

Recomendações para uma Utilização Eficiente e Confiável da Medição por Coordenadas

Os altos investimentos necessários para a utilização da tecnologia de medição por coordenadas nem sempre asseguram o retorno esperado pelas empresas. Erros cometidos na especificação, instalação e utilização dessa tecnologia podem não só provocar um baixo retorno do investimento mas, em certos casos, até provocar piora na eficiência e confiabilidade das medições para controle de qualidade, com conseqüências diretas na conformidade dimensional das peças. A negligência dos cuidados básicos descritos neste artigo tem sido observada pela Fundação CERTI com bastante freqüência no mercado nacional, e é a principal causa de problemas na utilização da tecnologia de medição por coordenadas na Indústria.

André Roberto de Sousa¹; Carlos Alberto Schneider²; Gláucio Andrey Maas³

OS DESAFIOS: A TECNOLOGIA É PODEROSA MAS PERIGOSA

As maiores exigências de precisão dimensional de componentes e produtos acabados, aliado à crescente informatização dos sistemas de produção, têm impulsionado fortemente a procura por máquinas de medir por coordenadas no Brasil, a ponto de as vendas terem aumentado mais de 20 % no ano de 1999, em que a produção industrial ficou estagnada [1]. A boa exatidão e o elevado grau de automatização das máquinas, aliada à flexibilidade para adaptar-se rapidamente a diferentes tipos de medições, têm sido relatadas pelos usuários como as principais razões para a procura por um equipamento desses, apesar do custo de aquisição ser alto.

No entanto, não são poucas as situações em que o investimento na tecnologia de medição tridimensional deixou a desejar, seja por falta de recursos dos equipamentos para atender as necessidades de medição da empresa ou, mais grave, porque o nível de exatidão nas medições não atende as exigências de precisão das peças, levando a erros de classificação, como mostra a figura 1.

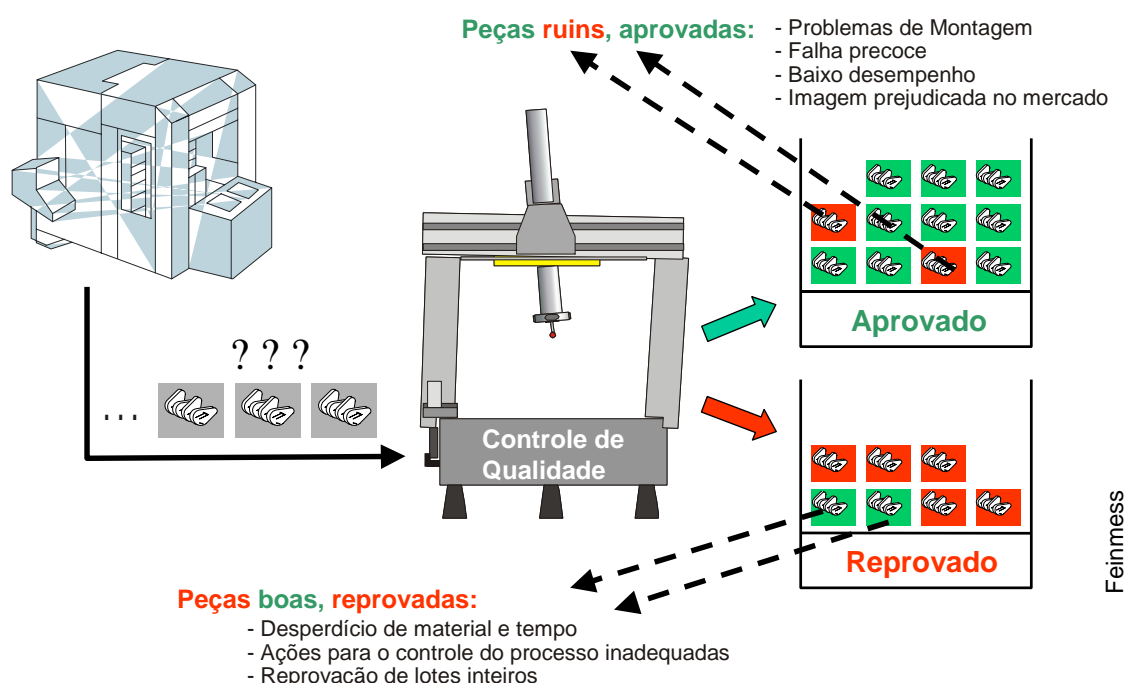


Figura 1 – Conseqüências dos Erros de medição em operações de Controle de Qualidade

¹ Professor de Metrologia da Gerência de Mecânica do CEFET-SC.

² Professor do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC. Superintendente Geral da Fundação CERTI.

³ Mestre em Metrologia pelo Curso de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial – Pós MCI – UFSC.

