ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/41146211

Análise de Viabilidade para Medição e Montagem de Estruturas de Grandes Volumes com o Sistema GPS-Indoor

Article · August 2008
Source: OAI

CITATION
1

READS
49

4 authors, including:

Luís Fernando Ferreira Furtado
Fraunhofer Institute for Production Systems and Design Technology I...
15 PUBLICATIONS **21** CITATIONS
SEE PROFILE

Ricardo Suterio
National Institute for Space Research, Brazil
40 PUBLICATIONS **92** CITATIONS
SEE PROFILE

Luís Gonzaga Trabasso
Instituto Tecnologico de Aeronautica
134 PUBLICATIONS **126** CITATIONS
SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

Project Electrical and Mechanical Engineering Projects View project

Project EFIP Project View project

All content following this page was uploaded by Luís Gonzaga Trabasso on 30 November 2016.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

COMPROMETIDA COM A PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA ENGENHARIA E DAS CIÊNCIAS MECÂNICAS
V CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
V NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
25 a 28 de agosto de 2008 – Salvador – Bahia - Brasil
August 25 – 28, 2008 - Salvador – Bahia – Brazil

ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA MEDIÇÃO E MONTAGEM DE ESTRUTURAS DE GRANDES VOLUMES COM O SISTEMA GPS-INDOOR

Raquel Melo de Almeida, rmelo@ita.br
Luís Fernando Ferreira Furtado, luisfernandoff@gmail.com
Ricardo Sutério, suterio@ita.br
Luís Gonzaga Trabasso, gonzaga@ita.br

Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Praça Marechal Eduardo Gomes, 50, Vila das Acácias. CEP 12228-900, São José dos Campos, SP

Resumo: *É crescente a demanda da indústria por soluções automatizadas de medição e montagem de grandes volumes, tais como seções de fuselagem de avião, perfis de navios, carrocerias de automóveis e estruturas em ambientes petrolíferos. Para estes casos, é necessário utilizar um sistema de medição e posicionamento aplicável a diferentes configurações e tamanhos de componentes. A dificuldade de medição geralmente se dá às grandes proporções e tolerâncias cada vez mais estreitas, fazendo com que os sistemas de medição convencionais se tornem cada vez mais onerosos, principalmente em função do tempo para a execução das tarefas, propagação de erros e dificuldade de medição. Outros métodos de medição, tais como sistemas ópticos, embora apresentem exatidão muitas vezes acima do necessário para as aplicações de posicionamento e montagem, apresentam restrições sejam no custo ou no tempo de preparação (tempo de setup). O sistema GPS-Indoor (Global Positioning System em ambientes internos) é uma solução adequada em um ambiente metrológico de grandes volumes, que apresenta boa exatidão e, principalmente, grande flexibilidade. Quando o sistema é integrado a uma solução robotizada é possível criar um ambiente em que as medições são realizadas em vários pontos móveis ou estáticos simultaneamente. Este trabalho apresenta uma análise comparativa do sistema GPS-Indoor com outras soluções funcionais similares. Os parâmetros comparativos escolhidos são: tempo de medição, alcance de medição, flexibilidade, aplicação, exatidão, calibração e custo. Por se tratar de uma nova tecnologia mundial e inexistente no país até o presente, este trabalho faz uma prospecção da aplicação desta tecnologia em tarefas de montagem aeronáutica robotizadas. Os resultados apresentados fornecem os parâmetros para tomada de decisão, apontando quando é vantajoso investir num sistema de medição flexível e sofisticado em função da tarefa que se deseja realizar.*

Palavras-chave: *montagem estrutural, medição em grandes volumes, GPS-Indoor*

1. INTRODUÇÃO

Diante do cenário de crescente automatização dos processos industriais em busca de melhoria de processos, diminuição de tempos de preparação e caracterização metrológica, há a necessidade de inserir novas tecnologias nas indústrias que trabalham na montagem de estruturas de grande porte, como as indústrias automobilísticas, navais, petrolíferas e aeroespaciais.

