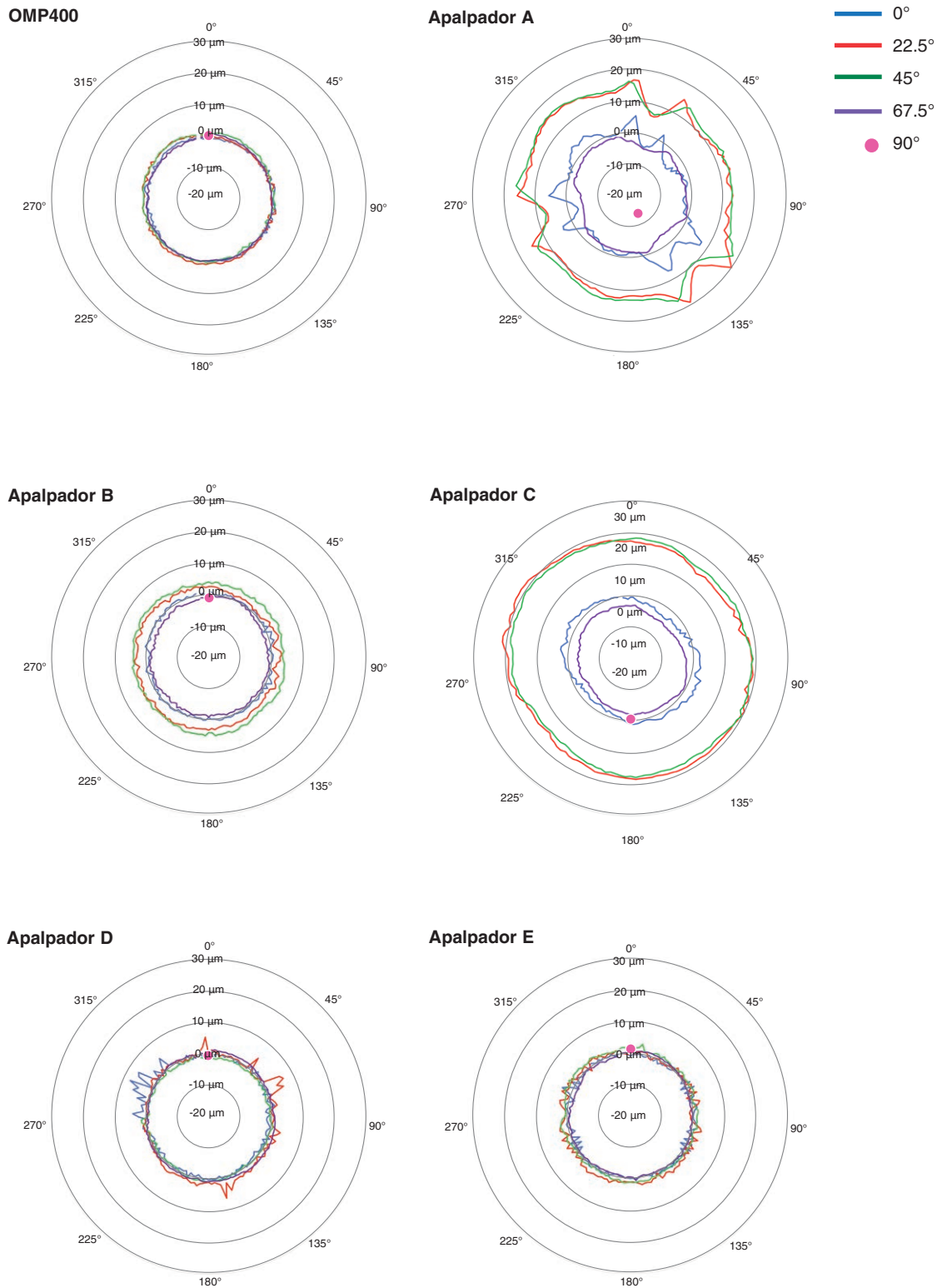
Comparação de erro de forma 3D a 2000 mm/min com ponta de 50 mm



