



Artigo

O uso do sensor RGB TCS3200 em arduino, aplicado a esteira seletora por cor

Gabrielle Roveratti^[1], Adriano de Araújo Feitosa^[2] e Jhonatan Wiliam Galera^[3]

^[1] Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, IGCE - UNESP; gabbyroveratti@gmail.com

^[2] Centro universitário Claretiano; adrianodeaf@gmail.com

^[3] Centro universitário Claretiano; jhonatan@gmail.com

Recebido: 19/11/2020;

Aceito: 17/12/2020;

Publicado: 15/02/2021.

Resumo: O presente trabalho consiste em uma revisão bibliográfica acerca do uso e aplicação do sensor RGB TCS230, utilizando arduino. Este trabalho é um relato de uma de suas inúmeras aplicações: esteira seletora de cor, com enfoque apenas no teste de seu uso. Foram feitos testes e experimentos a respeito do funcionamento do referido sensor e seu comportamento. Vários ensaios foram realizados para determinar a aplicabilidade e o funcionamento do sensor RGB na linguagem do Arduino. Foi possível verificar a eficácia do sensor, assim como a sua margem de tolerância, o sensor mostrou-se funcional, em aplicações na qual as cores a serem detectadas no espectro não são próximas. Após estes ensaios terem sido realizados, constatou-se que esse sensor não é a melhor opção para tal finalidade, sendo útil apenas se for utilizado sozinho, sem nenhuma integração com outro módulo.

Palavras-chave: Arduino, TCS230, Programação, Experimentação.

Abstract: The present paper consists of a literature review about the use and application of the RGB TCS230 sensor, using arduino. This study is a report of one of its numerous applications: color selector mat, it focuses only on the test of its use. Tests and experiments were conducted regarding the functioning of this sensor and its behavior. Several tests were performed to determine the applicability and functioning of the RGB sensor in the arduino language. It was possible to verify the effectiveness of the sensor, as well as its tolerance margin, the sensor proved functional, in applications in which the colors to be detected in the spectrum are not close. After these tests have been performed, it was found that this sensor is not the best option for this purpose, it just being useful only if it is used alone, without any integration with another module.

Key-words: Arduino, TCS230, Programming, Experimentation.

1. INTRODUÇÃO

A classificação (seleção) de cores, como o nome sugere, é simplesmente selecionar o produto escolhido no uso da esteira, de acordo com sua cor. Isto pode ser facilmente realizado apenas olhando para ele, mas quando há muitos produtos para serem classificadas sendo uma tarefa repetitiva, faz com que máquinas de triagem automática de cores são muito úteis. Estas máquinas têm o sensor da cor projetado para detectar a cor de todos os objetos e, após ocorrer à detecção, a “esteira” do servo motor da respectiva cor direcionada o produto para o local da cor correspondente a ele. Pode ser usado em diferentes áreas de aplicação onde a identificação, distinção e a classificação da cor são importantes como, por exemplo, indústria agrícola (classificação de grãos com base na cor), indústria de alimentos, indústria mineradoras e de diamantes e reciclagem, não se limitando apenas a estas.

Quanto à cronologia do uso de dispositivos sensíveis a luz ou qual foram suas aplicações pioneiras, não há informações consistentes, como dito por [1]. Embora [2], façam a ponte com a atualidade desta tecnologia, a qual vem sendo amplamente usada para a avaliação e controle de qualidade de vários produtos. [3] descreve que a principal utilização desta tecnologia como dependente da extração de informações da aquisição de imagens

acerca da qualidade do produto em questão. Também, neste mesmo paper, considera que esta tecnologia é precisa, não destrutiva, consistente, rápida, de baixo custo, além de ser uma tecnologia emergente recente [4, 5, 6, 7, 8, 9,10,11].

No mesmo artigo é exemplificado o uso de sensor RGB na indústria de alimentos devido à facilidade da análise de imagem e baixo custo [2] com, por exemplo, seleção de maçãs [12], seleção de tamarindos doces [13], gradação de maçãs [14], gradação de morangos [15], defeitos em maçãs [16,17] e defeitos em frutas cítricas [18, 19].