O posicionamento e alinhamento de montagens estruturais são exemplos de processos que apresentam dificuldades na sua execução devido às grandes dimensões e exatidões envolvidas. Os sistemas convencionais, tais como máquinas de medição por coordenadas (MMC), não são apropriados devido aos tamanhos dos mensurandos. Robôs industriais por si só possuem baixa exatidão, apresentando a necessidade de serem regularmente calibrados ou utilizados com um sistema paralelo de medição para correção de suas coordenadas durante o seu trabalho. Assim, as ferramentas óticas tornaram-se o padrão de medição para objetos de grande escala que, embora apresentem excelentes características metrológicas, têm como grande desvantagem o tempo de setup elevado e a necessidade de técnicos especializados, bem treinados e disponíveis durante todo o processo de trabalho.

No geral, as tecnologias para medição de grandes componentes podem ser separadas em três categorias principais: sistemas ópticos, sistemas de fotogrametria e lasers.

Os sistemas ópticos são descendentes diretos dos teodolitos usados na engenharia de construção civil, onde se utiliza a técnica da triangulação para determinar coordenadas de pontos pré-definidos. A fotogrametria usa câmeras, as quais podem obter imagens fixas ou animadas (videogrametria), com o processamento de imagens geralmente offline. Os Lasers utilizam feixes de luz de alta freqüência, os quais são refletidos de volta para o emissor através de um alvo

especial, onde um software controla o sistema e mede a posição do alvo relativo à peça, calculando os ângulos e a distância viajada pelo feixe de laser.

Dentro deste contexto, este trabalho pretende analisar o uso de uma nova tecnologia de medição de coordenadas em grandes volumes, recente no cenário mundial e ainda inexistente no Brasil até a presente data. Esse sistema é o GPS-Indoor (Global Positioning System em ambientes internos) ou simplesmente iGPS, que pode ser associado às tarefas de montagem, posicionamento, nivelamento e correção de coordenadas de robôs industriais durante o processo de serviço. Este trabalho apresenta um estudo do sistema de medição iGPS comparado-o a outros sistemas utilizados para medição em ambientes de médios e grandes volumes.

2. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO IGPS

Segundo ArcSecond (2005), o iGPS é um sistema de posicionamento e medição baseado no tradicional GPS, ou seja, seu posicionamento é dado por sistemas distribuídos. No iGPS existem diversos sensores que coletam a informação enviada pelos transmissores a fim de determinar as posições tridimensionais desses sensores no ambiente ao qual está inserido.

2.1. Gerando Informação 3D

Um transmissor laser, localizado em uma posição estratégica, emite duas formas de feixe com aproximadamente 90° de distância horizontal quando vistos por cima. Os feixes abrangem uma faixa de 60° a partir do plano horizontal e estão inclinados 30° em relação ao plano vertical, como mostrado na Fig. (1). Com a rotação do transmissor, os dois feixes varrem todo o volume de medição, como mostrado na Fig. (2), e a velocidade de rotação de cada transmissor é a identificação que permite o receptor trilhar e isolar os sinais de um transmissor específico. Um terceiro sinal óptico chamado estroboscópio é emitido pelo transmissor no início de cada rotação para identificar qual transmissor envia o sinal para o sensor.

O receptor, por sua vez, detecta e processa esses sinais de cada transmissor visível. O processo inicial consiste em medir o intervalo entre os lasers e o tempo entre o último sinal de laser e o estroboscópio. Sendo conhecidas as características de cada transmissor, os dados de intervalo podem ser convertidos em dados angulares, que representam os ângulos horizontais entre dois sinais de lasers e o estroboscópio e o próximo sinal de laser.

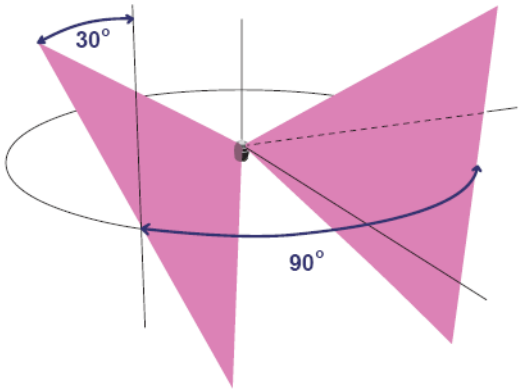

Figura (1). Disposição dos feixes.