Comparação de erro de forma 3D a 2000 mm/min com ponta de 200 mm

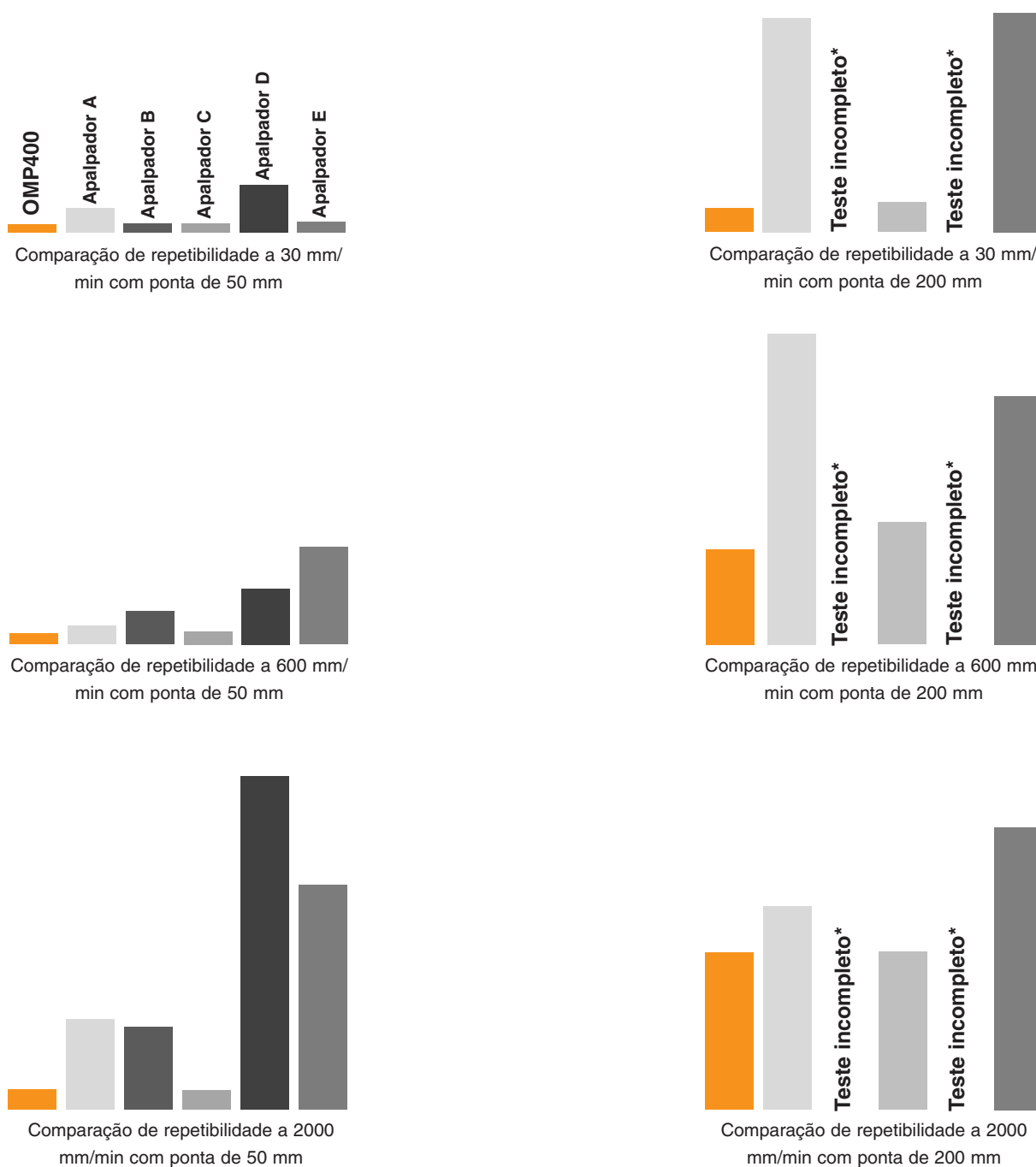
* Os apalpadores B e D não concluíram o teste com ponta de 200 mm. No entanto, nenhum desses apalpadores está especificado para funcionar com uma ponta de 200 mm.

O apalpador Renishaw OMP400 com tecnologia RENGAGE™ apresenta o menor erro de forma 3D em todos os avanços, com pontas de 50 mm e 200 mm.



Repetibilidade

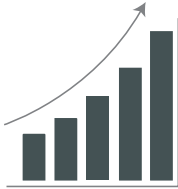
A repetibilidade do apalpador Renishaw OMP400 com a tecnologia RENGAGE™ é melhor ou igual a de outros apalpadores no mercado em todos os avanços com pontas de 50 mm e 200 mm.



