

## AVALIAÇÃO DA EXATIDÃO DE UM CENTRO DE USINAGEM EM ENSAIO DINÂMICO POR MEIO DE PEÇA PADRÃO USINADA

André Roberto de Sousa, [asousa@ifsc.edu.br](mailto:asousa@ifsc.edu.br)<sup>1</sup>  
Aurélio da Costa Sabino Netto, [asabino@ifsc.edu.br](mailto:asabino@ifsc.edu.br)<sup>1</sup>  
Gabriel Costa Sousa, [gabrielcosta@ifsc.edu.br](mailto:gabrielcosta@ifsc.edu.br)<sup>1</sup>  
Fabio Enrique Moreira Rodriguez, [coopmicro@gmail.com](mailto:coopmicro@gmail.com)<sup>1</sup>  
Gabriel Feiten, [gabriel.feiten@ifsc.edu.br](mailto:gabriel.feiten@ifsc.edu.br)<sup>1</sup>  
Zair Fernandes Abrão, [zair.abrao@gmail.com](mailto:zair.abrao@gmail.com)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Santa Catarina. Av. Mauro Ramos, 950. 88020-300, Florianópolis, SC.

**Resumo:** As máquinas-ferramenta CNC possuem não idealidades geométricas, sofrem deformações dinâmicas e erros de controle, dentre outros, que se transferem diretamente às peças usinadas, limitando sua precisão. Para evitar que máquinas operem com erros acima do aceitável é muito importante a prática de ensaios geométricos que permitem tomar ações preventivas e corretivas para otimizar a exatidão de trabalho das máquinas, inclusive com a correção de erros pelo CNC da máquina. O presente artigo aborda o método de ensaio indireto através de peça padrão normalizada (ISO10791-7) para avaliar os erros de um centro de usinagem CNC segundo procedimento definido pela norma. O trabalho buscou avaliar a praticidade operacional do método bem como a utilidade dos resultados para a avaliação dos erros da máquina-ferramenta a partir da medição por coordenadas. Os procedimentos empregados na usinagem e na medição da peça, bem como a análise dos resultados encontrados demonstraram a praticidade operacional do ensaio para aceitação e diagnóstico da máquina, mas mostraram limitações metrológicas em obter os erros geométricos de modo confiável que permita a correção de erros da máquina.

**Palavras-chave:** Máquinas-ferramenta, Metrologia, Ensaios geométricos.

### 1. INTRODUÇÃO

A empregabilidade de equipamentos automáticos nos tempos atuais é indispensável, tanto para elaborar lotes com grande quantidade de peças em uma produção seriada, quanto para fabricação de pequenas quantidades de peças com geometrias complexas. Nas duas situações dependemos de equipamentos precisos, capazes de reproduzir fielmente a programação elaborada e também ser repetitiva, possibilitando a intercambiabilidade das peças produzidas. Erros geométricos comprometem o trabalho desenvolvido em máquinas ferramentas automáticas controladas por CNC (comando numérico computadorizado). Para garantir esta confiabilidade o equipamento deve ser mecanicamente preciso e repetitivo, com ajustes e compensações eletrônicas ajuste de seus erros de posicionamento. Com a utilização dos centros de usinagem CNC para usinagem de diversos tipos de peças, materiais, geometrias, condições de temperatura diferenciadas durante o ano, desgastes naturais do ciclo de vida e até mesmo alguma colisão, estes equipamentos devem ser avaliados e ajustados para compensação de erros de posicionamento [1][2].

Para efetuar este ajuste eletrônico o equipamento (centro de usinagem CNC) possui uma tabela com um programa de ajuste, onde deve ser informado valores a serem corrigidos em cada posição de trabalho em variações de coordenadas no eixo X, Y e Z. Muitas vezes os operadores desconhecem este tipo de ajuste e efetuam correções na programação de usinagem ou no corretor de desgaste de ferramentas, utilizando o método tentativa e erro. A percepção desses erros e a sua medição é uma das dificuldades encontradas pelos usuários de máquinas CNC, já que em cada perfil geométrico de peças produzida o erro aparece de forma diferenciada [1][2].

Neste trabalho se propõe a aplicação de um método prático para ensaiar o equipamento (centro de usinagem CNC) e avaliar os erros geométricos do equipamento, já que estes são mais difíceis de corrigir através de tentativa e erro. Este método será baseado na usinagem de peça padrão, com diferentes geometrias angulares, retilíneas e principalmente cilíndrica para medição em máquina de medir por coordenadas (MMC) e máquina de medir formas (MMF).