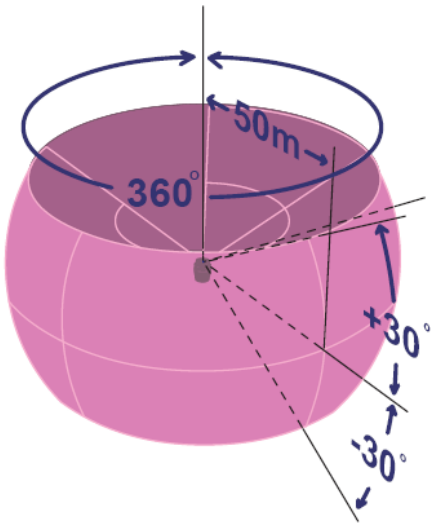

Figura (2). Área de cobertura de um transmissor.

Quando um receptor está acessível a dois ou mais transmissores, a posição do receptor pode ser calculada usando o processo de triangulação, assumindo que os transmissores estabelecem uma área de trabalho de referências conhecidas. O processo de setup do iGPS determina a posição e orientação de cada transmissor na área de trabalho.

2.2. Transmissores

Existem dois tipos de transmissores, conforme Fig. (3): os industriais e os metrológicos. Se a aplicação requer exatidão na ordem de milímetros ou escalas maiores, utilizam-se os transmissores industriais. Para sistemas que requerem exatidões mais restritas, são utilizados os transmissores metrológicos que tem uma exatidão de 0,05 mm. Assim como a funcionalidade, a exatidão deste tipo de sistema metrológico se mostra perfeitamente adequada às necessidades requeridas pelo sistema de nivelamento e posicionamento de fuselagem. Cada transmissor abrange um volume definido por 60° do ângulo de elevação, 360° de ângulo de azimute e 55 metros de distância.

Figura (3). Transmissor metrológico e industrial, respectivamente.

2.3. Sensores

Um sensor de iGPS consiste em um detector de fotodiodo associado a um sinal de processamento. O sinal de processamento, ou amplificador, detecta e transforma o sinal recebido de modo que o hub receptor possa agrupá-los e em seguida enviar os dados para o computador.

Existem dois tipos de sensores: cilíndrico e plano. Sensores cilíndricos permitem de 120° a 360° de cobertura. Os sensores planos não permitem 360° de cobertura, mas são úteis em aplicações como monitoramento de equipamento e estrutura. Esse tipo de sensor permite uma cobertura de, aproximadamente, 60°. Supondo uma aplicação na indústria naval, em um sistema de posicionamento estrutural, os sensores mais indicados seriam do tipo cilíndrico, mostrado na Fig. (4), pois há a necessidade de cobertura de uma vasta área, passando certamente os 60° permitidos dos sensores tipo plano.

Figura (4). Sensor do tipo cilíndrico.

2.4. Receptores

Um receptor iGPS consiste em um sensor ou um conjunto de sensores conectados a um processador embarcado conhecido como hub receptor, ou apenas receptor. Ele recebe os sinais emitidos pelos sensores e calcula a linha expressa na área de trabalho, como intervalos, ângulos de elevação e azimute em relação ao transmissor apropriado. Essa informação é transmitida ao computador, que calcula e distribui a posição 3D para este sensor. Existem vários modelos de receptores. Os mais utilizados são os que utilizam conexões do tipo ethernet e wireless, como mostrado na Fig. (5). A versão ethernet utiliza a energia do próprio computador através da porta IEEE 802.3af, enquanto a versão wireless precisa de baterias recarregáveis para seu funcionamento.

Figura (5). Receptores do tipo ethernet IEEE 802.3af e do tipo wireless.

2.5. Software

O software do sistema GPS Indoor é projetado a partir da perspectiva de fluxo de trabalho para criar, editar e gerenciar um workspace definido pelos transmissores, ferramentas e modelos de referência. Workspace Industrial Measurement Edition (IME) fornece a capacidade para gerenciar simultaneamente diferentes configurações de ferramentas (ex.: ferramenta de medição barra de escala, sensores de 5 GDL e 6 GDL) enquanto realiza coleta de dados e as processa. Na Fig. (6) pode ser observada uma tela desse software.