* Os apalpadores B e D não concluíram o teste com ponta de 200 mm. No entanto, nenhum desses apalpadores está especificado para funcionar com uma ponta de 200 mm.

A medição com apalpador é rentável com a Renishaw

Otimize o seu processo de usinagem



Assegure que as peças sejam usinadas corretamente já na primeira vez.

Reduza o refugo e o retrabalho



Prepare peças até dez vezes mais rápido do que com métodos manuais.

Economize tempo e dinheiro



Produza mais peças de forma confiável e exata

// Atender os requisitos de desempenho atuais e futuros para nossos produtos requer uma produção de peças cada vez menores e mais complexas e exatidão da ordem de 1µm. Por conseguinte, preparação e medição confiáveis são críticas para este processo e são a base para nossa decisão pelo uso da tecnologia RENGAGE™. //

Flann Microwave (Reino Unido)

A vantagem Renishaw



Na Renishaw desfrutamos de uma excelente reputação por oferecer um suporte consistente aos nossos clientes por meio de uma rede de mais de 70 escritórios de serviços e assistência em todo o mundo.

Assistência técnica



Fornecemos assistência técnica para todos os nossos clientes globais.

Suporte e atualizações



Oferecemos uma variedade de contratos de suporte sob medida para as suas necessidades individuais.

Treinamento



Oferecemos cursos de treinamento padrão e sob medida para atender as suas necessidades.

Peças de reposição e acessórios



Compre peças de reposição e acessórios online ou obtenha cotações para peças Renishaw 24/7.

Sobre a Renishaw

A Renishaw é uma empresa líder, consagrada mundialmente no setor de tecnologias para projetos de engenharia, com um sólido histórico de inovações em desenvolvimento e fabricação de produtos. Desde sua fundação em 1973, a empresa fornece produtos de vanguarda que aumentam a produtividade dos processos, aprimoram a qualidade dos produtos e promovem soluções de automação de custo compensador.

Uma rede mundial de subsidiárias e distribuidores oferece atendimento e suporte de qualidade excepcional aos seus clientes.

Os produtos incluem:

- Tecnologias de manufatura aditiva e de fundição a vácuo para projetos, protótipos e produção
- Sistemas CAD/CAM para digitalização e fornecimento de estruturas dentárias
- Sensores e encoders de posição para medição precisa de posição linear, angular e rotativa
- Sistema de fixação para CMMs (máquinas de medição por coordenadas) e dispositivos de medição
- Sistemas de medição comparativa para inspeção dimensional
- Laser de alta velocidade para digitalização em ambientes extremos
- Sistemas laser e ballbar para medição, calibração e verificação do desempenho de máquinas
- Equipamentos médicos para aplicações neurocirúrgicas
- Apalpadores e software para preparação de peças e ferramentas e inspeção em máquinas ferramenta CNC
- Sistemas de espectroscopia Raman para análise não destrutiva de materiais
- Sensores, acessórios e software para CMMs
- Pontas e acessórios para uso em CMM e máquinas ferramenta

Para contatos em todo o mundo, visite www.renishaw.com.br/contato



A RENISHAW TEM FEITO ESFORÇOS CONSIDERÁVEIS PARA GARANTIR QUE O CONTEÚDO DESTES DOCUMENTOS ESTEJA CORRETO NA DATA DA PUBLICAÇÃO, MAS NÃO OFERECE QUAISQUER GARANTIAS OU DECLARAÇÕES SOBRE ESTAS INFORMAÇÕES. A RENISHAW SE EXIME DA RESPONSABILIDADE OU POR QUAISQUER ERROS NESTE DOCUMENTO, INDEPENDENTE DA SUA FORMA OU ORIGEM.

© 2019 Renishaw plc. Reservados todos os direitos.

A Renishaw reserva-se no direito de alterar as especificações sem aviso prévio.

RENISHAW e o símbolo do apalpador utilizados no logotipo RENISHAW são marcas registradas da Renishaw plc no Reino Unido e outros países.

apply innovation, nomes e designações de outros produtos e tecnologias Renishaw são marcas registradas da Renishaw plc ou suas filiais.

Todos os outros nomes de marcas e nomes de produtos utilizados neste documento são nomes comerciais, marcas ou marcas registradas de seus respectivos proprietários.



H - 2000 - 3586 - 02

Part no.: H-2000-3586-02-A
Issued: 11.2019