

# DESENVOLVIMENTO DE UM ROBÔ PARALELO TIPO DELTA CONTROLADO COM ARDUINO

*Moisés Augusto Santacatarina*  
E-mail: <ms000961@fahor.com.br>  
Faculdade Horizontina (FAHOR)

*Vanessa Dilda*  
E-mail: <dilda@upf.br>  
Universidade de Passo Fundo (UPF)

*Richard Thomas Lermen*  
E-mail: <richard.lermen@gmail.com>  
Faculdade Meridional (IMED)

## RESUMO

O principal objetivo deste trabalho foi desenvolver um protótipo de um robô paralelo tipo delta. Este robô tem diversas utilizações nas indústrias, por exemplo, pode ser utilizado para a manipulação de materiais, sendo a principal de “*pick and place*” (pegar e posicionar). Para o desenvolvimento deste protótipo foram usadas barras de alumínio na fabricação das hastes e os manipuladores, chapas de aço para a fabricação da base móvel e base fixa, três motores, três fontes de energia, três “*stepper drivers*” e um Arduino. Uma caneta e um eletroímã foram fixados na base móvel para realização dos testes práticos. Também foi necessário construir um pórtico para fixar o robô. Após desenvolvido o protótipo do robô delta foram construídos códigos de programação que possibilitaram verificar a aplicabilidade deste robô simulando a realização de cordões de solda e atividade de “*pick and place*”. A partir destes experimentos foi possível identificar o comportamento do robô delta nas diferentes funções. Sendo assim este robô mostrou-se eficiente no desenvolvimento de manipulações de materiais (“*pick and place*”) e mostrando-se viável para a utilização em soldagem.

**Palavras-chave:** Robô Paralelo Tipo Delta, Arduino, Dimensionamento Parcial

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, muitas empresas estão buscando inovações e soluções para melhorar os processos, tornando-os mais competitivos. No meio deste cenário o uso de robôs está crescendo e se mostrando como uma solução para problemas referentes à produtividade e qualidade. Por exemplo, nas empresas do segmento de componentes eletrônicos, de alimentos, de cosméticos e farmacêuticos, as atividades repetitivas nas linhas de produção com operações de pegar e posicionar estão sendo desenvolvidas por robôs do tipo delta, nas quais consegue-se manter alto de-

sempenho nos trabalhos durante o dia todo. Estes trabalhos são feitos de forma uniforme com alta velocidades e com precisão nos movimentos aumentando a produtividade.

Segundo Secchi (2008), os robôs industriais são os de maior difusão em tarefas de alcance econômico. Formados por uma estrutura mecânica articulada, que se move adaptando diferentes configurações pelas ordens recebidas de um equipamento de controle baseado normalmente em um microprocessador.

Os robôs industriais são compostos por quatro partes diferentes, tais como: os manipuladores, os quais são as partes responsáveis pelas ações e

movimentações do robô; fonte de energia, a qual é responsável por alimentar o robô fornecendo a potência necessária para realizar as funções e exercer os comandos; o controlador, o qual armazena todas as ordens e movimentações que o robô executa e é através destes comandos que vai ser realizado todos os movimentos; e elemento terminal, o qual dependerá de cada tipo de robô e cada tipo de aplicação tendo um elemento terminal específico para cada atividade (Usategui & León, 1990).

Outro exemplo de aplicação de robôs está na soldagem à ponto, a qual é complexa e necessita um alto grau de precisão, isto é, os movimentos devem ser precisos e capazes de alcançar difíceis posições sem danificar as peças. Também, na aplicação de tinta spray, a flexibilidade dos robôs se torna evidente, os quais podem armazenar um programa específico para cada tipo de item a ser pintado. Vários robôs utilizados nessas aplicações não possuem sistema de sensoriamento isso porque a parte a ser trabalhada é posicionada a uma distância estabelecida e direção a partir da base do robô, podendo ser aplicado em objetos parados ou em movimentos (Taucita, Santos, & Almeida, 2013).

Além dos robôs industriais existem outros tipos de robôs, os quais podem ser classificados como robôs médicos e robôs móveis. Segundo Usategui & León (1990), dá-se este nome de robôs médicos às próteses de braços, pernas ou mãos biônicas as que possui motorização própria e que tenha capacidade de funcionamento com autonomia e com ações reflexas. Já os robôs móveis são dispositivos de transporte automático, ou seja, são plataformas mecânicas dotadas de um sistema de locomoção capaz de navegar através de um determinado ambiente de trabalho, dotados de certo nível de autonomia para sua locomoção e portando cargas. Suas aplicações estão relacionadas com tarefas que normalmente são arriscadas ou nocivas para a saúde humana. Alguns exemplos são as tarefas de monitoramento e manutenção em reatores nucleares, manipulação de materiais explosivos, exploração subterrânea entre outros (Secchi, 2008).

Um tipo de robô muito eficiente, geralmente utilizado nas áreas de embalagens, indústria farmacêutica, alimentícia e desenvolvimento de eletrônicos, é o robô paralelo tipo delta. Os robôs delta possuem manipuladores de três graus de liberdades com movimentações de translação, as quais são controladas por três motores de passo.

Estes robôs são multifuncionais e reprogramáveis podendo exercer funções variadas, sendo que na maioria das vezes são usados para mover e manipular materiais ou ferramentas (Albuquerque & Meggiolaro, 2008). Este robô foi projetado para mover materiais, peças, ferramentas ou dispositivos através de movimentos que podem ser reprogramáveis e variados para o desenvolvimento de diversas tarefas (Pandilov & Dukovski, 2014).

Para a construção de um robô delta basicamente precisa-se de três motores, três drivers, três fontes de alimentação, um Arduino (Arduino, 2016) e uma estrutura mecânica funcional na qual permite a mobilidade e a realização dos movimentos. Este robô delta possui os seguintes equipamentos constituintes: Manipuladores - são as partes mecânicas que realizam os movimentos; Atuadores - são os motores que movimentarão os manipuladores; Controlador - é o computador; Fonte de Energia - podem ser por baterias ou rede elétrica; Drivers - controla o motor de passo; Arduino - faz a interpretação dos dados e envia os comandos para os motores; Transmissão de energia e dados - são as conexões elétricas do sistema (Ottoni, 2010).

A ideia básica do robô delta é o uso de três paralelogramos que mantém constante a orientação da plataforma móvel, mesmo com três graus de liberdades puramente de translação. Os três paralelogramos giram sobre três juntas de rotação. A grande vantagem do robô delta é que os atuadores estão na base fixa, as hastes e os manipuladores tem baixo peso permitindo grandes velocidades de operação (Salabarría, 2007).

