

BRAÇO ARTICULADO COMANDADO VIA BLUETOOTH POR UM APLICATIVO DESENVOLVIDO NA PLATAFORMA ANDROID

Wanderson Henrique Alves Barbosa¹

Rafael de Oliveira Silva²

RESUMO

O projeto a ser desenvolvido trata se do controle de um braço articulado comandado pela tecnologia Bluetooth® por um smartphone da plataforma android, aplicativo desenvolvido pelo autor do projeto através do programa app inventor2. Este artigo terá três tópicos fundamentais que é descrição da interface do Bluetooth®, a programação do arduino e a criação do aplicativo para obter o controle do braço. A estrutura do braço é feita em MDF e composta por 4 Servos motores que fazem sua movimentação. O aplicativo foi elaborado para transmitir através do Bluetooth®, o sinal com pacotes de números de 0 a 180 que correspondem ao ângulo de rotação de cada servo, todo esse movimento devidamente controlado e monitorado. O projeto está voltado ao auxílio e orientação dos alunos de engenharia mecânica nas aulas de mecatrônica e automação industrial, com intuito de popularizar mais a robótica dentro da engenharia, obtendo resultados satisfatórios quanto à movimentação do braço e quanto à comunicação entre dispositivo e Bluetooth®.

Palavras-chaves: Aplicativo. Smartphone. Arduino. Robótica. Bluetooth®.

¹ Graduando em engenharia Mecânica pela Universidade de Rio Verde, UNIRV, GO.

² Orientador, Especialista em Instrumentação e controle de Processos Industriais.

® Marca registrada da Bluetooth SIG, Inc.

1 INTRODUÇÃO

O robô é estabelecido como um dispositivo biomecânico ou eletromecânico, geralmente é controlado automaticamente ou manualmente e pode ser programável em um ou mais eixos (PILTAN, EMAMZADEH , *et al.*, 2012). Frequentemente o termo robótica e empregado para apontar a disciplina relacionada ao uso da programação de robôs e a expressão engenharia robótica é mais específica referindo-se à construção de dispositivos robóticos (SANTOS, 2003-2004).

Na Rotina das indústrias é bastante comum substituir o trabalho humano por dispositivos robóticos, isso mostra o quanto se faz necessário esse tipo de tecnologia além de superar em rapidez e eficiência, os robôs podem trabalhar em locais que provavelmente pessoas não conseguiriam.

Nesse trabalho demonstra-se um manipulador robótico, ou também conhecido Como braço robótico, que é controlado através de tecnologias de fácil acesso e que estão extremamente presentes no cotidiano das pessoas, Como a comunicação serial do Bluetooth® e smartphones, além de utilizar servo motores que são amplamente utilizados em robótica e modelismo (FERREIRA e ALVES, 2013).

Outro principio interessante do projeto e que será mostrado o desenvolvimento do aplicativo para smartphone dedicado ao controle de cada servo, aplicativo esse completamente elaborado pelo responsável desse projeto, produzido no software chamado app inventor2.

A motivação básica do projeto é abranger mais o campo da robótica dentro da engenharia mecânica, criando um manipulador para ser utilizado nas aulas teóricas com intuito de facilitar o aprendizado dos alunos.

O Objetivo desse projeto nada mais é que a demonstração do funcionamento do manipulador robótico através do sinal Bluetooth®, controlado por um aplicativo criado para smartphone da plataforma android possibilitando um controle parcial dos servos. Vale lembrar que o projeto pode ser usado para explicações em sala de aula, demonstrando o funcionamento, características e a necessidade de um arduino.

1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1.1 Robótica

Levou aproximadamente 4 décadas para os robôs estarem expostos em grandes escala nas indústrias. Essa evolução foi conquistada em parte graças aos investimentos das indústrias automobilísticas. Há vários tipos de robôs sendo que cada robô têm diferentes funções (SOUZA, [S.d.]). O termo robô é mais distinto exigindo um maior grau de complicação, sobretudo no que cita a forma do comando utilizado. A associação internacional de robótica (Robotic Industries Association - RIA) possui uma descrição mais admitida. Segundo ela um robô que têm características de um braço Humanoide é um manipulador reprogramável, capaz de movimentar, ferramentas, materiais, peças ou aparelhos especiais em trajetória. (BARRIENTOS, PEÑIN, *et al.*, 1997) Cada robô foi criado conforme uma especialidade podendo existir robôs que executam varias tarefas tanto como aquáticas, terrestres, atividades de busca e salvamento, manutenção e exploração. O manipulador robótico e constituído por um conjunto de corpo interligado em serie por juntas rotativas, que criam uma cadeia cinemática aberta, a qual uma das pontas do braço robótico está fixada a uma base, enquanto a outra ponta esta fixada uma garra que se movimenta livremente (QUARESMA).