## 2. ERROS E ENSAIOS EM MÁQUINAS FERRAMENTA

Os erros em máquinas ferramentas podem ser separados em duas categorias, os erros repetitivos e não repetitivos. Uma máquina ferramenta é considerada repetitiva, mas não necessariamente exata, quando se desloca uma ferramenta de corte à mesma posição relativa com relação à peça toda vez que for comandada para fazê-lo. Já um erro não repetitivo pode não estar relacionado a uma fonte de erros conhecida e esta fonte de erro não está sob controle.

Para organizar melhor os erros, divide-se em duas categorias principais, os erros mecânicos quase estáticos e erros por forças dinâmicas. Os erros quase estáticos são erros na máquina, sistema de fixação, ferramenta e peça, que ocorrem lentamente. As fontes de erros estáticos incluem: os erros geométricos, cinemáticos, induzidos por carregamentos externo, induzidos por carregamento na montagem da máquina, erros causados por expansão térmica, erros causados por instabilidade do material, erros de instrumentação e os erros térmicos [3]. Já os erros dinâmicos ocorrem devido a vibrações na máquina ferramenta, sendo algumas destas fontes de vibrações: compressores de ar, equipamentos de ventilação, vibração transmitida através do chão da fábrica, rotação mecânica dos componentes da máquina ferramenta tais como motores e transmissores, mancais rotativos, turbulência nas linhas de alimentação de fluidos, pressão sonora e instabilidade aerostática em mancais a ar. Estes erros fazem parte do conjunto de erros aleatórios, ou seja, imprevisíveis, sendo que vários são os fatores que alteram a dinâmica da máquina [4].

Outros erros que devem ser considerados são os térmicos. Tais erros causam um deslocamento relativo entre a peça e a ferramenta devido à deformação ou expansão dos elementos da máquina por conta do acréscimo de suas temperaturas. O movimento entre os vários elementos de máquinas gera calor nas zonas de contato, contribuindo assim para a deformação de tais elementos. São várias as fontes nas máquinas ferramentas que contribuem para a geração de calor que são divididas em fontes internas e fontes externas.

Algumas fontes externas podem ser citadas como: irradiação solar, temperatura do meio ambiente que possa alterar a temperatura da máquina e temperatura de objetos ao redor da máquina diferente da temperatura da máquina, unidades de refrigeração, paredes aquecidas, além de outras máquinas. Podem ser consideradas como fonte de calor interna a transmissão dos motores, atritos nos acionamentos e caixa de engrenagens, atrito nos mancais e guias e processos de usinagem. Para avaliações frequentes com uma boa aceitação e efetividade de máquinas ferramentas os ensaios geométricos devem principalmente dentre suas características serem, fáceis de aplicar, possuir baixo custo envolvido com equipamentos e ter a capacidade de fornecer um resultado geral sobre as condições do equipamento. Muitos métodos são utilizados para ensaios geométricos, conforme proposto pela ABNT NBR NM ISO 230-1, como [5]:

- Laser interferométrico
- Relógios comparadores, réguas e esquadros
- Autocolimador
- Padrões dimensionais (blocos padrão, padrões escalonados, etc.)
- Ball bar
- Peça padrão usinada

## 3. VANTAGENS E DESAFIOS DO ENSAIO DE MÁQUINAS FERRAMENTA COM PEÇA USINADA

A usinagem de peça padrão tem a finalidade de avaliação da exatidão de corte do equipamento sob condições de acabamento, controlando o sentido de corte, parâmetros e geometrias específicas. Pode ser considerada uma relação mais real para o ensaio da máquina ferramenta, pois neste ensaio se avalia o produto do equipamento ensaiado. Através do resultado de medições da peça usinada é observado sua relação entre o proposto e realizado, obtendo condições de verificação e avaliação de sua exatidão. Baixo custo e rápida execução são vantagens deste tipo de ensaio [5][6].

Dentre os demais métodos, o ensaio com peça padrão pode ser considerado o tipo de ensaio mais realista, já que influências térmicas e esforços de corte estão presentes de forma mais significativa, na condição real de trabalho da máquina. No ensaio, a peça deve ser usinada apenas em condição de acabamento com a máquina aquecida em condição de trabalho [3][5]. Um dos desafios deste método, no entanto, é a separação das diversas fontes de erros da máquina, apresentadas em desvios medidos na peça usinada. Dessa forma, os resultados são mais utilizados para atestar a exatidão da máquina e não para a correção de erros no CNC.

