

**Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade**

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM BRAÇO ROBÓTICO CONTROLADO VIA  
ANDROID COM A UTILIZAÇÃO DE PROTOCOLO BLUETOOTH A PARTIR DE  
MATERIAL RECICLADO**

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF A ROBOTIC ARM CONTROLLED VIA  
ANDROID WITH PROTOCOL OF BLUETOOTH USE THE MATERIAL FROM  
RECYCLED**

Guilherme Vieira Hollweg e Fernando Emilio Puntel e Saul Azzolin Bonaldo

**RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo descrever o projeto e a construção de um braço robótico utilizando materiais reciclados. A descrição detalhada de todo o projeto de desenvolvimento, detalhando desde a montagem do braço robótico utilizando conceitos de robótica e automação industrial, até a implementação através de sistemas eletrônicos embarcados, em seu hardware e software é apresentada. Desta maneira, foi detalhada toda a construção do braço robótico, dando ênfase principalmente no projeto de hardware e software, com a utilização de peças e componentes reciclados na parte física e também a utilização de uma linguagem de programação open source. Além da descrição do algoritmo do software do braço robótico, sendo utilizado um microcontrolador para o processo de acionamento e controle do protótipo e desenvolvido um aplicativo para o sistema operacional Android a fim de controlar a máquina sem fios via protocolo bluetooth. Como um todo, o trabalho apresenta desde as primeiras ideias de desenvolvimento da máquina até a montagem e primeiros testes efetuados. Também foi apresentado os resultados obtidos e as conclusões observadas após o desenvolvimento do braço robótico.

**Palavras-chave:** braço robótico, hardware, software.

**ABSTRACT**

The aim of this article is describe the project and building of a robot arm, utilizing recycled materials. It was done a detailed report about the project development and building, besides implementations through embedded systems in hardware and software. It was done the description of the functioning of each block of the robot arm, together a justify of the utilization of the recycled components and an open source software. Also it was done a completed description of the machine algorithm, and how it was utilized a microcontroller for the prototype control. In addition, it was developed an Android app to control the robot without wires, using the Bluetooth protocol. So, the article presents besides the first developing ideas until the robot arm project and construction tests and results.

**Keywords:** robot arm, hardware, software.

## 1. Introdução

A engenharia está cada vez mais presente em nosso dia a dia, visando sempre o bem-estar da sociedade, auxiliando em tarefas perigosas, repetitivas e estressantes, além de tarefas corriqueiras do dia a dia. As inovações tem sido significativas nas mais diversas áreas, como em equipamentos eletro-eletrônicos, no setor automotivo e na qualidade de energia, mas principalmente na automação e na robótica.

Com a intenção de auxiliar as pessoas no dia a dia, tanto em casa como no trabalho, a robótica tem sido a área que mais tem ganhado espaço e com maior desenvolvimento de tecnologia.

Quando falado em robôs, a maioria das pessoas associa a grandes máquinas com braços, pernas, tronco, e que lembram humanoides. Esses, bastante comuns de serem observadas em produções cinematográficas de *Hollywood* ou também em desenhos animados, conforme no longa metragem da *Walt Disney* “Robôs”, no filme de ficção científica “O Homem Bicentenário”, e também no clássico desenho animado dos anos 60, “*Jetsons*”, de *Hanna-Barbera*. Normalmente nessas obras a imagem dos seres humanos está associada ao emprego de um robô para tarefas comuns, como limpar a casa, dirigir um carro, ou executar alguma tarefa pré-determinada.

Se paramos para analisar, o quanto a pesquisa com robótica sendo desenvolvida todo ano, percebemos que a realidade onde os robôs irão nos auxiliar com tarefas cotidianas não está tão longe. Atualmente já existem robôs que aspiram o pó de nossas casas (SAMSUNG, 2015), robôs que limpam piscinas (KANNO;MORAES;DOBUCHAK, 2015), além de auxiliar pessoas com deficiência e idosos (RAYMUNDO; DA SILVA SANTANA, 2015).

Os robôs são classificados em dois grupos, robôs com bases fixas, onde na maioria das vezes possuem somente uma tarefa, como por exemplo, utilizado em chão de fábricas de montadoras de veículos, e robôs móveis que possuem várias funcionalidades, interagindo com o ambiente.

Os robôs podem agir em dois locais, ambientes *indoor*, onde o robô conhece onde está andando e interagindo, como por exemplo, uma sala, cozinha, e locais *outdoor* onde o robô não conhece o meio, por exemplo, um parque ou uma praça. Para que o robô consiga se adaptar as mudanças do ambiente, tanto *outdoor* quando *indoor* ele necessita de sensores, que irão fornecer informações como distância que o robô está de objetos, sensores de presença, entre outros, e também irão necessitar de atuadores, que irão interagir com o lugar, como motores e esteiras (CRAIG, 2005).

O projeto descrito ao longo deste trabalho teve como foco de pesquisa e como instrumento de aprendizado, a robótica. Nele, foi projetado e desenvolvido um braço robótico fixo articulado com três juntas de rotação, uma garra completamente controlável via *software*, utilizando a linguagem estruturada de alto nível C++ para o desenvolvimento da arquitetura embarcada. Já para a interface via *Android* utilizando *Bluetooth*, a linguagem de programação Java foi utilizada. O braço robótico é capaz de movimentar objetos de acordo com as instruções recebidas em uma interface homem-máquina e um conjunto de botões e resistores variáveis via *hardware*. Além disso, pode também operar na forma sem fio, através de um aplicativo para o sistema operacional *Android*, desenvolvido com a utilização de protocolo *Bluetooth*. Este artigo por sua vez, descreve todas as etapas do desenvolvimento do braço citado, detalhando os passos do projeto, e abordando a implementação da parte mecânica, eletrônica e de programação. Dessa forma almeja ser uma contribuição pedagógica capaz de ser utilizada em laboratórios por outros alunos, permitindo uma possível reprodução da máquina.