Normalmente o Braço é composto de materiais resistentes como aço por exemplo. No caso desse projeto utilizou-se MDF o que oferece leveza, e uma dinâmica melhor para o projeto.

1.1.2 Arduino

O arduino é uma única placa empregada como uma plataforma de prototipagem eletrônica capaz de ler entradas e transforma-las em saída como, por exemplo, uma mensagem de twitter é uma entrada e a saída dessa mensagem seria a publicação online. (ARDUINO CORPORATION)

A placa do arduino é constituída de um microprocessador Atmel AVR, um cristal ou oscilador e um regulador linear de 5 volts. Para programá-lo utiliza o IDE do arduino que é um software livre que você escreve a programação passo a passo que você deseja que o

arduino siga. A linguagem usada por ele é uma linguagem padrão desenvolvida através de uma derivada da linguagem C/C++. (MCROBERTS, 2011)

Esse pequeno computador é capaz de programar funções específicas processando entradas e saídas entre ele e os componentes externos. Pode ser utilizado para elaborar objetos interativos independentes, ou conectá-lo a uma rede ou computador, até mesmo a uma rede de internet, podendo enviar dados entre arduino e demais redes mantendo o controle sobre eles. (MCROBERTS, 2011)

1.1.2.1 Vantagens

Tem Alto desempenho, baixo consumo, graças aos modos de funcionamento do CPU que trabalha com tensões muito baixa. O ambiente de programação do Arduino é fácil de ser usado por iniciantes, mas bastante versátil para usuários avançados que podem ter grandes aproveitamentos. Além de o custo ser baixo, no Brasil consegue-se encontrar arduino por R\$ 100,00.

O arduino escolhido pelo criador do projeto foi o arduino uno por ser o mais popular dentre todas as plataformas e por se adequar às necessidades do projeto. (FERREIRA e ALVES, 2013)

1.1.3 Bluetooth®

O nome Bluetooth® é uma homenagem ao rei da Dinamarca e Noruega Harald Blatand que em inglês escreve-se Harold Bluetooth, esse dispositivo é usado para comunicação a curto alcance de forma tranquila e sem cabos. (BONATTO e DO CANTO) A tecnologia Bluetooth® aceita que os computadores, tablets ou celulares smartphones possam trocar dados entre si ou que conectem teclados, mouses, impressoras ou acessórios a partir de ondas de rádio. (FERREIRA e ALVES, 2013) A troca de dados é rápida, sem complicações e sem uso de cabeamentos, sendo necessário apenas os dois dispositivos estarem um perto do outro independentemente da posição.

No final do ano de 2009 foi anunciada a versão mais recente para os smartphones da tecnologia Bluetooth a versão 4.0, que chegaram para ter uma economia de energia muito superior as versões anteriores, economizando principalmente quando o dispositivo encontra-

se inativo. Tem uma velocidade de transferência de dados podendo atingir 24 MB/s(megabits por segundo) e a distância entre os dispositivos pode alcançar 10 metros sem que haja problemas na comunicação e/ou transferência de dados. (ALECRIM, 2008)

1.1.4 Servos Motores

Os servos motores são utilizados quando se deseja movimentar algo de forma controlada e precisa. Sua característica mais destacada é a sua capacidade de mover o braço até uma determinada posição e conseguir manter o mesmo na posição mesmo sofrendo uma força de outra direção. (BAJERSKI e ABELLA, 2010)

São usados na maioria das vezes para controlar movimentos angulares, distintivamente, entre 0° e 180°. Sendo um dispositivo composto por um, circuito de controle, motor, um conjunto de engrenagens, um potenciômetro e três condutores exteriores de ligação. (BAJERSKI e ABELLA, 2010)

1.1.5 Grau de liberdade

Grau de liberdade nada mais é que a projeção dos movimentos que o manipulador robótico pode executar podendo ser em um espaço ou eixo (X, Y, Z) com duas ou três dimensões. São contados os graus de liberdade nos manipuladores através de suas juntas. Cada junta possui um ou dois graus de liberdade sendo assim o número de graus de liberdade do braço robótico e a soma dos graus de cada junta. Normalmente os braços robóticos possuem 6 graus de liberdade, sendo que três movimentam o punho e os outros 3 restantes movimentam o braço no caso deste projeto contem 4 graus de liberdade. (GOMES, 2015)

