



21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

CONFEÇÃO DE PROTÓTIPO DE BRAÇO MECÂNICO A PARTIR DE MATERIAL DE BAIXO CUSTO COM ATUADORES HIDRÁULICOS

CON-2016-0667

Nome do primeiro autor, e-mail¹

Nome do segundo autor, e-mail¹

Nome do terceiro autor, e-mail²

¹Nome da instituição, endereço para correspondência,

²Nome da instituição, endereço para correspondência,

Resumo: Atualmente existem vários métodos utilizados para aumentar a eficiência dos processos produtivos, destacando-se a automatização com o uso de máquinas. A automação eficiente vem crescendo juntamente com a questão da sustentabilidade, associando a eficiência com a ideologia sustentável e o aproveitamento otimizado de recursos. Este trabalho tem como objetivo confeccionar um protótipo de braço mecânico a partir de material residual de baixo custo com atuadores hidráulicos, visando a utilização de materiais que podem ser reaproveitados. Para a montagem do protótipo, foram utilizadas placa residuais de madeira de fibra de média densidade (MDF), buscando dessa forma uma solução viável para a destinação adequada do material, o aplicando em protótipo de braço mecânico. As etapas de elaboração do protótipo foram: arquitetura, montagem em 3 dimensões com poliestireno e a formulação da estrutura rígida em MDF. Foram realizados testes com o protótipo e verificado o desempenho com diferentes fluidos no sistema hidráulico, uma vez que a eficiência de cada fluido nos movimentos das articulações varia de acordo com as características específicas dos mesmos. O teste de desempenho foi realizado através da escolha de movimentos específicos, mensurando o tempo gasto para a realização dos movimentos de acionamento e recuo. Os resultados foram obtidos através dos testes de desempenho realizados, onde juntamente com a comparação da eficiência de cada fluido (água, óleo vegetal e detergente) foi verificado o fluido que apresentou um melhor desempenho de movimento no circuito hidráulico do protótipo. O trabalho apresentou resultados satisfatórios, no qual se mostrou eficiente em todas as etapas dos testes, além da montagem e construção do protótipo do manipulador mecânico, reutilizando os materiais residuais em MDF, apresentando assim um protótipo de baixo custo.

Palavras-chave: protótipo, braço mecânico, MDF, baixo custo.

1. INTRODUÇÃO

Utilizar máquinas e torná-las automatizadas vem sendo uma das melhores formas de investimento inseridas no setor fabril. Atualmente essa visão de pensamento está crescendo juntamente com a questão da sustentabilidade, associando a eficiência com a ideologia da obtenção de um mundo melhor para todos. De acordo com o artigo nº 16 da Revista Economia e Desenvolvimento publicado em 2004, sustentabilidade vem a ser: "... a capacidade de se sustentar, de se manter [...] Em outras palavras: uma exploração de um recurso natural exercida de forma sustentável durará para sempre, não se esgotará nunca." O braço mecânico é um manipulador projetado para realizar diferentes tarefas repetidamente, movendo partes, objetos e ferramentas, conforme movimentos e pontos pré-programados, movimentando-os de um ponto ao outro, sendo instruído pelo controlador (BERTOLDO, 2013). O braço mecânico, também chamado de manipulador mecânico, é composto por uma estrutura rígida com várias partes, como punho, braço, ombro, garra, articulações e base sistema de movimentação, as quais são formadas por um conjunto de elos e juntas. Esse conjunto de elos e juntas são os elementos que fazem a ligação entre as partes do braço (SANTOS, 2004).

Os atuadores lineares são conhecidos como cilindros ou pistões. Um exemplo de pistão é uma seringa de injeção. Só que ela funciona de maneira inversa à dos atuadores lineares. Invertendo o funcionamento da seringa temos que, se injetado um fluido (água, por exemplo) pelo ponto onde a agulha é acoplada ao corpo da seringa, o êmbolo irá se deslocar segundo um movimento linear. Transformando assim energia de pressão do fluido em energia mecânica. Obtendo-se de tal forma um atuador linear, porém os cilindros hidráulicos têm construção muito mais complexa do que seringas de injeção, pois as pressões dos fluidos e os esforços mecânicos são muito maiores. (MACHADO, 2006).