Outro ponto a considerar é que não podemos mais pensar em automatizar e inovar sem incluirmos o conceito de sustentabilidade, tendo em vista que esse é um assunto que domina diversas pautas em fóruns e encontros espalhados pelo globo. Não faz mais sentido construir

um robô que atente contra o princípio da sustentabilidade, e cuja produção e funcionamento agrida o meio ambiente. Nesse sentido, a ideia inicial foi o desenvolvimento de uma máquina sustentável, com a utilização quase que exclusivamente de material reciclado para sua construção, sendo o braço robótico capaz de se locomover de acordo com a necessidade do usuário através da inserção de dados, todos previamente codificados por *software*.

## 2. A escolha de materiais para o projeto e construção do braço robótico

Visando a sustentabilidade do equipamento construído, a estrutura do braço robótico foi desenvolvida inteiramente com palitos de sorvete, e unida com cola para madeira, de forma a deixá-lo com uma aparência semelhante a de um braço robótico industrial, contendo uma base reforçada para a sustentação de grande parte da massa da máquina, e dando suporte para a envergadura do braço. O material eletrônico selecionado foi retirado de diversos equipamentos eletro-eletrônicos descartados de laboratórios de informática da Universidade Federal de Santa Maria e em outros equipamentos eletrônicos obsoletos que podemos encontrar facilmente como materiais de descarte diariamente, como impressoras, monitores, *mouses* e aparelhos de som abandonados. Em contrapartida, algumas peças eletrônicas que dificilmente são encontradas em bom estado de conservação quando descartadas, foram adquiridas comercialmente para o desenvolvimento do projeto, como é o caso do microcontrolador utilizado e da IHM (interface homem máquina) usada no projeto, entretanto, estes foram minoria. Desta forma, os resistores variáveis e conectores são provenientes de impressoras antigas, osciladores e capacitores foram retirados de placas mãe de computadores velhos, e os servo-motores responsáveis pelo movimento das rodas independentes são originalmente provenientes de antenas parabólicas, mas também podem ser substituídos por servo motores de robótica, com redução de caixa, facilmente encontrados em lojas de eletrônica e aeromodelismo por um preço bastante acessível. A construção da máquina levará em consideração esses motores menores, a fim de facilitar e ilustrar melhor o projeto para sua reprodução.

O acoplamento da plataforma de suporte do braço robótico com o seu esqueleto foi feito com uma esponja de ferro de solda inutilizada, a fim de minimizar o impacto a cada movimento de rotação e não possibilitar que a estrutura fique apoiada diretamente na base, de forma a constantemente forçar o material para abaixo, o que provavelmente viria a romper a base e o esqueleto do braço robótico cederia. Algumas partes do protótipo foram reforçadas com cola epóxi de alta densidade, com o intuito de melhorar a sustentação mecânica e evitar falhas por tração ou compressão devido às especificidades da distribuição de massa do braço como um todo. Além disso, parafusos foram fixados na estrutura a fim de manter os motores bem conectados nos seus lugares, pois, tendo em vista que a estrutura não pode sofrer deformação, pois é inteiriça, articulada em uma série de pontos distintos e completamente interligada, uma folga seria um fator multiplicativo para que a estrutura sofresse esforços físicos desnecessários, de forma que poderia estressar a madeira da estrutura, e dessa forma, quebrar o esqueleto e danificar a máquina.

Para o desenvolvimento do circuito eletrônico, foi utilizado uma matriz de contatos de 840 pinos, acoplada ao lado da estrutura do braço robótico para fazer a comunicação do *hardware* e *software* a parte mecânica do projeto, ligada por conectores até os motores responsáveis pelo acionamento e movimentação da máquina. Assim, o circuito de acionamento e controle do braço foi completamente desenvolvido e montado na própria matriz de contatos, mas posteriormente foi substituído por uma placa do Arduino UNO integrado com módulo *Bluetooth*. Alguns poucos componentes eletrônicos, juntamente com o microcontrolador ATMEGA328, da ATMEL, bem como um display alfanumérico LCD de 2X16 tiveram de ser adquiridos, tendo em vista a grande dificuldade de encontrá-los em bom estado de conservação quando abandonados. Os demais componentes eletrônicos, como LEDs, resistores e capacitores

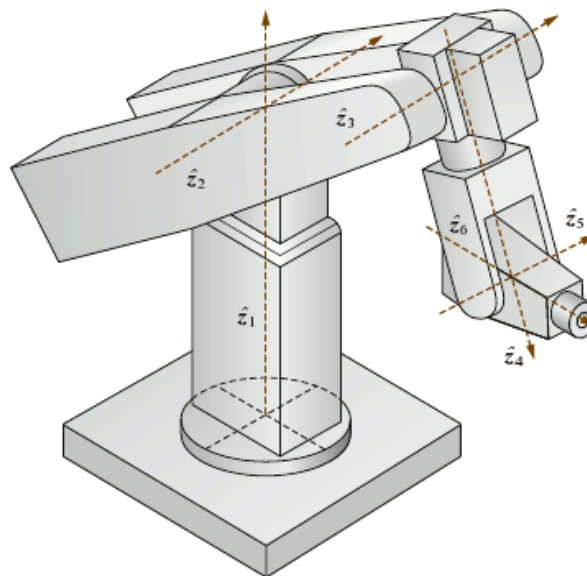
foram também retirados de peças abandonadas da Universidade Federal de Santa Maria. Para desenvolvimento do aplicativo para *Android*, não foi utilizado nenhum *hardware* adicional, apenas foi desenvolvido um algoritmo em um ambiente de desenvolvimento de *software* a fim de comunicar as diferentes arquiteturas e permitir o controle do braço robótico sem a necessidade de um barramento físico.

