

PROGRAMA DE FORMAÇÃO AVANÇADA PARA METROLOGISTAS ENVOLVIDOS COM A ÁREA DE MEDIÇÃO POR COORDENADAS

*André Roberto de Sousa*¹, *Ricardo González*²

¹ CEFET/SC – Laboratório de Metrologia, Florianópolis, Brasil, asouza@cefetsc.edu.br

² Mitutoyo Sul Americana, São Paulo – SP, Brasil, ricardogonzalez@mitutoyo.com.br

Resumo: A medição por coordenadas apresenta necessidades de formação bastante específicas da própria tecnologia, e a ausência de uma formação adequada provoca um sub-aproveitamento das potencialidades da tecnologia e potencializa a ocorrência de problemas na sua utilização. Este artigo apresenta os resultados do Programa de Formação Avançada de Metrologistas 3D – FORMA3D. Criado em 2004 por profissionais acadêmicos e da indústria no Brasil para qualificar profissionais que atuam na área de medição por coordenadas, o programa já qualificou e certificou mais de 300 profissionais no Brasil e também no México, sendo hoje um dos maiores programas de educação continuada em metrologia no Brasil.

Palavras chave: Educação e Treinamento, Formação metrológica, Medição por coordenadas.

1. A RÁPIDA DISSEMINAÇÃO DA MEDIÇÃO POR COORDENADAS NA MANUFATURA ATUAL

A Tecnologia de Medição por Coordenadas (Medição 3D) é o recurso mais poderoso que a indústria possui para o desenvolvimento dimensional de produtos, controle dimensional de peças e melhoria da capacidade de processos.

Por causa das suas enormes potencialidades geométricas, boa exatidão, flexibilidade e automatização, a Medição 3D tem sido cada vez mais necessária nas diversas cadeias produtivas. Nesse contexto, ela é largamente utilizada nas etapas de desenvolvimento do produto, de desenvolvimento dos processos e no controle de processos seriados [1].

Na etapa de desenvolvimento do produto, a Medição 3D é empregada em tarefas como (Fig. 1):

- Digitalização de modelos
- Análise de protótipos
- Investigação de problemas
- Certificação de peças compradas



Fig. 1. Medições no desenvolvimento do produto [1]

Já na fase de desenvolvimento dos processos seriados, a Medição é utilizada em atividades como (Fig. 2):

- Aprovação de ferramental
- Aprovação de dispositivos
- Análise de primeiras amostras
- Ajuste e liberação de Processos

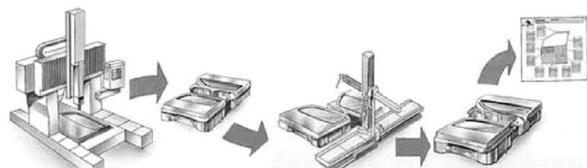


Fig. 2. Aprovação dimensional de ferramental [1]

Ao final do ciclo produtivo, já na fase de produção seriada (Fig. 3), a Medição 3D é peça chave para avaliar capacidade de máquinas, manter os processos sob controle, evitar refugos, retrabalhos e perdas de qualidade dimensional dos componentes e montagens.

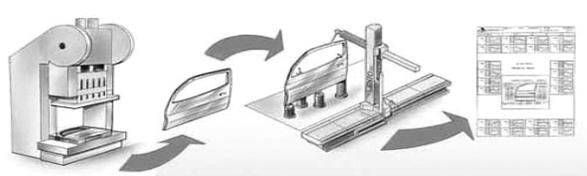


Fig. 3. Controle de Processos Seriados [1]

Em todas estas medições a confiabilidade dos resultados é uma necessidade básica para a eficiência dos processos.

Dada essa presença e importância, nos últimos 20 anos a medição por coordenadas cresceu de forma muito acentuada no Brasil e atualmente estima-se que mais de 5000 máquinas de medir por coordenadas estejam em operação, notadamente na cadeia produtiva da indústria automobilística.

Durante esse processo de rápida disseminação da tecnologia, alguns mitos acabaram de certa forma se consolidando no mercado, dentre eles:

- A incerteza de medição por coordenadas é sempre muito pequena e adequada para qualquer tipo de peça;
- A aquisição da máquina é o único investimento necessário para utilizar a tecnologia;
- O operador não possui nenhuma influência sobre os resultados, pois a medição é automatizada;
- O treinamento na operação de hardware e software da máquina é suficiente para o metrologista desempenhar bem sua função.