Visando o baixo custo, a possibilidade mais transitável a se pensar para a confecção vem a ser a utilização de retalhos desses mesmos componentes, seja ele madeira, polímero ou metal, devido ao fato desses materiais terem um custo relativamente baixo ou nenhum custo, pois são sobras que geralmente são descartadas por empresas, as quais utilizam os mesmos como matéria prima na aplicação dos seus produtos. Podem-se utilizar retalhos para a montagem da estrutura, pois os retalhos são coletados no tamanho relativamente apropriado em que um protótipo deve ser montado, por não possuir um grande dimensionamento, justamente por isso os retalhos são ideais.

Medium-density fiberboard é um material derivado da madeira e é internacionalmente conhecido por MDF (placa de fibra de madeira de média densidade). O MDF é fabricado através da aglutinação de fibras de madeira com resinas sintéticas e outros aditivos. Para a obtenção das fibras, a madeira é cortada em pequenos cavacos que, em seguida, são triturados por equipamentos denominados desfibradores. (BOM, 2008). O MDF é um produto homogêneo, uniforme, estável, de superfície plana e lisa que oferece boa trabalhabilidade, alta usinabilidade para encaixar, entalhar, cortar, parafusar, perfurar e moldurar, além de apresentar ótima aceitação para receber revestimentos com diversos acabamentos (TEIXEIRA, 2009 et al, CAMPOS, 2003).

Este projeto pretende justamente associar essas duas formas de pensamento que estão crescendo e sendo aplicadas cada vez mais, trazendo consigo a ideia de unir estes dois conceitos através da confecção de um protótipo de braço mecânico de base giratória utilizando materiais de baixo custo, sendo que o braço mecânico é uma das máquinas eletromecânicas mais importantes quando se fala em processos industriais. Visou-se utilizar principalmente retalhos de placa de fibra de média densidade (MDF) para montagem da estrutura do protótipo, material esse que têm uma destinação final complicada. Encontrando dessa forma uma solução viável para a destinação final dos materiais, aplicando-as em protótipos assim como o apontado no projeto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para basear-se a arquitetura foi feito um modelo em poliestireno e posteriormente foi montado no programa SketchUp um esquema 3D da arquitetura do mesmo, Figura 1. A estrutura consiste basicamente em 3 elos unidos por duas juntas, a qual em um dos extremos tem-se o efetuator (garra) e no outro a base giratória. Foram utilizadas 8 seringas - onde quatro são identificadas como atuadores e quatro como bombas – as seringas atuadores localizam-se na estrutura do protótipo apoiada sobre os elos, e as seringas bombas localizam-se no sistema de controle do manipulador.

Tabela 1. Relação de materiais utilizados para a confecção do protótipo de braço mecânico.

Materiais	Quantidade	Dimensionamento	Espessura
Base – MDF	1 unid.	27,5 x 45 cm	1,5 cm
Seringas	8 unid.	6 unid. - 20 ml 2 unid. - 10 ml	-
Retalho – MDF (Elos)	4 unid.	2 unid. – 25 x 5,5 cm 1 unid. – 15 x 5,5 cm 1 unid. – 14 x 5,5 cm	1,5 cm
Arame fino (Aço SAE1020)	2 unid.	10 cm	-
Braçadeira	2 unid.	1,0 x 5,0 cm	-
Braçadeira de pressão	2 unid.	5,0 x 2,0 cm	2 cm
Dobradiça	1 unid.	5,0 x 5,0 cm	-
Parafuso (Rosca soberba)	51 unid.	26 unid. - 2 cm 25 unid. – 3 cm	-
Parafuso com porcas	9 unid.	1 unid. – 8 cm 8 unid. – 2,5 cm	-
Barra Roscada	1 unid.	30,5 cm	-
Retalho – MDF (Base cooler)	1 unid.	12 x 12 cm	0,6 cm
Retalho – MDF (Garra)	1 unid.	20 x 20 cm	0,6 cm
Lixa ABNT #80	1 unid.	-	-
Retalho – MDF (Apoio)	4 unid.	3 unid. – 5,5 x 5,5 cm 1 unid. – 5,5 x 4,0 cm	1,5 cm
Mangueira	4 unid.	2 unid. - 45 cm 2 unid. - 60 cm	-