### 3. Materiais e Métodos

Como um dos passos iniciais no desenvolvimento do projeto do braço robótico, passou-se à escolha de um nome para a máquina. O braço robótico foi batizado como *Larry*, fazendo uma menção ao personagem Lawrence "Larry" 3000, do desenho animado Esquadrão do Tempo, exibido pela *Cartoon Network* e criado por *David Wasson* em 2011. Dessa maneira, com os componentes do projeto previamente selecionados e o *hardware* esquematizado de como seria desenvolvido, primeiramente foi montada a estrutura do robô, em seguida o circuito eletrônico matriz de contatos, interligando as peças com os servo-motores, de maneira que a estrutura ficasse previamente pronta para futuramente haver o desenvolvimento do algoritmo de controle e comunicação da máquina.

#### 3.1 Modelo da estrutura do braço

Para o desenvolvimento do robô, foi feita uma pesquisa a cerca de alguns modelos usuais de braços robóticos utilizados industrialmente, e também alguns construídos com peças de encaixe em miniatura, a fim de decidir qual o protótipo seria mais interessante e mais prático para ser projetado e construído. Portanto, tendo em vista a proposta, chegou-se à conclusão de que o modelo que representa a máquina de uma forma semelhante está mostrado abaixo, na figura 1.



**Figura 1.** Modelo baseado para construção do protótipo

Entretanto, visando uma maior facilidade de montagem no projeto, o protótipo desenvolvido detém duas diferenças importantes do modelo. A principal diferença é que a máquina construída se assemelha a um guincho robótico, com sua base fixa, mas com sua segunda articulação não sendo diretamente acima do ponto de base, mas sim, aproximadamente 60° inclinado em relação ao suporte, de maneira a formar uma espécie de ponte entre as articulações. A segunda diferença é que o protótipo desenvolvido não detém um quarto ponto

articulado conforme a figura, pois utilizamos articulação vertical e duas juntas de revolução, sendo a última junta o próprio comando da garra.

### 3.1.1 Escolha do Material para o Esqueleto do Protótipo

O processo de desenvolvimento propriamente dito prosseguiu de acordo com o seguinte ciclo: obstáculo, pesquisa, decisão, implementação e teste. Um exemplo prático que enfrentamos ao longo do processo pode ser visto a seguir.

- Obstáculo: definir o material da estrutura do braço robótico, considerando seu porte, custo, facilidade de desenvolvimento a partir de material reciclado, acabamento final e a dificuldade para modelar com materiais domésticos.
- Pesquisa: estudo dos tipos de materiais mais comumente utilizados para robôs e braços robóticos e sua adequabilidade aos tópicos do problema.

Assim, analisando os seguintes materiais: acrílico, madeira e aço, que normalmente são os materiais utilizados para construção de protótipos de acordo com a bibliografia, e utilizando alguns dados extraídos da pesquisa, é possível fazer uma comparação entre as vantagens e desvantagens de cada material.

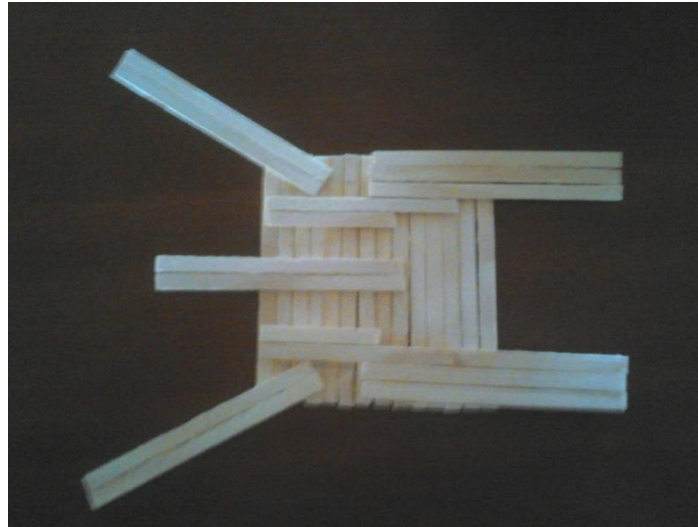
- Madeira: Densidade alta, bastante resistente, facilmente encontrada como material reciclado a partir de palitos de sorvete, relativamente moldável e acabamento razoável.
- Acrílico: Baixa densidade, resistência mediana, razoavelmente fácil de ser encontrado como material reciclado através de aparelhos e peças de descarte, moldável, ótimo acabamento.
- Aço: Alta densidade, muito resistente, dificilmente encontrado como material reciclado, difícil moldagem, bom acabamento.

Portanto, tendo esses dados como base, e sabendo que para a parte superior do braço robótico a densidade do material é bastante importante, mas a facilidade com que se encontra o material oriundo de processo de reciclagem também é fundamental para a proposta do trabalho, ficam as alternativas de trabalhar com madeira ou com o acrílico. Se tratando da parte inferior da máquina, sua base, a resistência é o mais importante e a densidade do material não é tão relevante, sendo assim, restariam a madeira e o aço. Entretanto, a madeira foi um material que fora encontrado com facilidade oriunda de processo de reciclagem. Assim, unido ao fato de que o material é relativamente moldável e apresenta um bom acabamento, foi optado pela construção do braço inteiramente em madeira.

### 3.1.2 Montagem do Esqueleto do Braço Robótico

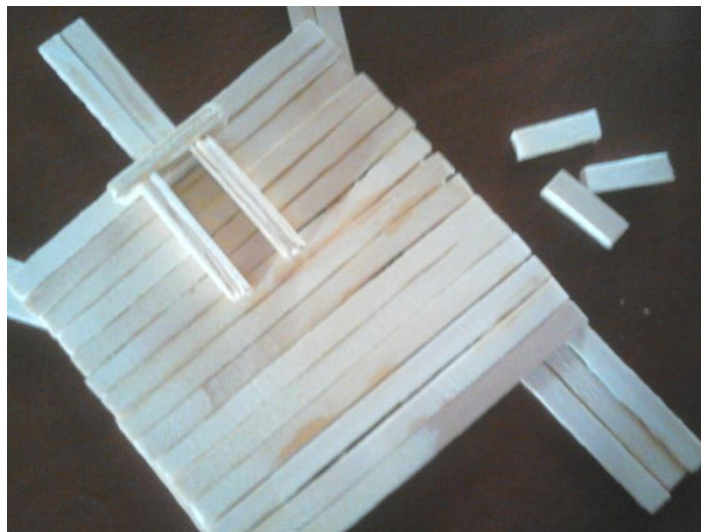
Inicialmente foi desenvolvida uma plataforma de 12x15cm que serviria de suporte para o esqueleto da máquina, sendo reforçada por algumas peças coladas em sentido contrário, de forma a dar mais sustentação mecânica a base, conforme a figura 2.





