



DESENVOLVIMENTO E TESTES EXPERIMENTAIS DE UMA TRAÇADORA GRÁFICA COMPUTADORIZADA PARA DESENHO SOBRE SUPERFÍCIE VERTICAL : NOVOS RESULTADOS

Jorge Luiz Fontanella
Universidade Católica de Petrópolis
Rua Madalena Tagliaferro, 206 - Mauá – Petrópolis – CEP: 25645-450
e-mail: jorge.fontanella@ucp.br

Solly A. Segenreich.
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-RIO
Rua Marquês de São Vicente 225 – Gávea – RJ – CEP: 22453-900
e-mail: solly@mec.puc-rio.br

Resumo. *O presente trabalho focaliza o desenvolvimento de um protótipo de traçadora gráfica para desenhar sobre uma superfície rígida na posição vertical. A principal aplicação desta traçadora é no segmento de comunicação visual para anúncios em grandes superfícies. Com a intenção de atingir alto grau de flexibilidade nesta utilização, a traçadora é concebida para trabalhar em coordenadas polares, dispensando um quadro fixo composto de várias guias lineares como seria o caso numa traçadora x, y . Além de discutir o layout básico e a construção do protótipo, o presente trabalho apresenta as equações cinemáticas levando em consideração a fixação excêntrica da caneta. Resultados experimentais são apresentados validando o algoritmo de traçagem. A parte final do trabalho inclui sugestões para melhoria do projeto proposto.*

Palavras chave: *Traçadora de coordenadas polares, Traçadora gráfica computadorizada, Plotter.*

1. INTRODUÇÃO.

A constante necessidade de traçagem de grandes imagens para aplicação em propaganda, tem levado os fabricantes a desenvolverem traçadoras de grandes capacidades. A forma construtiva destas máquinas quase sempre segue o mesmo padrão, traçando sobre superfície horizontal ou sobre papel em rolo. Com a intenção de desenvolver e analisar uma traçadora para impressão em superfície vertical, capaz de imprimir sobre espaços de dimensões relativamente grandes (do tamanho de um outdoor, por exemplo), foi projetado e construído um protótipo que é objeto deste trabalho.

O ponto central do conceito da traçadora é a utilização de um único pedestal como ponto de apoio fixo, o que facilita seu transporte e instalação para funcionamento em campo. Assim a traçadora funciona segundo o modelo das traçadoras polares.

Seguindo este conceito, foi construído um braço mecânico, contendo uma guia linear, com um ponto de rotação fixo em uma das extremidades. O dispositivo porta-caneta corre sobre esta guia linear.

Assim, a traçadora é posicionada segundo coordenadas polares R e θ como mostrado na fig. 1.

A movimentação do braço e do carro é executada por dois motores de passo. Adotou-se esta opção porque barateia e simplifica todo o processo de controle e acionamento. Uma inconveniência para o uso dos motores de passo é a vibração que eles apresentam, e acabam transmitindo para toda estrutura. Para eliminar estas vibrações, foi adotado um acionamento para os motores operando em regime de micropasso, Parker Compumotor (1997).

O controle da traçadora é executado a partir de um microcomputador, via porta paralela. Além da construção do protótipo, foi desenvolvido como parte integrante do trabalho, um programa em C para o controle da traçadora.

Robôs e plotters utilizando coordenadas polares têm sido amplamente investigadas na literatura e utilizadas em algumas aplicações. Um trabalho que utiliza um mecanismo pantográfico para ampliar a área útil de trabalho foi apresentado por Segenreich (1991,1993).

O presente trabalho representa uma continuação do trabalho de desenvolvimento de uma traçadora, cujos primeiros resultados já foram apresentados por Segenreich e Fontanella (2001). Neste trabalho, são desenvolvidas as equações de correção da trajetória devido à excentricidade da pena e são apresentados os resultados de testes experimentais que não puderam ser incluídos no trabalho anterior.

