

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR)
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

ALESSANDRA FERNANDES LACERDA
ENZO TREVISAN TOPANOTTI
MATHEUS DOS SANTOS PEDROZO DE LIMA

CSM: COLOR SORTING MACHINE

OFICINA DE INTEGRAÇÃO 1 – RELATÓRIO FINAL

CURITIBA

2019

ALESSANDRA FERNANDES LACERDA
ENZO TREVISAN TOPANOTTI
MATHEUS DOS SANTOS PEDROZO DE LIMA

CSM: COLOR SORTING MACHINE

Relatório Final da disciplina Oficina de Integração 1, do curso de Engenharia de Computação, apresentado aos professores que ministram a mesma na Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção da aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Benvenutti Borba
Prof. Dr. Ronnier Frates Rohrich

CURITIBA

2019

RESUMO

. CSM: COLOR SORTING MACHINE. 19 f. Oficina de Integração 1 – Relatório Final – Curso de Engenharia de Computação, UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR). Curitiba, 2019.

A disciplina de Oficinas de Integração 1 exige o desenvolvimento de um projeto utilizando um microcontrolador para fins de aprendizado de técnicas de desenvolvimento de projetos, particularmente a resolução de problemas, a aplicação de metodologias científica e de projeto e o gerenciamento de tempo, integrando o conhecimento adquirido em outras disciplinas durante o curso. Para tal, neste trabalho, escolheu-se desenvolver o CSM, um separador de M&Ms por cores. O projeto foi desenvolvido utilizando um Arduino Uno, que possui um microcontrolador ATmega328P. O desenvolvimento foi dividido em 3 partes que serão detalhadas no decorrer deste documento, sendo elas: confecção da estrutura mecânica, desenvolvimento do software e integração do software com um aplicativo para controle remoto por Bluetooth. Para a movimentação dos M&Ms na estrutura foram utilizados dois servomotores e para a identificação das cores foi utilizado um módulo sensor de cor TCS3200. Por fim, salienta-se que o desenvolvimento em questão permitiu cumprir o objetivo de aprendizado visado.

Palavras-chave: Arduino, separador de cores, multidisciplinaridade

ABSTRACT

. CSM: COLOR SORTING MACHINE. 19 f. Oficina de Integração 1 – Relatório Final – Curso de Engenharia de Computação, UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR). Curitiba, 2019.

The discipline of Oficinas de Integração 1 requires the development of a project using a microcontroller with the objective of learning project development techniques, particularly problem solving, application of scientific and project methodologies, and time management, integrating knowledge acquired in other subjects during the course. For this purpose, in this work, we chose to develop CSM, a M&Ms color separator. The project was developed using an Arduino Uno, which has an ATmega328P microcontroller. The development has been divided into 3 parts which will be detailed throughout this document, namely: assembly of the mechanical structure, software development and software integration with a Bluetooth remote control application. For the movement of M&Ms in the structure, two servomotors were used and for color identification a TCS3200 color sensor module was used. Finally, it is emphasized that the development in question made it possible to achieve the intended learning objective.

Keywords: Arduino, color sorter, multidisciplinary

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	– Estrutura Mecânica	9
FIGURA 2	– Peça	9
FIGURA 3	– Esquemático	10
FIGURA 4	– PWM no Controle de Servos Motores	11
FIGURA 5	– Tabela de Detecção de Cor	12
FIGURA 6	– Diagrama de software	14
FIGURA 7	– Cronograma	16
FIGURA 8	– Diagrama de Gantt	17