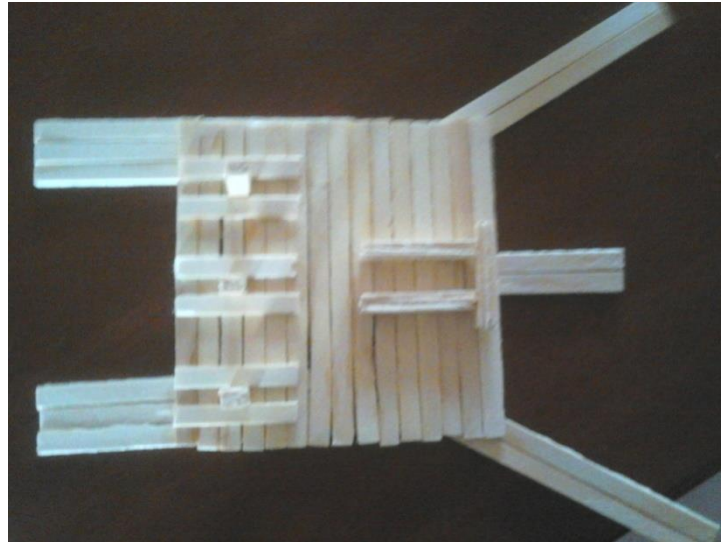
**Figura 2.** Base para sustentação do braço

Em seguida, foi colocado o primeiro servo motor utilizado no projeto em cima da plataforma, e com uma caneta comum, foi marcado na base, os limites horizontais do atuador, a fim de desenvolver um suporte que deixasse o motor completamente fixo na base, eliminando a possibilidade de folgas. Em seguida, foi medida a altura do suporte, observando para que o eixo do motor ficasse maior que a estrutura, de forma, que facilitasse no encaixe da próxima peça em seu eixo. Essa etapa está descrita na figura 3.



**Figura 3.** Base com suporte para o primeiro motor

Na sequência, foram colados seis peças de madeira da altura do servo motor na borda da plataforma, e então, desenvolvida uma nova base de 12x8cm. Essa nova peça tem a função de apoiar o peso da estrutura do guincho robótico, a fim de não estressar o motor mecanicamente, fazendo com que o esqueleto não se quebre. Após a construção da plataforma, foi traçado uma linha em 1/3 de sua estrutura, a fim de realizar um corte na peça, e acoplar em cima da base da estrutura, conforme figuras 4 e 5.



**Figura 4.** Base com suporte para o primeiro motor



**Figura 5.** Plataformas encaixadas com suporte lateral para o primeiro motor

Conforme comentado anteriormente, foi recortado e colado na plataforma de base uma esponja velha de ferro de solda, a fim de evitar o atrito entre o esqueleto do braço com a base, e também para aliviar esforço mecânico da estrutura como um todo. Logo após feito isso, o motor foi melhor fixado em sua posição, para isso, foram coladas peças em cima de seu suporte, a fim de torná-lo completamente imóvel em sua posição. Na base também foi criada uma contrapeça de apoio traseiro, a fim de aliviar e compensar o peso fronta. Quanto ao motore, pode-se parafusar o atuador na base, mas, tendo em vista que os palitos de madeira utilizados não detém espessura elevada, preferiu-se fazer a fixação do motor dessa forma. Assim, foi construída uma nova plataforma horizontal, agora medindo aproximadamente 12x4cm, a fim de ser encaixada no eixo do motor de base. Essa plataforma foi reforçada e parcialmente fechada, de acordo com a figura 6. Observe que a figura já detém a lateral de sustentação para a continuação do esqueleto do protótipo.

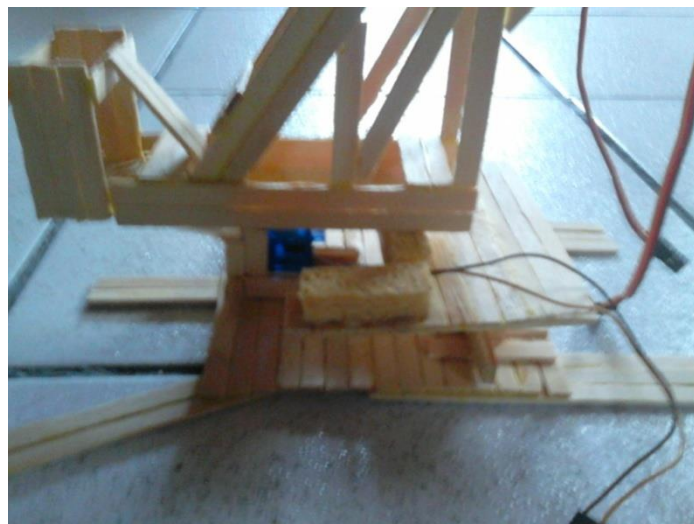


**Figura 6.** Plataforma de encaixe na base

Então, foram desenvolvidas duas novas plataformas, de mesmo tamanho, e semelhantes a do passo anterior, mas sem serem completamente fechadas em sua parte inferior, a fim de terem, em seguida, uma conexão física com a base. Essa nova plataforma foi colada na base de sustentação do braço, com inclinação de aproximadamente  $30^\circ$ . E a segunda, colada na extremidade da anterior, inclinada também de aproximadamente  $30^\circ$ . Formando um ângulo com a base de aproximadamente  $60^\circ$ .

