

TESTES PRELIMINARES DE UM PROTÓTIPO DE ROBÔ MANIPULADOR SCARA

Ricardo Silva Agostinho, ricardosilva130@hotmail.com¹

Erilson de Sosa Barbosa, erilson@ufpi.edu.br¹

Lino Wagner Castelo Branco Portela, linowcbp@gmail.com¹

Patrick Abreu de Oliveira, patrick.abreu@live.com¹

¹Universidade Federal do Piauí (UFPI), Laboratório de Automação Industrial, Curso de Engenharia Mecânica, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella – Bairro Ininga, CEP: 64049-550 – Teresina-PI, Brasil.

Resumo: Este artigo apresenta resultados de testes preliminares de um protótipo de robô manipulador SCARA. O manipulador apresenta configuração diferente dos outros robôs tipo SCARA encontrados no mercado, diferenciando-se na localização da junta prismática e na forma de executar o movimento linear do manipulador. Cada junta do manipulador é acionada por um motor de passo, com alto torque e pequenos ângulos de passo, conectados à drivers capazes de regular o passo e a corrente, controlados por uma placa de controle Arduino. Os testes cujos resultados são apresentados neste trabalho foram realizados após a etapa de montagem do mecanismo do manipulador (elos, juntas, acoplamentos e motores) e, considerando que etapas importantes do desenvolvimento ainda não foram concluídas, como a seleção e instalação de sensores, além da otimização do software, já era esperado algum erro no posicionamento do manipulador. Nos resultados dos testes foi constatado que apesar da exatidão do manipulador não ser elevada, ele poderia ser utilizado para transferência de objetos, uma vez que uma garra posicionada na sua posição mais extrema poderia compensar o erro apresentado pelo robô.

Palavras-chave: SCARA, baixo preço, motor de passo, exatidão

1. INTRODUÇÃO

A inovação tecnológica teve como uma de suas consequências à modernização das indústrias, proporcionando o aumento na qualidade dos produtos e na quantidade e velocidade da produção. Isso foi possível através da inserção de manipuladores (robôs, geralmente em forma de braço, capazes de executar tarefas repetitivas com velocidade e precisão) nas tarefas que se caracterizam inviáveis a prática humana.

Com isso, os robôs supriram a demanda apresentada no mercado e garantiram a integridade física e mental dos trabalhadores (Biasi; Suzuki; Santos, 2013). Entretanto, apesar de os manipuladores terem se tornado uma boa solução para a indústria, ainda apresentam custo de aquisição elevado e muitas vezes acabam por inviabilizar sua utilização em algum setor, empresa de pequeno porte e universidades. No mercado podem ser encontrados vários tipos de manipuladores, sendo o manipulador tipo SCARA um deles.

O manipulador tipo SCARA (*Selective Compliance Assembly Robot Arm*) foi desenvolvido no Japão em 1979, por meio da união de forças entre a IBM e Sankyo (Kurfess, 2005). Apresentando duas juntas rotativas e uma junta prismática, esse robô é utilizado em diversas aplicações como montagem, soldagem e transferência de objetos. Recentemente, vários autores (S. Neto, Mendonça e Sena, 2015; Ibrahim e Zargoun, 2014; Urrea, Cortés e Pascal, 2016) têm realizado estudos sobre este tipo de manipulador.

Este artigo tem como objetivo apresentar os testes preliminares do funcionamento de manipulador tipo SCARA com três graus de liberdade como uma opção mais acessível de aquisição tanto para pequenas empresas como para comunidade acadêmica, além de poder ser utilizado em tarefas de transferência de objetos. O manipulador construído tem uma configuração diferente dos outros manipuladores tipo SCARA presentes no mercado, mas continua apresentando boa precisão durante o seu funcionamento.

