

# ESTUDO DE VIABILIDADE DA CONSTRUÇÃO DE UM ROBÔ SEPARADOR DE ESFERAS POR COR

Edgar Antônio da Rocha Rezende\*

Filipe Samuel Teixeira de Azevedo\*\*

Rayane Freire Santos\*\*\*

Renan Silva Lara\*\*\*\*

## RESUMO

Proposto aos estudantes do 8º período de Engenharia de Controle e Automação da Faculdade Presidente Antônio Carlos que analisassem a viabilidade da construção de um robô. O objetivo é construir um o mecanismo utilizando menos dispositivos eletroeletrônicos, potencializando a lógica do algoritmo, reduzindo assim o custo final do robô. Como premissa os estudantes deverão definir quais componentes serão necessários para a construção, o modo de funcionamento do equipamento e criação da lógica que permitira a movimentação do robô, visando detalhar as etapas de desenvolvimento do estudo e empregando os conceitos adquiridos durante a graduação, em especial nas disciplinas de robótica e estrutura de algoritmos de dados.

**Palavras-chave:** algoritmo, microcontrolador, robótica.

---

\*Bacharel em Engenharia de Controle e Automação pela Faculdade Presidente Antônio Carlos. Email: [ea.social@hotmail.com](mailto:ea.social@hotmail.com)

\*\*Bacharel em Engenharia de Controle e Automação pela Faculdade Presidente Antônio Carlos. E-mail: [filipe.s.t.azevedo@gmail.com](mailto:filipe.s.t.azevedo@gmail.com)

\*\*\*Bacharel em Engenharia de Controle e Automação pela Faculdade Presidente Antônio Carlos. E-mail: [rayane.ufsj@gmail.com](mailto:rayane.ufsj@gmail.com)

\*\*\*\*Bacharel em Engenharia de Controle e Automação pela Faculdade Presidente Antônio Carlos. E-mail: [rt\\_mineiro@hotmail.com](mailto:rt_mineiro@hotmail.com)

## **1. INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas presenciamos globalização, sem dúvida o setor mais atingido por essa revolução tem sido o setor manufatureiro, que devido à globalização tornou-se concorrente de grandes empresas multinacionais. Com o aumento da concorrência, as empresas começaram a buscar métodos que auxiliassem a redução de custos operacionais, com isso, os investimentos em modernização das plantas que antes eram exorbitantes tornaram-se uma possibilidade atraente, em especial a possibilidade da substituição da mão-de-obra braçal pela automatização de suas plantas.

Com esses acontecimentos, a área de robótica tomou destaque no cenário industrial, tornando-se necessário que os estudantes de Engenharia de Controle e Automação possuam além do conhecimento adquiridos na graduação, um amplo conhecimento das novas tecnologias utilizadas no mercado e desenvoltura para utilizá-las.

Neste contexto, foi proposto aos estudantes do 8º período de Engenharia de Controle e Automação da Faculdade Presidente Antônio Carlos (FUNPAC) que estudassem a viabilidade da construção de um robô, onde os mesmos teriam a liberdade de escolher sua funcionalidade, sendo assim, foi definido que seria estudada a viabilidade da construção um robô que identificador e separador de objetos esféricos por cor.

Por se tratar de uma iniciativa acadêmica, o foco é criar uma lógica concisa que permita o funcionamento correto do mecanismo, segregação dos dispositivos necessários para sua montagem utilizando menos dispositivos elétricos e eletrônicos, potencializando a lógica do algoritmo a fim de reduzir o custo final do robô.

Como premissa os estudantes deverão definir quais componentes serão necessários para a construção, o modo de funcionamento do equipamento e criação da lógica que permitira a movimentação do robô, visando detalhar as etapas de desenvolvimento do estudo e empregando os conceitos adquiridos durante a graduação, em especial nas disciplinas de robótica e estrutura de algoritmos de dados.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **a. Robôs**

A definição de robô já é descrita por Pazos (2002) como máquina automática programável, que é toda aquela cujo trabalho depende em certa medida de instruções previamente dadas pelo

operador, seja qual for o meio pelo qual foram introduzidas essas instruções na máquina e o formato delas.

Pazos (2002) afirma que uma máquina controlada por um computador ou algum outro tipo de processador eletrônico digital, cuja tarefa também vai depender do programa que execute o processador, também é uma máquina automática programável.

Observando que uma máquina automática programável é um robô que pode ser controlado por um computador e que o microcontrolador é um pequeno computador, é possível afirmar que um robô é um equipamento microcontrolado.

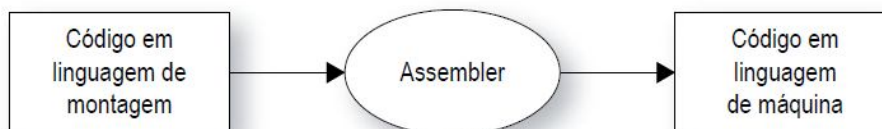
## b. Algoritmos e Programas de Computador

A definição de Algoritmo pode ser descrita como procedimento passo a passo para a solução de um problema ou sequência detalhada de ações a serem executadas para realizar alguma tarefa (Medina, 2005).

Os programas de computador são um tipo de algoritmo. Estes algoritmos são criados com diferentes tipos de linguagens de programação, sendo divididas em baixo e alto nível. As linguagens de alto nível são mais semelhantes à linguagem natural e as de baixo tendem a ser similares à linguagem de máquina (Medina, 2005).