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	–	Lista de componentes	17
----------	---	----------------------------	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	METODOLOGIA	8
2.1	VISÃO GERAL	8
2.2	PROJETO MECÂNICO	8
2.3	PROJETO DE HARDWARE	10
2.3.1	Servo motores	10
2.3.2	Sensor de Cor TCS3200	11
2.3.3	Arduino	12
2.3.4	Módulo Bluetooth HC-06	13
2.4	PROJETO DE SOFTWARE	13
2.5	INTEGRAÇÃO	14
3	EXPERIMENTOS E RESULTADOS	15
4	CRONOGRAMA E CUSTOS DO PROJETO	16
4.1	CRONOGRAMA	16
4.2	CUSTOS	16
5	CONCLUSÕES	18
	REFERÊNCIAS	19

1 INTRODUÇÃO

O controle de qualidade é um grande problema na área da automação industrial. Com isso em mente foi escolhido o CSM(Color Sorting Machine), um projeto que, em uma escala menor, utiliza alguns conceitos que também são aplicados na indústria. O projeto é uma máquina que separa M&Ms por cor com a ajuda de um sensor de cor. Esse tipo de sensor é muito utilizado em indústrias de embalagens ou gráficas para verificação da qualidade do produto.

Além disso a concepção e implementação de projetos, são uma grande parte da profissão de um engenheiro, portanto é de extrema importancia saber como trabalhar em equipe e cumprir um cronograma. Tendo isso em vista, a realização desse projeto se deu pela intenção de aprender, com um projeto real, os conceitos supracitados.

2 METODOLOGIA

2.1 VISÃO GERAL

O projeto foi dividido em três partes principais que serão explicitadas nas seções seguintes, sendo elas a estrutura mecânica, o hardware e o software. No geral, o M&M é levado até o sensor de cor, que identifica a cor e determina para qual pote ele deve ser conduzido, e assim sucessivamente até o ciclo ser interrompido pela falta de M&Ms ou pelo usuário no aplicativo. Um vídeo explicativo do funcionamento pode ser visto no link: <https://youtu.be/wZx9AvO6Ht4>.

2.2 PROJETO MECÂNICO

A estrutura mecânica, mostrada na Figura 1, é uma adaptação do projeto disponibilizado por Dejan Nedelkovski, com algumas alterações nos tamanhos das peças e nos materiais. Para a maior parte da construção do corpo dessa estrutura foi utilizado MDF, porém algumas peças menores foram feitas com um material chamado foam board que, por ser um tipo de isopor envolto em papel, é mais facilmente manipulável, além de ser mais leve. Para a rampa, um cano de PVC foi cortado ao meio, com ajuda de uma serra, e o tubo foi feito com acetato.

O projeto original utiliza também alguns componentes eletrônicos, que são acoplados em seu corpo. São 2 servos motores, 1 sensor de cor TCS3200 e 1 Arduino Nano, entretanto foi utilizado um Arduino Uno e também foi adicionado um módulo Bluetooth, para possibilitar o controle remoto do dispositivo por meio de um aplicativo para Android.

A estrutura foi planejada para funcionar da seguinte forma: os objetos são inseridos no tubo, que está na parte superior da estrutura, no qual serão guiados até o sensor de cor, por meio de uma peça de suporte (Figura 2), acoplada no servo motor superior, que possibilita pegar um objeto por vez. Em seguida, quando o sensor identifica a cor do objeto, o servo motor inferior move a rampa para o recipiente correspondente à cor detectada. Por fim o servo motor superior

leva o objeto à rampa, fazendo-o cair no recipiente correto.



Figura 1: Estrutura Mecânica



Figura 2: Peça

2.3 PROJETO DE HARDWARE

Compõem a parte de hardware do projeto um Arduino Uno, um módulo Bluetooth HC-06, um sensor de cores TCS3200 e dois servo motores. Todos os componentes são alimentados por uma bateria de 9V. Para unir as alimentações de cada componente em um único lugar foi utilizada uma placa universal perfurada pequena e conectores do tipo fêmea, conectada aos módulos por jumpers macho/macho ou macho/fêmea. Essa medida se fez necessária pois o Arduino Uno não possui muitas portas de alimentação e o número de componentes no projeto excedia o número de portas disponíveis. Na mesma placa foi acoplada a conexão para o módulo bluetooth, que exige um divisor de tensão para a porta de recepção, já que os sinais de saída do Arduino Uno são na faixa de 5V e a entrada deste pino no módulo Bluetooth é limitada a 3,3V. O esquemático do hardware é representado na Figura 3.