Esses dois últimos mitos acabaram revelando-se especialmente problemáticos, pois os profissionais que atuam na medição por coordenadas ressentem-se de uma formação mais especializada do que outras áreas da metrologia dimensional. Pelo próprio caráter da tecnologia, e de sua grande importância na indústria, há uma necessidade de qualificação mais avançada.

A rápida disseminação da tecnologia acabou, assim, gerando uma carência de formação metrológica dos profissionais que atuam na área.

2. NECESSIDADE DE PESSOAL QUALIFICADO NA ÁREA DE MEDIÇÃO POR COORDENADAS

Em qualquer processo de medição, utilizando qualquer tipo de instrumentação, o operador é elemento fundamental para que se tenham resultados confiáveis. O pessoal empregado nas operações de medição deve ser competente, adequadamente qualificado e bem informado sobre todo o processo em que a medição está inserida [2]. Pessoas competentes e bem treinadas, que entendem os princípios envolvidos na medição, não só medem com maior eficiência e exatidão, mas também tendem a ser mais motivadas e aceitar mais facilmente a responsabilidade para desafios que levem à qualidade e confiabilidade nas medições.

Na medição por coordenadas a exigência de qualificação dos profissionais é mais ampla do que em outros tipos de medição, em função de certas características da própria medição 3D, como:

- Medição essencialmente matemática;
- Equipamentos bastante sofisticados;
- Operação informatizada e automatizada;
- Intensa integração com outras áreas da empresa;
- Geometrias complexas e tolerâncias precisas;
- Especificações em desenhos mais complexos;
- Tarefas de medição mais complicadas;
- Dentre outras.

Além disso, do Metrologista 3D exige-se a atuação não somente na operação da máquina, mas em uma série de atividades envolvidas no processo de controle de qualidade, como análise de tolerâncias, engenharia da qualidade, etc.

Para atuar na área de medição por coordenadas a capacitação recebida pelos profissionais tem se limitado ao treinamento na operação do hardware e software da máquina, fornecido pelo fabricante do equipamento. Essa formação é necessária, mas não é suficiente para que o profissional execute suas tarefas com confiabilidade metrológica. Adicionalmente a esta capacitação operacional é indispensável uma **formação metrológica** do profissional em aspectos fundamentais para a garantia da confiabilidade dos resultados de medição (Fig. 4).

FORMAÇÃO OPERACIONAL

Habilidade na operação da Máquina e do Software de medição.



FORMAÇÃO METROLÓGICA

Conhecimentos, Habilidades e Atitudes para a garantia da confiabilidade metrológica dos resultados.



Fig. 4. Formação operacional e Formação metrológica

No entanto, o panorama no Brasil e em boa parte do mundo é diferente dessa meta. A disseminação muito rápida da tecnologia de medição por coordenadas não foi acompanhada pela oferta de programas de formação em metrologia voltados à medição por coordenadas.

Com isso, a formação tem ocorrido quase que exclusivamente na operação do equipamento, potencializando situações como as relatadas abaixo por supervisores de sala de medidas 3D de empresas nacionais:

“A falta de qualificação metrológica do pessoal técnico da medição 3D tornou-se um dos mais sérios problemas observados na maioria das salas de medidas. Mesmo os bons funcionários, que possuem uma ótima reputação profissional dentro das salas de medidas, geram informações erradas sem a menor desconfiança disso”.

“Os operadores sabem muito bem como operar a máquina e o software, mas desconhecem cuidados e fatores de influência básicos sobre a medição, gerando resultados errados sem nenhuma desconfiança sobre isso.”

Para que uma medição seja confiável os recursos humanos são os elementos mais importantes do processo de medição. A norma ISO/TS16949 [3] traz em seu documento

a recomendação de que “o pessoal que executa atividades que afetam a qualidade do produto deve ser competente com base de educação, treinamento, habilidade e experiência apropriadas”. Na medição 3D essa é uma exigência.

3. O PROGRAMA FORMA3D

Motivado pela necessidade de formação metrológica do pessoal técnico que trabalha com a medição por coordenadas no Brasil, um grupo composto por especialistas acadêmicos e da indústria idealizou, estruturou e produziu um programa de formação metrológica independente e específico para a área de medição 3D, o FORMA3D [4] – Programa de Formação Avançada em Metrologia 3D.