2. MANIPULADOR SCARA

O manipulador SCARA, geralmente, possui juntas rotacionais nas suas duas primeiras juntas e uma junta prismática como sua terceira junta, portanto é codificado como RRP (Spong; Hutchinson; Vidyasagar, 2017). Este manipulador também apresenta um espaço de trabalho com forma aproximadamente cilíndrica.

O espaço de trabalho de um manipulador é formado por um conjunto finito de pontos definidos por coordenadas (x, y, z) . Logo, se existir um ponto de coordenada (x, y) dentro do espaço de trabalho, pode-se encontrar os valores dos ângulos de cada junta do manipulador para que seu efetuador final chegue ao ponto (Spong; Hutchinson; Vidyasagar, 2017). Esses valores podem ser obtidos através das configurações cotovelo alto (*elbow up*) e cotovelo baixo (*elbow down*), estas configurações são obtidas pela posição do cotovelo do braço (acima ou abaixo) em relação a uma linha traçada da origem adotada ao seu efetuador final.

As abordagens cotovelo alto e cotovelo baixo são soluções da cinemática inversa que utiliza a aproximação geométrica como solução comum dos problemas cinemáticos. Uma vez que não existe uma solução geral e não há apenas uma solução para cada configuração, o que gera complicações no uso da cinemática inversa (Penha, 2016).

3. ASPECTOS CONSTRUTIVOS DO MANIPULADOR SCARA

O manipulador SCARA foi construído com uma estrutura de metal para fixação à base e sustentação dos demais componentes do robô. As fixações dos componentes e base do robô foram realizadas por meio de uniões parafusadas entre o metal e os elementos. A primeira junta deste robô é composta por um fuso unido a um motor de passo através de acoplamento espiral. Esta junta é utilizada para realizar a conversão do movimento rotacional do motor em movimento linear. Junto a esses elementos é utilizado um eixo guia para evitar desalinhamentos durante o movimento linear. Os motores de passo montados no manipulador são do padrão NEMA 23. Estes motores foram selecionados pela disponibilidade e, para a tarefa de análise de exatidão de posicionamento do manipulador, estão superdimensionados. Não foi objeto deste trabalho o dimensionamento dos motores através do cálculo de torques, visto que ainda não se definiu uma aplicação para o robô. A composição dessa junta pode ser vista na Figura 1.



Figura 1. Primeira junta do motor.

A segunda junta do manipulador é acionada por um motor de passo híbrido. A transmissão é feita pelo acoplamento de um eixo intermediário ao eixo do motor, este eixo intermediário está conectado a uma barra de alumínio (segundo elo do robô), a qual é conectada a uma chapa de metal, onde o motor da terceira junta é fixado. A terceira junta do manipulador possui o motor do mesmo modelo que a segunda junta e nele está acoplado o eixo intermediário que transmite o movimento ao terceiro elo do robô. Na Tabela 1 são mostradas as principais informações de cada junta do manipulador.

Tabela 1. Tipo de cada junta com seus respectivos torques.

Nº da Junta	Tipo	Torque do Motor (kgf·cm)
1	Prismática	19
2	Rotacional	13,5
3	Rotacional	13,5

No plano da área de trabalho do manipulador foi inserida uma folha de compensado coberta de papel milimetrado para análise das coordenadas do teste de exatidão. Na Figura 2 é apresentado o manipulador SCARA completamente montado.

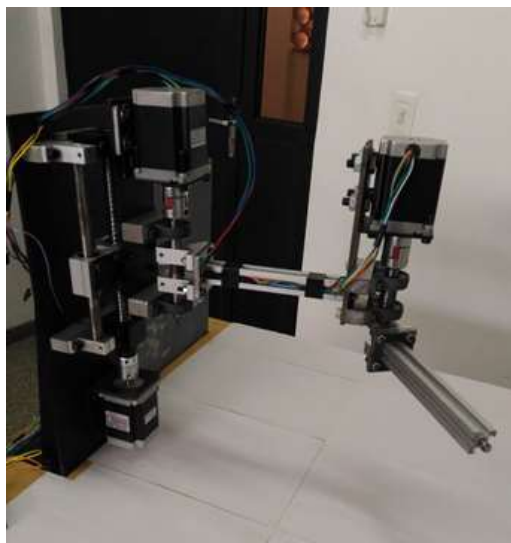


Figura 2. Manipulador SCARA completo.