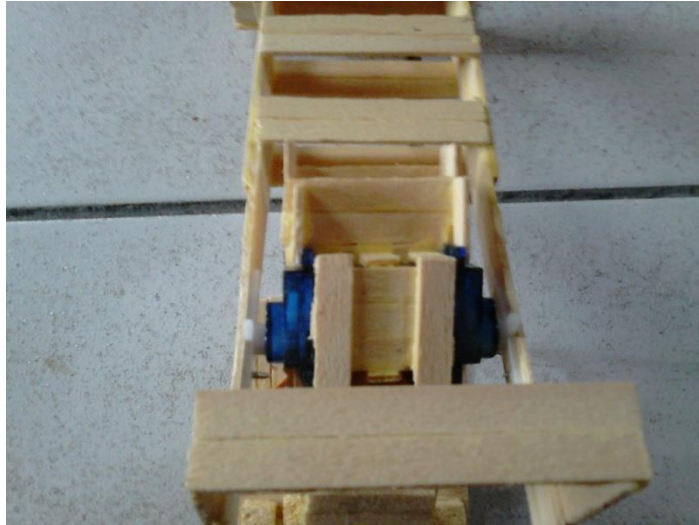
Em seguida, foi criada uma nova plataforma, com metade do comprimento das anteriores, para servir de base do segundo ponto de rotação, e suportar os motores do braço robótico. No centro dessa plataforma foram colocados os motores, sendo cada um direcionado para o lado oposto do outro, a fim de operarem juntos, dividindo a carga de operação pela metade. Então, foi desenvolvido um suporte muito semelhante aquele do motor de base, a fim de segurar o atuador em seu lugar, e não deixar nenhuma folga de operação, para que assim, o esqueleto da máquina não sofra com esforços mecânicos indevidos.

Após feito isso, foram desenvolvidas duas peças de  $20 \times 4$  cm para serem conectadas nos eixos dos motores da parte central do protótipo. Essas peças foram parafusadas ao eixo dos atuadores, e fora desenvolvida uma interconexão traseira entre elas, a fim de minimizar o efeito de trepidação do conjunto. Ao longo de toda a estrutura foram colocadas peças acima das pontes, a fim de deixar todo o bloco do braço robótico mais firme. E abaixo das mesmas, foram coladas interconexões com a base, para deixar o conjunto mais robusto e menos susceptível a falhas. Os passos anteriores estão ilustrados a seguir, e o esqueleto do protótipo está representado nas figuras 7, 8 e 9.





**Figura 7.** Base do braço robótico, com suporte para o motor horizontal e contrapeça traseira

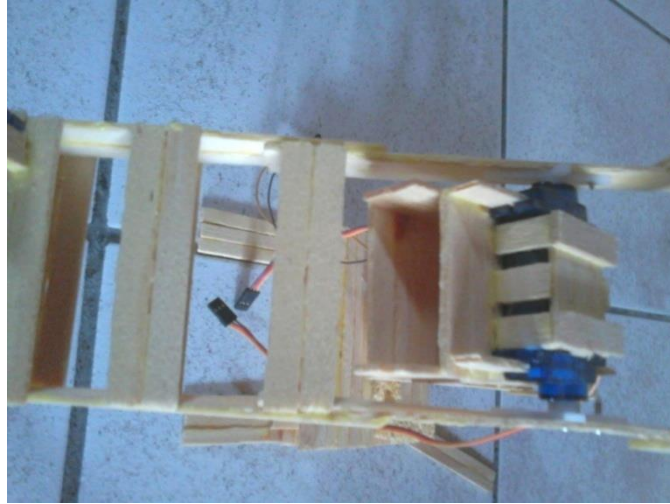


**Figura 8.** Estrutura superior do braço, com motores fixados



**Figura 9.** Esqueleto do braço desmontado com os motores superiores fixados

Em seguida, foi acoplado o motor responsável pelo controle da garra, na extremidade das peças desenvolvidas anteriormente, que fazem a interconexão com os eixos dos motores, e desenvolvido um suporte para o mesmo. Dessa forma, construiu-se uma plataforma idêntica a utilizada na figura 6, para servir de apoio para a garra. Por fim, parafusou-se uma peça de 12x2cm no eixo do motor, e em sua extremidade, foi colada uma contrapeça ao suporte da garra, de modo que se encaixe com a parte não móvel. Essa etapa final está mostrada nas figura 10 e 11.



**Figura 10.** Estrutura central de suporte e conexão com a garra



**Figura 11.** Estrutura da garra com motor fixado

Então, feito o esqueleto do braço robótico, fixados os motores, parafusadas as peças em seus devidos lugares, e certificando-se de que não ficaram folgas nem peças sob estresse mecânico ao longo da construção do protótipo, foi desenvolvido o algoritmo de controle e acionamento da máquina. A estrutura final do braço robótico desenvolvido está mostrada na figura 12.



**Figura 12.** Parte mecânica do guincho robótico finalizado

### 3.3 Circuito Eletrônico Desenvolvido

Logo após projetada a estrutura da máquina, iniciou-se o desenvolvimento do *hardware* do braço robótico. Primeiramente, foi projetada como seria a forma de alimentação dos circuitos de comando e acionamento dos atuadores. Foram colocadas em série algumas baterias compostas por Ni-Mh, de 1,5 volts (V), a fim de se atingir uma tensão de aproximadamente 6V nominais. Então, os terminais da bateria foram conectados à matriz de contatos. Tendo em vista que o microcontrolador trabalha com 5V, utilizou-se um regulador de tensão LM7805 a fim de rebaixar essa diferença de potencial e alimentar o microcontrolador da placa. Portanto, uma parte do circuito é alimentada com aproximadamente 6V (parte de acionamento) e outra é alimentada com 5V (parte de controle). É importante comentar da necessidade de uma fonte de tensão para alimentação independente dos atuadores, por que a placa do Arduino UNO não detém fonte de corrente suficiente para alimentar os servo-motores e o *display*, simultaneamente. Tendo em vista que a máquina pode funcionar manualmente através de 4 resistores variáveis, de forma a ser cada potenciômetro responsável pelo acionamento independente de um dos motores, poderia vir a ocorrer que um dos motores do seu segundo ponto de rotação fosse acionado solitariamente e não em conjunto com seu par, de forma a esforçar a estrutura para romper a inércia, estressando pontos de junção e ocasionando a quebra do material. Para evitar esse problema, foi feito um chaveamento de variáveis via software, de forma que os atuadores do segundo ponto de rotação só podem trabalhar em conjunto.