2. LAYOUT BÁSICO DO DISPOSITIVO

A fig.(1), ilustra diagramaticamente o layout da traçadora. O braço está ligado a uma árvore no ponto O . O movimento angular θ , do braço, é produzido pelo atuador número 1. Já o carro porta-pena, desloca-se sobre o braço, movimentado pelo atuador número 2, que está preso a uma extremidade do braço. A coordenada R , representa a distância do carro porta-pena ao ponto de rotação O .

Este layout atende a idéia pela qual este trabalho originou-se. Tendo um único ponto de apoio, o braço pode ser colocado sobre uma base e ser manuseado em campo com facilidade, eliminando estruturas mais complexas que precisariam de espaços maiores e mais peças para montagem.

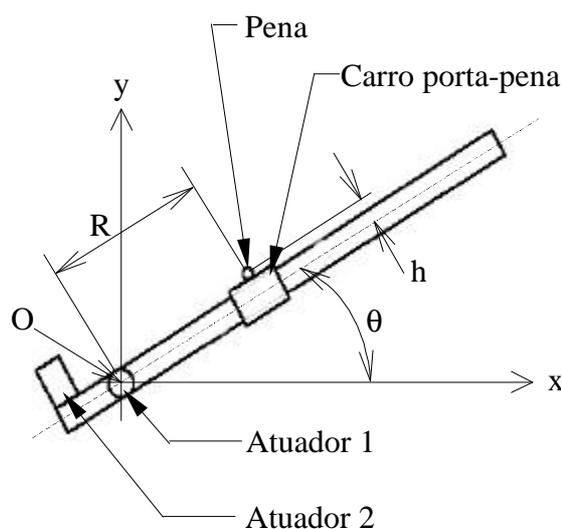


Figura 1. Layout básico da traçadora.

Outros detalhes construtivos, bem como as dimensões e pesos dos componentes, são reportados em Sengereich e Fontanella (2001).