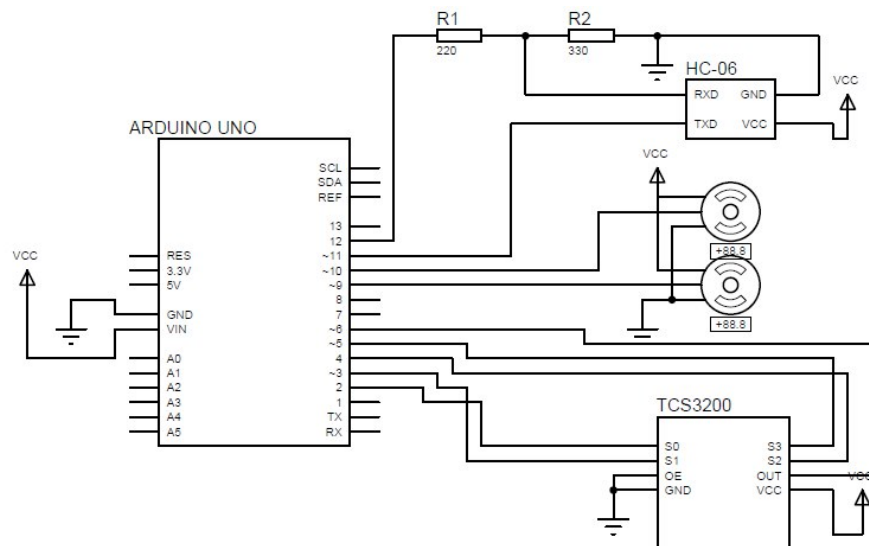


Figura 3: Esquemático

2.3.1 SERVO MOTORES

Servo motores são componentes eletromecânicos que têm seu movimento controlado conforme um comando, diferente de motores contínuos que giram indefinidamente. Eles são compostos de três partes principais: o sistema atenuador, o sensor e o circuito de controle. Por possuir um controlador, seu eixo de rotação possui uma liberdade limitada de 180° (ou 360° em alguns modelos).

Os servos possuem três fios de interface, sendo um para controle e dois para alimentação. O controle do movimento utiliza Modulação de Largura de Pulso (PWM), ou

seja, o sinal controla a posição do eixo com relação a largura do pulso. Por convenção, quando o pulso é 1,5 ms, o eixo do servo é rotacionado para a posição neutra (90° se o servo tem liberdade de 0° a 180°), para movimentar o eixo a partir da posição neutra no sentido anti-horário, um pulso maior que 1,5 ms é aplicado, sendo assim, no sentido horário um pulso menor que 1,5 ms é utilizado. Esse comportamento é visível na Figura 4. Contudo dependendo da marca de servo motor, a máxima posição anti-horária pode ser 1 ms enquanto a máxima posição horária é 2 ms, fazendo com que a exata posição angular do eixo de rotação em relação ao pulso dependa exclusivamente de cada fabricante.