A complexidade na utilização da tecnologia é bem maior do que as tecnologias de medição convencionais que as empresas estavam acostumadas a lidar. A desconsideração de aspectos importantes, que vão da especificação do equipamento, passam pela preparação do ambiente até a utilização propriamente dita da tecnologia, podem acarretar sérios prejuízos. Para evitar problemas como esse, a utilização eficiente da tecnologia de medição tridimensional requer atenção a uma série de aspectos:

a) A seleção do Tipo de Máquina adequado

O custo de aquisição de uma máquina de medir é considerável, e requer adaptações significativas na empresa. Ao optar pela aquisição dessa tecnologia, deve-se empregar toda a atenção na análise técnica e econômica de uma série de aspectos, para que a especificação seja feita com um máximo de certeza (figura 2).[2]

As máquinas de medir devem apresentar configuração adequada para com as peças a controlar para, por exemplo, possibilitar uma fácil colocação e retirada das peças em seu volume de medição. A escolha do equipamento deve considerar, ainda os aspectos técnicos:

- Incerteza de medição compatível com as tolerâncias dimensionais das peças a serem medidas;
- Faixa de medição suficiente para medir as peças e velocidade de deslocamento dos eixos;
- Recursos complementares para dar flexibilidade, para adaptar-se rapidamente às diferentes medições;
- Software com recursos para a medição dos elementos geométricos necessários e possibilidades de programação virtual off-line e comparação de dados com superfícies do modelo CAD;
- Grau de automatização (Manual ou CNC) compatível com o as medições (Peça única ou seriada);
- Robustez operacional para operar no ambiente especificado para a máquina.

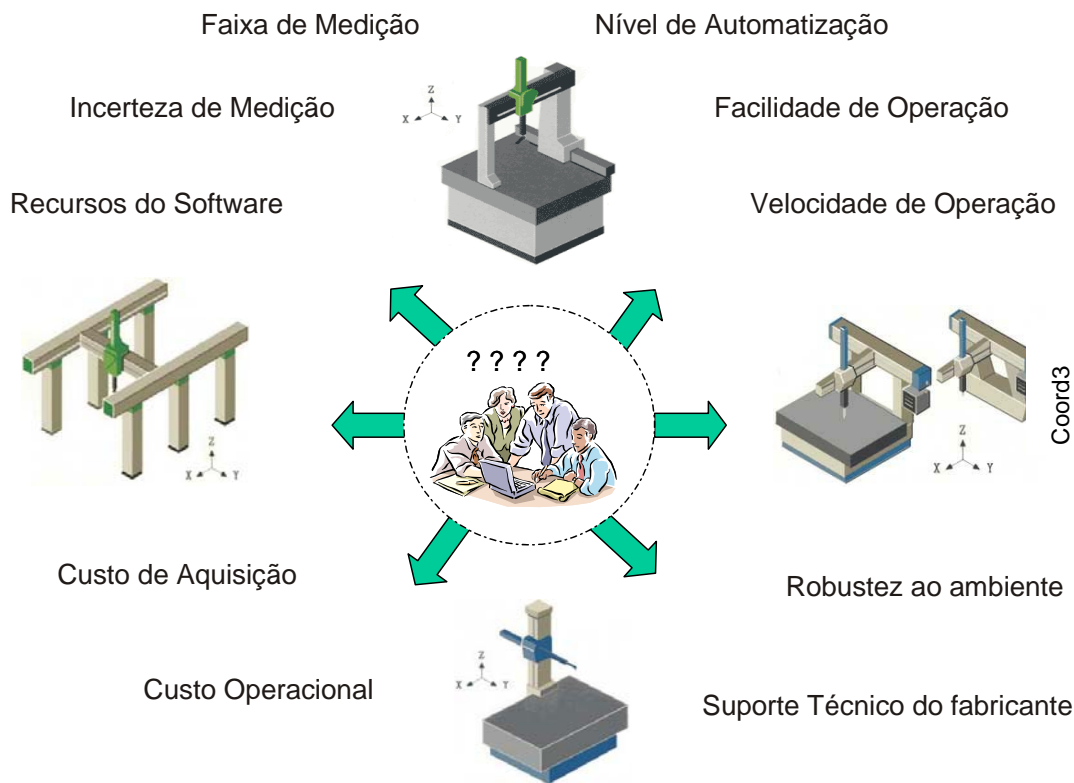


Figura 2 - Fatores de importância na especificação da máquina de medir

Como a análise desses fatores não é simples, não são raros os casos em que empresas adquiriram máquinas de medir que se mostraram ineficientes porque o software de medição é limitado, ou porque a máquina não apresenta uma boa área de acesso para a colocação e retirada da peça, ou porque o grau de automatização do equipamento não é adequado para com a operação de controle de qualidade, ou ainda porque a sua exatidão é inadequada frente às tolerâncias das peças a controlar. Toda a atenção deve ser destinada na etapa de especificação do sistema. Os custos de uma análise criteriosa e metodológica são inexpressivos frente aos

prejuízos decorrentes de uma especificação mal feita, ou ao ganho que uma Máquina de Medir por Coordenadas pode trazer. A contratação de consultorias independentes especialistas para orientar essa etapa tem sido buscada por muitos usuários, como forma de evitar surpresas desagradáveis.

b) As surpreendentes influências do Ambiente de Operação

A especificação da máquina de medir não pode estar desvinculada da adequação do ambiente de medição em que irá operar. Para qualquer que seja o tipo de máquina, de laboratório ou chão de fábrica, é fundamental que as condições de temperatura estejam adequadamente controladas no ambiente de medição. A incerteza que os fabricantes especificam para os seus equipamentos é atingida em ambientes com temperatura estável, homogênea e próxima a 20° C.