O estudo da cinemática é de suma importância para se determinar as posições de deslocamento e a realização de movimentos realizados pelos motores. A cinemática é dividida em quatro partes: Cinemática Inversa, Cinemática Direta, Cinemática Dinâmica e Cinemática Paralela (Lazzari, Oliveira, & Paixão, 2012). A cinemática inversa consiste em determinar as variáveis das juntas correspondente a uma dada posição e orientação da junta, sendo que a solução deste problema é de fundamental importância, pois permite transformar o movimento desejado nas juntas no posicionamento desejado no espaço das coordenadas (Cruz, 2007). A cinemática direta envolve a determinação da posição generalizada do órgão terminal a partir da posição das juntas, para manipuladores de estrutura em série na maioria dos casos é um problema simples e com uma solução única (Lopes, 2002).

O planejamento cinemático dinâmico de movimento do robô tem como objetivo planejar caminhos factíveis, isto é, que obedeçam às restrições impostas pelo modelo dinâmico do robô, além de evitar colisões com os obstáculos presentes no ambiente (Vas, 2011).

A cinemática paralela do robô é baseada no mecanismo de paralelogramo que é ligado pelos três braços rotativos e a plataforma inferior que pode mover-se livremente em eixos (X,Y,Z), os mecanismos cinemáticos são ligados o que dá maior estabilidade na estrutura e nas propriedades mecânicas (Poppeova, Rejda, Uricek, & Bulej, 2012).

Outro conceito importante para o desenvolvimento de um robô paralelo tipo delta é o volume de trabalho, o qual tem como objetivo apresentar os pontos máximos de alcance que o robô é capaz de realizar movimentos sem colidir com a própria estrutura e respeitando os limites das juntas de mobilidade. O volume máximo de trabalho ou alcançável é definido por Tartani Filho (2006) pelo conjunto de pontos no espaço que pode ser alcançada pelo ponto central da base móvel com pelo menos uma orientação dos motores, produzindo um mapa completo aonde é possível ter o volume de trabalho. Cuong, Tho, e Thinh (2013), diz que um passo importante no processo de concepção de um robô é entender o comportamento da estrutura, como ela se move em torno de seu espaço de trabalho ou como desenvolve uma tarefa.

Entretanto, o objetivo principal foi de projetar e desenvolver um robô paralelo tipo delta multifuncional o qual consegue realizar diferentes tipos de atividades. Para atingir o objetivo principal os seguintes objetivos específicos foram necessários: realizar o desenho do protótipo do robô em *software* de CAD; construir o protótipo do robô paralelo tipo delta; demonstrar o funcionamento do robô delta para a atividade de “*pick and place*” (pegar e posicionar); demonstrar o funcionamento do robô delta com uma caneta fixada na base móvel simulando por exemplo a execução de cordões de solda.

## 2 METODOLOGIA

Os métodos e técnicas utilizadas são apresentados e especificados em três etapas, a primeira apresenta o dimensionamento do robô delta, a segunda descreve a construção, desenvolvimento

e funcionalidades de cada parte do robô delta e pôr fim a terceira descreve os testes experimentais realizados com o robô delta.

Para a construção do protótipo do robô delta foi utilizado três motores de passo modelo TKA 344005 com um torque de 40 kgf.cm, três “*stepper motor drivers*” modelo M 542, três fontes de alimentação modelo PWM MS-350-48 de 5,5 A e tubos de alumínio para a construção das hastes e manipuladores.

### 2.1 DIMENSIONAMENTO

Foi dimensionado qual é a força peso que o robô consegue suportar usando o motor de passo TKA 344005 com torque de 40 kgf/cm e o dimensionamento da área de trabalho com um ângulo aplicado de 45° nos motores.

Para mover o robô para uma determinada posição e encontrar a área de trabalho com o ângulo de 45° aplicado nos motores, foi necessário aplicar os cálculos baseados na cinemática.

A posição inicial de trabalho do robô é com o ângulo de 0°, tendo o ponto (X<sub>0</sub>,Y<sub>0</sub>,Z<sub>0</sub>), isto é sem movimentação, sendo esta a posição inicial, conforme Figura 1(a). Foi aplicado o ângulo de 45° nos atuadores e usado as equações da cinemática, encontrando o diâmetro de 581 mm, conforme mostrado na Figura 1(b).

Através do torque do motor (TKA 344005) especificado de 40 kgf/cm foi calculada a força peso que o robô consegue suportar. Para que o robô não trabalhe no limite da capacidade de carga, podendo comprometer uma atividade foi acrescentado 12% como um fator de segurança. A carga final suportada pelo robô foi de 1,17 kg.

### 2.2 CONSTRUÇÃO DO ROBÔ DELTA

A Figura 2 mostra o desenho esquemático do robô delta fixado no pórtico desenvolvido através do *software Solidworks* (SKA, 2017). Durante o desenvolvimento do desenho esquemático do robô paralelo tipo delta foi observado as particularidades dos itens do robô como tamanho e proporções dos componentes.

Figura 1 – (a) Posição Inicial com Ângulo de Zero Graus e (b) Movimentação com Ângulo de 45° Aplicado.