Um dos requisitos do ensaio é que a geometria da peça padrão deve possibilitar a qualificação de vários tipos de desvios, circulares, angulares, retitude e outros, tanto em movimento de corte a direita e à esquerda. A norma NM-ISO 10791 propõem algumas condições de ensaio de centros de usinagem, baseada na norma NM-ISO 230. A parte 7 da norma NM-ISO 10791 especifica uma peça padrão, com referências a serem verificadas e qualificadas [7][5].

A temperatura da peça e do ambiente devem ser monitoradas para separar a dilatação da peça dos erros da máquina. Deve-se tomar cuidado, ainda, com desgastes de ferramentas. Por ser uma forma simples rápida e fácil de operacionalizar pode diagnosticar frequentemente a exatidão de trabalho de máquinas.

#### 4. MÉTODO DE ENSAIO PROPOSTO PELA NORMA NM-ISO 10791

O método do ensaio proposto é especificado na norma NM-ISO 10791 descreve, com referência a NM-ISO 230-1 sob condições padronizadas. A norma NM-ISO 10791 parte 7 prevê dois tipos de peças-teste conforme modelo a seguir da figura 1, tendo geometrias semelhantes, porém em dois tamanhos distintos. Para avaliação do equipamento é necessário a usinagem de apenas um tipo para aceitação do ensaio. As especificações detalhadas de tolerâncias geométricas devem seguir os critérios especificados no detalhamento [7]. Os números junto a cada uma das tolerâncias serão usados como referência para a geração do relatório de medição, na tabela 1.