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MIT App Inventor 2

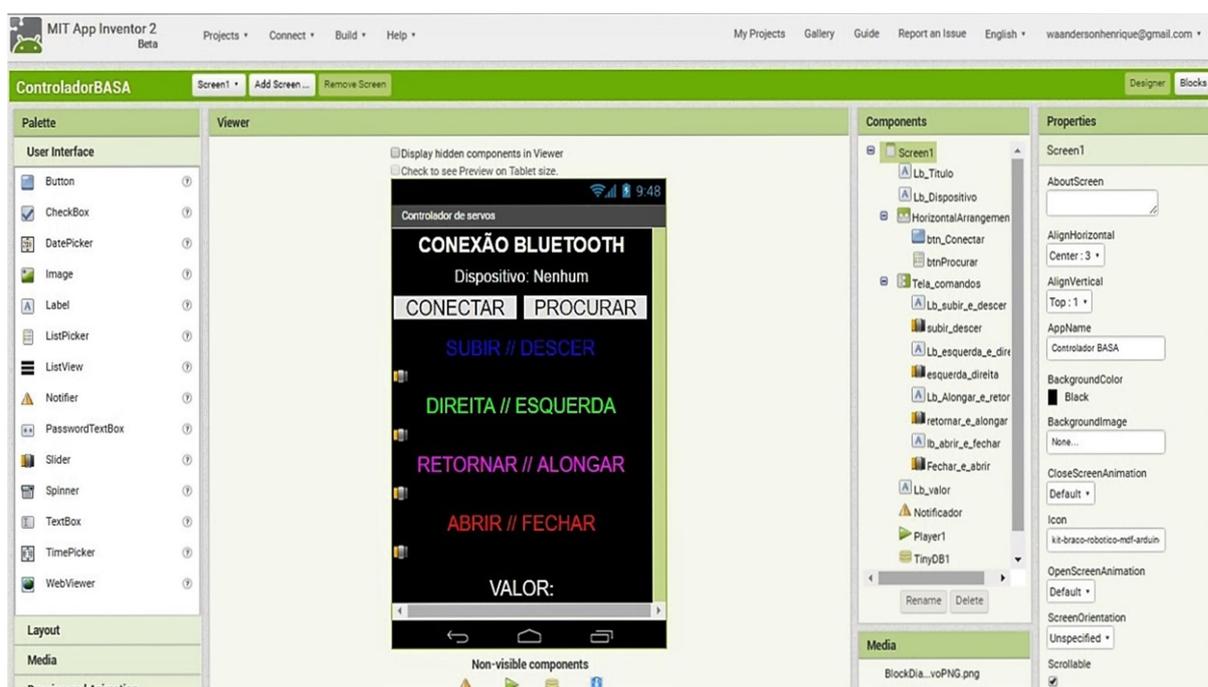
A criação do aplicativo surgiu após pesquisas que destacavam a facilidade de uso dessa ferramenta, optou-se por criar tal aplicativo na versão mais atual do app inventor2, que é um software desenvolvido pela Google com a finalidade de criar aplicativos para

smartphones que rodam o sistema operacional android. A escolha pelo programa deu ênfase à programação que foge dos padrões normais sendo que qualquer tipo de pessoa sem conhecimento possa criar aplicativos nessa ferramenta, que conta com recursos do tipo drag and drop (arrastar e soltar), sendo uma programação simples precisando apenas usar a intuição e criatividade. (FERREIRA e ALVES, 2013)

O app inventor2 conta com duas partes, o app inventor designer e o app inventor block editor

O app inventor2 designer e a primeira tela do programa onde fica todo desenho, posições, botões, podendo inserir fotos ou sons para deixar o aplicativo mais fácil de ser entendido e todos outros componentes que o programa precisa. Conforme mostrando na figura 1 o designer do aplicativo denominado Controlador BASA, utilizando as iniciais de cada item usado no controle do projeto sendo respectivamente o Bluetooth®, android, servo motor e arduino. (FERREIRA e ALVES, 2013)