A realização da montagem foi dividida em duas partes, primeiramente sendo montada a estrutura do braço em si – base vertical, braço, antebraço e garra - e posteriormente a montagem da base para a sustentação, composta pelo cooler, sistema de movimentação giratória e sistema de controle do protótipo. A partir das peças e materiais obtidos em MDF o manipulador foi montado seguindo a seguinte ordem/critérios:

- I. Junção dos elos da estrutura;
- II. Montagem do efetuator;
- III. Elaboração da base giratória;

- IV. Acoplagem da base giratória na base fixa;
- V. Conexão da estrutura do braço e da base giratória;
- VI. Fixação da garra na extremidade do elo;
- VII. Formulação do sistema hidráulico;
- VIII. Inserção do sistema hidráulico de movimentação na estrutura e na base giratória;
- IX. Aplicação do sistema de controle manual para movimentação (alavancas);

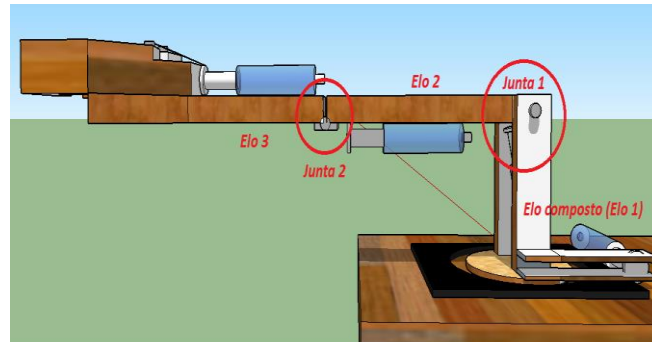


Figura 1. Esquema de confecção do protótipo de braço mecânico com atuadores hidráulicos.

A Figura 2 mostra um fluxograma com a sequência de montagem e método do projeto, exibindo detalhes e componentes que formam o protótipo.