4. RESULTADOS

Os resultados para validação do protótipo são divididos nas partes de obtenção do orçamento e de realização dos testes de exatidão. No orçamento foram considerados todos os componentes necessários para a construção, montagem e instalação. Já os testes de exatidão foram realizados por meio do envio sequencial de coordenadas desejadas e verificação das coordenadas obtidas.

4.1. Orçamento do Manipulador

O orçamento do manipulador construído é dado na Tabela 2.

Tabela 2. Orçamento do manipulador.

Descrição	Preço unitário	Quantidade	Preço total
Fontes	R\$ 13,00	3	R\$ 39,00
Suporte do motor	R\$ 18,00	3	R\$ 54,00
Motor	R\$ 110,00	3	R\$ 330,00
Driver Toshiba TB6560-V2	R\$ 40,00	3	R\$ 120,00
Guia	R\$ 25,00	1	R\$ 25,00
Mancais de rolamentos	R\$ 36,67	6	R\$ 220,00
Fuso de esferas com castanha	R\$ 320,00	1	R\$ 320,00
Arduino Mega	R\$ 70,00	1	R\$ 70,00
Rolamento linear	R\$ 22,00	2	R\$ 44,00
Acoplamento espiral	R\$ 18,00	1	R\$ 18,00
Acoplamento de mandíbula	R\$ 35,00	2	R\$ 70,00
Perfil de alumínio	R\$ 15,00	1	R\$ 15,00
Parafusos	R\$ 0,38	40	R\$ 15,00
Cabos e conexões	R\$ 0,31	80	R\$ 25,00
Total			R\$ 1365,00

A partir do valor total obtido na Tab. 2, R\$ 1365,00 (um mil trezentos e sessenta e cinco reais). Pode-se afirmar que o manipulador apresentou menor valor de aquisição comparado aos do mercado, uma vez que os preços de

manipuladores SCARA encontrados no mercado, durante a pesquisa, estão na faixa de R\$ 2000,00 (dois mil reais) a R\$ 4000,00 (quatro mil reais), para robôs com valores de dimensões próximos aos valores do manipulador desenvolvido.

4.2. Teste de Exatidão

Os testes de exatidão foram realizados em malha aberta e são caracterizados como testes preliminares com o objetivo principalmente de testar o mecanismo, como o comportamento das juntas e acoplamentos. Nesses testes, enviou-se um total de 5 (cinco) coordenadas de pontos no plano para o manipulador através da placa de controle e utilizando um software desenvolvido em Java. Apenas um ponto por vez era enviado, a fim de verificar a coordenada obtida pelo efetuador final do manipulador, através de marcação no papel milimetrado e medição da coordenada, depois de realizados os movimentos indicados pela cinemática inversa.

A marcação dos pontos foi realizada, através do alinhamento de uma haste de madeira entre o ponto final do terceiro elo do manipulador e o papel milimetrado, sendo marcado o ponto com uma lapiseira e feita a medição da coordenada no plano com uma régua. Na Figura 3 é mostrado o método de marcação do ponto.

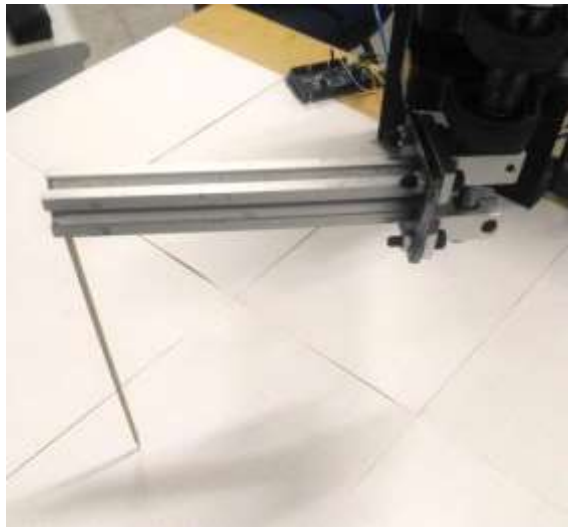


Figura 3. Método de marcação de coordenada.