O FORMA3D é um programa de treinamento independente e generalista, focado em todos os **conhecimentos, habilidades e atitudes** necessárias para que o pessoal técnico que atua direta ou indiretamente com a medição por coordenadas possa desempenhar, com eficiência e confiabilidade, as suas atividades.

O seu objetivo principal consiste em oferecer uma capacitação técnica ampla para os profissionais envolvidos com a Medição 3D na Indústria Brasileira, independente do tipo ou marca de equipamento de medição empregado.

Na sua idealização procurou-se delinear um conceito de treinamento que fosse acessível a todos, independente de tipo de equipamento utilizado, e que contemplasse os perfis de profissionais que atuam com a Medição 3D na indústria. O programa é composto por 3 níveis crescentes de especialização nos quais os profissionais são qualificados em aspectos fundamentais e avançados para a construção de sua competência metrológica (Fig. 5).



Fig. 5 – Estrutura do FORMA3D

A estrutura curricular do programa foi construída a partir de pesquisa junto a empresas e supervisores de metrologia de empresas nacionais. Essas pesquisas revelaram uma necessidade de formação de pessoal e permitiu identificar os perfis de profissionais no mercado e as principais competências técnicas e comportamentais necessárias para o Metrologista 3D desempenhar suas atividades com eficiência e confiabilidade.

Os perfis e suas competências foram então agrupadas por em cada nível do curso resultando na estrutura curricular mostrada na figura 5. Para cada perfil se identificou as competências listadas nas tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1: Competências do Módulo 1

Metrologista 3D Nível C - Competências
<ul style="list-style-type: none"> Entender a metrologia industrial inserida na garantia da qualidade da produção seriada. Conhecer os princípios funcionais da tecnologia de medição por coordenadas, de todos os sub-sistemas de hardware e software da máquina de medir. Conhecer as fontes de erro presentes em uma medição 3D e saber aplicar estratégias para proteger a medição da influência de erros Saber estimar e corrigir erros de medição Saber como planejar uma medição confiável e como validar um procedimento de medição Conhecer e saber aplicar estratégias para evitar colisões e procedimentos para maximizar a vida útil dos componentes da máquina de medir Saber avaliar a incerteza de medição de um procedimento de medição 3D e se esta incerteza de medição está adequada frente à tolerância do produto Conhecer e saber aplicar métodos para verificar a exatidão da máquina de medir ao longo do tempo Zelar pela conservação da máquina de medir por coordenadas e do ambiente de medição Desenvolver uma atitude pessoal criteriosa quanto aos cuidados que devem cercar uma medição 3D

Tabela 2: Competências do Módulo 2

Metrologista 3D Nível B - Competências
<ul style="list-style-type: none"> Conhecer de forma ampla o processo de gerenciamento dimensional de um produto Reconhecer a importância estratégica da uma correta especificação geométrica do produto Conhecer as normas e definições sobre tolerâncias dimensionais e geométricas: ABNT6158 e 6173, ASME Y 14.5 M, ISO1101, dentre outras. Entender plenamente a especificação geométrica de produtos colocada nos desenhos de engenharia Identificar erros e inconsistências de cotação nos desenhos Conhecer as particularidades da aplicação da Medição 3D para o controle de tolerâncias GD&T Definir estratégias de medição 3D para qualquer tipo de tolerância GD&T: forma, posição, orientação e batimento Conhecer recursos e limitações do software de medição 3D para o cálculo de tolerâncias 3D Saber avaliar a incerteza de medição 3D de tolerâncias GD&T Saber validar um processo de medição 3D para uma tolerância GD&T

- Saber construir um programa de medição CNC de forma estruturada
- Conhecer e saber usar funções lógicas e estruturas de repetição em um programa CNC
- Elaborar um programa de medição CNC seguro contra colisões
- Conhecer métodos para gerenciamento, controle de uso e atualização de programas CNC