Algumas máquinas possuem uma robustez operacional maior do que outras em relação à temperatura mas todas elas, sem distinção, necessitam de ambientes de trabalho com uma boa estabilidade térmica para que a incerteza especificada pelos fabricantes seja atendida. No entanto, esse controle térmico não pode ser feito de qualquer maneira, sob pena de prejudicar ainda mais a exatidão das medições. Infelizmente, tão frequente quanto a existência de máquinas de medir fora de ambientes climatizados, é a existência de máquinas em ambientes com climatização mal projetada.

Muitos usuários de máquinas consideram erradamente que a proteção térmica é garantida com a mera colocação da máquina de medir dentro de ambientes com ar-condicionado. Ao fazerem isso, correm o risco de cometer enganos com visto na figura 3. Na foto à direita, uma situação real, o difusor insufla ar frio diretamente sobre a coluna da máquina, que está muito próxima a uma fonte de calor, levando a incerteza de medição da máquina, especificada em $\pm 5\mu\text{m}$, para algo em torno de $\pm 15\mu\text{m}$. Um aumento de 200%.

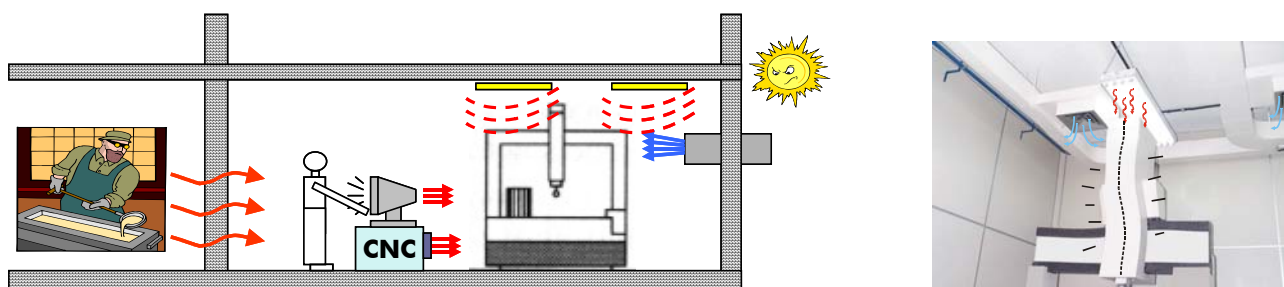


Figura 3 – Problemas de climatização aumentando a incerteza da Medição por Coordenadas

A climatização de ambientes de medição exige atenção a uma série de aspectos, como locais de insuflação de ar frio, fluxo de ar dentro do laboratório, localização da máquina e de fontes de calor, etc. A consideração adequada desses fatores não é uma tarefa elementar e a busca de apoio junto a especialistas em climatização de laboratórios de metrologia na etapa de especificação da máquina é muito importante para evitar problemas com conseqüências indesejáveis.

c) O crítico problema de Recursos Humanos experientes

Pode-se afirmar sem muita “incerteza” que o fator humano nas operações de medição por coordenadas é o principal responsável por erros de medição. Em várias situações, muito investimento é feito na aquisição dos equipamentos e adequação de ambientes e muito pouco na qualificação do operador destes sistemas. Essa suposta economia é um dos grandes equívocos na medição por coordenadas, pois um operador sem qualificação irá obter resultados de medição muitas vezes sem nenhuma confiabilidade. Parece absurdo, mas erros de até alguns milímetros são cometidos em equipamentos que possuem incerteza de $\pm 5\mu\text{m}$. Tais equívocos são mais frequentes na medição de peças com geometrias complexas, como artefatos plásticas [3].

Os fabricantes de máquinas oferecem uma **capacitação operacional** na utilização da sua máquina, recursos de medição dos softwares e outros aspectos relacionados ao uso do equipamento mas, no entanto, uma **capacitação metrológica** é normalmente desconsiderada. Nesse treinamento metrológico, o operador da máquina deveria ser

informado sobre fontes de incerteza nas medições e sobre estratégias de medição para garantir a confiabilidade metrológica dos resultados. Ao ser capacitado muito mais no aspecto **operacional** do que no aspecto **metrológico**, o usuário da tecnologia de medição por coordenadas compromete-se muito mais com a eficiência operacional do que com a confiabilidade metrológica dos resultados [3].