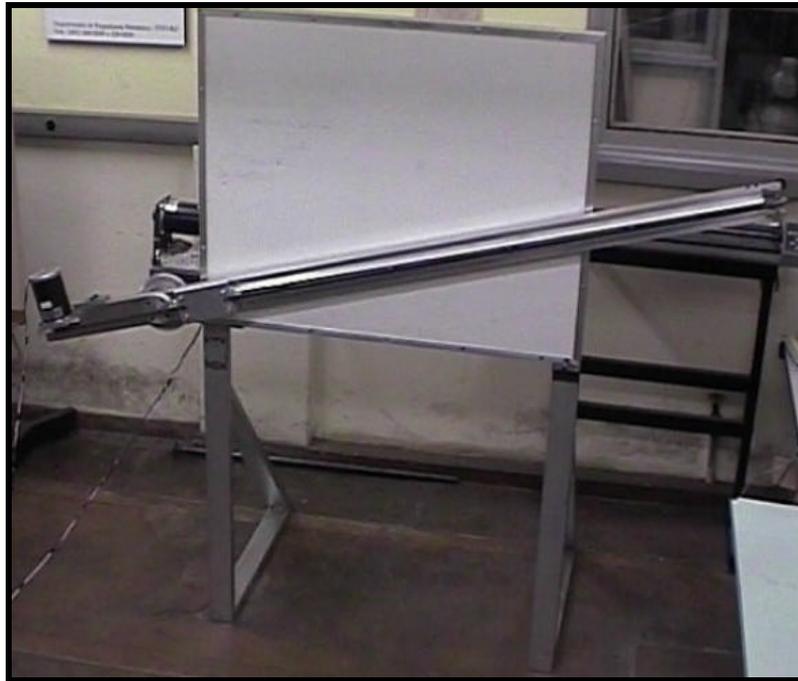


Figura 2. Vista geral do protótipo

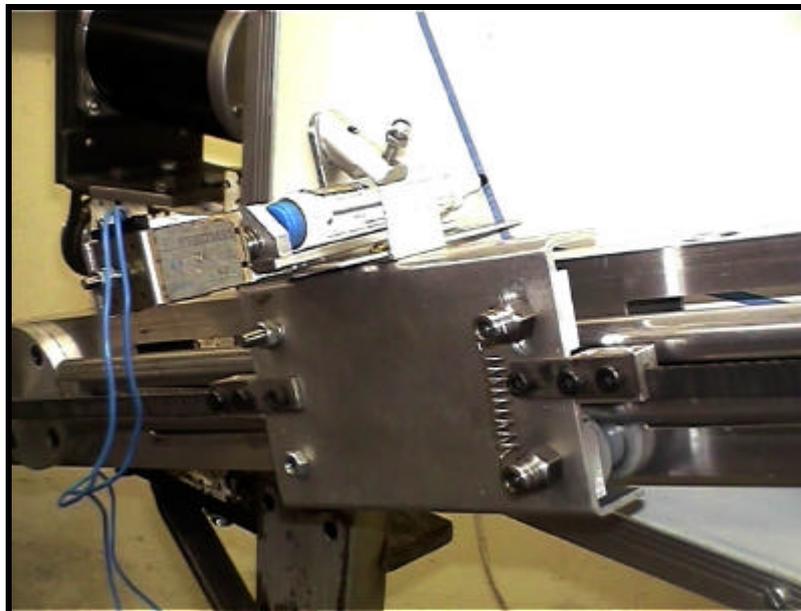


Figura3. Detalhe do carro porta-pena

3. EQUAÇÕES CINEMÁTICAS PARA A TRAJETÓRIA DA PENA COM CORREÇÕES REFERENTES A SUA EXCENTRICIDADE.

Consideremos a figura 4. A distância h corresponde a excentricidade entre a linha de eixo do braço e a ponta da pena . A distância da origem do sistema de coordenadas e o centro do carrinho

porta-pena é dada por R, sendo θ o ângulo de posicionamento do braço e α o ângulo da linha que une a origem a ponta da pena.

As equações de movimentação da ponta da pena, em coordenadas cartesianas, podem ser relacionadas às de movimentação do braço e do carrinho como mostrada abaixo.

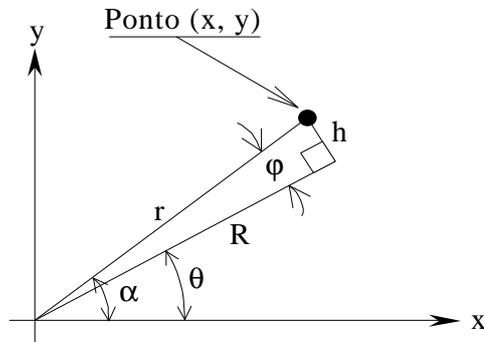


Figura 4. Posicionamento da pena.

$$r^2 = R^2 + h^2 \quad (1)$$

$$r^2 = x^2 + y^2 \quad (2)$$

de (1) e (2) temos:

$$R = \sqrt{x^2 + y^2 - h^2} \quad (3)$$

por outro lado,

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{h}{R} \quad (4)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{x} \quad (5)$$

$$\theta = \alpha - \varphi \quad (6)$$

$$\operatorname{tg} \theta = \operatorname{tag} (\alpha - \varphi) \quad (7)$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\operatorname{tga} - \operatorname{tgj}}{1 + \operatorname{tga} \cdot \operatorname{tgj}} \quad (8)$$

finalmente,

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{yR - xh}{xR + yh} \quad (9)$$