FIGURA 1-Primeira tela do Controlador BASA



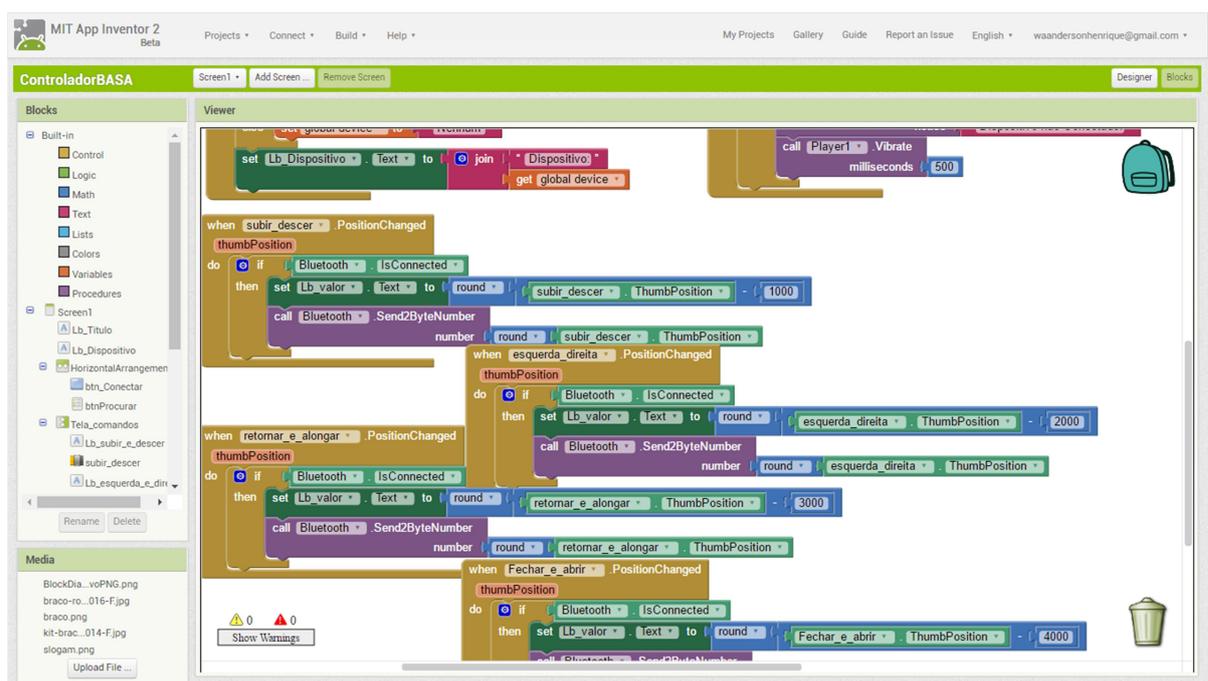
Fonte: Wanderson Henrique Alves Barbosa, 2016.

Terminado a parte de designer do aplicativo entra-se na segunda parte do programa app inventor block editor. Sendo necessário para entrar nessa parte a instalação de alguns

aplicativos como o aplicativo de desenvolvimento do app inventor e também é necessário à instalação do JAVA. (FERREIRA e ALVES, 2013)

A área de programação tem uma vasta lista de opções para desenvolvimento do aplicativo onde a base da linguagem utilizada é a linguagem C. Por meio de blocos lógicos a elaboração do aplicativo se encaixa facilmente. Como apresentado a figura 2.

FIGURA 2 – Apresentação da tela de programação do controlador BASA



Fonte: Wanderson Henrique Alves Barbosa, 2016.

Como notado na figura 2 a programação do controlador BASA é de simples entendimento utilizando-se apenas blocos de programação lógica, ao movimentar o deslizador da posição de um servo o aplicativo vai verificar se o bluetooth® está conectado, estando conectado ele vai fazer uma subtração do valor designado para cada servo afim de mandar somente valores de 0 a 180 para a tela do monitoramento do aplicativo, e vai enviar o valor via bluetooth® para o arduino.

Depois de finalizado o aplicativo pode ser enviado para qualquer smartphone ou tablet através do cabo USB. (FERREIRA e ALVES, 2013)

Tendo em vista o projeto a ser feito optou-se pela utilização destes critérios para criação de um aplicativo que pudesse enviar dados via Bluetooth para o micro controlador arduino e a partir daí controlar o braço robótico.