Outra aplicação mais rentável se dá, como apontado por [20] na criação do KINECT para a indústria do entretenimento, sendo criado, inicialmente, para ser um substituto dos controles manuais de consoles em jogos virtuais. Atualmente, há uma ampla utilização dos recursos ali contidos, como exemplificado [21] os quais acoplaram a câmera RGB do dispositivo e a câmera de profundidade a um Arduino, tornando possível o controle de um braço robótico através de movimentos com as mãos.

[22] criaram uma interface homem-computador capaz de reconhecer os movimentos da Linguagem Brasileira de Sinais e de transformá-los em áudio ou texto, através do reconhecimento de imagens e movimentos. Já [23] utilizam sensor RGB na medição da tornando possível o monitoramento remoto da densidade de plânctons em oceanos. Esse sensor pode até mesmo ter uma aplicação mais complexa em sistemas com inteligência artificial, em visão artificial ou aprimorar sistemas de leituras de imagens, como demonstrado por [24] que desenvolveram um sistema para reconhecer as estruturas geométricas de um ambiente, através de modelos matemáticos para reconhecimento e processamento de imagens com profundidade.

Como explicado por [25], várias são as razões para as quais esses novos sensores passam a ter um melhor funcionamento para com novos materiais e designs coloridos das embalagens. O motivo primordial é a utilização de um amplo espectro de luz, garantindo a existência de diferenças satisfatórias entre os níveis de luz incidente da marca de cor e os níveis refletidos da embalagem brilhante, proporcionando uma maior precisão na detecção de cor mesmo em embalagens de depósito de vapores em alumínio brilhante.

O funcionamento deste sensor se assemelha ao olho humano, o qual percebe o espectro de cores da luz visível (de 4.10^{-7} nm a 7.10^{-7} nm) usando uma combinação da informação vinda de células específicas localizadas no olho, chamadas de cones e bastonetes. Os bastonetes são mais adaptados para situações de pouca luz, porém, eles somente detectam a intensidade da luz. Já os cones, por outro lado, são as células que se assemelham ao sensor TSC3200, pois, funcionam melhor com intensidades maiores de luz e são capazes de discernir as cores que enxergamos (e que o sensor detecta), através da frequência emitida por cada uma delas. Existem três tipos de cones nos nossos olhos, cada um, especializado em comprimentos de luz curtos (S - B [Blue/Azul], no caso do sensor), médios (M - G [Green/Verde], sensor) ou longos (L - R [Red/Vermelho], sensor) [26]. O conjunto de sinais possíveis dos três tipos de cones define as cores que conseguimos ver e se encontram na Figura 1 abaixo.

Cada tipo de célula não só acaba por ser especializada em uma cor, mas também possui níveis variáveis de sensibilidade ao longo de um comprimento de onda. É possível notar também como a percepção humana de cores é mais sensível a luz na região amarelo-verde do espectro; essa informação acaba sendo utilizada nas chamadas "bayer arrays" nas câmeras digitais modernas [26].

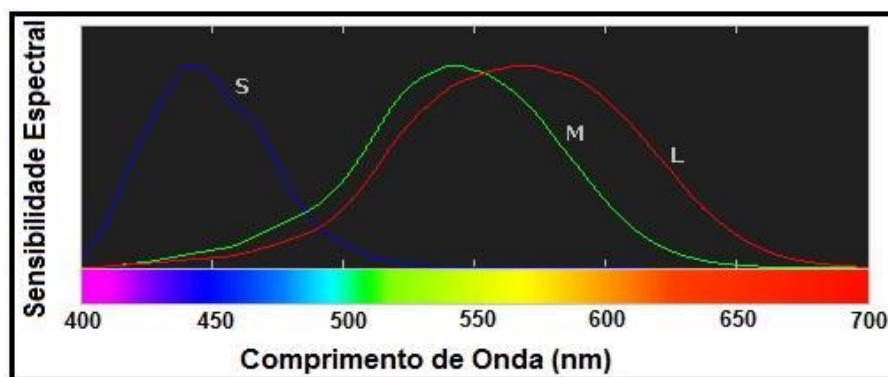


FIGURA 1. Sensibilidade relativa aos cones x frequência da luz visível [26].