Os motores utilizados possuem uma caixa de redução interna, que é um dispositivo inteiramente mecânico composto por engrenagens, com o intuito de reduzir a velocidade de rotação do eixo e aumentar o torque.

O torque varia em função da Força aplicada e do raio de giro, segundo a equação

$$\tau = F \times r$$

Sendo:

$F$ - força (em Newtons),

$r$ - raio de giro (em metros) =

$\tau$ - torque (em N.m, ou Newton-metro).

Assim, já que o servo-motor imprime uma força constante, a variação do torque ocorre devido ao raio de giro. Na prática, é um sistema de engrenagens combinado de forma que quanto maior o raio da engrenagem, maior o seu torque, e conseqüentemente, menor sua velocidade.

Foi conectado ao barramento de entrada e saída do microcontrolador um *display* de cristal líquido de 2x16, a fim de tornar a interação e a comunicação entre o protótipo e o operador mais amigável. Assim, as instruções passadas para o braço robótico, bem como as direções de operação dos atuadores e se o controle é manual ou sem fio, é mostrado na tela. Além disso, os servo-motores também devem ter seu pino de controle conectados aos terminais de entrada e saída do microcontrolador a fim de ficarem prontos para receberem instruções de funcionamento.

O hardware da máquina ficou exposto na matriz de contatos ao lado da estrutura mecânica do braço robótico, tendo em vista a praticidade para troca e adição de componentes de acordo com a necessidade. A opção por deixar o circuito exposto permite ainda que haja uma melhor visualização do circuito eletrônico da máquina. Abaixo, segue um esquemático do circuito eletrônico montado.

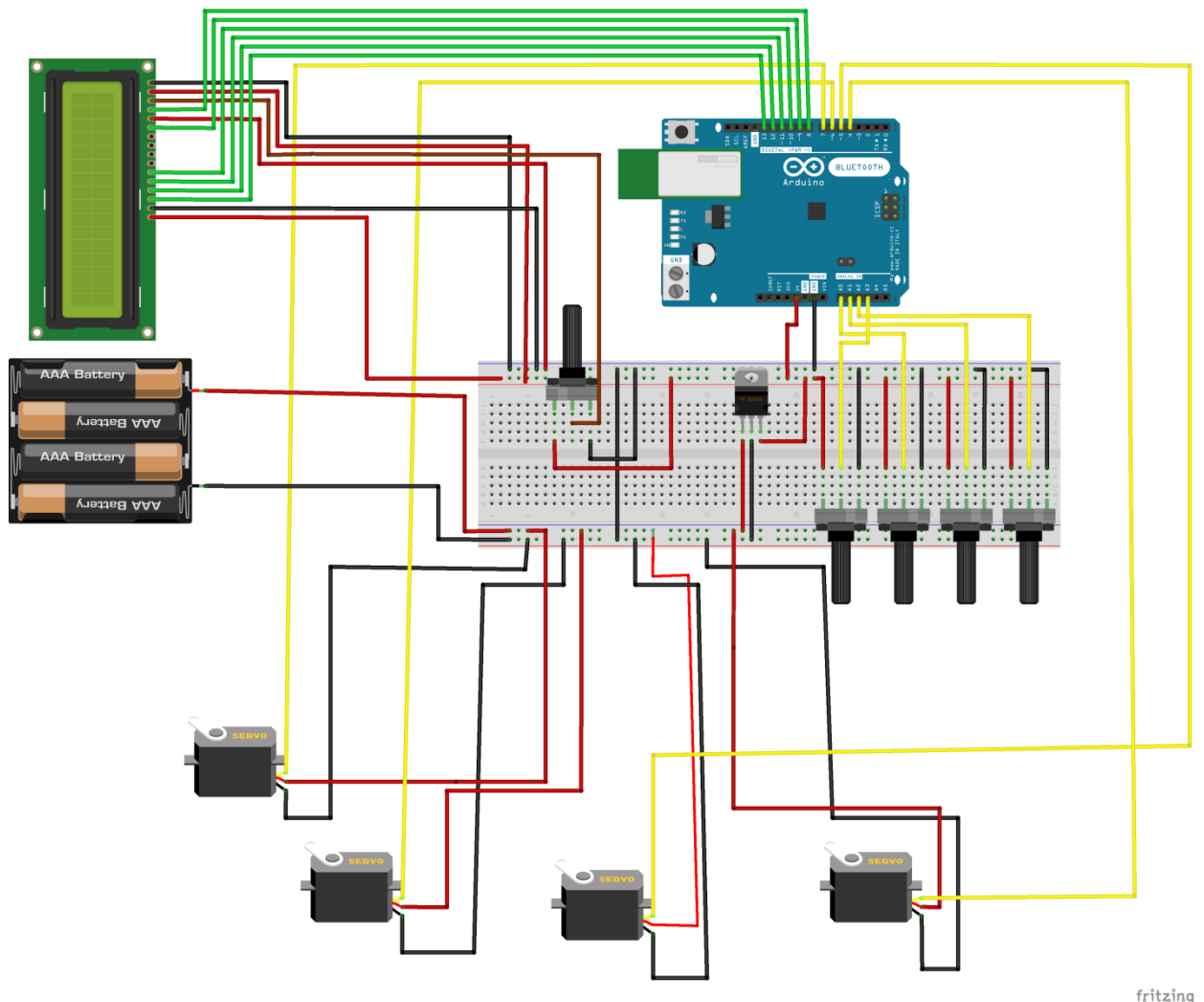


Figura 13. Esquemático do circuito eletrônico

Algumas mudanças que ainda serão desenvolvidas para uma versão posterior do braço consistem na proteção de alguns circuitos com diodos, a fim de evitar curto-circuitos e ligações invertidas dos pinos de alimentação, bem como, um circuito que permita desacoplar os



atuadores caso a corrente não tenha por onde circular, em situações de motores com rotores bloqueados ou travados. Assim, a corrente elétrica poderá voltar para a fonte de alimentação, economizando energia das baterias e evitando que esse acúmulo de corrente elétrica venha a ocasionar danos nos componentes do circuito.