A linguagem de máquina de um computador é composta apenas por números, ou seja, 0 e 1, os pesquisadores criaram um código capaz de relacionar à linguagem de máquina com uma linguagem de fácil compreensão. Esta é a linguagem de montagem, também conhecida como *assembly*. A linguagem *assembly* é um código que tem uma instrução alfanumérica para cada instrução numérica em linguagem de máquina. O código da linguagem de montagem deve ser traduzido para o de máquina, a fim de que o programa seja executado pelo computador (Medina, 2005). O esquema de tradução está disponível na figura 1.

Fig. 1. Tradução para a linguagem de máquina.



Fonte: Autor

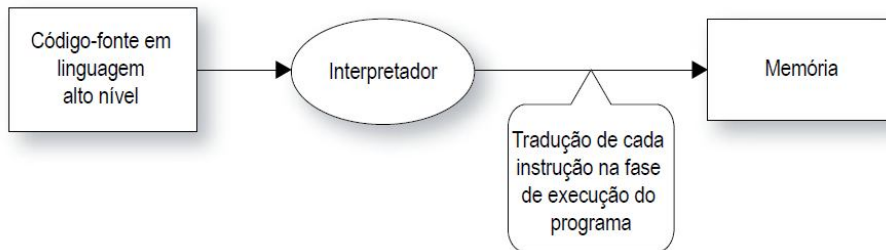
Com a programação em linguagem *assembly* foi criada as linguagens de alto nível. Este tipo de linguagem permite o aumento da produtividade de programadores e a portabilidade dos programas desenvolvidos. Entre suas características principais destacam-se: códigos mais elaborados, proximidade da lógica humana e não dependência do processador do computador (Medina, 2005).

A finalidade de traduzir os códigos de alto nível para os de máquina usa-se um compilador ou interpretador dependendo da situação. O compilador gera um arquivo com o código da linguagem de máquina a partir do código de alto nível. Este código fica armazenado no disco e só é carregado no momento da execução. Diferente do compilador, o interpretador não gera este arquivo, porque as instruções são traduzidas no momento da execução (Medina, 2005). Abaixo são apresentadas as figuras 2 e 3, elas mostram a tradução feita pelo compilador e interpretador respectivamente.

Fig. 2. Compilação de um programa.



Fig. 3. Interpretação de um programa.



Fonte: Autor

Algumas das linguagens de alto nível são C, Cobol, Pascal e Java (Medina,2005). No entanto, Schildt (1997) se refere à linguagem C como uma linguagem de médio nível, porque combina elementos de linguagens de alto nível com a funcionalidade da linguagem *assembly*.

A linguagem C permite a manipulação de bits, bytes e endereços, ou seja, manipula os elementos básicos de funcionamento dos computadores. Códigos em C são portáveis, pois se adaptam de um tipo de computador para outro. Outras características de C são poucas restrições, poucas reclamações, estruturas de blocos, funções isoladas e um conjunto compacto de palavras-chave (Schildt, 1997).

### c. Microcontroladores

Os microcontroladores podem ser considerados minicomputadores, pois possuem os mesmos componentes, porém integrados em um único circuito (*single-chip*). Entre os componentes do microcontrolador pode-se citar o processador, memória e dispositivos de entrada e saída (E/S), estes incluem a capacidade de detectar os botões e interruptores do aparelho e controlar suas luzes, monitores, sons, motores (Silveira, 2012).

### d. Motores Elétricos

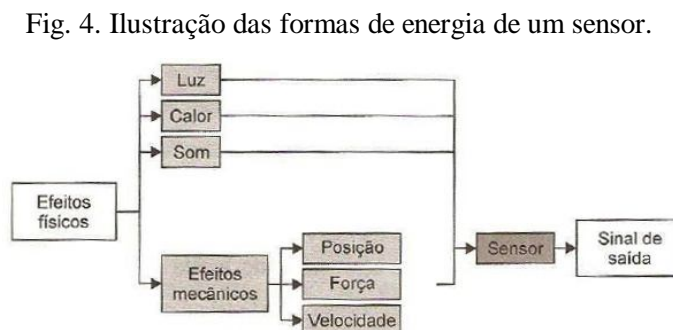
Os motores elétricos são equipamentos que transformam energia elétrica em energia mecânica através da rotação de seu eixo giratório desenvolvendo certa velocidade e torque. Existem diferentes tipos de motores elétricos de acordo com o tipo de corrente que os alimentam, podendo ser motor CA ou CC (Pazos, 2002).

Os motores CA são utilizados em aplicações industriais de grande porte por terem torque elevado (Pazos, 2002). A criação destes motores foi baseada nas máquinas de corrente alternada de Nikola Tesla (Gozzi, 2011).

Os motores CC funcionam com o princípio da força magnética através da interação de dois campos magnéticos (Gozzi, 2011). Estes são muito utilizados em robôs, por serem de fácil controle (Pazos, 2002). Os principais tipos de motores corrente contínua são: motor série, motor paralelo, motor composto, motor de passo e servomotor (Gozzi, 2011).

### e. Sensores

Sensores são dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc. (Thomazini, 2007). Isso está ilustrado na figura 4.



Fonte: Thomazini, 2007

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### a. Arduíno

O Arduíno é uma plataforma de prototipagem eletrônica *open-source* que se baseia em hardware e software flexíveis e fáceis de usar (Arahal,2016), ou seja, um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele (Mcroberts, 2011).

A linguagem de programação do Arduíno é baseada em C/C++. Sua estrutura básica é bem simples, sendo dividida em dois blocos de funções. O primeiro é o bloco da função *setup* e o segundo é o da função *loop* (Silveira, 2012).