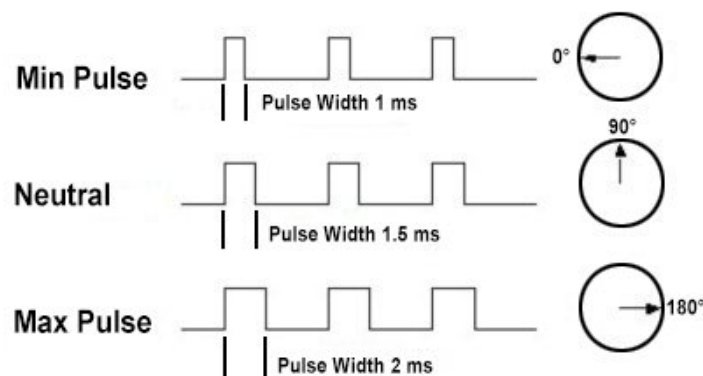


Figura 4: PWM no Controle de Servos Motores

Esse tipo de motor é muito utilizado em projetos de automação industrial. Ao contrário do que pode se imaginar, os servos não são utilizados apenas quando se precisa de um controle preciso de torque, pois eles são também uma alternativa para substituição a acionamentos com motores de indução, atuadores hidráulicos e pneumáticos. Além de seu uso industrial, eles são utilizados em projetos menores, tendo em vista que podem ser controlados com microcontroladores como Arduino, pela biblioteca Servo.h, ou pelo Raspberry Pi, pela biblioteca RPi.GPIO.

2.3.2 SENSOR DE COR TCS3200

Os sensores de cor registram a cor de uma superfície. Após emitir uma luz RGB (vermelha, verde, azul) em direção aos objetos a serem testados, esses sensores calculam as coordenadas de cromaticidade com base na radiação refletida e as comparam com valores de referência cromáticos previamente armazenados. Se os valores cromáticos estiverem dentro da faixa de tolerância ajustada ele detecta determinada cor.

O sensor de cor TCS3200 utiliza o chip TCS3200 para detectar as escalas de cor RGB do objeto analisado. Esse chip possui 64 fotodiodos, sendo destes 16 com filtro para a cor vermelha, 16 para a verde, 16 para a azul e 16 sem filtro. Esses fotodiodos geram informações correspondentes no pino OUT e enviam os dados ao microcontrolador.

O sensor de cor TCS3200 possui duas fileiras de quatro pinos (ou cinco pinos dependendo do modelo), eles são separados em controle (S0,S1,S2,S3), saída (OUT) e alimentação (GND e VCC). Os pinos S0 e S1 determinam a frequência de saída, enquanto os pinos S2 e S3 detectam qual cor é reconhecida no momento em relação às tabelas da Figura 5.

Um grande problema dos sensores de cor é sua precisão. Para que ocorra uma boa precisão, é necessário uma calibração do sensor, contudo, existem muitas maneiras de calibrá-lo. Uma delas é definir um limite máximo e mínimo de frequência, com relação as cores preto e branco e assim redefinir as frequências RGB com relação a cada iluminação.

As aplicações desse tipo de sensores são muitas, principalmente na automação industrial. Geralmente são utilizados na verificação da qualidade dos produtos nas indústrias automotivas, de embalagens, gráficas entre outras.

Pino		Escala da frequencia de saída
S0	S1	
Low	Low	Desligado
Low	High	2%
High	Low	20%
High	High	100%

Pino		Fotodiodo
S2	S3	
Low	Low	Vermelho / Red
Low	High	Azul / Blue
High	Low	Sem filtro
High	High	Verde / Green

Figura 5: Tabela de Detecção de Cor

2.3.3 ARDUINO

O Arduino foi criado em 2005 por cinco pesquisadores: Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis. Com o objetivo de desenvolver um dispositivo barato, funcional e facilmente programável, portanto o projeto tinha como público alvo estudantes e entusiastas. Os pesquisadores decidiram adotar o conceito de hardware livre, isso significa que, partindo do seu hardware básico, qualquer um pode modificar, melhorar e personalizar o Arduino.

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica, de placa única, que utiliza um microcontrolador Atmel com suporte de entrada/saída embutido. Ele utiliza uma linguagem de programação padrão com origem Wiring, ou seja, é essencialmente a linguagem C/C++, além

disso ele possui uma IDE própria, o Arduino IDE. Por padrão uma placa Arduino é composta por algumas linhas entrada/saída, digital e analógica, e uma interface serial ou USB, utilizada para poder programá-la e interagir em tempo real.