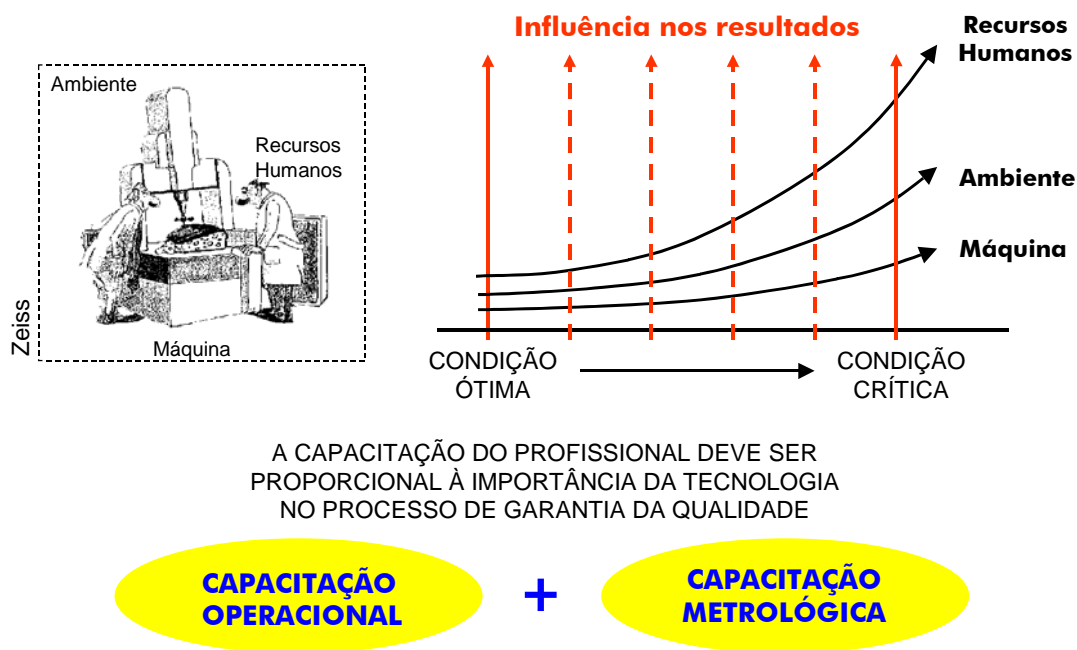


Figura 4 – Importância da Capacitação Metrológica dos Recursos Humanos

O pessoal empregado nas operações de medição deve ser competente, adequadamente qualificado operacional e metrológicamente, e bem informado sobre todo o processo de produção das peças medidas. 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. O treinamento regular do pessoal envolvido é essencial para mantê-los atualizados com os requisitos de medição demandados pelo mercado. Infelizmente, no Brasil, nem todos os fornecedores de máquinas de medir por coordenadas atendem plenamente as necessidades de treinamento de seus clientes, principalmente no que diz respeito a estratégias de medição para a garantia da confiabilidade metrológica nos resultados.

d) A complexa definição dos Procedimentos e Estratégias de Medição

Em qualquer medição, os procedimentos empregados determinam a confiabilidade dos resultados. Na medição por coordenadas, o estabelecimento de procedimentos eficientes é um desafio bem maior do que nas medições convencionais devido à maior complexidade nas operações de medição. Dependendo da estratégia de medição adotada, a incerteza dos resultados pode aumentar mais do que 1000% [4].

A definição de planos de referência para o alinhamento da peça, o número e localização de pontos a serem apalpados bem como a seqüência de medição, devem ser planejadas e executadas de forma bastante racional. A falta ou o excesso de cuidados provocará prejuízos para a empresa.

Se a medição for realizada com um nível de atenção abaixo do necessário, os resultados de medição apresentarão um alto nível de incerteza, o que levará a erros de classificação das peças. Por outro lado, um excesso de cuidado na medição elevará os tempos de medição que acabará por prejudicar o andamento do processo produtivo. Muitos procedimentos de medição super-estimam a importância de certos fatores de influência na medição,

levando a um excesso de cuidados que provoca aumento de tempo e custo nos procedimentos de medição. É importante assegurar que se empreguem procedimentos bem definidos e consistentes com normas e métodos de medição conhecidos.

Como a definição das estratégias a utilizar depende, fundamentalmente, da qualificação dos recursos humanos envolvidos, reforça-se a necessidade de capacitação. Pessoas qualificadas e competentes, atualizadas com as normas e requisitos de qualidade exigidos pelo mercado, tendem a estabelecer e padronizar procedimentos de medição mais eficientes, não só do ponto de vista puramente metrológico mas também do ponto de vista de custos.