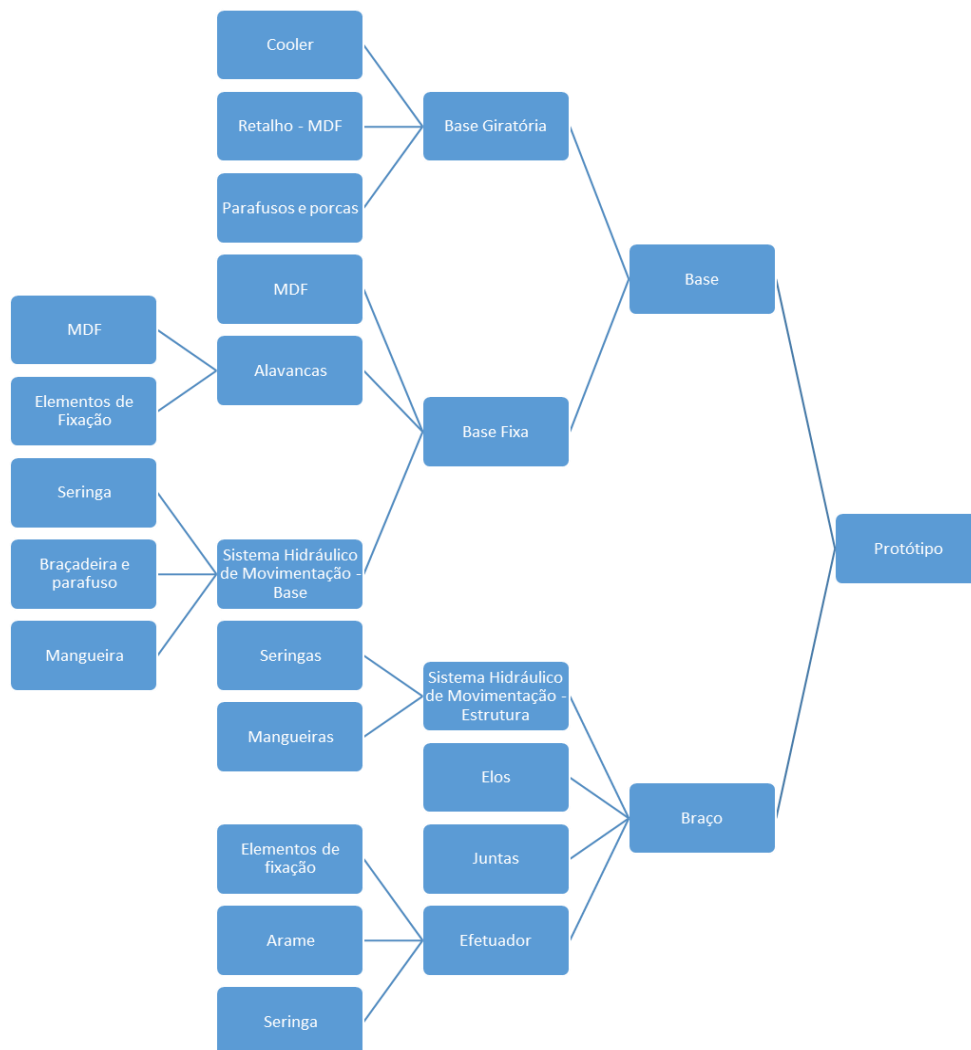


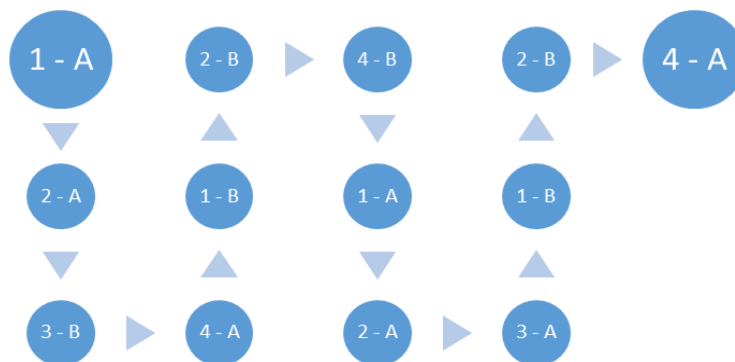
Figura 2. Fluxograma das etapas de confecção do protótipo de braço mecânico.

O sistema de manuseio é composto por um conjunto de quatro alavancas, as alavancas movimentam-se de forma rotatória, onde conforme é aplicada determinada força movimentando as alavancas para frente a seringa atuador é acionada, e conforme é aplicada uma força para no sentido contrário a haste da seringa atuador recua.

Tabela 2. Sistemas de movimentação

Sistema de Movimentação				
Alavancas	Posição da Alavanca	Local de Movimentação	Movimento	Denominação do Movimento
Alavanca 1	A	Braço (Elo 2)	Braço levantado	Vertical transversal
	B		Braço rebaixado	
Alavanca 2	A	Punho (Elo 3)	Antebraço ereto	Pitch
	B		Antebraço rebaixado	
Alavanca 3	A	Base Giratória	Movimento do protótipo para esquerda	Radial e rotacional transversal
	B		Movimento do protótipo para direita	
Alavanca 4	A	Garra	Garra aberta	Yaw
	B		Garra fechada	

Os roteiros foram elaborados visando serem usados como base para a realização das análises e testes. Foram elaborados através da observação de todos os movimentos possíveis alcançados pelo braço mecânico, fazendo com que cada movimento alcance a sua posição limite, posteriormente elaborando uma sequência de movimentos que obedecia aos seguintes requisitos:

Roteiro:**Figura 3. Roteiro de movimento (Posição Inicial: 1 – B; 2 – B; 3 – A; 4 – B;)****3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A montagem e o funcionamento ocorreram de forma eficiente, atingindo seus objetivos apesar de algumas dificuldades que foram encontradas, sendo essas contornadas, onde foram feitas algumas adaptações no projeto as quais foram realizadas no decorrer da montagem. Para os testes foram utilizados 3 fluidos - sendo eles água, óleo e detergente. O protótipo conseguiu alcançar variados ângulos, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Ângulo dos movimentos

Movimento	Descrição	Ângulo
Rotacional ou Radial Transversal	Base giratória	55°
Vertical Transversal (Braço)	Situada na junção dos elos 1 e 2	35°
Pitch (Punho)	Junta do punho	60°
Yaw	Movimento da garra	85°

Os testes foram realizados seguindo o roteiro de movimentos preestabelecido, onde os três fluidos – água, óleo e detergente - obtiveram êxito seguindo o mesmo princípio de funcionamento do sistema hidráulico de movimentação,

sendo que o desempenho de cada um dos fluidos variou em relação ao outro devido as suas características, tendo como fluido mais eficiente para ser utilizado de forma integral a água, conforme a Figura 4.