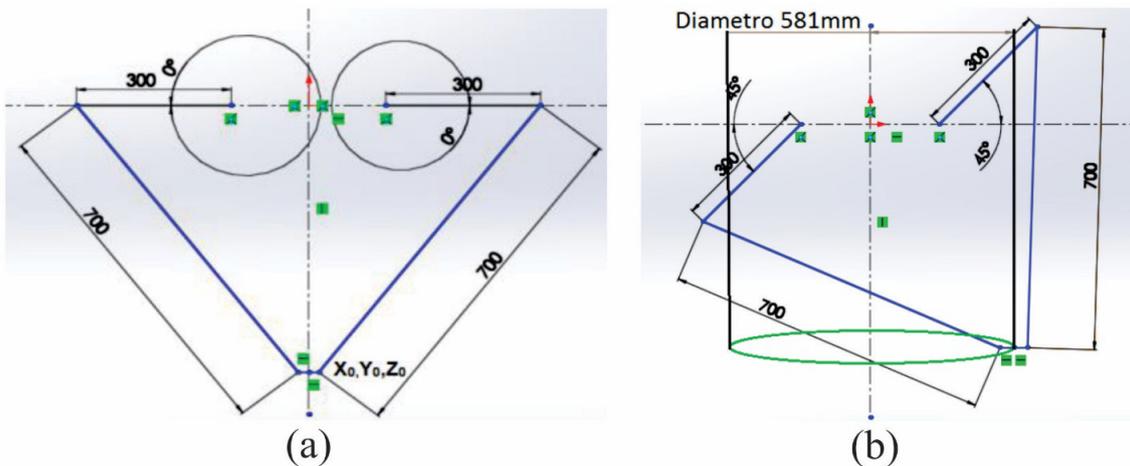
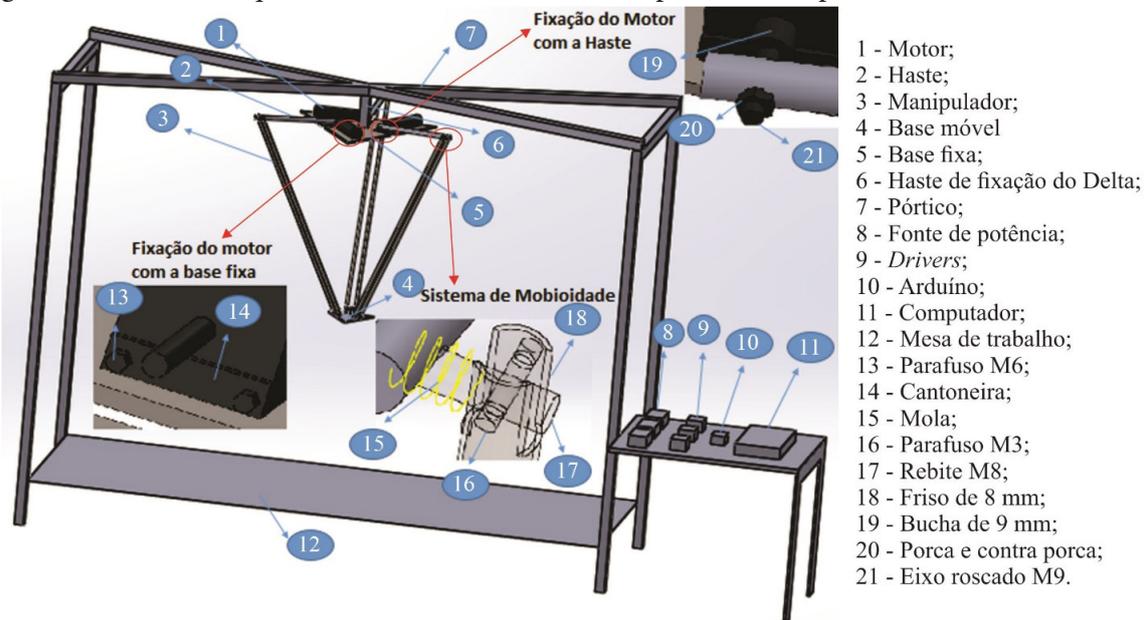


Figura 2 – Desenho Esquemático do Robô Delta com Respetivos Componentes.



Tubos de alumínio foram utilizados para a construção dos manipuladores e as hastes. Para a base fixa e a base móvel do robô foi usado chapa de aço SAE 1020 e para o pórtico de sustentação foi usado tubo quadrado de aço SAE 1020 com dimensões de 40x40 mm.

Para a fabricação dos manipuladores foi utilizado tubos de alumínio com diâmetro de 19 mm e comprimento de 700 mm, para as hastes foi utilizado o mesmo material mas com medidas diferentes sendo 30 mm de diâmetro e 350 mm de comprimento.

As juntas de mobilidade foram feitas através do processo de fresamento dos manipuladores nas extremidades, fixadas por parafusos e com uma mola para manter a haste centralizada.

Os motores, as hastes e manipuladores foram fixados em duas bases, uma chamada base fixa e outra base móvel. A base fixa é em formato de delta sendo cada lado com 600 mm e feita com aço SAE 1020, a base móvel é de mesmo formato e material, porém sendo cada lado com 200 mm. Para os motores foram comprados os modelos de motor de passo Nema 34 (TKA 344005), com um torque de 40 kgf/cm. Estes motores demandam uma fonte de potência com corrente elétrica mínima de 5A cada, sendo assim foi comprado três fontes de potência do tipo PWM MS-350-48. Também, três drivers do tipo CE Stepper Motor Driver M542, sendo aplicado um para cada motor. Um Arduino UNO foi utilizado para realizar a interpretação dos dados e transmitir os comandos.

Uma mola fixada na base fixa à base móvel com a finalidade de melhorar a estabilidade do sistema e manter a estrutura no ponto zero, isto é, ponto inicial do robô.

Para esta estrutura do robô delta foi projetado um pórtico feito com tubo quadrado de aço SAE 1020 de dimensões 40x40 mm. Dimensões de 1600 mm de alturas, 2000 mm de comprimento e 900 mm de largura. Na parte central superior possui uma haste de fixação rígida que possibilita a fixação da estrutura do robô delta através de parafusos.

A Figura 3 mostra um diagrama de blocos indicando as conexões dos “drivers”, motores, Arduino e fontes de alimentação.

### 2.3 TESTES EXPERIMENTAIS REALIZADOS COM O ROBÔ DELTA

Os testes experimentais realizados foram divididos em duas etapas. A primeira etapa consiste na análise do dimensionamento e funcionamento dos componentes do robô individualmente, tais como: hastes e manipuladores; base móvel; juntas de mobilidades; fixação do motor; e fixação da haste no eixo do motor.

O volume de trabalho e alcance dimensional foi determinado através de testes de alcance dimensional, isto é, foi analisada a estrutura do robô, pórtico e o alcance dos manipuladores nos pontos no espaço das coordenadas X,Y,Z, traçado os pontos máximos, respeitando o diâmetro máximo de 581 mm, assim encontrando os pontos máximos e mínimos em Z.

As coordenadas X e Y foram projetadas para que atingissem um comprimento máximo de 581 mm. Para verificar estas condições foi traçada uma área utilizando uma fita adesiva.

Para a coordenada Z foram realizados testes até alcançar os pontos máximos para (-Z) e (+Z), afim de que fosse possível ter mobilidade obedecendo as limitações da estrutura e não bater em obstáculos como a mesa de trabalho, estrutura do pórtico. Esta análise foi feita com o auxílio do transferidor de ângulo em que foi acoplado na base fixa e posteriormente movido os manipuladores para a coordenada (-Z) e (+Z) afim de encontrar o ponto máximo e mínimo alcançável no espaço sem encostar na mesa e sem perder a mobilidade das juntas

A verificação da capacidade de carga dos motores de 1,17 kg foi analisada através de car-

regamento do robô, isto é, massas (Figura 4(b)) foram adicionadas na base móvel (Figura 4(a)) e movimentos foram realizado dentro do volume de coordenadas X,Y e Z.