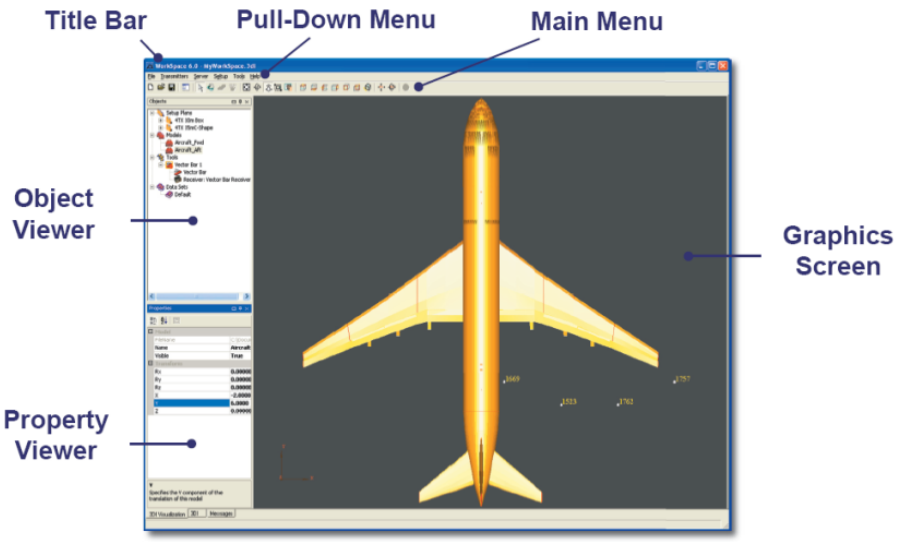

Figura (6). Controles familiares e layout funcional.

3. CARACTERÍSTICAS

3.1. Tempo de Preparação

Nos processos produtivos, o setup é um fator limitante na capacidade de resposta. As trocas de modelos e os ajustes das máquinas consomem tempo e não agregam valor ao produto. Sugai (2005) afirma que, de acordo com o tipo de máquina ou da operação de setup que se deseja fazer, o tempo de preparação pode ser de horas e com conseqüências desagradáveis para a empresa, pois gera estoque, interrompe a programação da produção, gera ociosidade, aumenta o custo de produção e cria dificuldades no atendimento ao cliente.

Uma das propostas do iGPS é a redução do tempo de setup. Ao entrar com um novo mensurando, não é necessário fazer nenhuma alteração no sistema de medição para que esta nova peça seja medida. É necessário somente instalar os sensores nos pontos pré-definidos no projeto. Esta praticidade só é possível porque o iGPS mede continuamente qualquer sensor que esteja dentro do volume de trabalho e isso é feito dinamicamente logo após inserir o mensurando com os sensores no local de medição.

3.2. Tempo de Medição

Já que os transmissores emitem continuamente lasers, e os sensores espalhados pelo mensurando recebem este sinal, o tempo de medição é baseado em: tempo de processamento de cada sensor, tempo de envio desse sinal ao receptor e deste último ao computador e tempo de processamento do computador.

Quanto mais sensores espalhados, maior será o tempo de medição, pois o computador receberá uma maior quantidade de pontos para calcular. Contudo, considerando a alta velocidade dos computadores atuais, considera-se como instantâneo este tempo de medição.

3.3. Cobertura de Medição

O volume de medição do sistema iGPS depende do posicionamento dos seus transmissores. É certo que cada transmissor tem um alcance de aproximadamente 2 a 55 metros com uma exatidão de 0,05 mm, logo se pode definir um volume de medição tão grande quanto for necessário a partir do posicionamento de vários transmissores em um arranjo apropriado. Um exemplo disso é mostrado na Fig. (7).

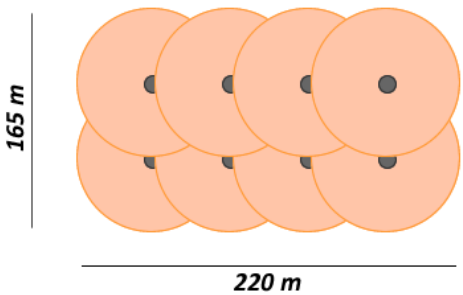

Figura (7). Cobertura de medição.

4. CALIBRAÇÃO

Diante da inexistência do sistema metrológico para a realização de procedimentos de calibração, a idéia sugerida é realizar a mesma através de um padrão corporificado, com dimensões conhecidas, assemelhando ao procedimento utilizado em máquinas de medição por coordenadas (MMC's). Segundo Arenhart (2007), o processo de calibração em MMC's é realizado em posições distintas sobre o volume da máquina (próxima e afastada do início da escala mais longa da máquina), com duas orientações em cada posição (por exemplo, alinhada ora com o eixo x, ora com o eixo y).