A função *setup* é a primeira a ser chamada quando o programa inicia e é executada apenas uma vez (Silveira, 2012). Esta dita o comportamento dos pinos do Arduíno e inicializa a porta serial (Silveira, 2012).

A segunda a ser chamada é a função *loop*. Todas as funções inseridas neste bloco são executadas repetidamente. Em sua execução, ela fica lendo os pinos de entrada do Arduíno e comandando os pinos de saída e a porta serial (Silveira, 2012).

O Arduíno possui várias portas de entrada e saída (E/S) sendo essas digitais, analógicas, serial e de alimentação. Os pinos digitais detectam ou transmitem níveis lógicos digitais (verdadeiro ou falso). Os pinos analógicos recebem sinais analógicos dos sensores conectados ao Arduíno que variam de zero a cinco volts. A porta serial é um conector USB fêmea do tipo A utilizado para comunicar com dispositivos que usa USB e para receber cinco volts da fonte de alimentação de um computador. Os pinos de alimentação servem para alimentar um circuito externo.

O Arduíno escolhido para implantação do projeto é o MEGA 2560. Este é um microcontrolador baseado no ATmega2560. Sua tensão de funcionamento é 5 volts, a tensão de entrada recomendada varia de 7 a 12 volts; e seu clock é de 16 MHz. Possui 54 E/S sendo estas 15 podem ser saídas PWM; 16 entradas analógicas; e 4 portas seriais de hardware.

#### b. Servomotor

Servomotor é um tipo de motor em que é possível controlar a posição de seu próprio eixo. Este movimento é tipicamente compreendido dentro de 180 graus, mas alguns servos podem ter rotação contínua dependendo do modelo ou de alguma modificação feita no mesmo (Mcroberts, 2011). Para

assegurar a precisão, o servomotor possui um sensor óptico. Estes motores precisam de um sinal pulsado de referência na entrada, gerado via PWM (Gozzi, 2011).

Alguns servos são muitas vezes utilizados como juntas móveis dos braços de pequenos robôs, e para controlar movimentos em *animatronics* (Mcroberts, 2011).

O modelo de servomotor que será utilizado no projeto é o Servo Tower Pro SG-5010. Este servo pode girar 180 graus, sendo 90 para cada lado. Aceita todo tipo de hardware, biblioteca ou código para seu controle. A tensão de alimentação para este dispositivo é compreendido entre 4,8 a 6 volts; sua velocidade varia de 0,17 a 0,14 segundos por 60 graus; o torque máximo varia de 8 até 11 kg.cm. O servo trabalha em temperaturas que variam entre 20 graus negativos e 60 graus positivos.

### **c. Sensor de Cor**

O sensor de cor é um sensor fotoelétrico com a função dedicada apenas à detecção de cores dos objetos a uma distância específica. Sensores de cor possuem um transmissor com 3 LED's, sendo um vermelho, um azul e um verde. Além disso, possuem um receptor a fototransistor (Arduíno, 2016).

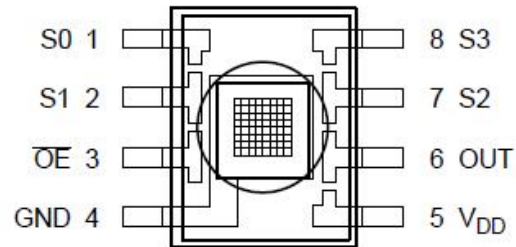
O fototransistor é um transistor que permite a incidência de luz sobre a junção base-coletor, gerando uma corrente que é amplificada. Tal corrente é proporcional à intensidade de luz sobre o sensor (Arduíno, 2016).

O princípio de detecção dos sensores de cor é conhecido como sistema por difusão. Neste sistema, o transmissor e o receptor ficam dentro de um mesmo compartimento conhecido como fotoacoplador. No fotoacoplador, transmissor é responsável por enviar um feixe de luz através de um dos fotodiodos (os LED's). Este feixe é em flashes com alta potência e curta duração, evitando que o receptor confunda com a luz natural do ambiente. Quando o objeto está na região de sensibilidade, a luz emitida é detectada pelo receptor. Em seguida, o sensor de cor calcula as coordenadas de cromaticidade da radiação refletida e as compara com o valor de referência previamente armazenado. Caso o valor estiver dentro da faixa de tolerância determinada, é ativado um chaveamento de saída (Arduíno, 2016).

O sensor de cor escolhido é o sensor de reconhecimento de cor TCS230, com alimentação entre 3 e 5 volts. Este sensor possui 64 fotodiodos onde 16 têm filtros para a cor vermelha, 16 para verde, 16 para azul e 16 não tem filtro. Os fotodiodos são distribuídos sobre o sensor para captarem a luz e gerarem um sinal de onda quadrada com frequência diretamente proporcional à intensidade luminosa (Morais, 2016). O TCS230 tem 5 pinos para conexão com algum circuito ou microcontrolador, sendo eles S0 e S1 para escala de frequência de saída, S2 e S3 para o tipo de fotodiodo e o OUT

(saída) para sinal de saída. O pino VDD (tensão de alimentação) é destinado à alimentação, o GND (aterramento) é o terra e o OE pode ser ligado ao terra conforme descrito no datasheet do mesmo. A figura 6 mostra o diagrama da vista superior do esquema de pinagens do sensor.

Fig. 6. Vista superior com a pinagem do sensor.