Tabela 3: Competências do Módulo 1

Metrologista 3D Nível A - Competências
<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer as causas de erros na máquina de medir 3D • Saber analisar a influência dos erros da máquina de medir sobre a medição de tolerâncias GD&T • Conhecer formas de garantir a rastreabilidade de um resultado de medição 3D • Conhecer as principais normas nacionais de ensaios de máquinas de medir 3D • Conhecer e saber aplicar a norma ISO10360 para avaliar a exatidão de máquinas de medir 3D • Conhecer estratégias para monitorar o comportamento geométrico da máquina de medir 3D • Saber estabelecer e aplicar um procedimento para verificar periodicamente a exatidão da máquina • Conhecer os procedimentos contidos no guia MSA 3a edição para Análise de Sistemas de Medição • Saber analisar a tendência, estabilidade e linearidade de um processo de medição 3D • Saber realizar estudos de R&R em processos de Medição 3D • Saber conduzir um estudo de MSA para analisar um processo de Medição 3D • Utilizar adequadamente recursos computacionais em um estudo de MSA

A partir da definição e agrupamento destas competências foram desenvolvidos os conteúdos de cada módulo, os materiais didáticos impressos e eletrônicos, bem como delineada toda a estratégia didática a ser praticada nos cursos, incluindo as atividades práticas e o desenvolvimento de kits didáticos para aulas teóricas e práticas.

No total do FORMA3D foram desenvolvidas 03 apostilas com cerca de 1100 páginas de material técnico inédito, cerca de 60 planilhas e materiais didáticos em formato eletrônico e 18 kits didáticos (Fig. 6).

A Metodologia inclui para cada nível cerca de 40 horas de curso, entre aulas teóricas e práticas em sala de medidas (Fig. 7). As práticas são destinadas a praticar conceitos estudados, a demonstrar fenômenos que ocorrem durante as medições, a demonstrar o funcionamento dos sub-sistemas de hardware e software da máquina de medir, e a tirar dúvidas dos participantes em relação a temas específicos da medição por coordenadas.

Ao longo do curso os participantes são avaliados e, ao final de cada módulo, aqueles que demonstrarem proficiência nas competências do módulo são certificados e ficam aptos a cursar o módulo seguinte.

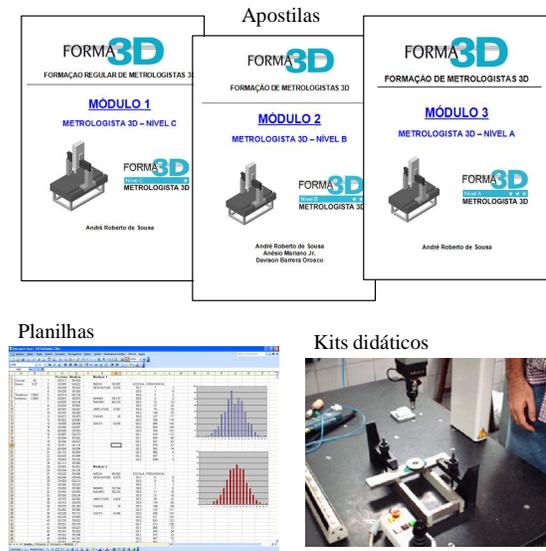


Fig. 6. Recursos didáticos desenvolvidos



Fig. 7. Metodologia teórico-prática do Programa FORMA3D

4. RESULTADOS PARCIAIS

O programa FORMA3D foi iniciado em 2004 e, portanto, está no seu 5º ano. Ao longo desse período foram formados mais de 300 metrologistas no Brasil e também no México, onde o programa foi realizado em 2006. Mais de 70 empresas e instituições possuem metrologistas 3D certificados pelo FORMA3D, que se configura como um dos maiores programas de educação continuada em metrologia no Brasil, inclusive com alcance internacional.

A figura 8 mostra algumas dessas turmas, realizadas de forma aberta e *in-company*.



Fig. 8. Imagens de turmas e cursos no Brasil e no México

As figuras 9 e 10 trazem resultados quantitativos do FORMA3D, em relação ao número de turmas e ao número de participantes ao longo dos 05 anos de realização do curso.