Os resultados coletados foram armazenados em tabelas para a verificação do erro apresentado, por meio da comparação entre a coordenada desejada e a coordenada obtida. Na Tabela 3 são mostrados os resultados coletados para o primeiro teste de exatidão.

Tabela 3. Resultados do primeiro teste de exatidão.

	X desejado	Y desejado	X obtido	Y obtido	Erro em X	Erro em Y
Ponto 1	118	207	114	210	4	3
Ponto 2	-141	131	-130	120	11	11
Ponto 3	171	144	170	134	1	10
Ponto 4	-93	281	-87	271	6	10
Ponto 5	144	126	136	120	8	6

Como pode ser observado na Tab. 3, o erro chegou a 11 mm (onze milímetros) em dois eixos coordenados. Além deste erro, a coordenada y apresentou uma repetitividade do erro, principalmente para as coordenadas em que o valor de x era negativo. Este resultado pode ser dado pelas aproximações feitas pelo programa, pela sua posição inicial física (um pouco afastada em x devida à habilitação do motor de passo) e pelo método de marcação dos pontos, uma vez que esta pode apresentar desvios de coordenada.

Visando a correção do erro apresentado, foi realizado um segundo teste de exatidão com um fator de correção na segunda junta de 2° (dois graus), ângulo de inclinação do braço em relação à posição inicial adotada. Os resultados do novo teste são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados do segundo teste de exatidão.

	X desejado	Y desejado	X obtido	Y obtido	Erro em X	Erro em Y
Ponto 1	160	187	156	186	4	1
Ponto 2	71	282	71	284	0	2
Ponto 3	-98	238	-85	238	13	0
Ponto 4	135	209	130	207	5	2
Ponto 5	-108	186	-102	185	6	1

Os resultados para este teste se mostraram melhores que os resultados do primeiro teste para a maioria dos pontos, porém o ponto 3 apresentou um erro de 13 mm (treze milímetros) que é maior que o valor máximo de erro apresentado no primeiro teste de exatidão. Com a finalidade de diminuir ainda mais o erro foi realizado outro teste de exatidão, desta vez aplicando um ângulo de correção de $4,78^\circ$ (quatro vírgula setenta e oito graus) na segunda junta e $1,62^\circ$ (um vírgula sessenta e dois graus) na terceira junta, ângulos de inclinação dos dois elos ao serem habilitados os motores. Os resultados deste teste são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Resultados do terceiro teste de exatidão.

	X desejado	Y desejado	X obtido	Y obtido	Erro em X	Erro em Y
Ponto 1	116	235	116	234	0	1
Ponto 2	-117	216	-122	215	5	1
Ponto 3	56	145	56	148	0	3
Ponto 4	-117	165	-123	167	6	2
Ponto 5	-121	192	-124	197	3	5

Para este teste os resultados foram os mais satisfatórios, pois o erro não foi tão grande quanto os dos primeiro e segundo testes, chegando ao valor máximo de 6 mm (seis milímetros). Logo, com os resultados do terceiro teste, o manipulador pode ser utilizado para transferência de objetos. Pois, além do erro não ser elevado, a garra poderá compensar o erro de coordenada obtido.

5. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos quanto aos erros apresentados nos testes realizados, pode-se concluir que apesar da exatidão do manipulador não ser elevada, ela é satisfatória em virtude do atual estágio de desenvolvimento do projeto, caracterizado pelo controle em malha aberta e sem dispor de todo o sensoriamento necessário.