## 4. DESENVOLVIMENTO

### a) Estrutura Física do Robô

Várias estruturas para a construção do robô separador de objetos esféricos poderiam ser utilizadas, desde madeira a papelão, porém, como um dos focos do presente artigo é construir um mecanismo que utilize menos dispositivos eletroeletrônicos, potencializando assim a lógica do algoritmo com o intuito de reduzir o custo final do robô.

No projeto optou-se em utilizar acrílico pela resistência e possibilidade de visualização dos componentes em movimento.

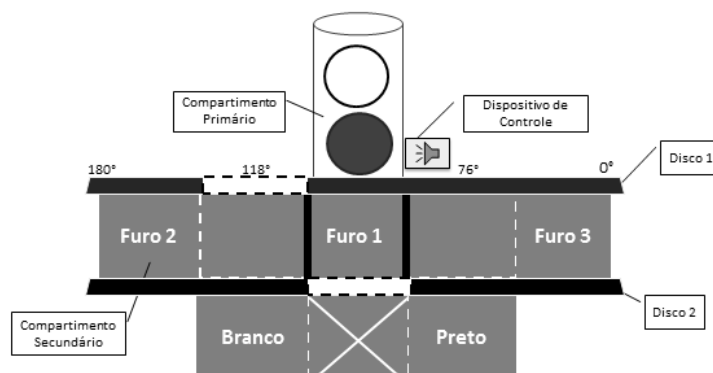
Com o intuito de facilitar o desenvolvimento prático, a estrutura do robô foi dividida em cinco partes principais:

- Compartimento Primário: armazenador dos objetos a serem segregados;
- Disco 1: Responsável por vedar, recolher e transportar as esferas até o local a que se destinam;
- Disco 2: Responsável pela passagem das esferas para os compartimentos adequados;
- Compartimento Secundário: armazenado dos objetos selecionados;
- Dispositivos de controle: sensores, microcontrolador e servo motor.



Na figura 7, temos o modelo esquemático do robô, os componentes descritos acima serão detalhados posteriormente por terem função importante no cumprimento da tarefa de selecionar e destinar os objetos para os locais adequados.

Fig. 7. Modelo Esquemático.

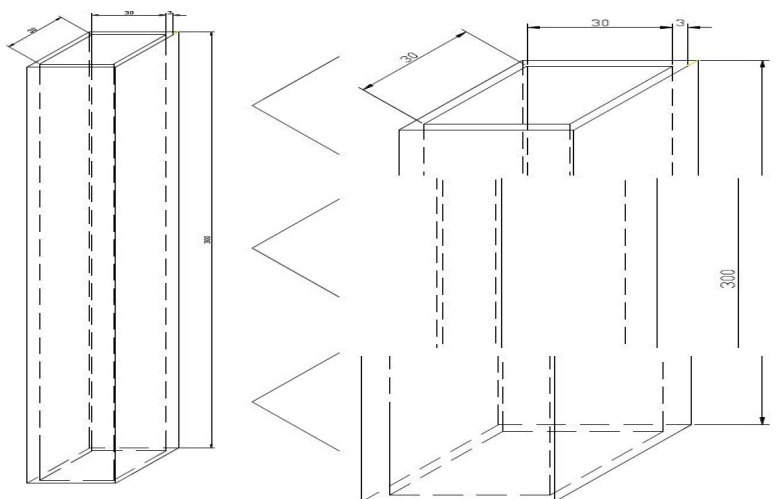


Fonte: Autor

### b) Compartimento Primário

O compartimento primário possui formato de prisma quadrangular, com 300 mm de comprimento por 30 mm de largura, que possibilitará a passagem das esferas com folga e as manter empilhadas. Como os objetos terão em média 25 mm de diâmetro, é aconselhável que não seja usado uma abertura maior que 30 mm. Na figura 8 pode-se ver o *layout* do compartimento primário.

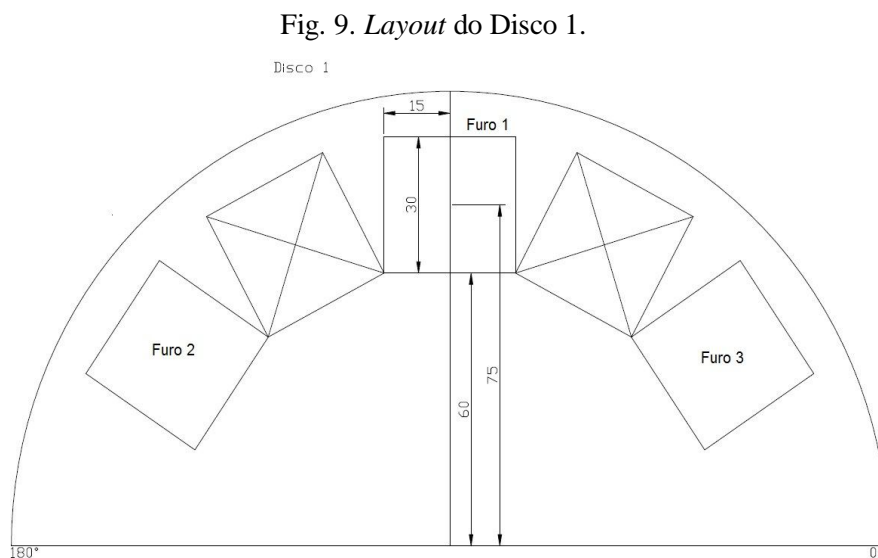
Fig. 8. Layout do Compartimento Primário.