2.3.4 MÓDULO BLUETOOTH HC-06

O Bluetooth é um tipo de rede sem fio considerada um tipo de PAN ou WPAN (Wireless personal area networks). Basicamente essa rede provê um modo de trocar informações entre dispositivos como computadores, celulares, notebooks, acessórios eletrônicos, entre outros. Para conseguir uma comunicação via Bluetooth de qualquer aparelho compatível com a rede e um microcontrolador com o Arduino, é necessário utilizar o módulo Bluetooth.

O módulo Bluetooth HC-06, é um dos principais módulos para interfacear com o microcontrolador Arduino, junto com o modelo HC-05, pois é barato, de fácil acesso e de fácil configuração. O modelo HC-06 trabalha apenas no modo escravo, ou seja ele apenas aceita pareamento com outros dispositivos, diferentemente do modelo HC-05 que trabalha no modo mestre e escravo, portanto ele aceita e faz pareamento com outros dispositivos. Em sua placa existe um regulador de tensão que vai de 3,3V a 5V, além de possuir um LED que indica se ele já está pareado com algum dispositivo.

2.4 PROJETO DE SOFTWARE

Ao ligar o dispositivo, automaticamente o programa ativa e inicia o processo de calibração do sensor de cores. O servo motor da base é movimentado de modo que o sensor identifique a cor branca da base e em seguida é novamente movido, para que seja identificada a cor preta da estrutura. A partir dos valores de frequência analisados para branco e preto são definidos valores máximos e mínimos para os canais RGB, e em seguida o CSM permanece no aguardo de instruções.

O controle do separador de cores é feito através de um aplicativo para smartphones criado na ferramenta livre MIT App Inventor. No app o usuário tem acesso ao botão “conectar” para parar seu celular ao CSM, de mesmo modo pode alterar o estado do programa para ativo e inativo pelos botões “Iniciar” e “Parar”.

Enquanto o estado for ativo o servo motor da base é movimentado para pegar um M&M e levar ele até o sensor de cores. Após dez leituras do sensor, o servo motor da rampa a move para o compartimento da cor que obteve a maior ocorrência nas leituras, a rampa pode se mover

para cinco posições, para os compartimentos das cores vermelha, verde, azul e amarela e um compartimento final, representado pela cor branca, de erro de leitura.

O CSM continua a operar com os mesmos procedimentos até seu estado ser alterado para inativo. Há dois modos para mudar o estado, o primeiro, consiste no usuário apertar o botão “Parar” no aplicativo, enviando o comando para a máquina, que irá parar assim que seu último procedimento terminar. A segunda maneira de alterar o estado ocorre quando os M&Ms acabarem e o sensor identificar a cor preta da estrutura, por consequência o CSM volta a aguardar instruções. Um resumo da operação da máquina pode ser visto na Figura 6.