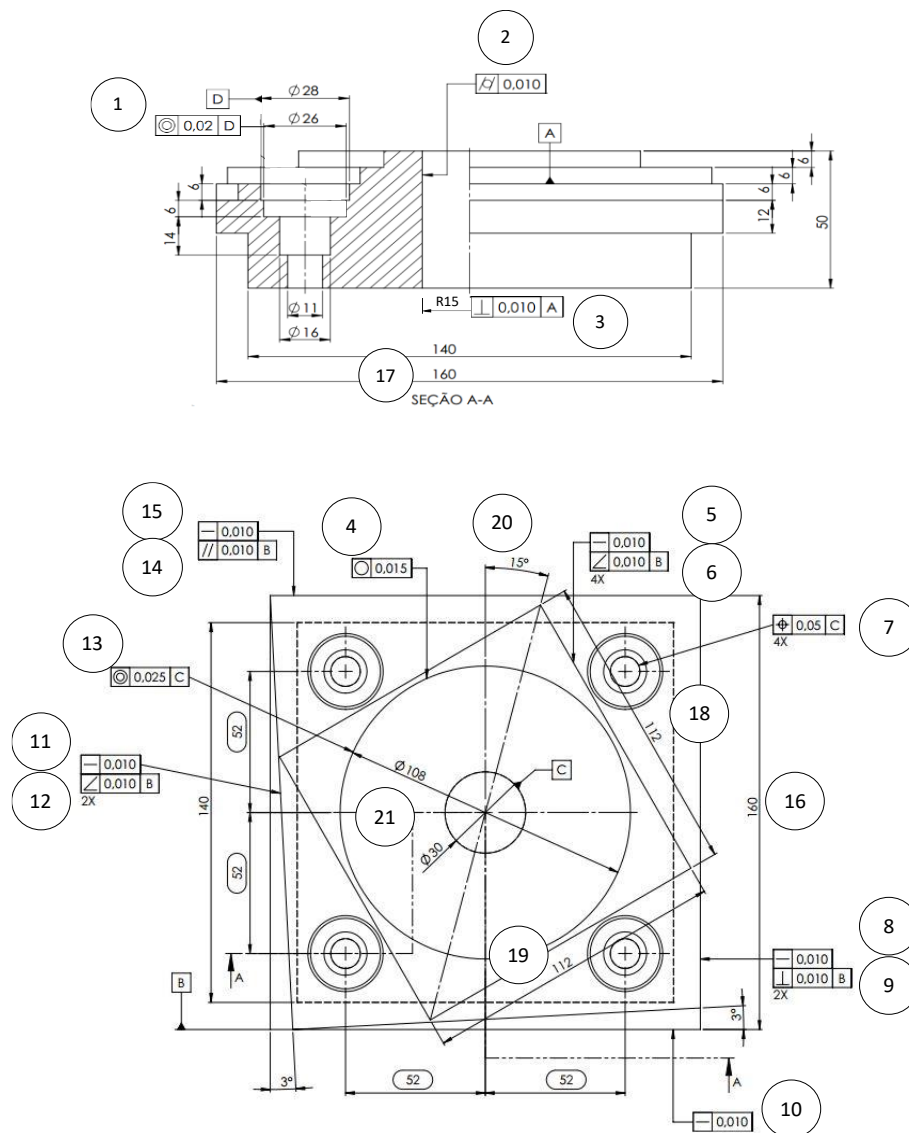


Figura 1. Detalhamento da peça-teste pequena para ensaio de contorno (ABNT NBR ISO 10791-7 Adaptado Autores, 2016)

O tamanho da peça escolhido para o ensaio tem dimensão nominal de 160 mm (Peça-teste ISO 10791-7 A160). O posicionamento indicado pela norma prevê centralização no eixo x e posicionamento ao longo dos eixos y e z. Quanto ao posicionamento deve-se considerar a máxima estabilidade das ferramentas sendo indicado utilizar parafusos com cabeça alojada para fixação no dispositivo. Os materiais indicados para o ensaio são o alumínio e o ferro fundido sendo selecionado o ferro fundido para esta peça-teste [7].

Quando ao ensaio de posicionamento e contorno devem ser executados sob diferentes condições cinemáticas da máquina mandrilando os cinco furos em uma série de passadas em diferentes rotinas de usinagem com interpolação linear e interpolação circular. O ferramental sugerido pela norma para o ensaio de contorno é uma fresa de topo com uma aresta de corte de 35 mm de comprimento e de 30 mm de diâmetro. A velocidade de corte sugerida está em torno de 50m/min com velocidade de avanço de 0,05mm/dente, sendo recomendado 0,2 mm de profundidade de corte na direção radial e fresamento de contorno com 6mm de altura [7]. A ressaltar que a peça deve ser desbastada e esboçada anteriormente, utilizando para ensaio apenas a condição de acabamento. [5][7]

#### 4.1 Descrição dos Equipamentos e Recursos

Os equipamentos utilizados para realização dos ensaios descritos neste artigo são equipamentos disponíveis no laboratório de metrologia e laboratório de automação da manufatura do Instituto Federal de Tecnologia de Santa Catarina, Campus Florianópolis.

##### 4.1.1. Centro de Usinagem

O centro de usinagem utilizado para os ensaios é o Romi D 600 (figura 2) com 5 anos de utilização no IFSC/Florianópolis e com as especificações técnicas descritas na referência [8].



Figura 2. Centro de Usinagem ROMI D 600 (Autores, 2016)

##### 4.1.2. Máquina de Medir por Coordenadas Tridimensional (MMC)

Para a medição da peça usinada se empregou uma máquina de medir por coordenadas (figura 3) modelo LK G-80C, com controlador e apalpador SP25 da Renishaw, software de medição Modus, com recursos de programação e medição através do modelo CAD da peça [9]. A máquina possui uma especificação de erro máximo volumétrico  $MPE = (3,0 + L/250) \mu m$ .

#### 4.1.3. Máquina de Medir Forma (MMF)

Para avaliar tolerâncias de circularidade e cilindricidade foi empregada uma máquina de medir formas modelo Mitutoyo RA-1600 (figura 3) [10]. O sistema possui mesa com sistema DAT (Digital Adjustment Table) facilitando o processo de nivelamento e centralização. A coluna motorizada possibilita a medição de retitude e cilindricidade equipada com dispositivo de segurança no eixo Z para evitar colisão e consequentemente possíveis danos ao sistema. A ponta utilizada para os ensaios é a padrão do instrumento com  $\varnothing 1.6$  mm. A incerteza de medição de forma para as dimensões da peça é de  $0,080 \mu\text{m}$ .