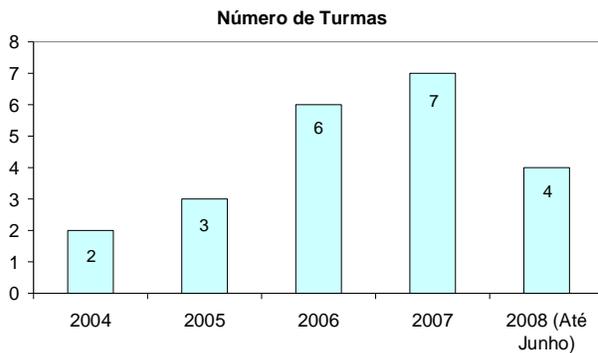


Fig. 9. Histórico de turmas do FORMA3D

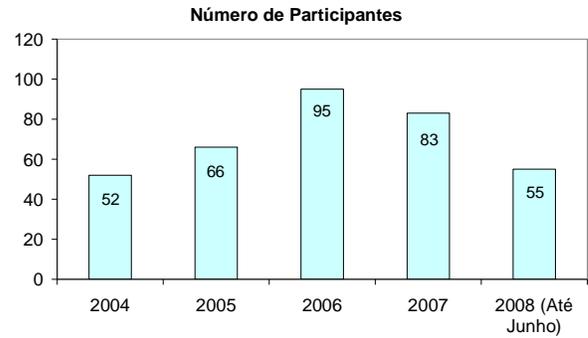


Fig. 10. Número de Metrologistas Formados pelo FORMA3D

A figura 11 traz o perfil dos participantes certificados pelo FORMA3D até o Junho de 2008.

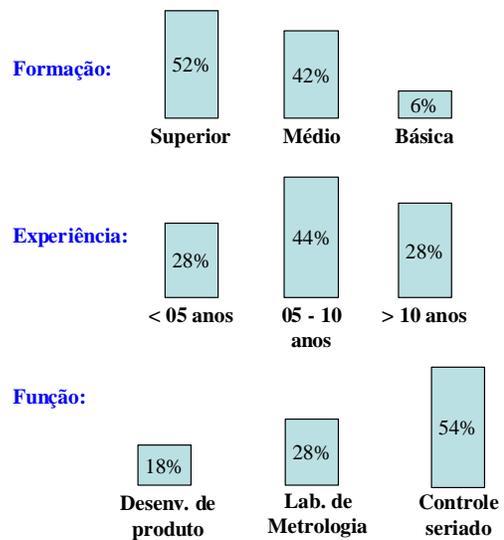


Fig. 11. Perfil dos Metrologistas certificados pelo FORMA3D (Dados de Junho de 2008)

A figura 12 mostra a distribuição dos participantes pelo tipo de tecnologia de medição por coordenadas utilizada, indicando a independência do FORMA3D do tipo ou marca de máquina de medir.

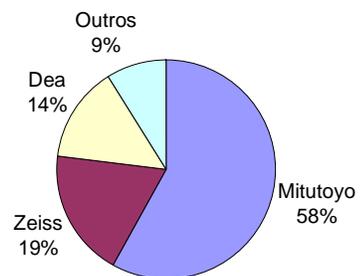


Fig. 12. Distribuição dos participantes quanto à tecnologia de medição utilizada na empresa

A tabela 4 mostra a relação das empresas e instituições com metrologistas certificados pelo FORMA3D.

Tabela 4: Participantes do FORMA3D

Actaris	Embraer	Pecval	Soriani
Altona	Estil	PETROBRÁS	Teksid
Arim	FEI	Peugeot-Citröen	Trans Tech
Arvin Meritor	FE Fundação	Pilkington	Troller/Ford
Axe	FIAT PWT	Rempel	TRW
Benteler	Grauna Aer.	Renishaw	Tupy
Bitzer	Honda	Rolls-Royce	Turbomeca
BlackandDecker	Injetak	Romi	UFC
CEFET/RN	IVECO-FIAT	PUC-Rio	UFPE
CENAM-Méx	Knorr-Bremse	Saintgobain	UFRN
Cidesi - Méx	Kobo	Sandvik	Unipac
Continental Aut.	Kostal	Senai - AM	Usiminas
CMM – Méx	Luk	Senai - CE	Valeo – Méx
Confab	Mahle	Senai - RJ	Vibracoustic
Cummins	Métrica - Méx	Senai - SP	Volkswagen
DaimlerChrysler	Mitsubishi Mot.	Sew	Wayne
Dana	Mitutoyo Brasil	Shaeffler	Wibra
Durametal	Mitutoyo Méx	Siadrex	Soriani
Edag	Musashi	SLN	Teksid

Em relação à avaliação qualitativa dos cursos, a figura 13 mostra o resultado da avaliação realizada ao final de cada turma pelos próprios participantes. Os resultados mostrados são a média da avaliação de cada participante na turma.