5. APLICAÇÃO

Os sistemas sem automatização não necessitam de uma ligação entre a medição e o restante do processo. Geralmente basta exibir o resultado da medição ao operador para que este verifique se o mensurando está dentro das tolerâncias.

Entretanto, nos sistemas automatizados, existe a necessidade da comunicação entre o sistema de medição e o processo. O iGPS é um sistema de medição onde os resultados são calculados e exibidos através de um computador. Desta forma, é possível manipular as informações e transmitir para sistemas automatizados. Como as seqüências de medições são efetuadas instantaneamente, podem-se efetuar medições dinâmicas no mensurando, possibilitando o posicionamento do objeto medido com mais exatidão. Este tipo de controle é conhecido como malha fechada.

A Fig. (8) abaixo descreve o sistema de medição em malha fechada que é proposto para aplicações automatizadas utilizando iGPS. Neste sistema exemplificado é possível encontrar os transmissores instalados no teto e os sensores instalados no mensurando de grande volume. As informações do mensurando são processadas e enviadas para um robô executar alguma tarefa programada. Uma aplicação semelhante pode ser encontrada em um trabalho desenvolvido por Kang e Tesar (2006), onde foi desenvolvido um dispositivo denominado Sonda 3D que pode ser manuseado ou instalado estrategicamente em um robô.

Na indústria aeronáutica, naval, petrolífera e automobilística são variadas as necessidades da utilização de robôs antropomórficos ou não para montagem, alinhamento, posicionamento e soldagem de estruturas de médio e grande porte. Porém, muitas vezes a solução não automatizada é escolhida devido às dificuldades de implementação de sistemas de medição com alta exatidão para essas estruturas.

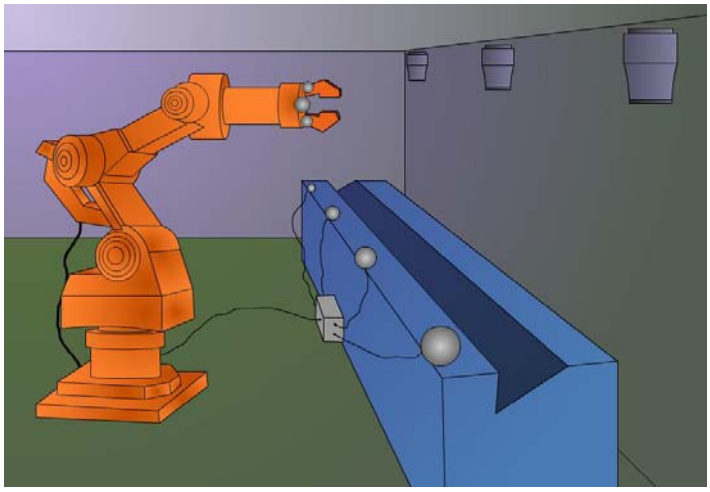

Figura (8). Exemplo de uma aplicação de iGPS em um sistema robotizado.

6. COMPARAÇÃO COM OUTROS SISTEMAS DE MEDIÇÃO

6.1. Laser Tracker

A tecnologia do Laser Tracker é baseada na emissão e recepção de um feixe de laser pelo mesmo cabeçote de medição, enquanto o iGPS distingue os dispositivos emissores e receptores. O Laser Tracker é um dispositivo de medição óptico que utiliza laser. Um complexo sistema envolvendo dois servomotores de precisão e um interferômetro conseguem transformar as posições angulares e a distância em coordenadas cartesianas através do software do equipamento, assim como descrito por Ruland (1993).

O primeiro servo-motor mede o azimute através de um sistema baseado em um encoder. O encoder do segundo motor mede a elevação. A resolução angular destes encoders é de 0,07s de grau. De acordo com Rulland (1993), esta resolução também incorpora os ângulos horizontais e verticais do próprio feixe de laser, devido ao design do mecanismo do sistema prismático que garante que a rotação do feixe seja uma relação 1:1 com os dois encoders. O

interferômetro gera um feixe de laser que é emitido até um alvo refletivo. Quando a luz volta para o cabeçote do Laser Tracker, o tempo do trajeto é calculado e a distância entre o alvo e o sistema de medição é calculada. Geralmente o interferômetro é do tipo de feixe único e utiliza laser de Helio-Neon com 632nm de comprimento de onda. No modelo analisado por Rulland (1993), o aparelho é utilizado na resolução máxima, a velocidade máxima de resolução obtida é de 1,06m/s. A velocidade de rastreamento é inversamente proporcional com a resolução.