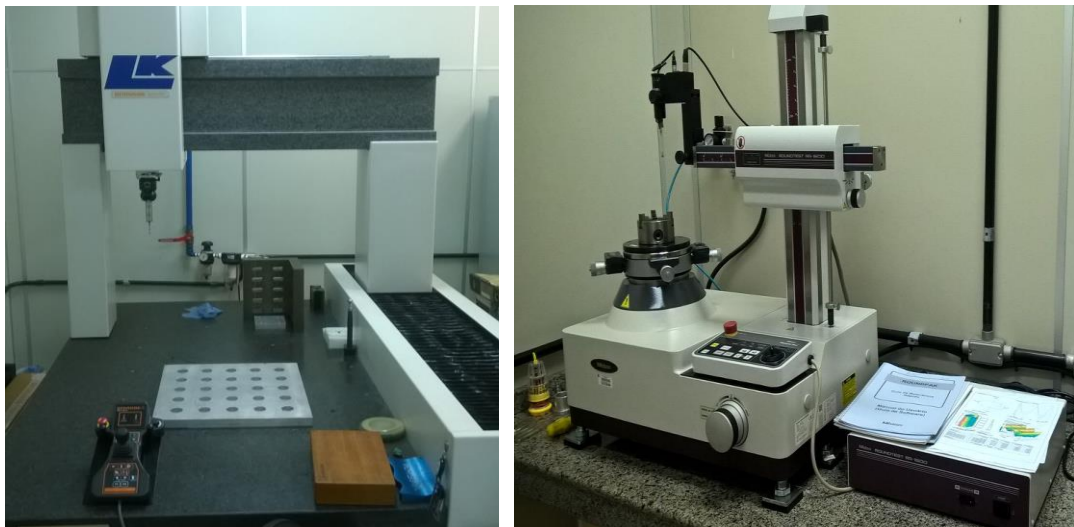


Figura 3. MMC e MMF (Autores, 2016)

## 5. REALIZAÇÃO DO ENSAIO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para realização do ensaio foi escolhido a peça referente na norma NBR NM ISO 10791-7 de tamanho 160mm x 160mm x 50mm, devido ao tamanho da matéria prima disponível. O material escolhido para a peça foi o ferro fundido. A peça foi modelada em CAD orientado pelas as especificações da norma, resultando no modelo mostrado na figura 4.

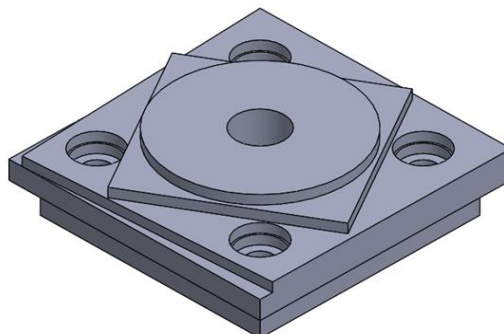


Figura 4. Modelo CAD da peça a ser usinada para ensaio de contorno (NBR ISO 10791-7)

A programação CNC foi desenvolvida utilizando software CAM (Computer Aided Manufacturing) Edgecam, utilizando modelo CAD desenvolvido anteriormente e possibilitando a geração de programa em linguagem ISO para

máquinas ferramenta. A usinagem da peça teste para verificação metrológica foi executada no centro de usinagem Romi D600, primeiro em operação de desbaste, deixando 0,2 mm para o acabamento. A figura 5 mostra a peça já pré acabada antes dos testes de usinagem.



**Figura 5 – Pré-forma da peça a ser utilizada no ensaio da máquina ferramenta**

A peça foi então limpa e deixada climatizando com a máquina ferramenta. A operação de acabamento foi realizada após a máquina passar por um ciclo de aquecimento de movimentação em vazio para atingir sua temperatura de regime de trabalho e então a operação de acabamento foi executada com ferramentas de metal duro, com velocidade de corte de 50,0 m/min e avanço de 0,05 mm/dente.

Uma vez finalizada a peça foi levada até o laboratório de metrologia e lá deixada por 24 horas em temperatura próxima a 20°C para a necessária climatização antes de ser medida na máquina de medir por coordenadas (figura 6). O programa de medição foi elaborado com o auxílio do modelo CAD da peça, sendo estabelecidas as estratégias para o controle das tolerâncias especificadas. Os valores medidos na peça usinada se encontram escritos na tabela 1 e são a média de 3 repetições para cada característica. Durante as medições a temperatura ambiente esteve em  $20 \pm 1^\circ \text{C}$ . O erro máximo volumétrico (MPE) da máquina de medir por coordenadas é especificado em  $3,0 + L/250$ .