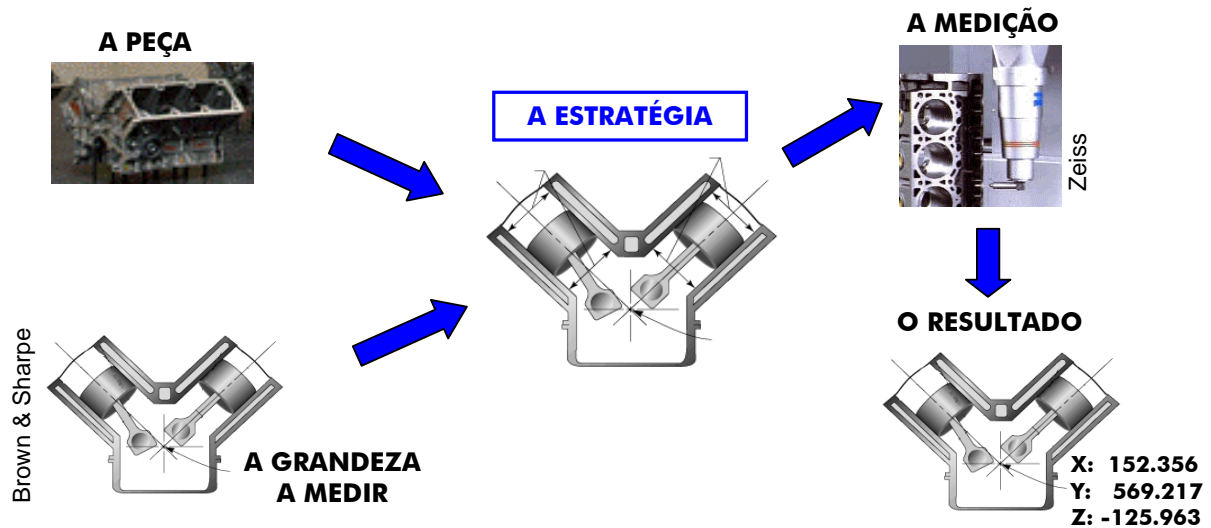


Figura 5 – A Estratégia de Medição é determinante na confiabilidade do resultado obtido

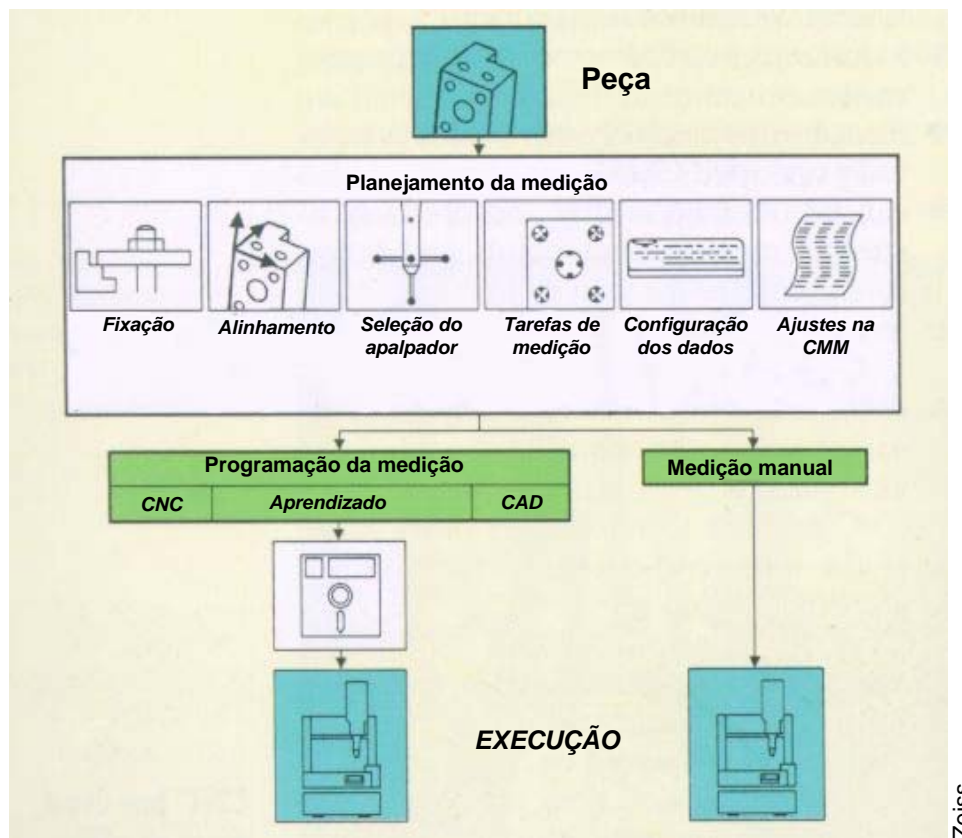


Figura 6 – Desenvolvimento do Plano de Medição

e) A necessária Calibração periódica da máquina

Muitas vezes, as especificações metrológicas do equipamento não se confirmam na prática, como pode ser observado na figura 7, em duas máquinas calibradas pela CERTI na Indústria, onde os erros estavam bem acima do especificado. Os ensaios foram realizados com um padrão escalonado medindo-se as várias posições do padrão. O software de ensaio calcula os erros de posicionamento linear da máquina ao longo de um eixo (gráficos da esquerda), e faz a combinação de todas as distâncias existentes no padrão escalonado (gráficos da direita). Pode-se observar que os erros (em vermelho) ultrapassaram em muito as especificações das máquinas (em verde).