A Fig. (9) abaixo mostra um exemplo de um Laser Tracker e todos os movimentos que ele executa para efetuar a medição. Em detalhe estão os graus de liberdade em giro para determinação do azimute e da elevação e também da distância calculada pelo tempo de trajetória do laser refletido no alvo.

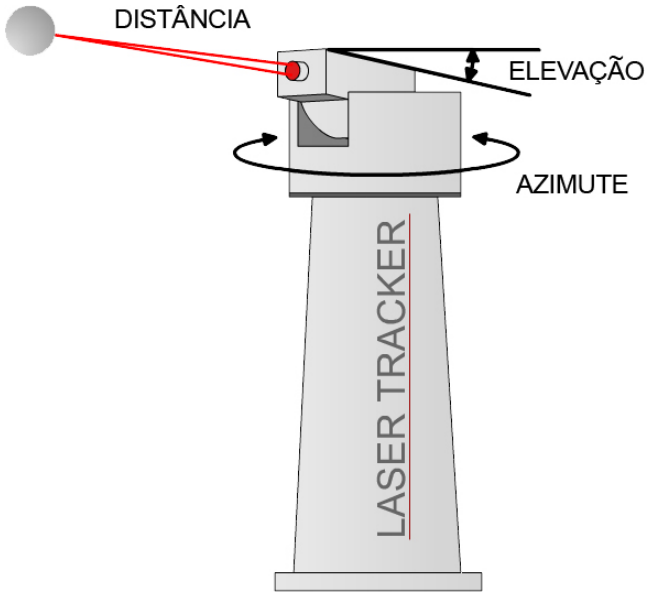

Figura (9). Laser Tracker.

6.2. Laser Radar

O sistema de Laser Radar funciona de modo análogo ao Laser Tracker, pois trabalha com um laser e dois cabeçotes giratórios (elevação e azimute). Entretanto, com ele é possível medir a peça sem o uso dos alvos padrões, pois usa o principio da reflexão no próprio mensurando.

Desta forma, este sistema torna-se capaz de fazer várias medições seqüenciais com distâncias pequenas umas das outras (scanner). O resultado é exibido computacionalmente e representa a superfície do mensurando. A exatidão está diretamente relacionada ao tempo de medição. Quando é necessário obter somente a forma do objeto, podem-se utilizar velocidades maiores como 1000 pontos por segundo, gerando uma exatidão de 0,1mm até 0,2mm. Quando a necessidade metrológica é mais rigorosa, é possível utilizar velocidades de 20 pontos por segundo com exatidão de 0,05mm. Em casos extremos, 2 pontos por segundo representam 0,025mm de exatidão[ref1]. A Fig. (10) abaixo mostra o processo de scan efetuado pelo Laser Radar.

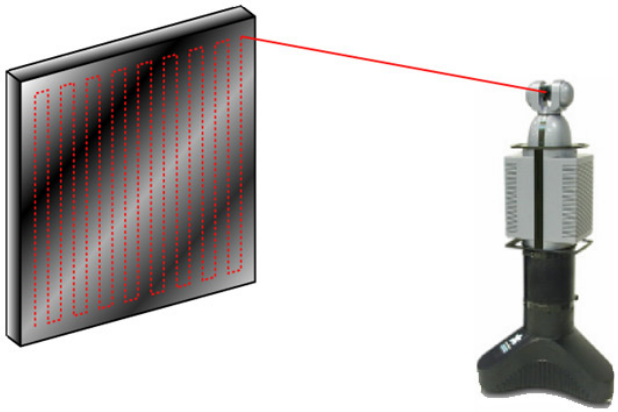

Figura (10). Processo de scan efetuado pelo Laser Radar.