Praticamente todas as cores visíveis podem ser produzidas utilizando alguma mistura de cores primárias por combinação aditiva ou subtrativa. O processo aditivo cria cores adicionando luz a um fundo preto, o

processo subtrativo usa pigmentos ou tinturas para, seletivamente, bloquear a luz branca. A compreensão de cada um desses processos é a base fundamental para entender a reprodução de cores [26].

A composição de cores se dá pela adição das cores primárias (Azul, Verde e Vermelho), que, quando misturadas, resultam nas cores conhecidas. Os monitores de computador, por exemplo, emitem luz para produzir cores através do processo aditivo; impressoras, por outro lado, usam tinta, ou pigmento, para absorver a luz, através do processo subtrativo. É por isso que a grande maioria de monitores usa uma combinação de pixels vermelho, verde e azul (o que é comumente chamado de RGB, do inglês "red, green and blue"). As impressoras, por sua vez, usam (pelo menos) tintas das cores ciano, magenta e amarelo (o que é chamado de CMY, do inglês "cyan, magenta and yellow"). Muitas impressoras também utilizam a tinta preta (abreviado, nesse caso, por CMYK, onde o K vem de "black"), já que uma combinação de CMY não é capaz de produzir preto profundo [26].

O funcionamento deste módulo de sensor de cor RGB é baseada no chip TCS230, o qual converte a 'cor' da luz em frequência ao filtrar os dados RGB da fonte de luz e convertê-los em uma onda quadrada (50% duty cycle) com frequência diretamente proporcional à intensidade da luz (irradiância). A frequência de saída em escala cheia pode ser escalonada por um dos três valores pré-definidos através de dois pinos de entrada de controle SO e S1, com opções selecionáveis 2%, 20%, 100% de frequência. Já os pinos S2 e S3 controlam o filtro de RGB. As entradas e saídas digitais permitem interface com um microcontrolador ou outro circuito lógico. O pino Output Enable (OE) coloca a saída em estado de alta impedância para o uso de vários sensores em apenas uma linha de entrada do microcontrolador. O utilizador pode calcular a cor da luz emitida por valores RGB [27].

Diante do exposto acima e de todas as possíveis aplicações, desde as mais simples e diretas até as mais complexas e elaboradas, fazendo-se necessário modelos de cálculos vetoriais específicos, bem como as implementações que utilizam sensores e controladores industriais, entende-se a necessidade do conhecimento dos princípios básicos e funcionamento destes sistemas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho está inserido dentro do que ficou conhecido como "a cultura do faça você mesmo (Cultura Makers)". Inicialmente, realizou-se uma pesquisa para a definição de qual sensor detector seria utilizado no projeto de uma esteira selecionadora de cor, foram encontrados algumas possibilidades de sensores. Assim sendo, fez-se necessário a criação de alguns critérios que nortearam a escolha do sensor: integração com arduino, baixo custo, facilidade de ser encontrado no mercado, quantidade significativa de material disponível na internet e uma precisão razoável.

O datasheet dos módulos mostrou-se ser uma importante fonte de informação e facilitador de escolha. A partir dessa análise, foi possível identificar as principais características de alguns módulos, os recursos necessários para iniciar uma aplicação de forma rápida, bem como os conhecimentos necessários para iniciar o desenvolvimento de algum projeto. Posteriormente, as características elétricas, foram verificadas, a fim de se averiguar a compatibilidade com o arduino.

Optou-se pelo sensor TCS3200 pois, inicialmente, e se baseando nos critérios mencionados acima, ele os atendia, possibilitando o andamento do projeto. A fim de seguir as ideias da cultura do "faça você mesmo" realizou-se uma pesquisa em sites, blogs e bancos de dados/artigos acadêmicos, e a partir desta pesquisa, escolheu-se um projeto para ser replicado, e a partir da réplica, pretendia-se desenvolver um novo projeto, com características próprias para uma esteira selecionadora de cor.