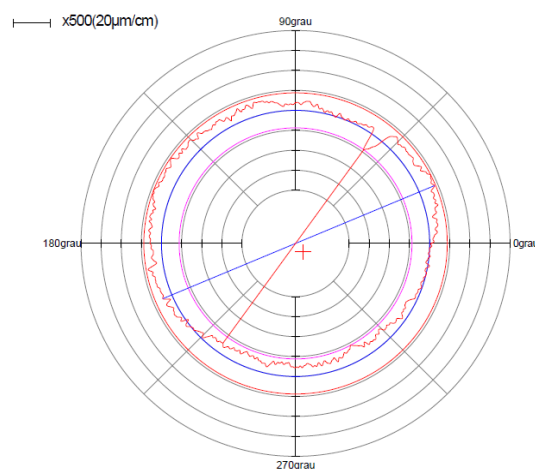
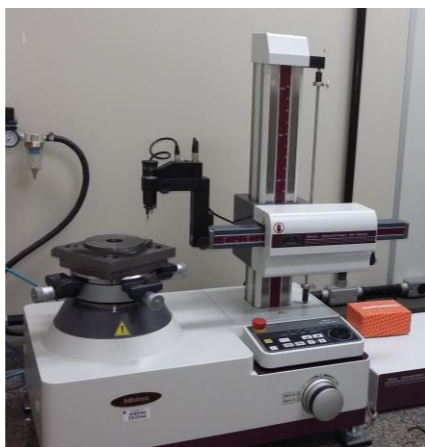
**Figura 6 – Medição da peça usinada em máquina de medir por coordenadas**

**Tabela 1. Resultados das medições das tolerâncias geométricas da peça padrão no ensaio**

| Indicação no desenho | Característica Geométrica                                     | Tolerância (mm) | Erro medido (mm)                 |
|----------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------|
| 1                    | Concentricidade entre furos mandrilados                       | 0,020           | 0,0126; 0,0150<br>0,0190; 0,0040 |
| 2                    | Cilindricidade do furo central                                | 0,010           | 0,0095                           |
| 3                    | Perpendicularidade entre furo central e plano de topo da peça | 0,010           | 0,0020                           |
| 4                    | Circularidade do círculo de topo                              | 0,015           | 0,0145                           |
| 5                    | Retitude do plano                                             | 0,010           | 0,0119                           |
| 6                    | Angularidade em relação ao plano B                            | 0,010           | 0,0096                           |
| 7                    | Posição de 4 furos em relação ao furo central                 | 0,050           | 0,0075; 0,0094; 0,011; 0,0092    |
| 8                    | Retitude do plano                                             | 0,010           | 0,0106                           |
| 9                    | Perpendicularidade em relação ao plano B                      | 0,010           | 0,0113                           |
| 10                   | Retitude do plano                                             | 0,010           | 0,0111                           |
| 11                   | Retitude do plano                                             | 0,010           | 0,0091                           |
| 12                   | Angularidade em relação ao plano B                            | 0,010           | 0,0110                           |
| 13                   | Concentricidade do círculo de topo em relação ao furo central | 0,025           | 0,0096                           |
| 14                   | Retitude do plano                                             | 0,010           | 0,0094                           |
| 15                   | Paralelismo em relação ao plano B                             | 0,010           | 0,0065                           |
| 16                   | Dimensão lateral da peça (160 mm)                             | 0,050           | 0,0270                           |
| 17                   | Dimensão lateral da peça (160 mm)                             | 0,050           | 0,0322                           |
| 18                   | Dimensão do quadrado inclinado (112 mm)                       | 0,050           | 0,0478                           |
| 19                   | Dimensão do quadrado inclinado (112 mm)                       | 0,050           | 0,0457                           |
| 20                   | Ângulo de orientação do quadrado (15°)                        | 0,1°            | 0,0467°                          |
| 21                   | Diâmetro do círculo de topo (108 mm)                          | 0,050           | 0,0485                           |

Os resultados das medições das tolerâncias geométricas estão quase todos dentro dos limites especificados. Várias tolerâncias ficaram fora dos limites especificados, mas por uma quantidade dentro da incerteza das medições. Isto leva a concluir que a máquina de medir apresenta uma boa exatidão na sua geometria cartesiana, e bom controle de

movimentação. De fato, trata-se de uma máquina nova e com utilização bastante controlada, diferente de máquinas empregadas em uso severo na produção seriada. As dimensões lineares medidas estão bastante próximos dos valores nominais, atestando a boa exatidão de posicionamento e perpendicularidade entre os eixos da máquina-ferramenta. As tolerâncias de angularidade e perpendicularidade, todas elas aprovadas, indicam um bom estado geométrico da máquina. As condições experimentais praticadas no ensaio como a temperatura da máquina-ferramenta, seu ambiente e da peça na usinagem, bem como vibrações e desgaste de ferramenta são fatores contribuintes para os erros encontrados nas dimensões de diâmetro e comprimento. A Medição do erro de circularidade no círculo central na máquina de medir formas (figura 7), não mostrou erro de reversão significativo nos quadrantes de 0, 90, 180 e 270°. Este erro é normalmente causado por folga no sistema de acionamento de fuso de esferas, gerando uma instabilidade de movimentação a cada quadrante da máquina.