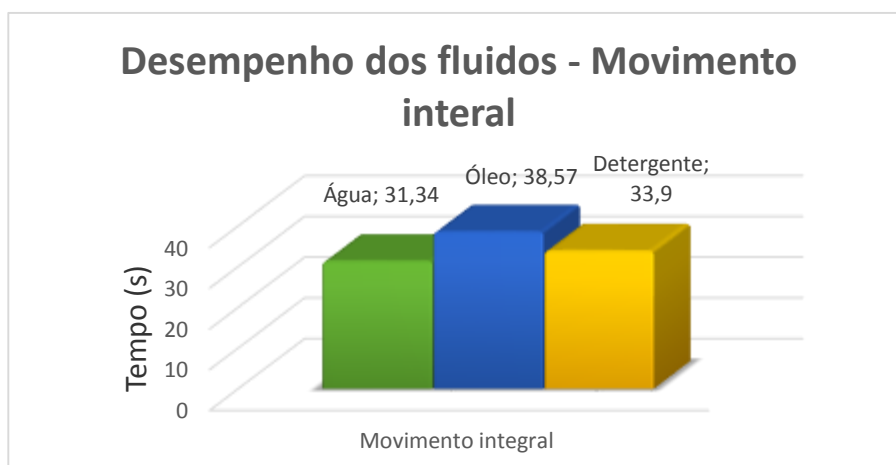
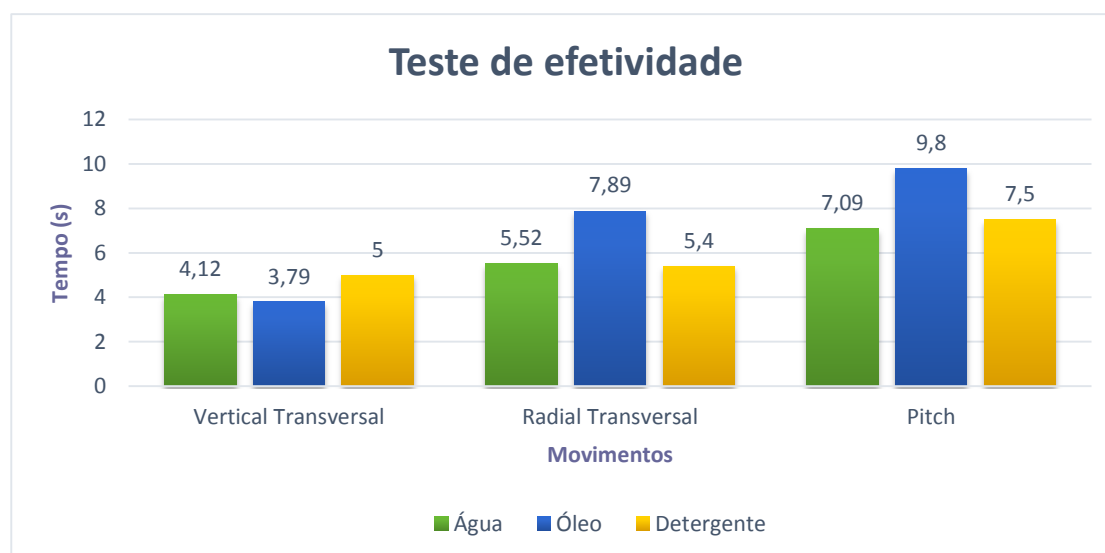


Figura 4. Desempenho dos fluidos de forma integral no protótipo.

Considera-se como fluido de maior eficiência aquele que obteve um maior desempenho em menor tempo, sendo assim considerando os movimentos do protótipo como um todo, a água foi o fluido mais eficiente, realizando a sequência de movimentos do roteiro em 31,34 segundos, sendo 18,75% mais eficiente do que o óleo e 7,55% mais eficiente do que o detergente. Com a água obteve-se tal resultado devido as suas características menos viscosas e menos densas que os outros dois fluidos, sendo menos viscoso o fluido consegue passar com mais facilidade pelo tubo, ou seja, tem um menor atrito em relação as paredes do mesmo. Os movimentos de recuo e acionamento são mais uniformes com a água do que com o detergente e o óleo, sendo assim como um todo, ele consegue dar uma resposta mais rápida para o movimento integral do protótipo.