O projeto a ser usado como referência foi selecionado entre uma infinidade de projetos, os critérios que nortearam a escolha foram: a documentação do projeto, a disponibilidade do diagrama eletrônico, detalhamento do diagrama eletrônico, disponibilidade do código, bibliotecas e detalhamento de todo algoritmo. O projeto escolhido para ser utilizado como referência, tinha como hardware dois servomotores, uma fonte compatível com arduino (modelo Mega, como ilustrado na Figura 2), uma esteira e um módulo TCS3200 (Figura 2).



FIGURA 2. Componentes utilizados. A direita, Arduino Mega e a esquerda, o sensor TCS3200 (Autoria própria, 2019).

Antes da montagem do hardware, foram realizados alguns teste com os módulo TCS3200, a fim de averiguar a integração do sensor com o arduino e a sua confiabilidade do código base. Na primeira análise verificou-se que o código era executado sem erros pelo arduino, constatou-se que o código funcionava de forma correta, conforme havia sido descrito no site. Já para a segunda análise feita, pretendia-se verificar se as “leituras” das cores ocorria de fato.

Seguindo o detalhamento do diagrama eletrônico, montou-se uma parte do hardware (arduino+módulo TCS3200) para teste de integração dos componentes e verificação das leituras o que acabou mostrando-se inconsistente, visto que as leituras eram divergentes com as do site. É importante ressaltar que fez-se a verificação de todas as conexões eletrônicas, a fim de eliminar o fator de mau contato ou alguma falha de montagem do circuito.

Em uma pesquisa na bibliografia de projetos similares verificou-se de que diversas pessoas que trabalhavam ou trabalharam com o sensor TCS3200, relataram a mesma falha. A medida que a pesquisa foi sendo refinada, descobriu-se que não era uma falha, mas as característica do sensor que causava leituras divergentes. O módulo TCS3200 é muito sensível a luz ambiente, e a componente infravermelha da luz ambiente altera a leitura da cor.

Algumas tentativas de aprimoramento das leituras foram realizadas e, em laboratório, mostraram-se relativamente satisfatórias, como isolar o sensor em uma caixa, deixando somente um orifício aberto na parte superior (Figura 3), seguiu-se o desenvolvimento do projeto mecânico da esteira. Paralelamente, buscava-se uma solução que atenuassem os efeitos da sensibilidade do módulo TCS3200 em relação a luz ambiente, de forma mais consistente. Após inúmeras tentativas e ajustes no código, constatou-se que o módulo TCS3200 era aplicável, porém a confiabilidade e a margem de erro eram questionáveis.

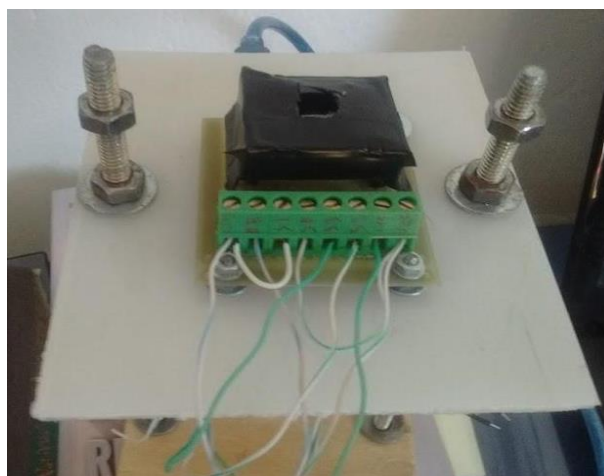


FIGURA 3. Dispositivo desenvolvido para isolar o sensor da luz ambiente (Autoria própria, 2019).

Uma opção viável ao problema mencionado acima seria a experimentação de outros códigos. Após um levantamento bibliográfico, constatou-se diferentes estratégias na elaboração do código, sendo que as

estratégias mais comuns faziam uso de algumas bibliotecas para “simplificar” o código, o que, por vezes, dificultava a alteração do código, ou não faziam uso de bibliotecas. Em resumo, o código consistia em “ler” a entrada do arduino no qual o módulo TCS3200 estava conectado e “imprimir” no serial monitor três valores correspondentes às componentes das cores RGB (Vermelho, Verde e Azul).