Os testes de adaptabilidade do robô para atividades que simulam movimentos de uma fresadora ou soldagem de um corpo de prova foram realizados através da fixação de uma caneta (como se fosse uma tocha de soldagem) na base móvel e programado o robô para realizar três retas ligadas entre si formando um triângulo. Uma folha em branco em cima da mesa de trabalho foi utilizada para demarcação das linhas.

Os testes “pick and place” (pegar e posicionar) foram realizados adicionando um eletroímã na base móvel com a finalidade de pegar uma chapa metálica e posicioná-la em um ponto demarcado na mesa de trabalho. Para este teste a seguinte sequência de procedimento foi feita: 1º) chapa dentro do círculo central e o robô posicionado no ponto zero; 2º) movimentação do robô para baixo pegando a chapa; 3º) chapa fixada e retorno do robô para o ponto zero; 4º) movimentação do robô para a direita, posicionando a chapa dentro do ponto demarcado e soltando-a; 5º) movimentação do robô e voltando para o ponto zero; 6º) movimentação do robô para a direita pegando a chapa e trazendo-a para o ponto zero; 7º) movimentação do robô para a esquerda, posicionando a chapa dentro do ponto demarcado e soltando-a; 8º) movimentação do robô e voltando para o ponto zero; 9º) movimentação do robô para a esquerda pegando a chapa e trazendo-a para o ponto zero; 10º) movimentação do robô para baixo, posicionando a chapa dentro do ponto demarcado e soltando-a; 11º) movimentação do robô e voltando para o ponto zero.

### 3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A apresentação e análise dos resultados foi dividida em três etapas, sendo que a primeira consiste na análise de fabricação e funcionamento do robô, a segunda consiste na análise da mobilidade e alcance dimensional do robô e identificar qual forma geométrica o volume de trabalho forma no espaço, a terceira realização dos testes de capacidade de carga e da adaptabilidade deste robô nos processos de solda e realização de atividades “pick and place”.

Figura 3 – Diagrama de Bloco Representando as Conexões dos Componentes.

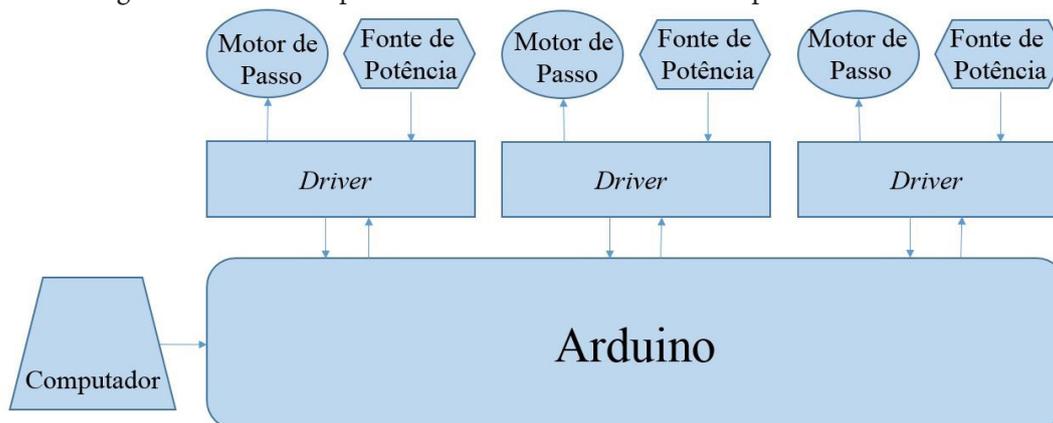


Figura 4 – (a) Posicionamento das Massas e (b) Massas.

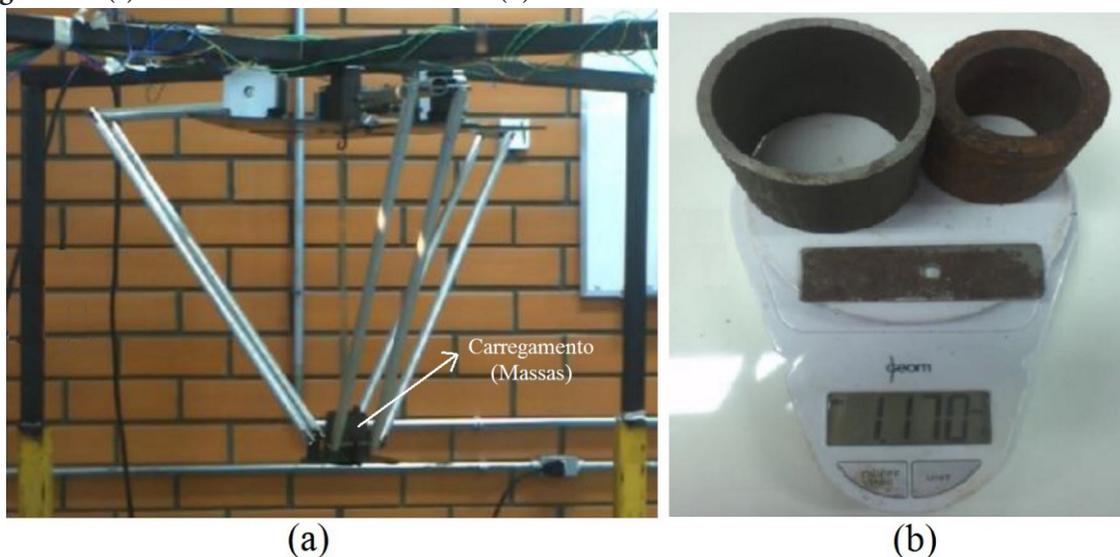
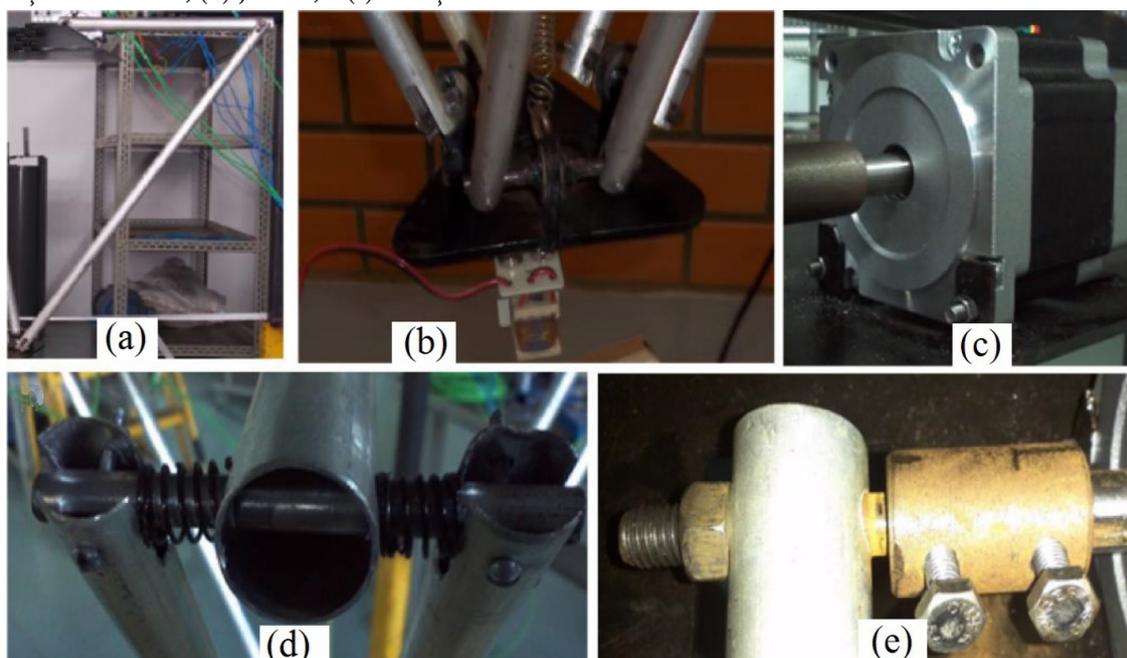