Os fluidos se comportam de forma diferente devido possuírem características distintas, tais como a viscosidade e densidade. Os testes de movimento específicos permitiram a comparação da eficiência desses fluidos em um mesmo sistema hidráulico, mostrando as diferentes formas dos fluidos se comportarem, apresentados na Figura 5.



	Água	Óleo	Detergente
Viscosidade (25°C)	9,81x10 ⁻⁴ PA.s	0,06 PA.s	0,25 PA.s
Densidade (25°C)	1,00 kg/cm ³	0,93 kg/cm ³	1,02 kg/cm ³

Figura 5. Comparação do desempenho dos movimentos utilizando os fluidos com valores de densidade e viscosidade.

As características da água e do detergente são parecidas, tendo elas viscosidade e densidade aproximadas, por esse motivo que os seus respectivos resultados são aproximadamente semelhantes. O óleo se diferencia por ser menos denso, tendo $0,93 \text{ kg/cm}^3$ de densidade, se comparado aos demais é mais fácil o fluido escoar pelo tubo, embora sua viscosidade faz com que haja um atrito maior entre os mesmos, apenas no movimento vertical transversal ele se torna o mais efetivo.

O desempenho dos fluidos além de depender das suas próprias características depende também do tipo de movimento exercido pela junta. No caso do movimento vertical transversal o fluido que obteve um maior desempenho foi o óleo, isso devido ao fato de que o movimento exercido é o movimento de maior sustentação de peso do protótipo, responsável por levantar toda a parte horizontal do braço, apesar do atuador não ser acionado totalmente.

Tabela 5. Relação de custos de materiais utilizados para a confecção do protótipo.

Materiais	Quantidade	Custo
Base – MDF	1 unid.	Sem custo
Seringas	8 unid.	R\$ 15,00
Retalho – MDF (Elos)	4 unid.	Sem custo
Arame fino (Aço 1020)	2 unid.	Sem custo
Braçadeira	2 unid.	R\$ 1,30
Braçadeira de pressão	2 unid.	R\$ 2,30
Dobradiça	1 unid.	R\$ 1,70
Parafuso (Rosca soberba)	51 unid.	R\$ 5,10
Parafuso com porcas	9 unid.	R\$ 2,50
Barra Roscada	1 unid.	R\$ 3,00
Retalho – MDF (Base cooler)	1 unid.	Sem custo
Retalho – MDF (Garra)	1 unid.	Sem custo
Lixa ABNT #80	1 unid.	R\$ 6,00
Retalho – MDF (Apoio)	4 unid.	Sem custo
Mangueira	4 unid.	R\$ 4,50
Total		R\$ 41,40

O movimento radial transversal teve como fluido mais efetivo o detergente mesmo ele sendo denso possibilita a boa condução do fluido sob o tubo quando exercida uma pressão sobre ele. O movimento Pitch teve como fluido mais efetivo a água. Devido ao se equilíbrio por se desmembrar as partículas mais rápido no recuo, melhorando o seu tempo de resposta, tornando-se mais efetivo. A Tabela 5 apresenta a relação de custos de materiais utilizados para a confecção do protótipo de braço mecânico, onde apresenta o custo total do protótipo de R\$ 41,40 sendo caracterizado de baixo custo, se comparado aos dispositivos disponíveis no mercado.

4. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o protótipo conseguiu alcançar seus objetivos, onde realizou-se a confecção de um protótipo eficiente e de baixo custo, reutilizando materiais que antes tinham uma destinação prejudicial ao meio ambiente. Além disso o protótipo construído pode ser usado para aprendizado de aula prática. Dentre os fluidos estudados a água foi considerado o fluido mais adequado para ser utilizado no manuseio do protótipo. Para futuros trabalhos sugere-se mudar a parte da arquitetura em relação aos ângulos alcançados pelos mesmos, para que não seja necessária tanta força do atuador para realizar determinados movimentos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do IFBA e a disposição do laboratório de pesquisa de engenharia de materiais e mecânica da UFRN para a execução do trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- BELAN H. C.: *Banca Didática para Sistemas de Automação Pneumática*, Monografia, 2005;
 BERGAMIM J. P. C., *Princípio de pascal em um experimento - auto-explicativo*, 2007;
 BOM R. P., *Cadeira de painéis de madeira processo produtivo de painéis MDF*, 2008;
 BRAGA, N. C. *Escolhendo músculos de robôs*. Mecatrônica Atual, edição 47, 2009;
 CARVALHO L. F. F., *Física aplicada - Mecânica dos fluidos*, 2002;
 DÍAZ E. Y. V.: *Implementação dos sistemas diferencialmente planos para o controle de um manipulador robótico tipo braço humano*, Monografia, 2010;