Após a análise de diversos códigos, compreendeu-se que para um código funcionar razoavelmente bem, minimizando erros de leitura, e com um nível de confiabilidade razoável, precisaria de uma etapa de calibração. Alguns códigos com uma etapa inicial de calibração foram testados, e notou-se alguma melhora nos resultados (Tabela 1), porém alguns destes códigos não foram escritos para arduino, o que por vezes gerou bastantes conflitos de linguagem.

3. RESULTADOS

Inicialmente desenvolveu-se um padrão em papel cartão de 5 cores; vermelho (255,0,0), verde (0,255,0), azul (0,0,255) branco (255,255,255) e preto (0,0,0). Utilizou-se o software de edição gráfica (Publisher-Microsoft). O padrão de cores foi elaborado e impresso como uma alternativa de baixo custo aos padrões de cores profissionais.

3.1. Calibração dos padrões

É importante ressaltar que no processo de geração do arquivo para a impressão e no processo de impressão, uma parte das características da cor seria “perdida”. Porém, para o objetivo de verificar o funcionamento do sensor, a perda não se mostrou-se tão significativa. Os resultados apresentados a seguir foram obtidos dos padrões elaborados como mostra a Figura 4 abaixo.

Posteriormente, todos eles foram inseridos, individualmente, sobre o sensor, em uma distância de 9 milímetros do chip. Extraiu-se ao todo, 120 amostras (1 amostra a cada 0,5s) do mesmo ponto do cartão (padrão). Os dados obtidos foram organizados em uma tabela, e para realizar a análise, retirou-se dos dados coletados, a média, o valor máximo, o valor mínimo a amplitude e o desvio padrão. Os valores estão demonstrados na tabela 1.

Para cada padrão de cor (vermelho, verde, azul, branco e preto), foi elaborado um gráfico e, para facilitar a análise visual, todos os gráficos foram elaborados seguindo-se um mesmo padrão. No eixo horizontal estão as amostras coletadas (1 à 120). No eixo vertical, encontram-se os valores referente a frequência aferida de cada amostra. Os gráficos foram elaborados de forma a conter somente as informações que contribuíssem diretamente com a análise.

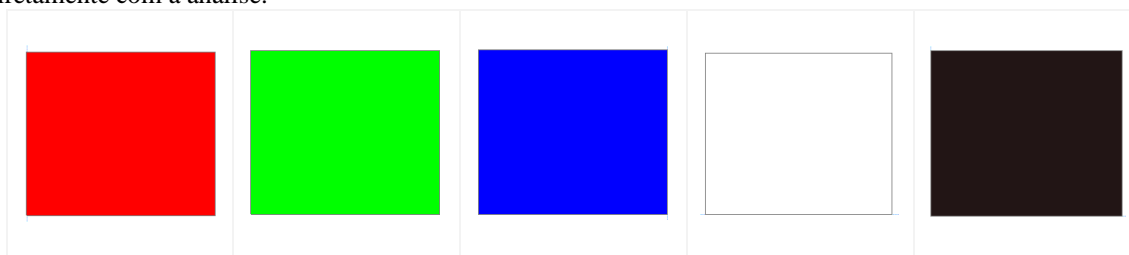
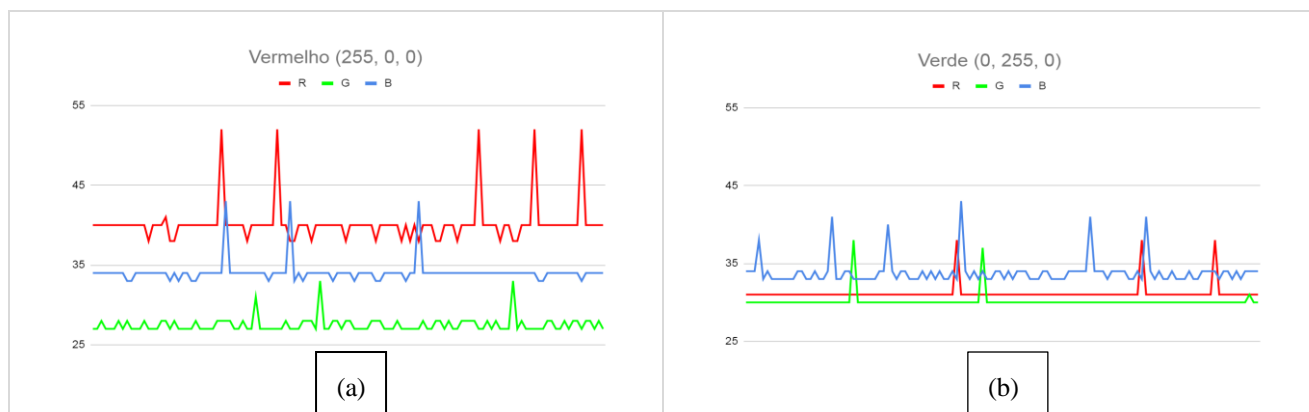