Figura 5 – Componentes Estruturais do Robô Delta. (a) Hastes Manipuladoras; (b) Base Móvel; (c) Fixação do Motor; (d) Juntas; e (e) Fixação da Haste no Eixo do Motor.



### 3.1 ANÁLISE DA ESTRUTURA E PARTES DO ROBÔ DELTA

As hastes e os manipuladores (Figura 5(a)) foram feitos de alumínio apresentando bons resultados, atendendo as expectativas sendo resistente a flambagem e tração, capaz de alcançar os pontos requeridos.

A fixação do motor (Figura 5(c)), foi feita com uma cantoneira soldada na base fixa e parafusada no motor, esta fixação apresentou-se rígida garantindo a estabilidade do motor. As juntas (Figura 5(d)), suportaram todos os movimentos, tanto circulares quanto longitudinais, porém na execução dos movimentos as juntas geram ruído significativo, isto devido ao furo da haste (local que passa o rebite e que fixa a haste aos manipuladores) possuir uma folga gerando vibrações

mecânicas. A fixação da haste no eixo do motor (Figura 5(e)), apresentou-se rígida dando continuidade na transmissão do movimento do motor até a haste. A haste foi travada por uma porca interna e uma porca externa fixando-as, assim garantindo que o movimento de rotação do motor se transformasse em uma ação mecânica nos manipuladores.

### 3.2 ANÁLISE DA MOBILIDADE E ALCANCE DIMENSIONAL DO ROBÔ

Foi feita análises dos alcances dimensionais do robô e análises da mobilidade para executar os movimentos em todos os pontos de alcance no espaço das coordenadas X,Y,Z, traçando os pontos máximos, conforme Figura 6.

Figura 6 – Alcance X e Y.

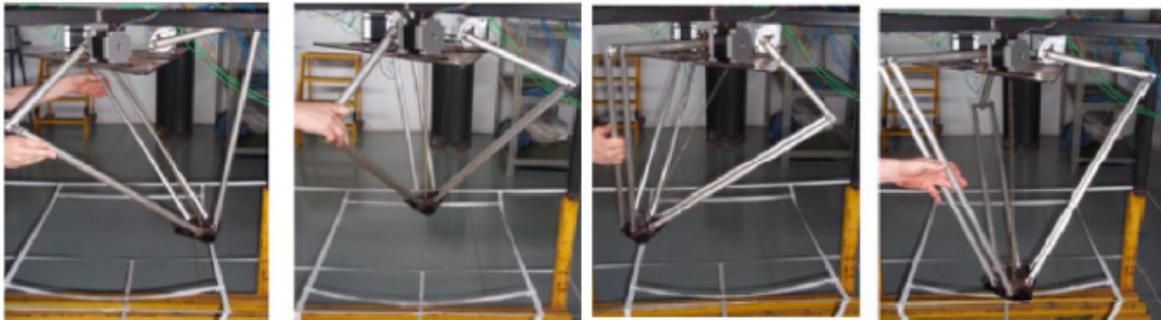
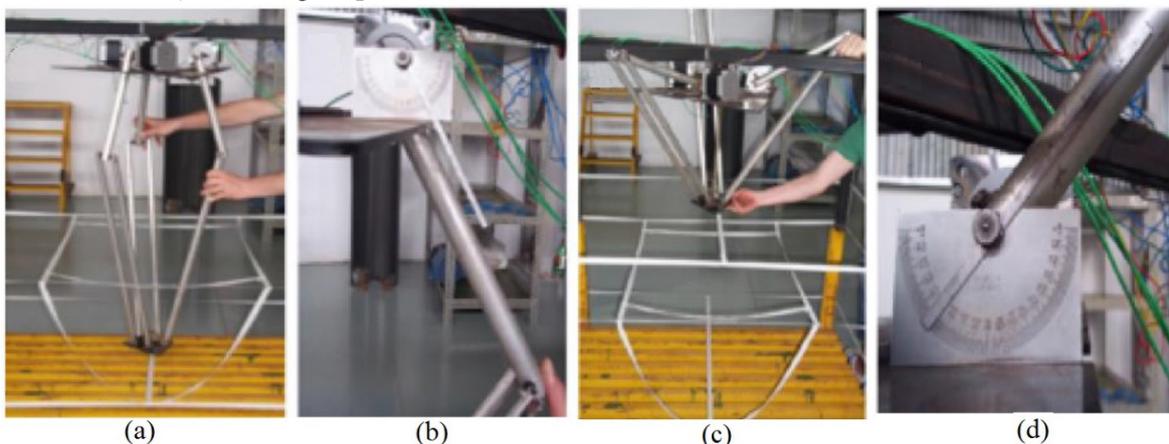


Figura 7 – (a) Máximo Valor de Z; (b) Limite de Colisão da Haste com a Estrutura; (c) Mínimo Valor de Z; (d) Indicação do Ângulo para o Mínimo Valor de Z.



Nestes testes os manipuladores conseguiram com facilidade atingir todas as coordenadas conforme demarcadas apresentando estabilidade no desenvolvimento dos movimentos.

Para verificar a coordenada máxima +Z, os manipuladores foram posicionados até o limite superior, detectando um ângulo máximo de rotação dos motores de 45° (Figura 7 (a-b)), isto é, se a rotação dos motores ultrapassar 45° ocorrerá uma colisão da haste com a estrutura do pórtico. Para obter a coordenada máxima -Z, o ângulo de rotação dos motores deve ser de -60° (Figura 7 (c-d)). As distâncias encontradas de -Z e +Z foi, respectivamente, de 180 mm e 372 mm.