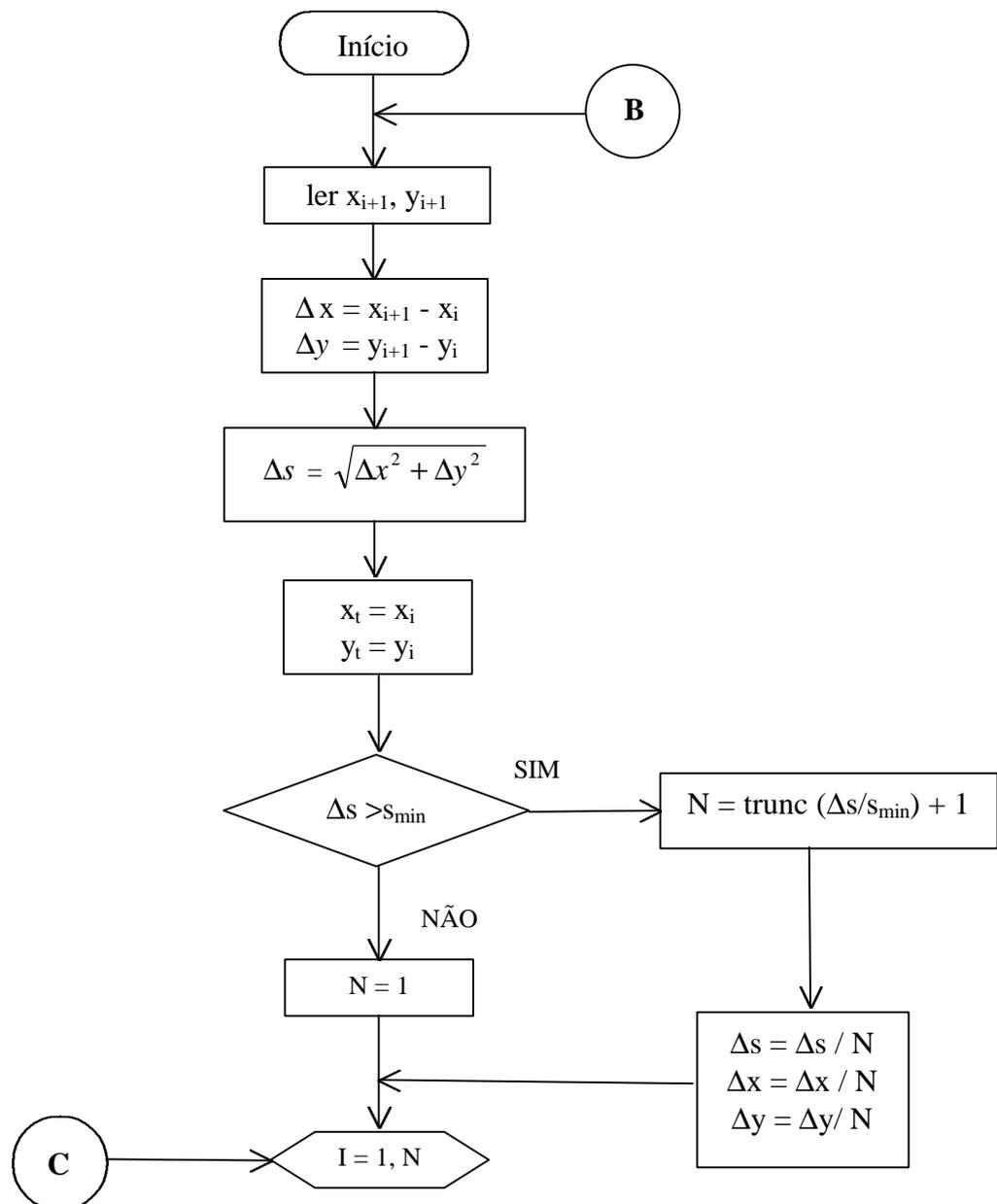
Pelas Eq. (3) e (9) podemos determinar dR e $d\theta$, que são diretamente controlados pelos atuadores, em função de um deslocamento dx , dy desejado.