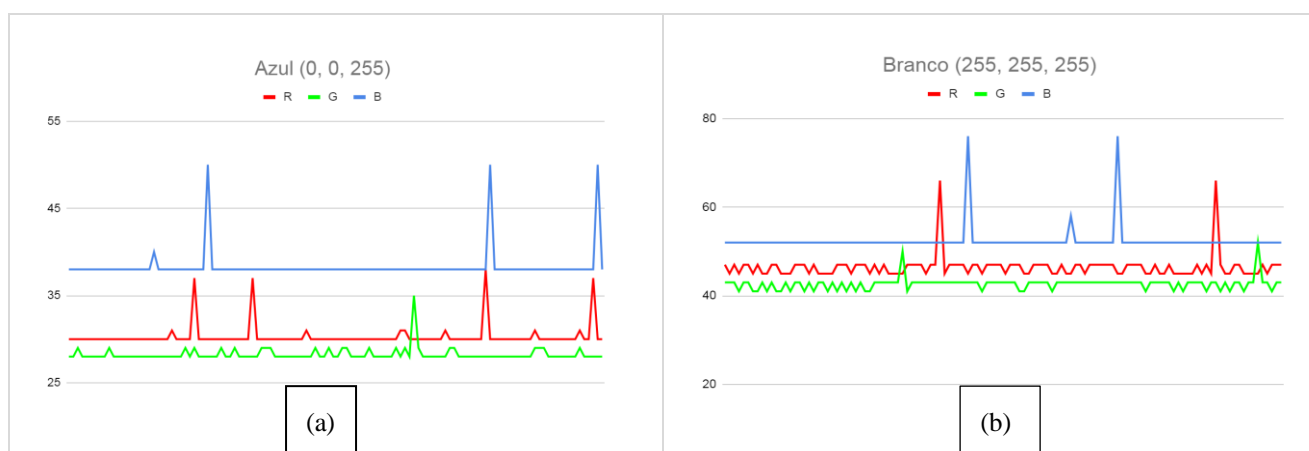
FIGURA 4. Padrão impresso utilizado para testar o funcionamento do sensor (Autoria própria, 2020).

TABELA 1. Dados de média, máximo, mínimo, amplitude e desvio padrão das respectivas amostras.

Padrão	Vermelho (255, 0, 0)			Verde (0, 255, 0)			Azul (0, 0, 255)			Branco (255, 255, 255)			Preto (0, 0, 0)		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
Média	40,2	27,5	34,1	31,2	30,1	33,9	30,3	28,3	38,3	46,5	42,7	52,5	30,1	26,8	32,1
Máximo	52,0	33,0	43,0	38,0	38,0	43,0	38,0	35,0	50,0	66,0	52,0	76,0	37,0	32,0	40,0
Mínimo	38,0	27,0	33,0	31,0	30,0	33,0	30,0	28,0	38,0	45,0	41,0	52,0	29,0	26,0	32,0
Amplitude	14,0	6,0	10,0	7,0	8,0	10,0	8,0	7,0	12,0	21,0	11,0	24,0	8,0	6,0	8,0
DevPad	2,57	0,92	1,47	1,09	0,97	1,67	1,32	0,73	1,88	2,74	1,38	3,12	0,93	1,02	0,74
	3	6	6	7	0	5	0	6	8	0	6	7	1	3	9



GRÁFICOS 1 e 2. (a) Amostra padrão vermelho (frequência x amostra). (b) Amostra padrão verde (frequência x amostra).