2.2 Bancada do Projeto

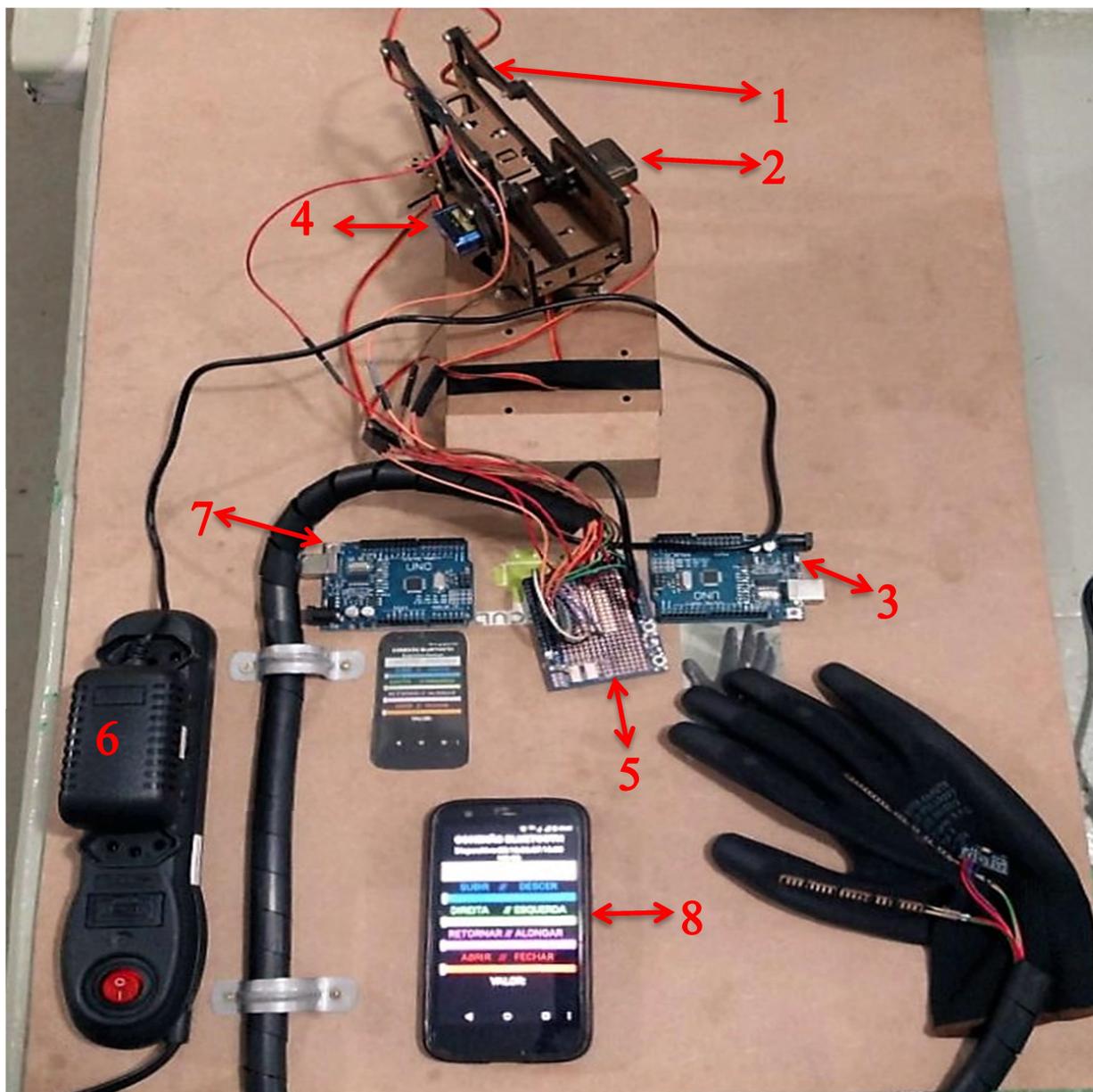
A bancada foi construída em material de MDF composta por dois arduinos, uma protoshield, e a estrutura do braço robótico com 2 micro servos motores tower pro sg90 e 2 micro servos tower pro MG90S metal gear, uma fonte externa de 5 volts e 3 amperes para alimentar todo o sistema. O funcionamento dela se dá graças a um app por nome de controlador BASA que está disponível para qualquer tipo smartphone com sistema operacional android

O arduino usado nesse projeto foi o Arduino Uno que é baseado no Atmega340ch. Dispõe de 14 pinos digitais de entrada e saída, e uma tomada de energia. Pode ser programado com o software arduino (IDE) através de um computador via USB e posteriormente alimentado através um adaptador AC-CC ou bateria. (ARDUINO)

Os pinos usados no projeto para funcionamento dos servos são os pinos PWM que é simbolizado pelo caractere (~) são conectados através do fio laranja, o pino de 5 volts conecta-se o fio vermelho e o pino GND conecta-se o fio marrom, o exemplo do arduino utilizado pode ser evidenciado na bancada da figura 3.