6.3. K-Series

O sistema de medição K-Series é composto por três câmeras que conseguem determinar a posição espacial de leds instalados no mensurando, e assim fazer o alinhamento do mesmo. Para medição da superfície do mensurando pode ser usado um dispositivo móvel com leds estrategicamente instalados nele e um apalpador em sua ponta. Cada câmera filtra o sinal vertical ou horizontal do led e calcula a posição cartesiana do ponto, como é mostrado na Fig. (11). Caso seja necessário calcular a orientação do mensurando, pode ser instalado um arranjo de três leds, criando assim um plano.

O dispositivo pode ser manuseado tanto por um operador quanto por um robô, caso este último tenha uma exatidão próxima ao sistema de medição descrito. O apalpador é removível e varia de tamanho conforme a utilização, porém a grande vantagem desse sistema é sua mobilidade.

Na Fig. (12) é possível ver uma foto de um sistema de medição K-Series real ao lado do sistema de tratamento de sinal.

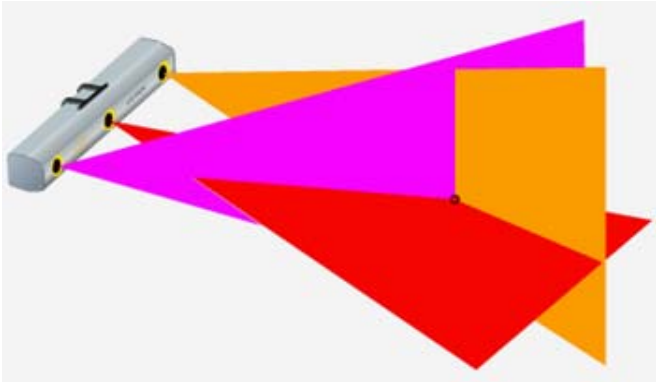

Figura (11). Identificação da posição da ponta através das câmeras.

Figura (12). Sistema K-Series.

6.4. Comparativo

Para efetuar a comparação entre os sistemas de medição de grandes volumes, foram pesquisados modelos e fabricantes equivalentes e as informações foram inseridas na Tab. (1).

No caso do iGPS, o manual Metris (2008) informa que o sistema possui exatidão na ordem de 0,05 mm, alcance de até 55 m por transmissor e o tempo de medição pode ser considerado instantâneo.

O modelo de Laser Tracker é o LTD840, fabricado pela Leica-Geosystem. Segundo o manual do fabricante Leica (2006), o LTD840 tem um alcance máximo de 40m. Quando se utiliza um alvo esférico de 9mm de diâmetro a exatidão da distância é de ±0,5ppm, o que faz com que a incerteza máxima seja mostrada na Eq. (1).

$$\pm(40 * 0{,}5x10\text{-}6)m = \pm 20\mu m \quad (1)$$

O Laser Radar escolhido foi o modelo MV224, segundo o manual da Metris (2007), ele é capaz de medir alvos até 24 m de distância. A exatidão pode chegar a 16 µm quando a medição é efetuada lentamente a 1 m de distância, pois a velocidade de medição influencia na exatidão.

Para análise do K-Series, foi selecionado o modelo K610 e as informações foram obtidas através do manual da Metris (2005), onde diz que este equipamento é capaz de medir um ponto até 6 m de distância das câmeras com um erro máximo de 0,04 mm.

Tabela (1). Comparativo entre os diversos sistemas de medição.

Descrição	Laser Tracker (LTD840)	K-Series (K600)	iGPS	Laser Radar (MV224)
Tempo de medição e processo de medição	Depende do operador para execução das medidas	Instantânea, mas depende do operador para instalar os sensores no mensurando	Instantânea, mas depende do operador para instalar os sensores no mensurando	Automática: até 1000 pontos/s
Alcance de medição	40 m	6 m	55 m	24 m
Exatidão especificada	0,020 mm	0,040 mm	0,050 mm	0,016 mm
Flexibilidade no procedimento de medição	Pouca flexibilidade depende do operador	Média flexibilidade depende do operador	Muita flexibilidade	Bastante flexibilidade
Aplicação típica	Medição de distância e ângulos, referência de calibração de grandes distâncias.	Medição de distância e ângulos, calibração de robôs, determinação do perfil cinemático de robôs.	Determinação de posição espacial 3D em vários pontos simultaneamente, determinação e correção *on-line* de robôs.	Digitalização rápida de peças 3D, verificação dimensional em 3D.
Auto-calibração	Automática	Semi-automática	Semi-automática	Semi-automática
Custo Relativo	1,0 X	1,5 X	2,5 X	4,0 X

7. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou alguns parâmetros comparativos de equipamentos de tecnologia de ponta utilizados para medição em grandes e médios volumes, fornecendo pré-requisitos para tomada de decisão.