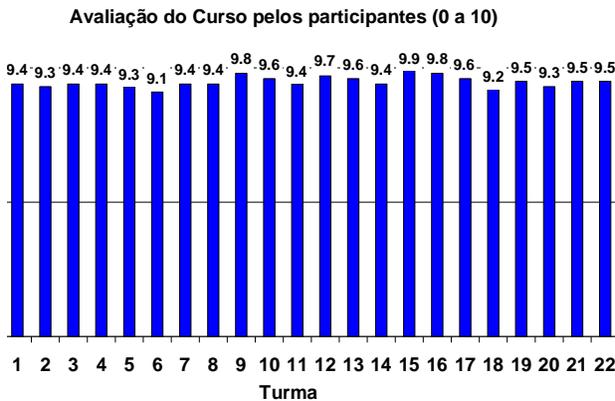


Fig. 13. Histórico da avaliação de satisfação das turmas do FORMA3D

5. CONCLUSÕES

Nenhum produto ou processo pode ser aperfeiçoado antes que seja conhecido de forma confiável através de uma medição e, neste sentido, a confiabilidade da medição é condição básica para a melhoria contínua. Para que uma medição seja confiável os recursos humanos são os elementos mais importantes do processo de medição.

Pessoas bem qualificadas, que entendem os princípios e fenômenos que ocorrem durante uma medição, não só medem com maior exatidão, mas também são mais

motivadas e comprometidas para realizar ações que levem à melhoria de produtos e processos. Neste contexto, a qualificação dos recursos humanos envolvidos nas tarefas de medição tem que ser uma preocupação permanente para quem zela pela qualidade e excelência daquilo que produz.

Este trabalho apresentou os resultados parciais do Programa FORMA3D, uma iniciativa 100% Brasileira com o objetivo de oferecer uma capacitação metrológica em nível avançado para os profissionais que atuam na medição por coordenadas.

Iniciado em 2004 o FORMA3D é atualmente um dos maiores programas de educação continuada em Metrologia no Brasil, com alcance no México. A demanda por este tipo de qualificação vem crescendo ao longo do tempo, confirmando a importância deste tipo de formação e a carência existente no Brasil.

O alto índice de satisfação manifestado pelos participantes do FORMA3D qualifica o programa para continuar sua missão de construir competência em medição por coordenadas no Brasil, como o faz há 05 anos.

AGRADECIMENTOS

A todos que acreditaram ser possível construir um programa de formação avançada em Metrologia 3D no Brasil, que incentivaram e incentivam esta iniciativa.

Ana Lúcia Campanelli – Mitutoyo Sul Americana
 Anésio Mariano Jr. – Mercedes-Benz do Brasil
 Custódio Vaz – Mitutoyo Sul Americana
 Daniel Carlos da Silva – Embraer S.A.
 Davison Barrera Orosco – Volkswagen do Brasil
 Enrico Nania – Renishaw do Brasil
 José Nunes – Volkswagen do Brasil
 Lourenço Giammusso – Rohm do Brasil
 Marco Aurélio Bueno – Mitutoyo Sul Americana
 Sérgio Conejero – Mitutoyo Sul Americana
 Silvio Maurício de Souza – Cummins do Brasil

REFERÊNCIAS

- [1] Manganelli, M. Multifunction CMM systems speed up the design of free surface car bodies. Publicação da empresa Brown and Sharpe, Vol. 5-1, 1998.
- [2] Sousa, A.; Mariano, A.; Viana, C.; Orosco, D. A importância e necessidade da Formação de Metrologistas especializados em medição tridimensional na indústria nacional. Enqualab – Encontro para a Qualidade de Laboratórios, 2005.
- [3] ISO/TS 16949:2002 Quality management systems -- Particular requirements for the application of ISO 9001:2000 for automotive production and relevant service part organizations
- [4] Sousa, A.; Gonzales, R.; Conejero, S. FORMA3D – an educational program for the qualification of technical person involved with coordinate metrology in brazil. XVIII Imeko World Congress, 2006.