**Figura 7. Resultados das medições de circularidade em máquina de medir forma.**

Como método para o diagnóstico de aceitação da máquina-ferramenta o método se mostrou prático e efetivo mas, no entanto, é cercada de riscos a utilização dos resultados dos erros da peça para a obtenção dos erros geométricos da máquina-ferramenta que possam ser empregados no controlador CNC da máquina como fatores de correção. A dimensão da peça prevista pela norma é bastante reduzida em relação ao volume de trabalho do centro de usinagem, o que aumenta a incerteza dos resultados na peça frente ao real estado da máquina. Outros riscos são inerentes aos métodos, que envolve a geração de uma medida materializada que precisa ser medida para a obtenção dos erros geométricos da máquina. Incertezas trazidas pelos ambientes de usinagem e de medição e pela própria medição em si, trazem riscos à utilização dos resultados para correção da máquina. Neste cenário, métodos de ensaio diretos como o laser interferométrico mostram-se potencialmente mais confiáveis, tanto pela exatidão como por cobrir todo o volume de trabalho da máquina-ferramenta.

## 6. CONCLUSÕES

O planejamento e a execução dos testes de ensaio geométrico de um centro de usinagem usando o método da peça padrão usinada proposto pela norma NM-ISO 10791 se mostraram práticos e eficientes em atestar a exatidão da máquina avaliada. Os erros medidos na máquina de medir por coordenadas e na máquina de medir forma resultaram dentro das tolerâncias especificadas na norma empregada nos ensaios. Os erros de circularidade medidos na MMC e na MF permitem avaliar, além de erros geométricos de posicionamento e perpendicularidade, avaliar também erros de controle na interpolação dos eixos da máquina e erros de reversão dos acionamentos (histerese).

A destacar a grande praticidade dos testes. Uma vez prontos os programas de usinagem e de medição, todo o processo de avaliação da máquina demora cerca de 30 minutos de trabalho, a um custo bastante baixo. A peça de teste pode ser configurada para ter um sobremetal que permita a realização de diversos ciclos de teste em várias máquinas,

possibilitando a prática de testes periódicos nos sistemas de produção. Uma vez que os programas de usinagem e medição estão prontos, sua execução periódica torna-se bastante prática. A geometria e tamanho da peça podem ser modificados para melhor representar a realidade de produção da máquina testada.

No entanto, diversas são as fontes de erro que podem prejudicar a avaliação da máquina com este método. Sua grande sensibilidade à temperatura ambiente e de processo, e também aos métodos de usinagem empregados requerem um criterioso planejamento dos métodos de fabricação e medição para a garantia da confiabilidade nos resultados. Asseguradas as condições adequadas ao ensaio o método da peça padrão usinada destaca-se pela praticidade e baixo custo na avaliação de máquinas, e deveria ser mais praticado pelas empresas como meio de assegurar que seus meios de produção estejam com boa exatidão. O método mostra-se potencialmente capaz de identificar problemas operacionais da máquina ferramenta, sendo um instrumento eficiente em práticas de manutenção preditiva de máquinas, cuja prática deveria ser bem mais frequente do que ocorre atualmente em plantas de produção.

A correção dos erros da máquina CNC a partir dos resultados do ensaio é limitada pela pequena dimensão da peça comparada ao volume de trabalho típico dos centros de usinagem mais comuns, além das incertezas associadas à medição da peça. Estas limitações não torna a peça padrão usinada um método muito praticado para efetuar correções eletrônicas em máquinas-ferramenta. Métodos de ensaios diretos, como o laser interferométrico, são mais empregados para esta finalidade. A peça mostra-se sim, um método bastante eficiente para a aceitação de máquinas novas e diagnóstico de máquinas usadas.