- TARTARI FILHO S. C., *Modelagem e otimização de um robô de arquitetura paralela para aplicações industriais*, Dissertação Mestrado, USP, 2006;
- GROOVER, M. P., *Automation, production system and computer integrated manufacturing*, Prentice-Hall, 1987;
- GROOVER, M. P., ZIMMERS, E. W. *CAD/CAM: computer-aided design and manufacturing*, Prentice-Hall, 1984;
- BERTOLDO JUNIOR J., PINTO P. M. A. F., SOUZA A. T., VIEIRA G. A. S., *Braço mecânico hidráulico para transporte de produtos e operação de pintura simultaneamente*, Artigo – Revista Ciências Exatas, Vol. 19, Nº. 2, 2013;
- KICH G. M., SCHMITT R., *Projeto Conceitual de um Robô SCARA*, Projeto conceitual, 2012;
- LAZZARIM J.C.: *Construção de um manipulador robótico de baixo custo para ensino*, TCC, 2012;
- MACHADO M. L. P., *Introdução ao controle e automação*, 2006;
- MARQUES B. M. F., *Comportamento da distribuição de carga nos parafusos em diferentes configurações de juntas utilizando o método dos elementos finitos*, Dissertação Mestrado, 2012;
- MARTINS R.H.: *Construção de um manipulador robótico de baixo custo para ensino*, TCC, 2008;
- PRAZOS, F. A. *Efetadores. Mecatrônica Atual*, edição 04, 2002;
- PRAZOS, F. A. *Robôs Manipuladores - Parte 1. Mecatrônica Atual*, edição 02, 2002;
- SANTOS V. M. F.: *Robótica industrial – Departamento de engenharia mecânica*, Apostila, 2004;
- SARAIVA J. P. L., MARANHÃO J. R., LISTO T. L. A. *Sistema de controle de braço mecânico automatizado*, Monografia, 2008;
- SILVA E. C. N.: *Apostila de pneumática – PMR 2428 Sistemas fluidomecânicos*, Apostila, 2002;
- TEIXEIRA T. V. R., *Uso da madeira e derivados para energia no estado do paraná*, Trabalho de conclusão de curso, 2009;
- VALDIEIRO A. C., *Controle de robôs hidráulicos com compensação de atrito*, Tese Doutorado, 2005;

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

MECHANICAL ARM PROTOTYPE MANUFACTURING WITH HYDRAULIC ACTUATORS USING LOW COST OF MATERIAL

CON-2016-0667

First Author's Name, e-mail¹

Second Author's Name, e-mail²

Third Author's Name, e-mail²

¹Institution and address for first author

²Institution and address for second and third author

Abstract. Currently there are several methods used to increase the efficiency of production processes, automation highlighting the use of machines. Efficient automation is growing along with the issue of sustainability, combining efficiency with sustainable ideology and optimized use of resources. This work aims to fabricate a mechanical arm prototype from waste material of low cost hydraulic actuators, aiming the use of materials that can be reused. To mount the prototype, they were used residual plate medium density wood fiber (MDF), thus seeking a viable solution for proper disposal of the material, applying a mechanical arm prototype. The prototype development stages were: architecture, installation in 3 dimensions with polystyrene and the formulation of rigid structure in MDF. Tests with the prototype and verified performance were performed with different fluids in the hydraulic system, since the efficiency of each fluid movements in the joint varies with the specific characteristics thereof. The performance test was carried out by choosing specific movements, measuring the time taken for completion of the drive and retreat movements. The results were obtained through the performance tests, which together with the comparison of the efficiency of each fluid (water, vegetable oil and detergent) it was found that the fluid showed a better performance of movement in the hydraulic circuit of the prototype. The work presented satisfactory results, which proved effective in all phases of the testing, and the assembly and construction of the mechanical manipulator prototype reusing waste materials MDF, thus presenting an inexpensive prototype.

Keywords: prototype, mechanical arm, MDF, low cost.