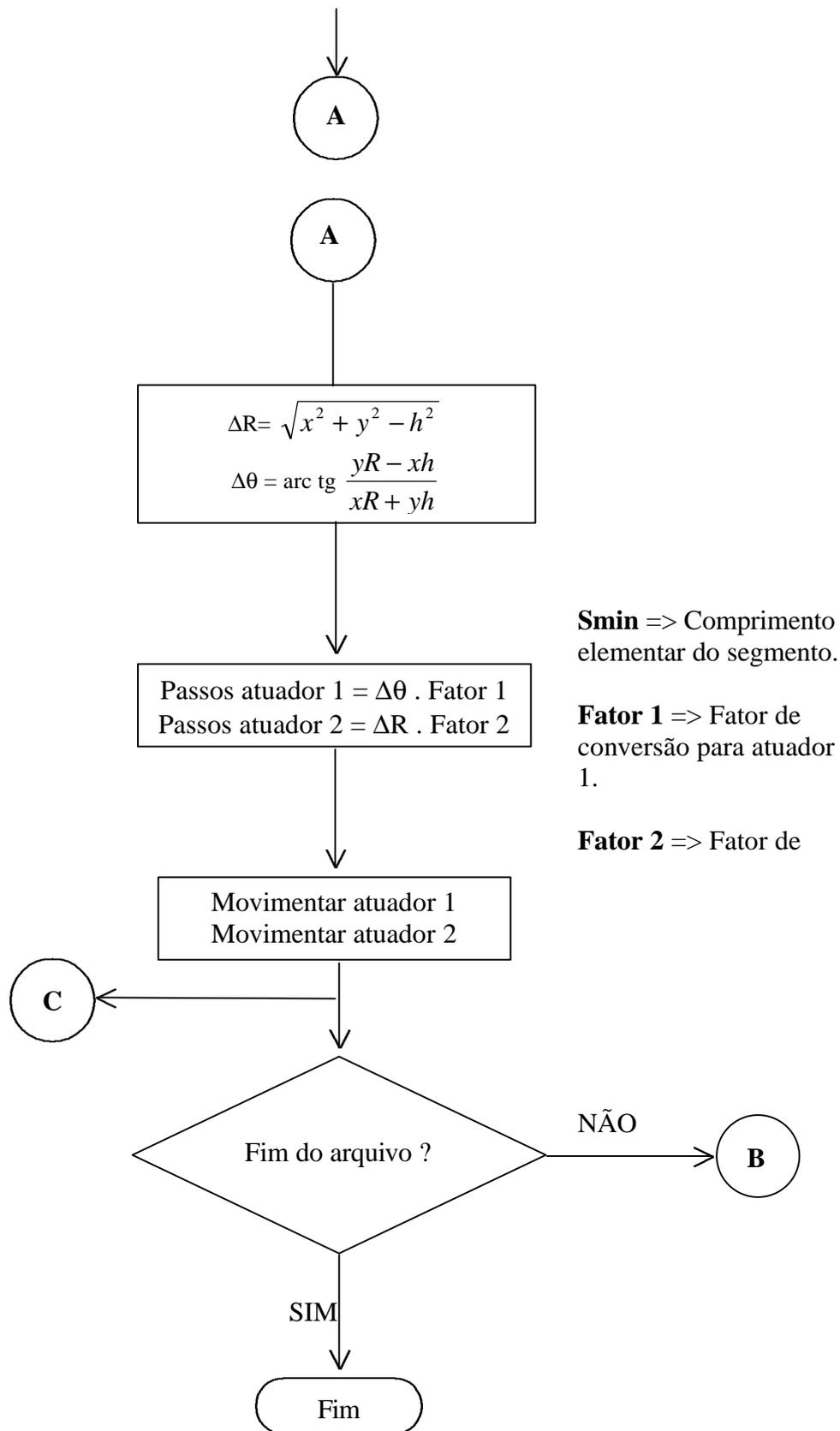
As Eq. (3) e (9) são não lineares, já que dR e $d\theta$ dependem da própria posição dada por x e y . Assim, para traçar um segmento de reta, este deve ser dividido em pequenos segmentos elementares para os quais x e y podem ser considerados constantes. No presente trabalho, o comprimento do segmento elementar é fornecido pelo usuário.