Os pinos foram escolhidos aleatoriamente sem ser necessário o uso desses pinos em outros projetos. Foram escolhidos para o servo ombro correspondente a subida e descida o pino 9 do arduino, para o servo da base correspondente a movimentar da direita para a esquerda o pino 10, para o servo cotovelo correspondente ao retorno e o alongamento o pino 7 e para o servo da garra correspondente a fechar e abrir foi utilizado o pino 4.

FIGURA 3 – Bancada Construída



3

Fonte: Wanderson Henrique Alves Barbosa, 2016.

Figura 1 Estrutura do Braço Robótico feita em MDF. Figura 2 Micro Servo Motor Tower Pro MG90S Metal Gear. Figura 3 Arduino Para Controlar o Braço Robótico Através do Braço Humano. Figura 4 Micro Servo Motor Tower Pro SG90. Figura 5 Protoshield para simplificar a Execução do Circuito. Figura 6 Fonte externa Chaveada de 5 volts e 3 Amperes para funcionamento do sistema. Figura 7 Arduino com a Programação para Funcionamento do Controlador BASA Através de um smartphone. Figura 8 Smartphone com o Aplicativo Desenvolvido para Controle do Braço Robótico.

O arduino contará também com uma conexão Bluetooth® para obter a comunicação do arduino com o aplicativo desenvolvido no software. O módulo usado é o módulo HC-06 que possui 4 pinos: sendo um vcc que corresponde a alimentação de 3,6 v à 6v, um pino GND e dois pinos que correspondem a comunicação do arduino com o módulo via serial que são os pinos RX e TX como especificado na figura 4 o módulo utilizado no projeto.

FIGURA 4- Módulo HC-06 utilizado no projeto



Fonte: Wanderson Henrique Alves Barbosa, 2016.

2.3 Servos Motores

Os servos motores discutidos para utilização no projeto foram o Micro servo Tower pro SG90 e o micro servo tower pro MG90S metal gear, por serem os servos que se adequaram às necessidades do projeto. Este servo padrão pode girar aproximadamente 180 graus (90 em cada direção). Você pode usar qualquer código de servo, hardware ou biblioteca para controlar esses servos. Esse tipo de servo possui três cabos um na cor marrom que é o negativo, ou seja, o fio terra (GND), o de cor vermelha que o fio positivo alimentado a (+5V)

e o de cor laranja que o fio que envia o sinal do controle devem ser conectados as saídas PWM do arduino para se obter um controle da velocidade dos servos mantendo a movimentação suave mesmo com uma carga maior nos servos e mantendo um torque mesmo que mantenha uma velocidade baixa os dados dos servos podem ser evidenciados na tabela 1

TABELA 1 – Especificações dos servos motores utilizados

Características	Micro servo SG90	Micro servo MG90S	Unidades de medidas
Peso	9	13,4	(g)
Dimensões	32 x 30 x 12	22.8 x 12,2 x 28,5	(mm)
Torque	1,2 (4.8 V); 1,6 (6 V)	1,8 (4,8V); 2,2 (6,0V)	(kgf.cm)
Velocidade de operação	0,12 (4.8 V); sem carga	0.10 (4.8V); 0.8(6.0V)	(s/60°)
Tensão de funcionamento	3 a 7,2	4,8 a 6	(V)
Largura da banda morta	10	5	(µs)
Faixa de temperatura	-30 a +60	0 a 55	(°C)
Ângulo de rotação	0 a 180	0 a 180	(graus)
Engrenagens	Nylon	Metal	(material)

Fonte: arduoeleetro.com/micro-servo-9g-sg90-towerpro, 2016.

2.4 Programação do Arduino

Na IDE do arduino fez-se a programação para controle dos servos e para comunicação com o aplicativo desenvolvido. Usou se o comando da biblioteca do arduino map para transformar os valores vindos do aplicativo, para valores angulares que o servo compreende. A maioria das maquinas, computadores, smartphones e softwares trabalham com números binários, para isso na programação do arduino teve que modificar os valores vindos do aplicativo em números binários para que o smartphone e o computador pudessem se comunicar corretamente, usando então um numero de 2 bytes enviados através da comunicação Bluetooth®, para não haver nenhum tipo de choque de dados entre os servos optou-se por dar a eles faixas de valores diferentes e depois transforma-los nos valores necessários para o projeto conforme mostrado na figura 5.