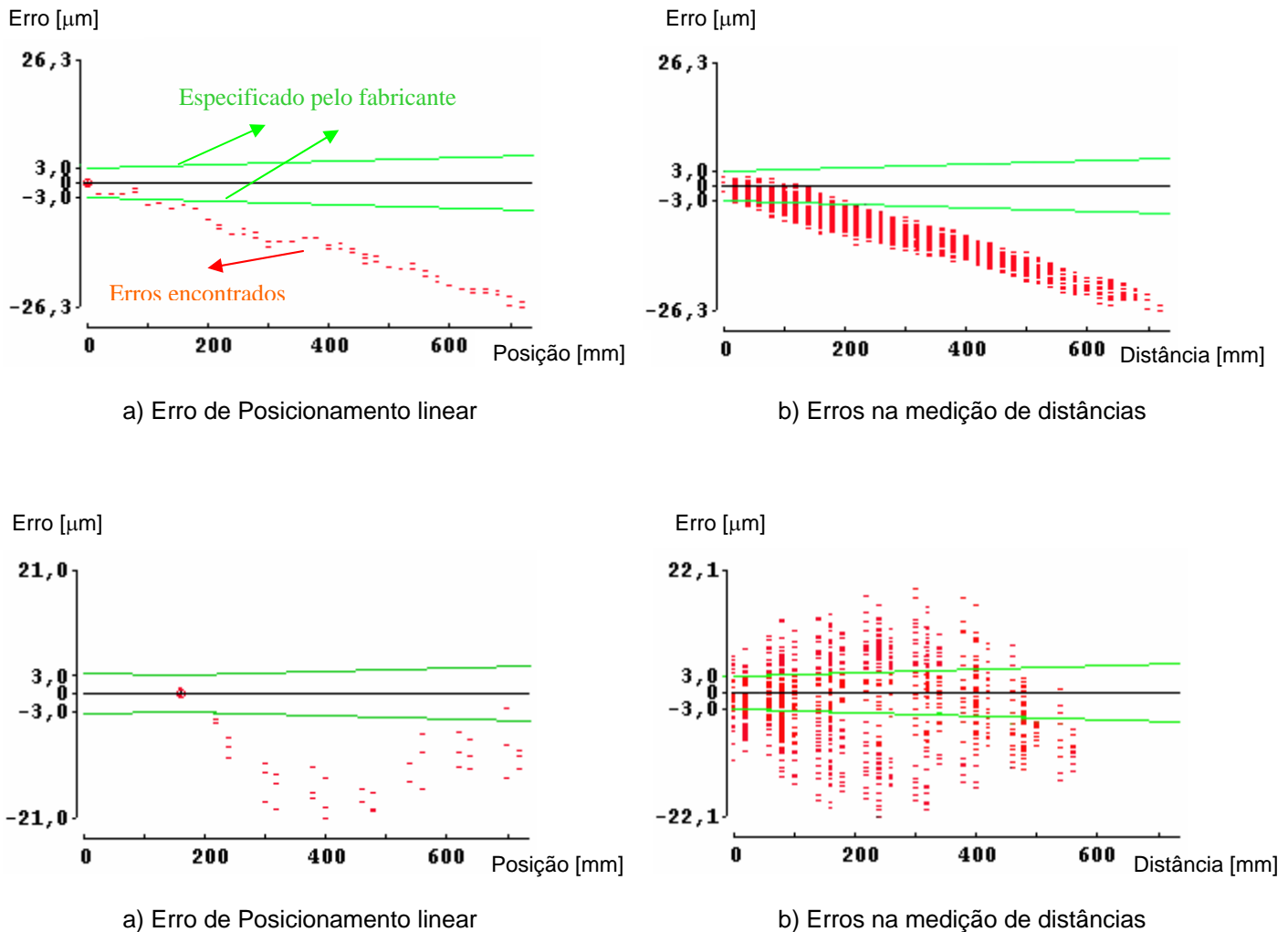


Figura 7 – Erros encontrados em Máquinas calibradas pela Fundação CERTI no mercado

A única forma de se assegurar que a máquina de medição esteja confiável é através de calibrações periódicas no próprio local de operação, normalmente através da medição de padrões com geometria calibrada e/ou comparação com um laser interferométrico.