### 3.3 Algoritmos e Implementação

Foi escolhida como linguagem de programação para o sistema embarcado que faz o controle da máquina a linguagem de programação C++, por ser uma linguagem estruturada de alto nível, ou seja, por possuir uma interação homem/máquina mais amigável, e também possibilitar a orientação a objetos<sup>3</sup>, de suma importância para projetos de *software* atualmente, além de estar presente nos mais distintos projetos de engenharia ao longo do globo. A programação é uma das fases mais importantes do desenvolvimento de um robô. De acordo com Rosario, J.M.

cada vez mais utilizada como ferramenta de concepção de sistemas automatizados e programação de robô, a programação off-line aumenta a flexibilidade e a habilidade de utilização destes, como uma variedade ilimitada de cenários e movimentos. (Princípios de Mecatrônica, 2005.)

Após a construção da proposta de trabalho e a construção do braço robótico, foi necessário fazer uma busca por plataformas abertas que pudessem atender as necessidades do projeto.

Foi necessário utilizar uma placa do tipo Arduino UNO, com um módulo *Bluetooth*, que é responsável por receber os comandos do *smartphone*, e realizar operações, como mexer o braço e fechar a agarradeira. Como plataforma para desenvolvimento do aplicativo foi escolhido o *Android*, por ser um sistema operacional de código aberto, onde qualquer um pode desenvolver aplicativos.

As duas plataformas são explicadas nas subseções 3.3.1 e 3.3.2 a seguir.

#### 3.3.1 Arduino

Arduino é uma placa de prototipação criada na Itália em 2005, de *hardware* e *software* livre, ou seja, qualquer pessoa pode programar para a plataforma, além de poder obter o projeto da placa sem nenhum custo. Devido a essa possibilidade de qualquer um ter acesso ao projeto de *hardware*, atualmente existem diversos modelos da plataforma. O que diferencia a maioria deles basicamente é a quantidade de periféricos que será possível utilizar, quantidade de memória, capacidade de processamento do microcontrolador utilizado, entre outros.

O *hardware* do Arduino é uma placa com entradas e saídas simples, microcontrolada e desenvolvida sobre bibliotecas das linguagens C e C++. O microcontrolador ATMEL AVR, presente na placa pode ser programado inclusive na linguagem *Wiring*, que é baseada em C.

O Arduino se destaca das outras desenvolvedoras de sistemas embarcados por ter uma gama de módulos que podem ser conectados a plataforma *open source*, de modo que o Arduino passe a ter novas funcionalidades, como módulos *Bluetooth*, *Ethernet*, *gps* entre outros, além de permitir a conexão de sensores ao projeto, como sensor de presença, infra-vermelho, ultrassônico, entre outros.

Por ser uma plataforma de fácil interpretação e fácil para aprendizado, atualmente o Arduino deixou de ser utilizado somente na área da robótica, e começou ser utilizada na área educacional (ARAÚJO, 2015), para melhoria do uso de energias renováveis (RAMOS, 2015), aquisição de dados meteorológicos (TORRES, 2015), entre outras áreas.

O Arduino utilizado neste projeto foi o Arduino UNO, por ser o mais popular entre as plataformas, e por atender todas as necessidades do projeto.

### 3.3.2 Android

*Android* é atualmente a plataforma mais utilizada em smartphones, desenvolvida com base no Linux, o *Android* utiliza a linguagem Java como desenvolvimento, porém atualmente algumas API's permitem que seja programados em outra linguagem.

O *Android* criado pela Google, inclui tudo o que um sistema móvel necessita para os desenvolvedores e usuários, além de possuir uma interface gráfica de fácil manuseio, suporte a todos os browser para navegação na internet, integração a mapas, suporte a multimídia, banco de dados, jogos, entre outros (LECHETA, 2013). Além das características anteriores, esta plataforma foi escolhida por possuir uma vasta documentação, código aberto para desenvolvimento e uma comunidade de desenvolvedores ativa.

Para desenvolvimento do aplicativo foram utilizadas duas linguagens, XML para desenvolvimento da interface gráfica e Java para controle interno. A Figura 14 ilustra um *screenshot* da tela inicial do aplicativo.