As Eq. (3) e (9) determinam os valores ΔR e $\Delta\theta$. A partir destes valores, o número de passos em cada motor é dado pelo produto destes valores pelo fator 1 e fator 2, respectivamente, que incorporam as reduções mecânicas e a própria resolução do motor.

4. ALGORITMO DE TRAÇAGEM

Apresentamos nesta seção, o fluxograma básico de acionamento dos atuadores para a traçagem de um segmento de reta da posição (x_i, y_i) , para a posição (x_{i+1}, y_{i+1}) . Cabe destacar que a posição inicial (x_0, y_0) é uma posição de “reset”, padronizada e conhecida.





5. TESTES EXPERIMENTAIS.

Foram realizados testes de traçagem de conjuntos de figuras geométricas em cinco pontos diferentes do quadro, canto superior direito, canto superior esquerdo, centro, canto inferior direito e canto inferior esquerdo, como mostrado nas fig. (5), (6) e (7). Estes testes visaram tanto a avaliação da precisão da movimentação da pena como a determinação dos tempos e, conseqüentemente, velocidades médias de traçagem.



Figura 5. Detalhe do traçado de quadrados.

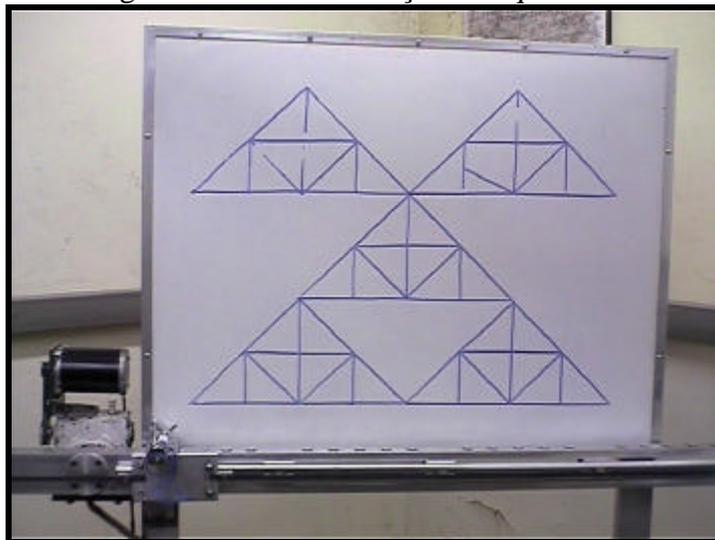


Figura 6. Detalhe do traçado de triângulos.

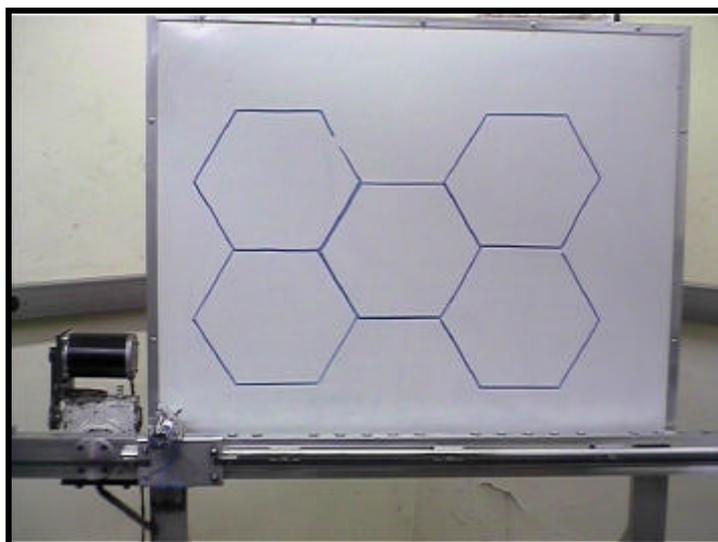


Figura 7. Detalhe de traçagem de hexágonos.