É importante ressaltar que a calibração deve ser realizada de forma periódica, pois, mesmo que a máquina não tenha sofrido desgaste ou colisões, os materiais que a compõem sofrem mudanças estruturais micrométricas ao longo do tempo, o que provoca alterações geométricas na máquina. O prazo de calibração deve ser estimado pelo próprio usuário da máquina, observando o histórico dos resultados de calibrações anteriores. As recomendações são de que as calibrações iniciais sejam realizadas semestralmente e, desde que a máquina apresente estabilidade, esse período seja estendido gradualmente, em 6 meses, até o máximo de 2 anos.

A calibração da máquina tridimensional deve ser cercada do máximo de cuidado, sob pena de ficar, ao final do processo de ajuste, pior do que estava antes. Uma calibração confiável requer que o pessoal seja qualificado metrologicamente e independente quanto aos resultados do ensaio. Adicionalmente, os padrões empregados na operação devem estar calibrados, e os procedimentos de ensaio devem obedecer a normas aceitas internacionalmente [5].

Infelizmente, no Brasil alguns fornecedores de máquinas de medição por coordenadas ainda não dão a devida atenção à importância de uma calibração criteriosa e à complexidade envolvida nessas operações. Normalmente cabe a um técnico de manutenção a tarefa de calibrar a máquina, e nem sempre essa calibração é realizada com o devido critério metrológico. A calibração de máquinas junto aos fornecedores é necessária, pois só eles estão autorizados a fazer os ajustes no equipamento mas, para que os resultados de diversas calibrações possam ser comparados entre si, é importante que se empreguem periodicamente laboratórios independentes com competência reconhecida e credenciados na Rede Brasileira de Calibração – RBC/INMETRO – para esse ensaio. Não são poucas as situações em que calibrações realizadas por especialistas da Fundação CERTI constataram máquinas com erros bem acima do que os fornecedores da máquina indicaram em calibrações próprias.

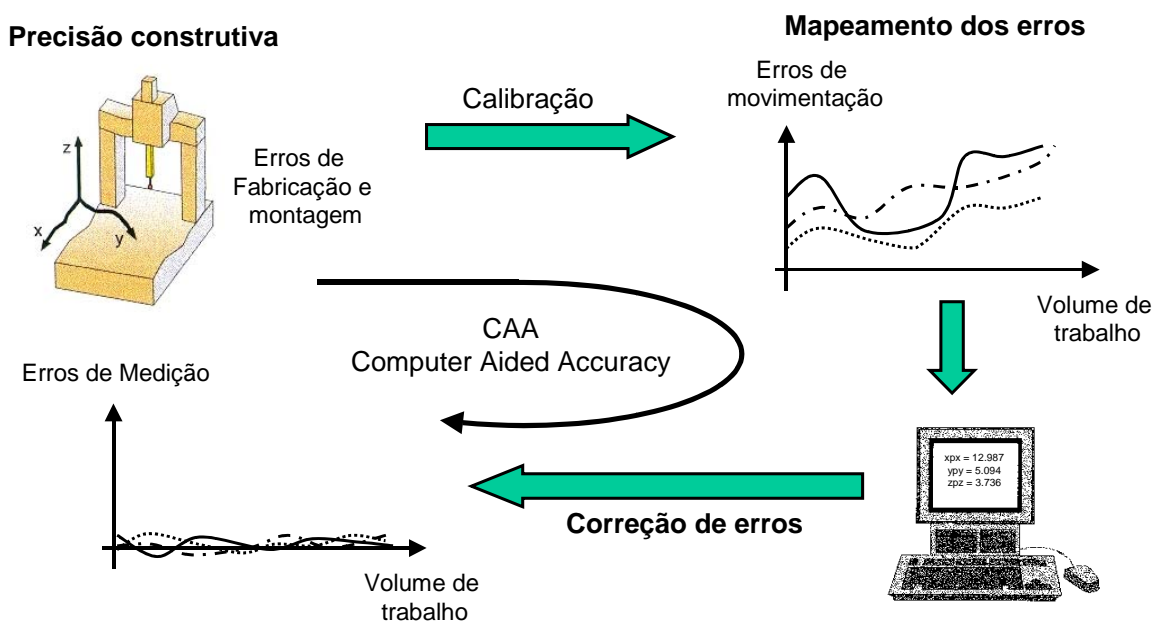


Figura 8 – Correção de erros da Máquina possibilitada pelas calibrações

Como prova da importância das Máquinas de Medir por Coordenadas para a garantia da qualidade das peças, normas de qualidade como a QS9000 recomendam que as máquinas sejam calibradas por laboratórios credenciados para essa operação. Infelizmente, no Brasil, ainda são poucos os laboratórios credenciados na RBC-INMETRO para a calibração de Máquinas de Medir por Coordenadas.