Os sistemas de medição propostos são diferentes, mas os resultados das medições devem ser compatíveis para que eles possam ser comparados. O Laser Tracker, o K-Series e o iGPS fornecem a posição cartesiana do alvo medido e para ser possível determinar a orientação do mensurando, é necessário medir no mínimo três pontos. O Laser Radar tem uma proposta de funcionamento e aplicações distintas, pois este digitaliza a superfície do mensurando para obter os relevos e depressões da peça. Mesmo com esta diferença, o Laser Radar pode ser utilizado para determinar a posição e o alinhamento de um mensurando, entretanto, o custo não justifica esta aplicação.

O *Laser Tracker* ainda é o instrumento mais utilizado para medição em grandes volumes por apresentar uma tecnologia consagrada, mas apresenta como desvantagens o tempo de setup e aplicações dinâmicas.

Novas tecnologias surgem e apresentam características muito interessantes, principalmente nos processos de automatização e na diminuição do tempo de setup da medição. Observa-se que as maiores dificuldades em migrar para novas tecnologias estão relacionadas ao custo de investimento e às mudanças de procedimentos e processos para atingir os objetivos finais de integração e montagem estruturais. Naturalmente, esta migração é inevitável na medida em que a demanda de novos produtos aumenta, obrigando as indústrias a investir em pesquisa e desenvolvimento para diminuir o tempo de produção e aumentar a qualidade do produto.

O K-Series é utilizado em medições dinâmicas com grande exatidão. Por este motivo, ele é utilizado em calibrações de robôs, em alinhamentos de carrocerias, entre outras aplicações. Entretanto, o campo de atuação do K-Series é de 6m e isto é um fator limitante para sua utilização na indústria naval ou aeronáutica.

Quando se deseja um processo totalmente automatizado para grandes volumes, pré-definido e robusto, observa-se que o iGPS é o candidato natural, pois apresenta características adequadas para o uso em sistemas de grandes volumes

que necessitam de medidas com elevados índices de exatidão. Destaca-se também pela sua flexibilidade e redução no tempo de setup dos processos metrológicos. Porém, outros estudos devem ser realizados para garantir que tais processos se mantenham capazes ao longo do tempo. Por exemplo: é necessário avaliar aspectos de calibração, pois embora o sistema tenha um sistema de auto-calibração, é necessário analisar o seu comportamento ao longo do tempo, assim como a influência metrológica do ambiente em que o mesmo está inserido, variações térmicas, fixação, instalação etc.

Na medida em que tais equipamentos forem adquiridos, novos estudos serão realizados em montagens estruturais de grandes volumes e processos automatizados com robôs industriais de modo a fornecer outros parâmetros para a tomada de decisão nos investimentos futuros das indústrias sejam acertadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e FINEP pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARCSECOND, 2005, “GPS Indoor - User’s Guide”, versão 6.0

ARENHART, F.A., 2007, “Desempenho Metrológico de Máquinas de Medição por Coordenadas no Âmbito Industrial Brasileiro”, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.

LEICA, 2006 “Leica Geosystems AG – Laser Tracker 731929 -en-03.06”, Suíça.

KANG S.H. e TESA, D., 2006, “Indoor GPS metrology system with 3d probe for precision applications”, University of Texas, USA.

METRIS, 2008 “Data Sheet iGPS Brochure”, iGPS_ENG_0208, Bélgica.

METRIS, 2007 “Data Sheet Laser Radar MV224”, LaserRadar_ENG_1007, Bélgica.

METRIS, 2005 “Data Sheet K-Series K610-CMM”, Version 5.0, Bélgica.

RULAND, R.E., 1993, “The Chesapeake Laser Tracker in Industrial Metrology”, Stanford University.

SUGAI, M., et al, 2005, “Redução de tempo de preparação e gestão de estoques no âmbito da gestão da cadeia de suprimentos: estudo de caso em uma empresa de derivados de petróleo” , XII SIMPEP – Bauru, SP, Brasil.

View publication stats