Fonte: Autor

### c) Disco 1

O Disco 1 tem o formato de semicírculo com duas paletas inclusas, onde trabalhará com indicação de posição que irão de 0 a 180°, conforme resultado do sensor fotoelétrico, que selecionará a saída adequada para cada tipo de esfera. O Disco 1 possui três compartimentos pequenos, chamados de furos, sendo o central denominado como Furo 1 com duas paletas em sua lateral, o furo localizado a esquerda como Furo 2 e por fim o da direita como Furo 3. Na figura 9 pode-se visualizar o *layout* do disco.



Fonte: Autor

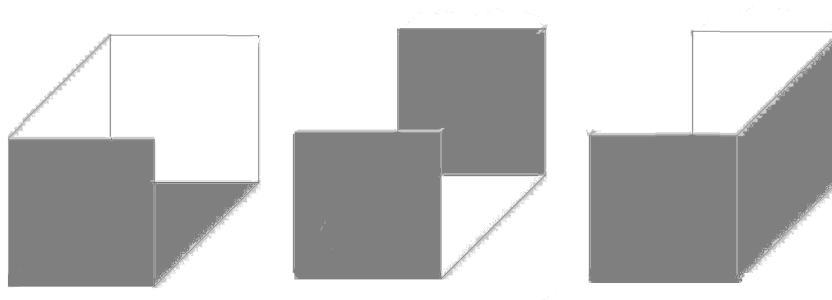
A função do Furo 1 é recolher as esferas que não foram consideradas lixo pelo sensor e destiná-las para a esquerda ou para a direita de acordo com o comando do controlador. Durante o movimento a passagem de qualquer outra esfera vinda do compartimento primário é bloqueada momentaneamente. Apenas o Furo 1 é totalmente aberto, ou seja, ele realmente é um furo no disco.

Os Furo 2 e 3 irão recolher qualquer outro material que o controlador definir, diferente do Furo 1 eles terão suas aberturas na fundo do compartimento secundário. A esfera ao cair pelo Furo 1 será empurrada pelas paredes até chegar ao Furo 2 onde será descartada gravitacionalmente pela abertura traseira do compartimento secundário.

Entre os furos inseriu-se um espaço para o bloqueio da passagem das esferas do compartimento secundário. Observe que o tamanho deles é 30 mm, disposto a respeitar o ângulo de deslocamento de forma que, quando se encontrarem em 90°, estarão totalmente dispostos embaixo do compartimento primário. É de extrema importância que ele tenha suas dimensões com um tamanho bem próximo das esferas, não podendo ser menores que elas, à medida que o funcionamento

adequado do robô depende disso. A figura 10 disponibiliza um possível *layout* para os furos do Disco 1.

Fig. 10. Furos 2, 1 e 3 do Disco 1.



Fonte: Autor

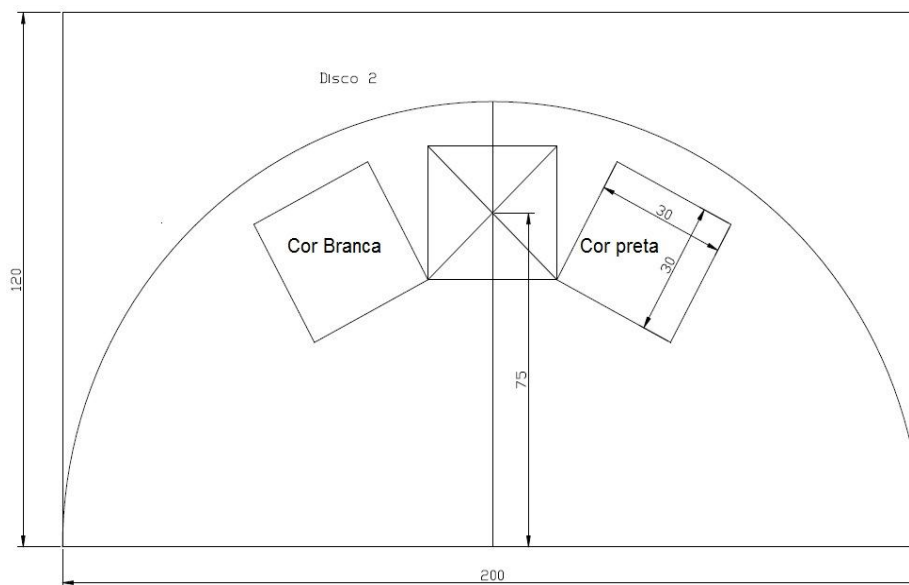
Conforme figura 11 notasse que o Furo 1 possui as quatro extremidade abertas, uma virada para a outra, enquanto os 2 e 3 tem uma abertura na lateral e outra traseira. O modelo de cada furo é essencial para a divisão das esferas, o tipo de abertura é que determina se o objeto é uma “esfera” selecionada ou um lixo.

Como premissa adotou se o Furo 2 para descarte das esferas consideradas lixo. O Furo 3 foi incluído no projeto para que exista a possibilidade de no próximo trabalho possa incluir mais uma cor para identificação.

#### **d) Disco 2**

A função do Disco 2 limitada à comunicação entre o Disco 1 e os compartimentos inferiores, depois de ocorrido a seleção da esfera pela controlador e pelo o transporte pelo Disco 1. O Disco 2 também servi como base para sustentação das demais estruturas, ou seja, no robô, o Disco 1 também poderia ter a função da coluna vertebral de "sustentação do corpo" (Miranda, 2004).