FIGURA 5 – Parte da programação do Arduino

```

if (Valor2Bytes >= 1000 && Valor2Bytes <1180){
  int servo1 = Valor2Bytes;
  servo1 = map(servo1, 1000,1180,0,180); //Incluindo a função MAP para
converter o valor recebido do aplicativo em valores angulares que o Servo Motor
corresponde.
  ServoOmbro.write(servo1);
  Serial.println(" SUBIR // DESCER "); Serial.print ("/t")
}

if (Valor2Bytes >=2000 && Valor2Bytes <2180){
  int servo2 = Valor2Bytes;
  servo2 = map(servo2,2000,2180,0,180); //Incluindo a função MAP para
converter o valor recebido do aplicativo em valores angulares que o Servo Motor
corresponde.
  ServoBase.write(servo2);
  Serial.println(" DIREITA // ESQUERDA "); Serial.print ("/t")
}

if (Valor2Bytes >=3000 && Valor2Bytes < 3180){
  int servo3 = Valor2Bytes;
  servo3 = map(servo3, 3000, 3180,0,180); //Incluindo a função MAP para
converter o valor recebido do aplicativo em valores angulares que o Servo Motor
corresponde.
  ServoCotovelo.write(servo3);
  Serial.println(" RETORNAR // ALONGAR "); Serial.print ("/t")
}

if (Valor2Bytes >=4000 && Valor2Bytes< 4180){
  int servo4 = Valor2Bytes;
  servo4 = map(servo4, 4000, 4180,0,180); //Incluindo a função MAP para
converter o valor recebido do aplicativo em valores angulares que o Servo Motor
corresponde.
  ServoGarra.write(servo4);
  Serial.println(" ABRIR// FECHAR "); Serial.print ("/t")
}

```

Fonte: Wanderson Henrique Alves Barbosa, 2016.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O manipulador robótico funcionou-se como esperado. Fez-se um aplicativo com intuito de simular um joystick mais não se obteve sucesso, partindo então para a segunda parte que foi controlar cada servo através de um deslizador com valores distintos de 0 a 180°, após alguns ajustes conseguiu-se movimentar todos servos de forma sucinta e distinta chegando assim ao resultado esperado. O controlador BASA como foi nomeado o aplicativo, contém 4 deslizadores indicando cada servo sua movimentação desde a base até a garra do braço, sendo devidamente nomeados conforme a execução de suas tarefas. Foram utilizados também dois tipos de micro servos motores devido à parte do ombro da estrutura, onde se faz os movimentos de subida e descida necessitarem de um maior torque. Optou-se por usar nesse local o micro servo com engrenagens de metal. Na IDE do arduino foi feito o código de acionamento do braço de diversas maneiras, utilizando-se de funções específicas como a função map, que corresponde a troca de valores dispostos no aplicativo que eram números

inteiros para os valores angulares que o servo necessita, gerando um movimento completo de todos os servos. Para que fosse possível movimentar os 4 servos foi necessário uma fonte externa de 5 V mas com uma corrente escolhida de 3 amperes evitando qualquer queima de algum componente ou má movimentação do manipulador.

4 CONCLUSÃO

As três partes do projeto desde a criação do aplicativo, até a movimentação do braço robótico conseguiram surtir grandes efeitos e oportunidades de aprendizado. O aplicativo denominado controlador BASA foi desenvolvido através de exemplos do próprio app inventor e outras ferramentas por meio da internet. A diferença dentre os outros aplicativos já criados e que o BASA tem o controle aprimorado dos servos.

A estrutura do braço robótico proporcionou ao longo do projeto algumas dúvidas quanto a sua real durabilidade. Por ser um material mais frágil. Se for necessário que ela suporte um material mais forte pode ser melhorada aumentando suas dimensões e trocando o material da estrutura para um material metálico.

O grande desenvolvimento do projeto ficou por conta da programação no arduino que trouxe amplo conhecimento que era limitado até aquele momento, exigiu-se um esforço maior para se desenvolver a comunicação entre arduino e o dispositivo Bluetooth®. Observa-se que esta placa arduino oferece diversas opções para a programação.

Este projeto proporciona inúmeras possibilidades de continuação de seu desenvolvimento como, por exemplo, controle do manipulador por algum tipo de servidor, ou até mesmo através da internet. Outro propósito seria acoplar uma esteira rolante demonstrando a aplicação desse manipulador em diversas indústrias.