Definido todos os pontos de alcance no espaço (-Z= 180 mm), (+Z= 372 mm), (X= 581 mm), (Y= 581 mm), foi demarcado com fita branca estes pontos no espaço de trabalho do robô e verificado se os manipuladores eram capazes de alcançar todos os pontos e com isso foi formado o volume de trabalho conforme Figura 8.

Todos os pontos (-Z= 180 mm), (+Z= 372 mm), (X= 581 mm), (Y=581 mm), foram facilmente alcançados nas coordenadas X, Y e Z. O volume de trabalho formou uma elipsoide de revolução (Figura 9), sendo os alcances X e Y de 581 mm, +Z de 180 mm, -Z de 372 mm.

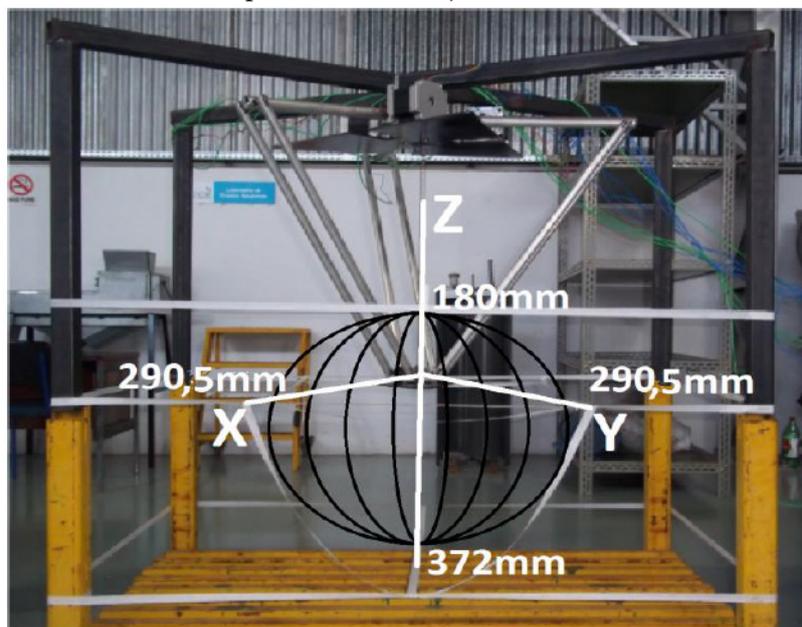
### 3.3 CAPACIDADE DE CARGA, “PICK AND PLACE” E SIMULAÇÃO DE MOVIMENTOS – FRESAGEM OU SOLDAGEM

O robô foi programado para subir até a altura máxima +Z (45°), conforme a Figura 10(a), para descer até a profundidade máxima -Z (60°), conforme a Figura 10(b), e para fazer as movimentações nas coordenadas X e Y conforme Figura 10(c). Todos os movimentos foram realizados com as massas sobre a base móvel do robô. Também foi observado que ao programar o robô para alcançar dimensões fora das estabelecidas pelos cálculos, o robô não suporta o peso.

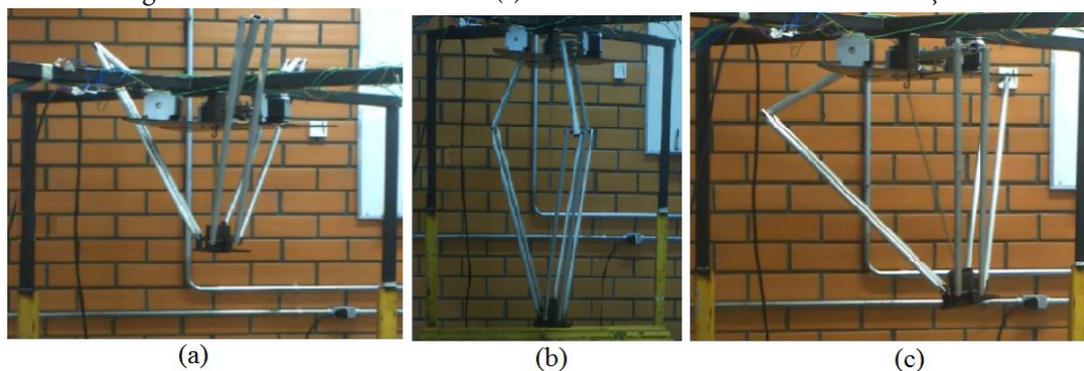
Figura 8 – Pontos de Alcance no Espaço.



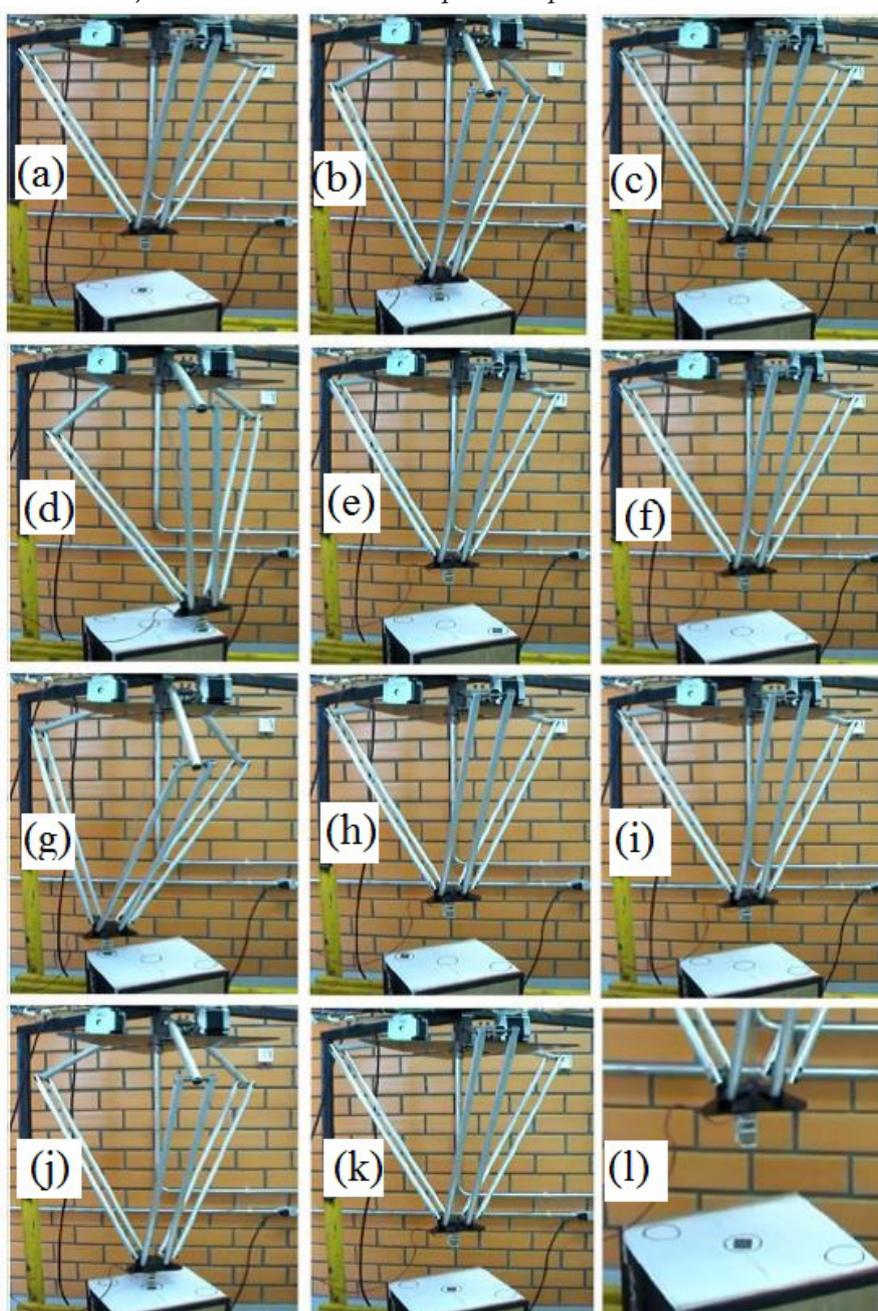
Figura 9 – Volume de Trabalho – Elipsoide de Revolução.