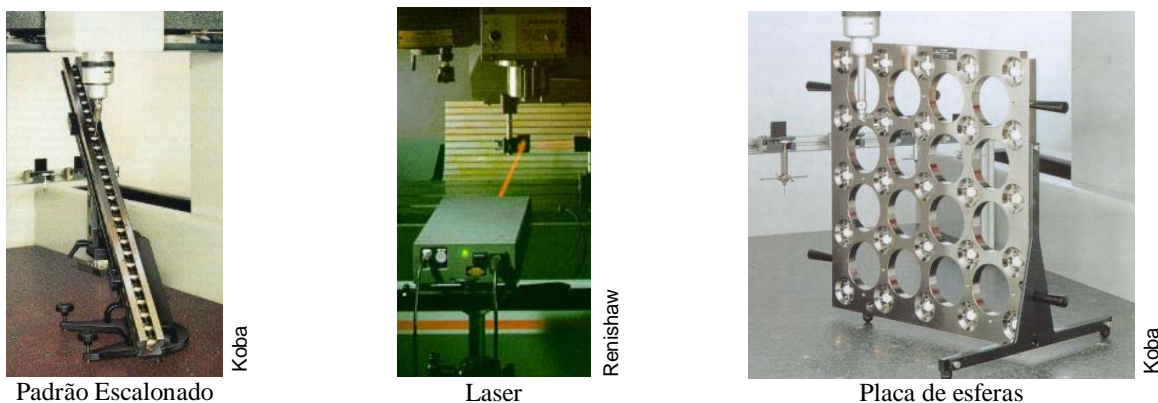


Figura 9 – Alguns padrões para a calibração das máquinas

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A utilização de máquinas de medir por coordenadas é cada vez mais freqüente na Indústria nacional. Para alguns usuários, a utilização dessa tecnologia não trouxe as vantagens esperadas ou, pior, trouxe novos problemas para a qualidade das peças, em função de erros de medição freqüentes, nem sempre fáceis de detectar e de conseqüências imprevisíveis (figura 10).

A tecnologia de medição por coordenadas é sofisticada e requer atenção a uma série de aspectos que este artigo procurou esclarecer. Para todos os aspectos abordados é indispensável que o usuário procure apoio junto a especialistas competentes e confiáveis, sejam eles fornecedores de máquinas, usuários com boa experiência com a tecnologia ou centros tecnológicos na área de metrologia por coordenadas.

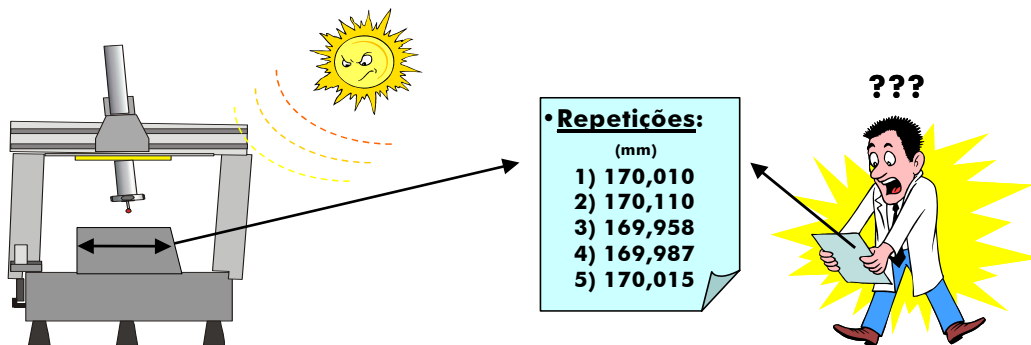


Figura 10 – Conseqüências da negligência a cuidados básicos

Os tempos supostamente “perdidos” nas etapas de especificação de equipamentos e preparação de ambiente e o custo com a contratação de assessoria são muito pequenos quando comparados ao valor dos investimentos com a aquisição da tecnologia. Se forem considerados os prejuízos em potencial decorrentes de uma especificação e utilização inadequadas da tecnologia, os investimentos para uma correta seleção e aplicação da medição por coordenadas são desprezíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Tanio, F. *Curva ascendente nas vendas de máquinas de medição tridimensional*. Metal Mecânica, Dezembro 1999/Janeiro 2000, p.8-19.
- [2] Gigo, Luiz. G. *Estação de Medição por Coordenadas na produção de peças complexas – Metodologia de Especificação*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-graduação em Metrologia Científica e Industrial – UFSC. Florianópolis, 1999.
- [3] Sousa, André R. *Garantia da confiabilidade metrológica na Medição por Coordenadas*. Apostila de Curso oferecido pela Fundação CERTI, 2001.
- [4] Maas, Gláucio A. *A tecnologia de medição por coordenadas na solução de problemas da indústria: sistematização de informações e do processo metrológico do laboratório prestador de serviços*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-graduação em Metrologia Científica e Industrial – UFSC. Florianópolis, 2001.
- [5] Klen, Edmilson *Calibração de Máquinas de Medir por Coordenadas utilizando placas de esferas – Uma técnica econômica, rápida e metrologicamente eficiente*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-graduação em Metrologia Científica e Industrial – UFSC. Florianópolis, 2000.