*ARTICULATED ARM HEDEAD VIA BLUETOOTH BY AN APLICATTION
DEVELOPED ON ANDROID PLATFORM.*

ABSTRACT

The project to be develop refers to control of an articulated arm headed via Bluetooth® technology on android platform smartphone, application developed by the student who wrote the project, through the program inventor2 app. This article will have three essential topics, which are the description of the Bluetooth® interface, the programming of the Arduino and the creation of the application to control the arm. The structure of the arm is made of MDF and consists of 4 Servos engines that makes its movement. The application were designed to transmit through Bluetooth®, the signal with 0 to 180 numbers of packages, that corresponds to the rotation angle of each servo, all this movement properly controlled and monitored. The project is geared to the assistance and orientation of mechanical engineering students in mechatronics classes, industrial automation, intending to popularize robotics in engineering, obtaining satisfactory results in terms of arm movement and the communication between the device and Bluetooth ®.

Keywords: Application. Smartphone. Arduino Robotics. Bluetooth®

REFERÊNCIAS

- ALECRIM, E. Infowester. **Infowester**, 30 janeiro 2008. Disponível em: <<http://www.infowester.com/bluetooth.php>>. Acesso em: 25 maio 2016.
- ARDUINO. **site oficial do arduino**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardUno>>. Acesso em: 25 maio 2016.
- ARDUINO USA ONLY. Sobre a empresa: Arduino usa only. **Site do Arduino**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction#>>. Acesso em: 10 junho 2016.
- BAJERSKI, I.; ABELLA, V. D. B. **Braço Robótico Com Controle Remoto Bluetooth**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 64. 2010.
- BARRIENTOS, A. et al. **Fundamentos de Robótica**. 2º. ed. aravaca: McGraw-Hill, 1997.
- BONATTO, A.; DO CANTO, D. O. **Bluetooth Technology (IEEE 802.15)**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. [S.l.].
- ELECTRONICOS CALDAS. electronicos caldas. **electronicos caldas**, [S.d.]. Disponível em: <http://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MG996R_Tower-Pro.pdf>. Acesso em: 25 maio 2016.
- FERREIRA, E. D. P.; ALVES, N. D. L. A. **Braço Articulado com Controle Proporcional de Movimentos Comandado Via Bluetooth Por Um Aplicativo Desenvolvido para Plataformas Android**. Universidade do vale do Paraíba. São José dos Campos. 2013.
- GOMES, P. S. Blogger. **Controle e automação Industrial III**, 2015. Disponível em: <<http://controleautomacaoindustrial3.blogspot.com.br/2014/05/aula-126-graus-de-liberdade-de-robos.html>>. Acesso em: 25 maio 2016.
- HOLLWEG, G. V.; PUNTEL, F. E.; BONALDO, S. A. **Projeto e construção de um braço Robótico Controlado Via Android com a utilização de protocolo Bluetooth a partir de Material reciclado**. 4º fórum Internacional Ecoinovar. Santa Maria, p. 16. 2015.
- MCROBERTS, M. **Arduino Básico**. Tradução de Rafael Zanolli. 1º. ed. são paulo: Novatec editora, 2011.
- ME, C. C. E. I. E.-. Arduo Eletro. **Arduo Eletro**. Disponível em: <<http://www.arduoeletro.com/micro-servo-9g-sg90-towerpro>>. Acesso em: 26 outubro 2016.

NADIEL comercio. **Mercado Livre**. Disponível em: <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-744735435-kit-braco-robotico-mdf-parafusos-brinde-ideal-p-arduino-_JM#eshop_NADIELCOMERCIO>. Acesso em: 26 outubro 2016.

PILTAN, F. et al. **PUMA-560 Robot Manipulator Position Sliding Mode control Methods Using MATLAB/SIMULINK and their Integration into Graduate/undergraduate Nonlinear Control, Robotics and MATLAB Courses**. [S.l.], p. 150. 2012.

QUARESMA, B. J. C. **Projeto Mecânica para Construção de um manipulador Robótico Articulado de baixo custo para fins didáticos**. Instituto de Estudos Superiores da Amazônia. belém, p. 11.

SANTOS, V. M. F. **Robótica Industrial**. Universidade de Aveiro. aveiro, p. 166. 2003-2004.

SOUZA, J. A. M. F. D. Automação Industrial e Robótica. In: SOUZA, J. A. M. F. D. **Automação Industrial e Robótica**. [S.l.]: [s.n.], [S.d.]. Cap. 1, p. 41.

APÊNDICE - Desenho Esquemático do Projeto