As aberturas no Disco 2 estão dispostas de forma que, entre elas, exista um espaço que comporte a esfera. Dessa forma o Disco 1 terá por onde arrastar o objeto até a abertura adequada. Esses furos podem receber o nome da cor da esfera, exemplificando o da esquerda como furo da cor branca, ou apenas cor branca, e furo da cor preta, ou apenas cor preta como demonstrado na figura 11.

Fig. 11. *Layout do Disco 2*

Fonte: Autor

Observasse que a comunicação entre os Disco 1 e Disco 2 só é possível pela disposição dos furos. Assim, o Furo 1 do Disco 1 consegue enviar para o destino adequado à esfera selecionada.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### a) Modo de Funcionamento

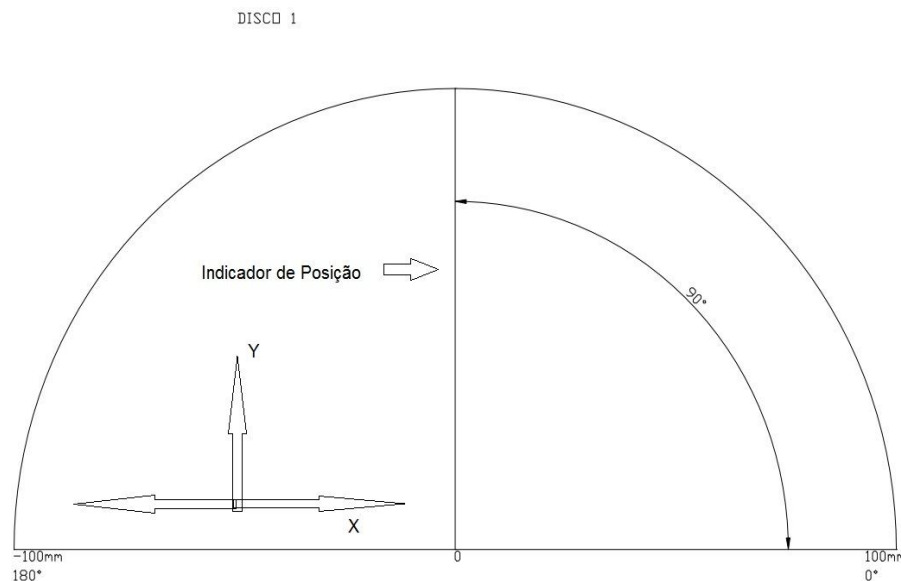
Para melhor compreensão do funcionamento do sistema, definiu se as condições ideais para uma perfeita atuação do robô, posteriormente, os demais problemas que possam afetar o processo serão trabalhados modelando a linha de raciocínio inicial.

Necessariamente para que ocorra a separação dos objetos após a leitura realizada pelo sensor fotoelétrico, o microcontrolador terá que posicionar se para coletar a esfera e direcioná-la até um dos 3 furos de descarte. Isso será feito utilizando ângulos para determinar o posicionamento de cada furo, para tal, será necessário o conhecimento de plano cartesiano, pois as coordenadas x e y serão de extrema importância.

Primeiramente, definiu o Furo 1 como o indicador de posição, através dele o controlador saberá quantos graus serão necessários rotacionar do disco para a saída desejada. O Disco 1 tem o diâmetro de 200 mm, considerando que as coordenadas do plano cartesiano se iniciam no centro do semicírculo de 0 até 100 mm, tem-se x e y positivo e, de 0 a -100 mm, tem-se x negativo, como

demonstrado na figura 12. Não será utilizado  $y$  negativo, pois não ocorrerá movimento vertical do furo.

Fig. 12. Plano Cartesiano no disco.