**Figura 10** – Teste de Capacidade de Carga. (a) Robô Elevando a Carga até o Ponto mais Alto (+Z), (b) Baixando a Carga até o Mínimo Valor de Z e (c) Realizando Movimentos nas Direções X e Y.



**Figura 11** – Movimentação do robô nos testes de “pick and place”.



Na aplicação de “*pick and place*”, o robô delta se mostrou eficiente e preciso, conseguindo realizar os movimentos para os dois lados e para baixo com a chapa fixada na base móvel. Este teste foi feito várias vezes mostrando precisão nos movimentos do robô, isto é, em todos os testes a chapa foi alocada no lugar indicado - círculo demarcado. A Figura 11 mostra a sequência de movimentos realizados pelo robô na aplicação de “*pick and place*”.

A Figura 11(a) mostra a chapa dentro do círculo central e o robô posicionado no ponto zero; A Figura 11(b) mostra a movimentação do robô para baixo pegando a chapa; A Figura 11(c) mostra a chapa fixada e retorno do robô para o ponto zero; A Figura 11 (d) mostra a movimentação do robô para a direita, posicionando a chapa dentro do ponto demarcado e soltando-a; A Figura 11(e) mostra a movimentação do robô e voltando para o ponto zero; A Figura 11(f) mostra a movimentação do robô para a direita pegando a chapa e trazendo-a para o ponto zero; A Figura 11 (g) mostra a movimentação do robô para a esquerda, posicionando a chapa dentro do ponto demarcado e soltando-a; A Figura 11(h) mostra a movimentação do robô e voltando para o ponto zero; A Figura 11(i) mostra a movimentação do robô para a esquerda pegando a chapa e trazendo-a para o ponto zero; A Figura 11(j) mostra a movimentação do robô para baixo, posicionando a chapa dentro do ponto demarcado e soltando-a; e a Figura 11(k) mostra a movimentação do robô e voltando para o ponto zero.

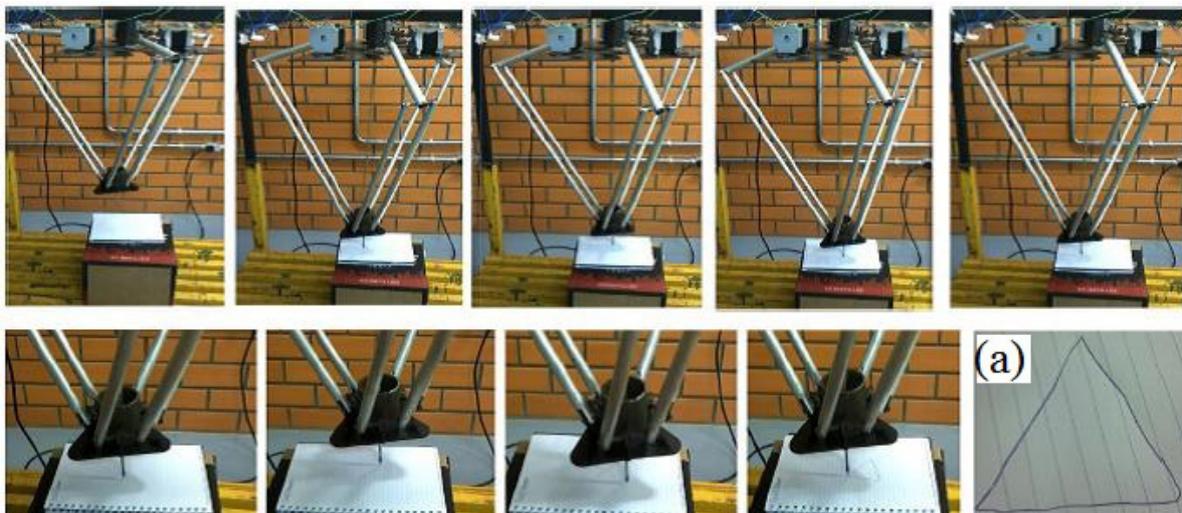
Para verificar a adaptabilidade do robô para possíveis atividades de soldagem ou fresamento foi adicionado uma caneta na base móvel do robô, simulando uma possível tocha de soldagem ou ferramenta de fresamento, e o robô foi programado para desenhar um triângulo, simulando a realização de cordões de solda. Quanto ao desenvolvimento do triângulo, o robô conseguiu desenhar obedecendo os comandos e tendo precisão no desenvolvimento da atividade, Figura 12. As linhas que unem os pontos não formam uma reta perfeita. Uma das hipóteses é que a caneta que está sendo usado possui uma ponta flexível, sendo assim no desenvolver da atividade a ponta sofreu variação lateral, conforme Figura 12 (a).

#### 4 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi projetado e desenvolvido um robô paralelo tipo delta controlado por Arduino capaz de realizar atividades de soldagem e fresamento, conforme simulado nos testes experimentais, também a realização de trabalhos “*pick and place*” (pegar e posicionar) que é a aplicação principal deste robô na indústria.