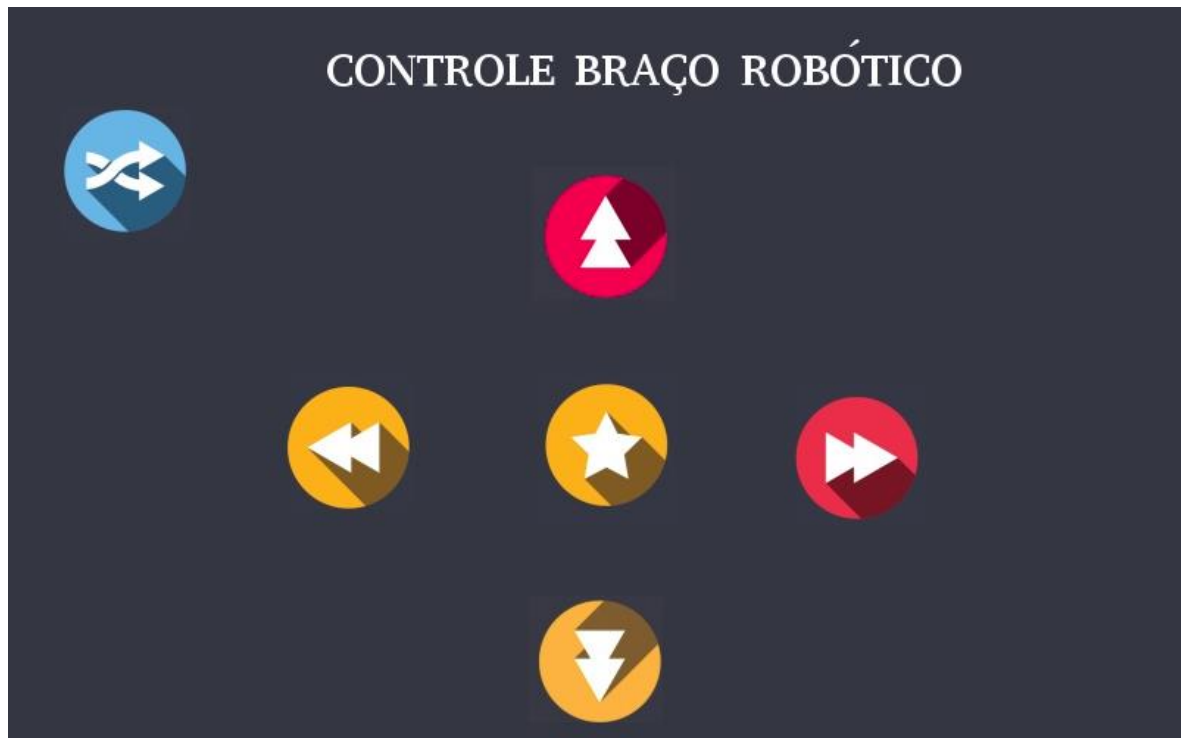


Figura 14. Tela inicial do aplicativo para controle do braço robótico

Como mostrado na figura anterior, o aplicativo possui uma interface gráfica amigável, onde qualquer pessoa consegue utilizar. Na parte superior esquerda do aplicativo, possui um botão para conectar via *Bluetooth* com o braço. Além de possuir os botões de direção, o aplicativo possui um botão central que manda um sinal elétrico para o protótipo a fim de fechar a agarradeira.

Para desenvolvimento do aplicativo foi utilizado o *software Android Studio*, e para comunicação com o Arduino foi necessário utilizar algumas bibliotecas *Bluetooth* do *Android*.

O robô possui duas maneiras para ser controlado, por meio do aplicativo *Bluetooth*, ou pelos resistores variáveis, como descrito anteriormente, porém, o aplicativo Android é quem tem preferência para controle da máquina.

#### 4. Resultados Obtidos

A robótica é uma das áreas que mais cresce nos últimos anos, milhares de pesquisas são voltadas para construção de robôs que ajudem no cotidiano de cada pessoa. Este trabalho teve como objetivo a construção de um braço robótico com materiais reciclados, afim de avaliar seu comportamento em situações adversas.

O braço robótico se portou de maneira satisfatória, realizando as operações exigidas dentro de um tempo hábil. O sistema foi dividido em duas partes, uma para controle, no próprio braço que mostrou-se tolerante aos esforços mecânicos de funcionamento e outras eventuais colisões de deslocamento e outro sistema para dispositivo móvel. A intenção foi realizar a comunicação entre as duas partes, e o resultado foi satisfatório, a comunicação foi realizada através do bluetooth. Além disso, foi observada uma capacidade de movimento muito acima do esperado, visto que os motores escolhidos apresentam um torque bastante elevado para esta aplicação, deixando a máquina apta a fazer qualquer manobra que exija um torque mais acentuado e uma baixa rotação. Apesar de grande parte da estrutura do protótipo ter sido coladas, tendo em vista que a máquina foi desenvolvida basicamente de material reciclado, a falta de exatidão em alguns procedimentos não se mostrou problema nos testes executados com a máquina.

Como trabalho futuro, sugere-se a utilização de algumas peças mais robustas e melhores projetadas para suas funções, bem como a utilização de alguns sensores para se obter resultados ainda mais precisos e satisfatórios. Pode-se fazer uma melhor utilização de encoders e dos sensores ultrassônicos, que já estão parcialmente inseridos no software de controle do braço. Assim, com a utilização precisa desses sensores, pode-se mover objetos dentro do raio de operação da máquina com exatidão. Dentre outras modificações, é possível se desenvolver um menu interativo e aperfeiçoar a IHM do protótipo, bem como, o menu e as possibilidades de controle do usuário via aplicativo Android.

#### 5. Referencias

ARAÚJO, André et al. **Integrating Arduino-based educational mobile robots in ROS**. Journal of Intelligent & Robotic Systems, v. 77, n. 2, p. 281-298, 2015.

CRAIG, John J. **Introduction to robotics: mechanics and control**. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2005.

KANNO, Ernesto Kenji; MORAES, Leonardo Felipe Pedroso de; DOBUCHAK, Lucas Martins. **Robô limpador de parede de piscina**. 2015.

LECHETA, Ricardo R. **Google Android-3ª Edição: Aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com o Android SDK**. Novatec Editora, 2013.

NOF, S. Y. **Handbook of industrial robotics**. Nova York: John Wiley & Sons, 1985.

RAYMUNDO, Taiuani Marquine; DA SILVA SANTANA, Carla. **Percepção de idosos acerca das novas tecnologias Elderly perception about the new technologies**. Inteligencia Artificial, v. 18, n. 55, p. 12-25, 2015.

RAMOS, Richard Leal et al. **Uso da Plataforma Arduino para criar um dispositivo robótico otimizando o Aproveitamento de Energia Solar**. Anais do Computer on the Beach, p. 406-408, 2015.

ROSARIO, J. M. **Princípios de Mecatrônica**, 2005.

SAMSUNG. **Navibot AirFresh SR8F40**. Disponível em: <<http://www.samsung.com/pt/consumer/home-appliances/vacuum-cleaner/robot-old/VR10F53TBCG/EE>>. Acesso em: 30 jun. 2015.

TORRES, João Delfino et al. **Aquisição de dados meteorológicos através da plataforma Arduino: construção de baixo custo e análise de dados**. Scientia Plena, v. 11, n. 2, 2015.