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] Sousa, A. R.; Schneider, Carlos Alberto. “Uma técnica alternativa para o ensaio geométrico de Centros de Usinagem”. In: CONEM - Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2000, Natal - RN. CONEM - Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. Natal - RN: UFRN, 2000.
- [2] Eckhardt, M.; Ribeiro, L. F. M. ; Schwingel, F. P. ; Pellin, A. ; Sackser, G. ; Duarte, L. C. S. . “Avaliação Geométrica de Máquinas-Ferramentas CNC Através do Método de Padrões Corporificados”. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 2007, São Paulo. COBEF 2007. São Paulo: EPUSP, 2007. v. 1. p. 1-6
- [3] Sousa, Romualdo Figueiredo de. “Desenvolvimento de uma metodologia para determinação e análise dos deslocamentos térmicos de máquinas-ferramenta usando métodos dos elementos finitos e redes neurais artificiais”; tese Doutorado UFPB/CT; João Pessoa, 2013;
- [4] Hespanholo N. Claudia. “Estudo de erro de posicionamento do eixo X em função da temperatura de um centro de usinagem”; tese de Doutorado; Escola de Engenharia de São Carlos, SP. 2015;
- [5] Associação Brasileira De Normas Técnicas. “NBR NM ISO 230-1”: Código de ensaio de máquinas-ferramenta Parte: 1 Exatidão geométrica de máquinas-ferramenta operando sem carga ou em condições de acabamento. Rio de Janeiro: Abnt, 1999. 83 p.
- [6] Sousa, André Roberto de. “Padrões Corporificados e a Tecnologia de Medição por Coordenadas”: Inovando a Qualificação Geométrica de Centros de Usinagem. 2000. Tese Doutorado; Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. 209 p.
- [7] Associação Brasileira De Normas Técnicas. “NBR NM ISO 10791-7”: Condições de Ensaio Para Centro de Usinagem Parte: 7 Exatidão de peça teste acabada. Rio de Janeiro: Abnt, 1999. 10 p.
- [8] Romi SA. “Centros de Usinagem Verticais”: Linha Romi D. Santa Bárbara d'Oeste, SP: Romi, 2015. 12p.  
Disponível em : <[http://www.romi.com/wp-content/uploads/2015/11/ds\\_romi\\_d\\_po\\_aq\\_final\\_bx.pdf](http://www.romi.com/wp-content/uploads/2015/11/ds_romi_d_po_aq_final_bx.pdf)> Acesso em: 25 nov.2016
- [9] LK Limited. “Mechanical Manitenence Manual for the LK G-80C MMC” - Manual de Referência n°MM C-G-80C\_M2\_01- Isue 01 may 1990.
- [10] Mitutoyo Sul Americana. “Medidor de Circularidade e Cilindricidade”: Roundtest. São Paulo: Mitutoyo, 2014. 4p.  
Disponível em:<<http://www.mitutoyo.com.br/novosite/download/02folhetos/03%20Forma/RA1600.pdf>> Acesso em:25 nov. 2016.

## DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.



## EVALUATION OF ACCURACY OF A MACHINING CENTER BY DYNAMIC TEST OF MACHINED WORKPIECE

André Roberto de Sousa, [asousa@ifsc.edu.br](mailto:asousa@ifsc.edu.br)<sup>1</sup>  
Gabriel Costa Sousa, [gabrielcosta@ifsc.edu.br](mailto:gabrielcosta@ifsc.edu.br)<sup>1</sup>  
Fabio Enrique Moreira Rodriguez, [coopmicro@gmail.com](mailto:coopmicro@gmail.com)<sup>1</sup>  
Gabriel Feiten, [gabriel.feiten@ifsc.edu.br](mailto:gabriel.feiten@ifsc.edu.br)<sup>1</sup>  
Zair Fernandes Abrão, [zair.abrao@gmail.com](mailto:zair.abrao@gmail.com)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Santa Catarina. Av. Mauro Ramos, 950. 88020-300, Florianópolis, SC.

**Abstract:** *The geometric errors of the machine tools are transferred directly to the machined pieces, affecting their accuracy and process productivity. To overcome this problem, geometric tests should be undertaken frequently on the machine and, with the information obtained about its accuracy, the machine user could promote some preventive and corrective actions in order to assure the dimensional accuracy of the machined pieces. There are several possible methods of use for these tests, such as instruments and dimensional patterns or laser interferometer, which evaluate the machine in static or quasi-static mode. The present article will employ a standard part machined to evaluate the errors of a CNC machining center. The procedures used in the machining and measurement of the part, as well as the analysis of the results are detailed and discussed in this article.*

The authors are the only responsible for the content of the printed material presented in this work.