Os tempos de traçagens e as velocidades médias das figuras geométricas mostradas acima, estão indicadas na Tab. (1).

Tabela 1. Resultados experimentais de tempos e velocidades médias de traçagem.

Local	Figura					
	Quadrados		Triângulos		Hexagonos	
	Tempo (s)	Veloc. Méd.(cm/s)	Tempo (s)	Veloc. Méd.(cm/s)	Tempo (s)	Veloc. Méd.(cm/s)
Canto inferior direito	64	3,75	67	3,06	35	2,57
Canto superior direito	89	2,70	70	2,93	33	2,73
Centro	111	2,16	80	2,56	40	2,25
Canto superior esquerdo	115	2,09	90	2,28	51	1,77
Canto inferior esquerdo	202	1,19	120	1,71	53	1,70

Verificou-se que a movimentação do carrinho (direção radial) numa faixa de velocidade, variando de 5cm/s até 30cm/s, ocorre de modo suave e preciso. Já a movimentação do braço em torno de O, tem sido acompanhada de oscilações quando o braço é freado na posição desejada, devido ao elevado momento polar de inércia do conjunto braço/carro porta pena e de pouca rampa de desaceleração. A solução deste problema foi resolvido com um conjunto sem-fim coroa e aumentando os passos nas rampas de aceleração e desaceleração. Cabe destacar que não foi observado nenhum problema quanto aos torques estáticos, ficando o conjunto em equilíbrio nas mais diversas configurações ao longo do quadro

6. CONCLUSÕES.

Os ensaios revelam que o conceito de utilizar traçadoras polares com um único suporte fixo é viável e produz bons resultados.

Os testes de traçagem indicam uma boa precisão, validando o algoritmo de traçagem utilizado.

As velocidades médias obtidas são adequadas e podem ser aumentadas uma vez resolvido o problema da oscilação do braço da traçadora.

Estas oscilações são consequência do elevado momento polar de inércia do conjunto, braço + porta-pena. Uma significativa redução destas oscilações será obtida enrijecendo a árvore que transmite o torque para o braço, mediante o aumento do seu diâmetro.

A movimentação no sentido radial não apresenta nenhum problema, seja de posicionamento, seja de indução de oscilações.

Como última sugestão, deve-se reprojeter o desenho do braço, visando uma apreciável redução em sua massa.

6. BIBLIOGRAFIA.

Catálogo Parker Compumotor Division, “Step Motor & Servo Motor Systems and Controls”, 1996/1997, USA.

Segenreich, S. A., 1991, “Posicionamento de uma Traçadora Gráfica de Hastes Articuladas”, XI Congresso Brasileiro de Mecânica, ABCM, São Paulo, Brasil.

Segenreich, S.A., 1993, “Conceito e Aplicação de um Posicionador Pantográfico Bidimensional”, DINAME 93, Santo Amaro da Imperatriz – SC, Brasil.

Segenreich, S.A, Fontanella, J.L., 2001, “Análise e desenvolvimento experimental de uma traçadora para desenhar em superfície vertical”, COBEM 2001, Uberlândia-MG, Brasil.

ANALYSIS AND EXPERIMENTAL DEVELOPMENT OF A PLOTTER FOR DRAWING ON VERTICAL SURFACES

Abstract – The work presented in this paper describes the analysis and experimental development of a prototype of a plotter designed to draw on large scale vertical surfaces. This type of plotter is particularly useful for the production of outdoors. In order to achieve high degree of flexibility, the plotter uses polar coordinates in order to have a single fixed point. The present work discusses the basic layout of the system, kinematics of motion, as well as the structure of the driving program.

Key words: Plotters, Polar Coordinates Plotters