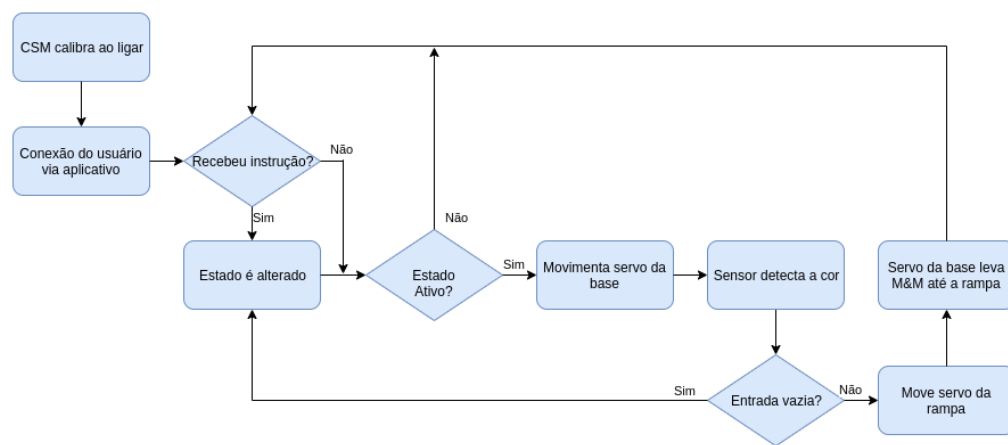


Figura 6: Diagrama de software

2.5 INTEGRAÇÃO

O desenvolvimento do aplicativo foi feito no MIT App Inventor, uma ferramenta livre e online. Na plataforma é possível programar por meio de blocos, permitindo controle em alto nível de funcionalidades bluetooth de um smartphone, funções como ligar, desligar, enviar e receber dados.

No algoritmo de controle carregado no arduino é incluído a biblioteca “SoftSerial.h”, possuindo funções de controle de dados bluetooth. Com essa adição foi possível ler e utilizar informações enviadas pelo aplicativo.

3 EXPERIMENTOS E RESULTADOS

Durante o processo de confecção do CSM foram utilizados recortes de foam board para moldar a forma inicial da estrutura, possibilitando uma maior liberdade para testar detalhes da estrutura, como posicionamento do sensor e tubo de acetato. Entretanto, a plataforma final de foam board, que movimenta os M&Ms pode travar caso eles entrem de mal jeito nela.

Ademais, durante a construção da máquina foram usadas impressões 3d para substituir as hastes originais dos servos motores, visto que, poderiam ser danificadas no processo de acoplamento na estrutura, contudo, não foi possível usar as impressões no produto final pois as mesmas não aderiram com força necessária aos servos.

Finalmente, conforme a proposta inicial, seria utilizado um sensor infravermelho para detectar quando os M&Ms acabassem. Posteriormente foi possível usar o próprio sensor de cores para realizar a tarefa e reduzir custos.

4 CRONOGRAMA E CUSTOS DO PROJETO

4.1 CRONOGRAMA

O projeto foi dividido em três grandes etapas que se referem aos seus objetivos principais, chamados de marcos. Na Figura 7 estão detalhados cada marco assim como pequenos objetivos semanais, expressos também na forma de diagrama de Gantt na Figura 8. Com o desenvolvimento todo planejado foi possível garantir os preparos e entrega de cada marco cumprido e dentro das datas previstas.

	Marco 1: Fazer estrutura em MDF	02/09/19 08:00	23/09/19 17:00
	Comprar MDF	02/09/19 08:00	09/09/19 17:00
	Preparar MDF	02/09/19 08:00	09/09/19 17:00
	Montar estrutura	09/09/19 08:00	16/09/19 17:00
	Testar servomotores e sensores	09/09/19 08:00	23/09/19 17:00
	Testar e ajustar estrutura	09/09/19 08:00	23/09/19 17:00
	Marco 2: Arduino e sensores	23/09/19 08:00	21/10/19 17:00
	Fazer programa alpha para testes	23/09/19 08:00	30/09/19 17:00
	Acoplar componentes na estrutura	30/09/19 08:00	07/10/19 17:00
	Calibrar componentes	30/09/19 08:00	07/10/19 17:00
	Conduzir programa de sorting	07/10/19 08:00	14/10/19 17:00
	Ajustes	14/10/19 08:00	21/10/19 17:00
	Marco 3: aplicativo	21/10/19 08:00	18/11/19 17:00
	Desenvolver app	21/10/19 08:00	04/11/19 17:00
	Unir app e arduino	04/11/19 07:00	11/11/19 17:00
	Ajustes	11/11/19 07:00	18/11/19 17:00
	Finalização	18/11/19 07:00	02/12/19 17:00
	Ajustes finais	18/11/19 07:00	25/11/19 17:00
	Finalização do Relatório/Apresentação	25/11/19 07:00	02/12/19 17:00

Figura 7: Cronograma

4.2 CUSTOS

Inicialmente foi levantado um custo esperado de R\$149,00 para obter todos os componentes, entretanto, os membros da equipe já tinham em posse grande parte dos materiais, com exceção do sensor de cores, placas de mdf e servo motores.