Acredita-se que implementando o controle em malha fechada e utilizando técnicas de visão computacional os resultados devem ser bastante melhorados.

6. REFERÊNCIAS

- BIASI, Herculano H. de; SUZUKI, Nilton K. Gomes; SANTOS, Rudinei L. dos., acesso em 25 nov. 2017, “Desenvolvimento de um Manipulador Robótico Antropomórfico”, Computer On The Beach, Curitiba, p. 158-166, 2013. Disponível em: <<https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/acotb/article/view/6211/3472>>.
- IBRAHIM, B.s.k.k., ZARGOUN, Ahmed M.a., 2014, “Modelling and Control of SCARA Manipulator”, Procedia Computer Science, Vol. 42, p.106-113.
- KURFESS, Thomas R., acesso em 25 out. 2017, “Robotics and Automation Handbook”, New York: Crc Press, Capítulo 1, p. 16, 2005. Disponível em: <[http://www.kumbaya.name/robotica/Libros de robótica/CRC Press - Robotics and Automation Handbook.pdf](http://www.kumbaya.name/robotica/Libros%20de%20rob%C3%B3tica/CRC%20Press%20-%20Robotics%20and%20Automation%20Handbook.pdf)>.
- PENHA, Bruno Schuavab., acesso em 10 out. 2017, “Modelagem e Simulação de um Robô com 6 Graus de Liberdade Utilizando Matlab® e Simulink®”, 2016. 97 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Eletrônica, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6897/1/CM_COELE_2016_2_03.pdf>.
- S. NETO, Miguel B. da; MENDONÇA, Julyandryos M.c. de; SENA, Alexander P.c. de., 2015, “Development and Control of a Prototype Manipulator SCARA Type as Teaching Tool”, Ifac-papersonline, v. 48, n. 19, p.209-213.
- SPONG, Mark W.; HUTCHINSON, Seth; VIDYASAGAR, M., acesso em 10 jan. 2017, “Robot Modeling and Control”, United States of America: John Wiley & Sons, Inc, 2006. Disponível em: <<http://bayanbox.ir/view/8445052974254475991/Robot-Modeling-and-Control-Spong.pdf>>.

URREA, Claudio; CORTÉS, Juan; PASCAL, José., 2016, "Design, construction and control of a SCARA manipulator with 6 degrees of freedom", Journal Of Applied Research And Technology, v. 14, n. 6, p.396-404.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

PRELIMINARY TESTS OF A PROTOTYPE OF ROBOT SCARA MANIPULATOR

Ricardo Silva Agostinho, ricardosilva130@hotmail.com¹

Erilson de Sosa Barbosa, erilson@ufpi.edu.br¹

Lino Wagner Castelo Branco Portela, linowcbp@gmail.com¹

Patrick Abreu de Oliveira, patrick.abreu@live.com¹

¹Universidade Federal do Piauí (UFPI), Laboratório de Energias Renováveis – LER, Curso de Engenharia Mecânica, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella – Bairro Ininga, CEP: 64049-550 – Teresina-PI, Brasil

Abstract. *This paper presents results of preliminary tests of a prototype robot SCARA manipulator. The manipulator presents a configuration different from the others robots type SCARA found in the market, differing in the location of the prismatic joint and in the way to execute the linear movement of the manipulator. Each manipulator joint is driven by a stepper motor, with high torque and small stepper degrees, connected to drivers capable of regulating step and current, controlled by an Arduino control board. The tests whose results are presented in this paper were performed after the assembly stage of the manipulator mechanism (link, joints, couplings and motors) and, considering that important development steps have not been completed, such as the selection and installation of sensors, besides the optimization of the software, it was already expected some error in the positioning of the manipulator. In the test results, it was verified that although the accuracy of the manipulator is not high, it could be used to transfer objects, since a claw positioned in its extreme position could compensate for the error presented by the robot.*

Keywords: SCARA, low price, stepper motor, accuracy