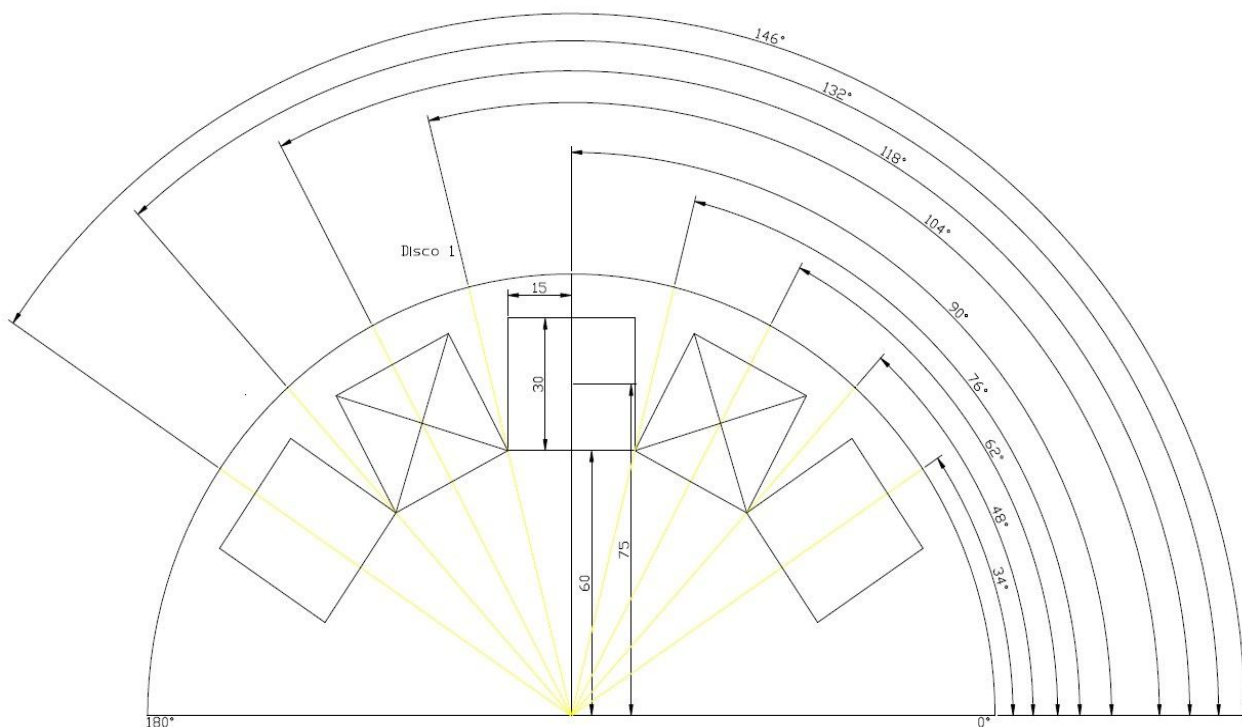


Fonte: Autor

Por se tratar de um semicírculo o nosso indicador de posição, o furo central inicialmente se encontrará na posição de  $90^\circ$ . Pode-se considerar que o indicador de posição se trata de um vetor, mais precisamente um vetor deslocamento, sendo esse tipo de vetor considerado simples, fator que facilitará o desenvolvimento do robô (Halliday, 2006). O movimento do indicador de posição será especificado por ângulos. O plano cartesiano será útil para calcular essas posições a partir das componentes vetoriais, as quais serão chamadas de  $X_r$  para as abscissas e  $Y_r$  para as ordenadas (Halliday, 2006).

O comportamento do Disco 1 se dará em função do incremento e decremento de graus calculado pelo microcontrolador conforme localização dos furos no mapa cartesiano exemplificado na figura 13. O mapa cartesiano servirá de indicação para sentido de rotação do servo motor, que o microcontrolador indicará após processamento da lógica.

Fig. 13. Movimento do indicador de posições



Fonte: Autor

Como forma de mitigar alguns erros encontrados nos testes preliminares e padronizar o processo, definiu-se que o índice de posicionamento (IDP) inicial sempre  $\Theta = 118^\circ$  para o Disco 1 e  $\Theta = 90^\circ$  para o Disco 2, isso garante com que o próprio Disco 1 impeça a queda de esferas sem serem previamente avaliadas pelo sensor, sendo assim, o Disco 1 está posicionado de forma a não receber esfera na posição inicial.

Para testar a lógica e estrutura proposta, considerou a inserção de uma esfera no sistema, após a leitura do sensor fotoelétrico foi identificado que a esfera é branca, sendo assim, se tratando de ângulos, o Disco 1 localizado na posição inicial de  $118^\circ$  precisa movimentar-se  $\Theta = 28^\circ$  negativamente com relação ao eixo x, isso possibilitará que a esfera caia no Furo 1 que se encontra localizada no ponto de  $90^\circ$  no mapa cartesiano, posteriormente o Disco 1 retornará a posição  $118^\circ$  enquanto o Disco 2 terá que se movimentar  $28^\circ$  positivamente para a localização de  $118^\circ$  para que a esfera caia no compartimento Branco.

O Furo 2 no compartimento secundário possui abertura superior para a movimentação das paletas do Disco 1 e na parte traseira para possibilitar que a esfera caia por gravidade no compartimento lixo localizado na parte traseira do robô. O movimento será feito novamente caso a próxima esfera seja

lixo, caso o IDP esteja na posição inicial, o mesmo se movimentará até  $146^\circ$ , mais uma vez  $28^\circ$  de diferença entre eles.

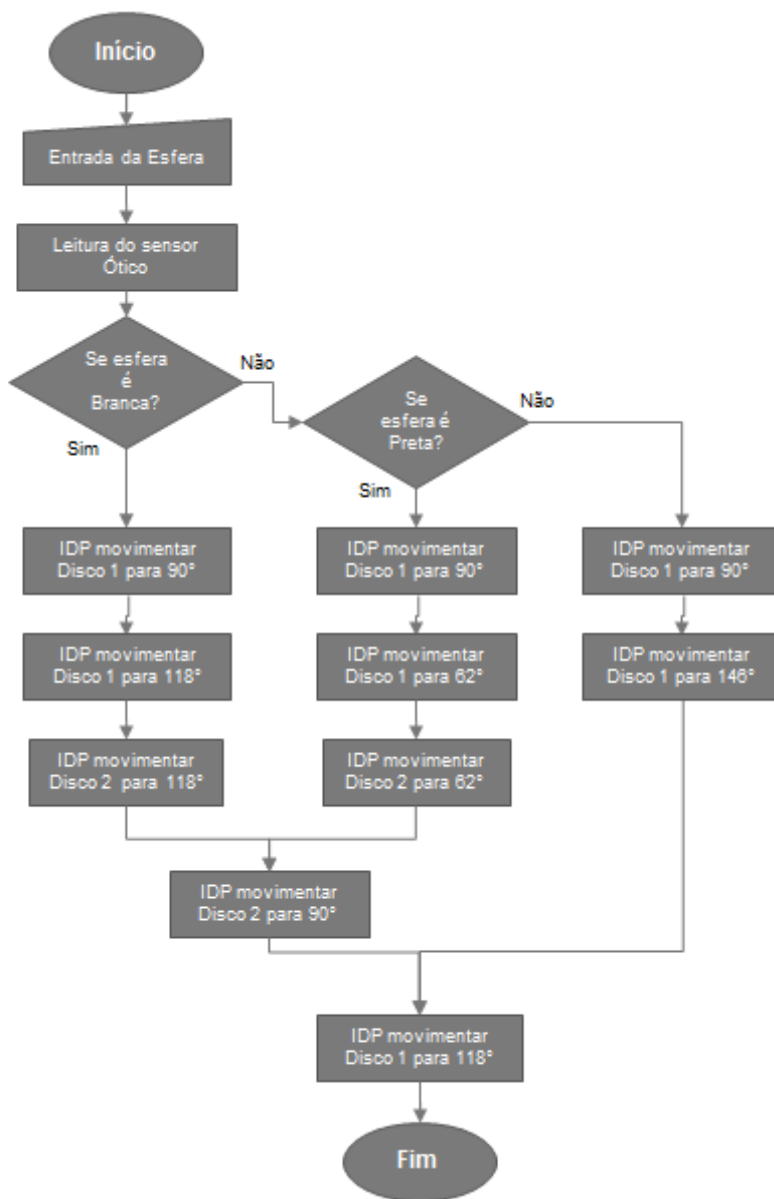
Podem-se listar, então, as possíveis situações de movimento e quais comportamentos o robô teria:

1. O IDP inicial do Disco 1 estará em  $118^\circ$  e do Disco 2 em  $90^\circ$ ;
2. Esfera inserida no compartimento primário;
3. Esfera avaliada pelo sensor fotoelétrico;
4. Se Branca, o IDP do Disco 1 movimentara para a posição de  $90^\circ$ , cerca de  $28^\circ$  negativos da posição inicial; a esfera cairá no Furo 1 no compartimento secundário, o Disco 1 retornará para  $118^\circ$  e o Disco 2 movimentará para posição de  $118^\circ$ , cerca de  $28^\circ$  positivos da sua posição inicial, e a esfera cairá no furo Branco, ao fim das atividade os discos retornaram a posição inicial.
5. Se Preta, o IDP do Disco 1 movimentara para a posição de  $90^\circ$ , cerca de  $28^\circ$  negativos da posição inicial, a esfera cairá no Furo 1 no compartimento secundário, o Disco 1 movimentará para  $62^\circ$  e o Disco 2 movimentará para posição de  $62^\circ$ , cerca de  $28^\circ$  negativos a sua posição inicial, e a esfera cairá no furo Preto, ao fim da atividade os discos retornaram a posição inicial.
6. Se Cor indefinida, o IDP do Disco 1 movimentara para posição de  $90^\circ$ , cerca de  $28^\circ$  negativos a posição inicial, a esfera cairá no Furo 1 no compartimento secundário, o Disco 1 movimentará para  $146^\circ$ , a onde a esfera será descartada e retornará para a posição de  $118^\circ$ .

## **b) Lógica do Robô**

A figura 14, apresenta o fluxograma desenvolvido com a lógica de atuação do robô sobre o Disco 1, definiu-se o diagrama por se tratar uma forma padronizada e muito utilizada na área de automação para simplificar o entendimento da problemática. O fluxograma esclarece o funcionamento do microcontrolador somado a estrutura física do robô e a programação, o que garanti uma visualização eficaz do comportamento das variáveis de processo.

Fig. 14. Fluxograma da lógica.



Fonte: Autor



## 6. CONCLUSÕES

Em vista do objetivo do proposto, que era desenvolver um robô que permitisse a segregação de esferas coloridas com uma estrutura de baixo custo e que permitisse sua aplicação acadêmica sem onerosas em grandes custos para instituição foi concluída com êxito graças à faculdade possuir grande parte dos materiais listados em seus laboratórios e os demais materiais serem de baixo custo.

Em relação à criação de logica de funcionamento do robô pode-se dizer que foi a parte mais problemática em especial a definição dos ângulos de funcionamento e estrutura física que permitisse a movimentação necessária para a execução da logica proposta, porém através dos conceitos de robótica estudados conseguiu superar os empecilhos.

Como proposta no próximo semestre será feita a construção do robô e teste quanto a efetividade de seu funcionamento.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GOZZI, Giuseppe G. M. e Parede, Tera M. S., **Eletrônica: Máquinas e Instalações Elétricas**, São Paulo: FUNDAÇÃO PADRE ANCHIETA, 2011.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física 1**, Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- MICROBERTS, Michael. **Arduino Básico**. 1ª. ed. São Paulo: NOVATEC, 2011.
- MIRANDA, Edalton. **Bases de Anatomia e Cinestologia**. Rio de Janeiro: SPRINT, 2004.
- PAZOS, Fernando. Definição e robô. **Automação de Sistemas & Robótica**. Rio de Janeiro: AXCEL BOOKS, 2002.
- SILVEIRA, João Alexandre. **A estrutura da linguagem do Arduino**. 2012.
- THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro U. B. **Sensores Industriais**. São Paulo: ÉRICA, 2007.
- ARAHAL, Ramos. **Separador de bolas de ping pong arduino Separator tennis ball**, Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=AEXNBxzucmQ>>. Acesso em: 02 abr. 2016.
- ARDUINO. Disponível em: <<http://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 23 abr. 2016.
- MORAES, Paulo **S. Lógica de Programação**. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~vania/teaching/ine5231/Logica.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2016.
- SCHILDT, Herbert. **C Completo e Total**. São Paulo: MAKRON BOOKS, 1997
- MEDINA, Marco. FERTIG, Cristina. **Algoritmos e Programação: teoria e prática**. São Paulo: NOVATEC INFORMATICA, 2005.