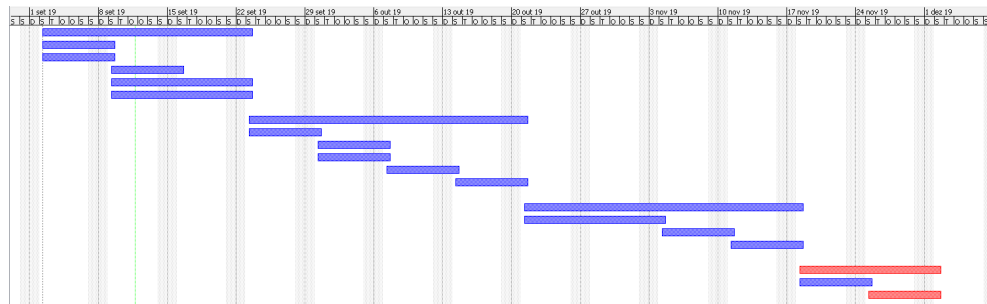


Figura 8: Diagrama de Gantt

Felizmente, não houve gastos com mdf e servos, pois um dos membros da equipe faz parte do grupo PET-CoCE, que possui uma série de equipamentos para uso dos estudantes, incluindo servo motores, além disso a estudante Aretha Zanolourensi, do curso de Design Gráfico, disponibilizou, sem qualquer custo, placas de mdf. Com isso restou apenas a compra do sensor de cores, doces adicionais e foam board acarretando no custo efetivo de R\$61,00.

Componente	Quantidade	Preço médio	Adquirido
Arduino Uno	1	R\$40,00	Sim
Sensor de Cores TCS3200	1	R\$17,00	Não
Doces coloridos	1	R\$15,00	Sim
Servo motores	2	R\$12,00	Sim
Placas de mdf	5	R\$30,00	Não
Jumpers	alguns	R\$15,00	Sim
Foam bord	2	R\$10,00	Não
Alimentação para circuito	1	R\$10,00	Sim
Módulo Bluetooth HC-06	1	R\$10,00	Sim

Tabela 1: Lista de componentes

5 CONCLUSÕES

Com a finalização do CSM, todos os objetivos inicialmente propostos, no quesito de aprendizagem, foram alcançados. O projeto, de modo geral, pode ser considerado um sucesso, tendo em vista que apresenta apenas pequenas falhas ocasionais, ou pela calibração do sensor de cor ou pelo tubo de acetato.

Portanto, o projeto desenvolvido atende a todos os objetivos especificados inicialmente, a saber: montar estrutura em mdf, acoplar componentes na estrutura, desenvolver o algoritmo e programa de separação e, por fim, criação e integração de um aplicativo para smartphones ao CSM. Entretanto, o projeto poderia ser melhorado em dois aspectos. Primeiramente, reforço no suporte de foam board da base e ajustes do cano de acetato para que não ocorra de M&Ms caírem de mal jeito na base e travar a estrutura. Outra característica simples que poderia ser adicionada é o uso de um Led RGB para indicar os estados da máquina.

REFERÊNCIAS

NEDELKOVSKI, Dejan. Arduino Color Sorter Project,
<https://howtomechatronics.com/project/arduino-color-sorter-project/>

Arduino IDE,
<https://www.arduino.cc/en/main/software>

MIT App Inventor,
<https://appinventor.mit.edu/>

Color Sensor Datasheet,
https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_Modulo_TCS3200.pdf

Módulo Bluetooth Datasheet,
<https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/multilogica-files/data-sheets/HC-0305+serail+module+AT+commamd+set+201104+revised.pdf>