O protótipo desenvolvido conseguiu desempenhar as funções e movimentações, porém como as juntas de mobilidade do robô são através de um furo na haste e um rebite passante fixando-os manipuladores, estas juntas causam ruído quando o robô está em funcionamento. Este ruído é causado pela vibração mecânica dos compo-

**Figura 12** – Sequência de imagens mostrando o movimento para desenhar um triângulo e (a) o triângulo feito pelo robô.



mentos. Para solucionar o problema de ruído poderia ser desenvolvido componentes com outros materiais, por exemplo, algum tipo de polímero que absorva as vibrações mecânicas.

Nos testes de “pick and place”, o robô conseguiu pegar e posicionar a chapa dentro dos espaços demarcados, aprovando sua utilização no manuseio de peças ou ferramentas.

Por fim, outros testes de aplicação do robô paralelo tipo delta poderão ser realizados, tais como; soldagem, usinagem, impressora 3D e outros.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao estudante Alessandro La Rocca Silveira do curso de Engenharia de Controle e Automação - FAHOR pela contribuição no desenvolvimento da programação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, A. N., & Meggiolaro, M. (2008). Desenvolvimento de um simulador de movimentos verticais com atuação pneumática. p. 20. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2008. Disponível em [http://meggi.usuarios.rdc.puc-rio.br/teses/PIBIC09\\_Allan\\_Albuquerque.pdf](http://meggi.usuarios.rdc.puc-rio.br/teses/PIBIC09_Allan_Albuquerque.pdf)
- Arduino. (2017). *Arduino Products*. Disponível em <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>. Acesso em 15 de fevereiro de 2017.
- Cruz, D. F. M. (2007). Implementação da Cinemática inversa de Robôs Redundantes Operando em Ambientes Confinados no Projeto Roboturb. p. 136. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/90064>
- Cuong, T. D., Tho, T. P., & Thinh, N. T. (2013). A Generalized Approach On Design And Control Methods Synthesis Of Delta Robot. *Research Notes in Information Science (RNIS)*, Volume 3, May 2013, p. 179-183. Disponível em <http://connection.ebscohost.com/c/articles/76453688/generalized-approach-design-control-methods-synthesis-delta-robot>
- Lazzari, F. S., Oliveira, H. R., & Paixão, T. S. (2012). Desenvolvimento de um robo paralelo tipo delta associado com uma visão computacional para aplicações pick and place. p. 67. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012. Disponível em [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/929/1/CT\\_COMET\\_2012\\_1\\_02.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/929/1/CT_COMET_2012_1_02.pdf)
- Lopes, A. M. (2001/2002). Modelação Cinemática e Dinâmica de Manipuladores de Estrutura em Série. p. 101. Dissertação de mestrado em Automação, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2001/2002. Disponível em [https://sigarra.up.pt/fcnaup/pt/pub\\_geral.pub\\_view?pi\\_pub\\_base\\_id=42591&pi\\_pub\\_r1\\_id=](https://sigarra.up.pt/fcnaup/pt/pub_geral.pub_view?pi_pub_base_id=42591&pi_pub_r1_id=)
- Otoni, A. L. (2010). Introdução à robótica. p. 7. Universidade Federal de São João Del-Rei, 2010.
- Pandilov, Z., Dukovski, V. (2014). Comparison of the Characteristics Between Serial and Parallel Robots. *ACTA TEHNICA CORVINIENSIS – Bulletin of Engineering*, Volume 7, 2014, p.143-160. Disponível em <http://acta.fih.upt.ro/pdf/2014-1/ACTA-2014-1-19.pdf>
- Poppeova, V., Rejda, R., Uricek, J., & Bulej, V. (2012). The design and Simulation of Training Delta Robot. *Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*, Volume 16, 2012, p. 195-198. Disponível em <http://www.tmt.unze.ba/zbornik/TMT2012Journal/44.pdf>
- Salabarría, M. H. (2007). Robô Hiper-Redundante com Módulo de Arquitetura Paralela. p. 118. Dissertação de Mestrado, escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3152/tde-01042009-141413/en.php>
- Secchi, H. A. (2008). Una Introducción a Los Robots Móviles. p. 91. Universidade Nacional de San Juan, Argentina, 2008.
- SKA. (2017). *Solidworks*. Disponível em <http://www.ska.com.br/ska/produtos/Solidworks>. Acesso em 15 de fevereiro de 2017.
- Tartani Filho, S. C. (2006). Modelagem e Otimização de um Robô de Arquitetura Paralela para Aplicações Industriais. p. 227. Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia Mecatrônica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3152/tde-07122006-151723/pt-br.php>
- Taucita, F. de M., Santos, P. M. de S., Almeida, V. (2013). Presença de Robôs de Pintura na Indústria Automotiva. Associação Educacional Dom Bosco, 2013.
- Usategui, J. A., & León, J. S. (1990). Manual Prático de Robótica. Editora Hemus. Volume 1. p. 165.
- Vas, D. A. B. de O. (2011). Planejamento de Movimento Cinemático-Dinâmico para robôs móveis com rodas deslizantes. p. 64. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em [https://www.google.com.br/search?q=Planejamento+de+Movimento+Cinem%C3%A1tico-Din%C3%A2mico+para+rob%C3%B4s+m%C3%B3veis+com+rodas+deslizantes&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b-ab&gfe\\_rd=cr&ei=8AUqWPmxB9TV8wfElrX4CQ](https://www.google.com.br/search?q=Planejamento+de+Movimento+Cinem%C3%A1tico-Din%C3%A2mico+para+rob%C3%B4s+m%C3%B3veis+com+rodas+deslizantes&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b-ab&gfe_rd=cr&ei=8AUqWPmxB9TV8wfElrX4CQ)

**ABSTRACT**

The main objective of this study was to develop a prototype of a delta parallel robot type. This robot has many utilization in industries for handling materials being the main utilization is pick and place. To develop this prototype was used aluminum tubes to manufacture the rods and handlers, steel sheets for the manufacture of mobile base, fixed base, three electric motors, three power sources, three stepper drivers and one Arduino. A pen and an electromagnet were fixed to the mobile base to carry out the trials. It was also necessary to build a fixture for fixing the robot. After the prototype of delta robot development, the programming code were built, that made it possible verify the applicability of robot simulating the weld bead and “pick and place” activity. Through to the trials, it was possible to identify the delta robot behavior in different functions. Therefore this robot shown to efficient in development of materials handling (pick and place) and proved to be viable for use in welding.

**Keywords:** Delta Parallel Robot Type, Arduino, Partial sizing