GRÁFICOS 3 e 4. (a) Amostra padrão azul (frequência x amostra).

(b) Amostra padrão branco (frequência x amostra).

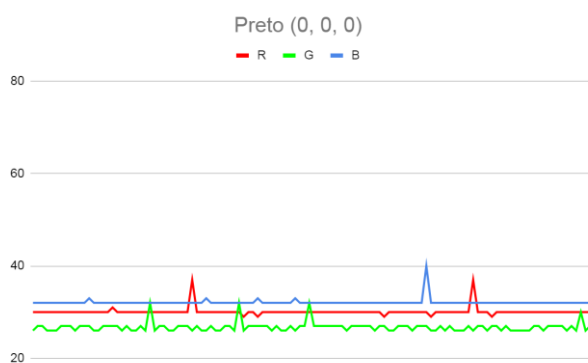


GRÁFICO 5. Amostra padrão preto (frequência x amostra).

Analisando a tabela 1, verifica-se que existe uma variação significativa que poderia vir a comprometer a identificação correta das cores. O desvio padrão próximo a zero evidencia a baixa variação nos dados coletados, porém verifica-se, em algumas configurações de padrões de cores, uma amplitude alta, que, provavelmente, se deve à ruídos do circuito e/ou do processo de fabricação do módulo sensor.

Por outro lado, ao se analisar os gráficos de 1 à 5, verifica-se que alguns pontos se destacam (ruídos), se estes pontos fossem eliminados da análise, a amplitude diminuiria, a média diminuiria, e o desvio padrão se aproxima de zero. Porém, em uma situação concreta, onde se busca a automação do processo de identificação e seleção por cor, estes ruídos ocorreram. Para diminuir ou eliminar os erros de identificação por cor, o ideal seria desenvolver um algoritmos que identifique os ruídos e os elimine ou reduza os seus impactos.

Seguindo a análise dos gráficos 1 à 5, comparando duas cores seria fácil distingui-las, pois existe um padrão bem definido entre os padrões de cores vermelho e verde, vermelho e azul e verde azul. Contrariando as expectativas, a componente predominante, da cor verde é o azul.

Comparando as três cores, seria possível distingui-las, com uma pequena margem para erros dependendo do tom da cor. Comparando as três cores com a cor preta e a cor branca, seria possível realizar uma distinção clara entre elas. Em sistema de calibração, a cor preta e a cor branca, exercem a função de identificar a quantidade luminosa que está incidindo sobre o módulo sensor.

3.2. Teste das amostras

Com a finalidade de analisar uma situação aplicável, foi elaborado um padrão de cores com as cores do chocolate colorido M&M's (Figura 5). Foi selecionada uma imagem disponível no google com as cores do chocolate, e utilizou-se um software de edição gráfica (Publisher-Microsoft), para elaborar alguns cartões e simular as cores do chocolate. No processo de geração dos arquivos de para impressão e no processo de impressão, como já mencionado anteriormente, uma parte das características é perdida, porém para o objetivo pretendido, este fato não provocou perdas significativas (Tabela 2).

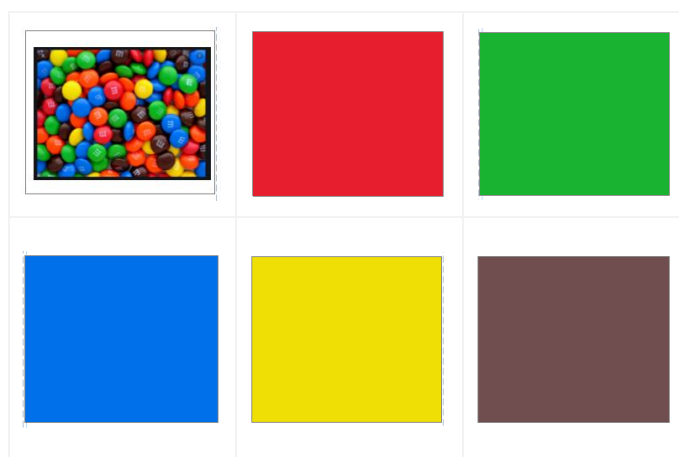


FIGURA 5. Padrões de cores M&M's utilizado.

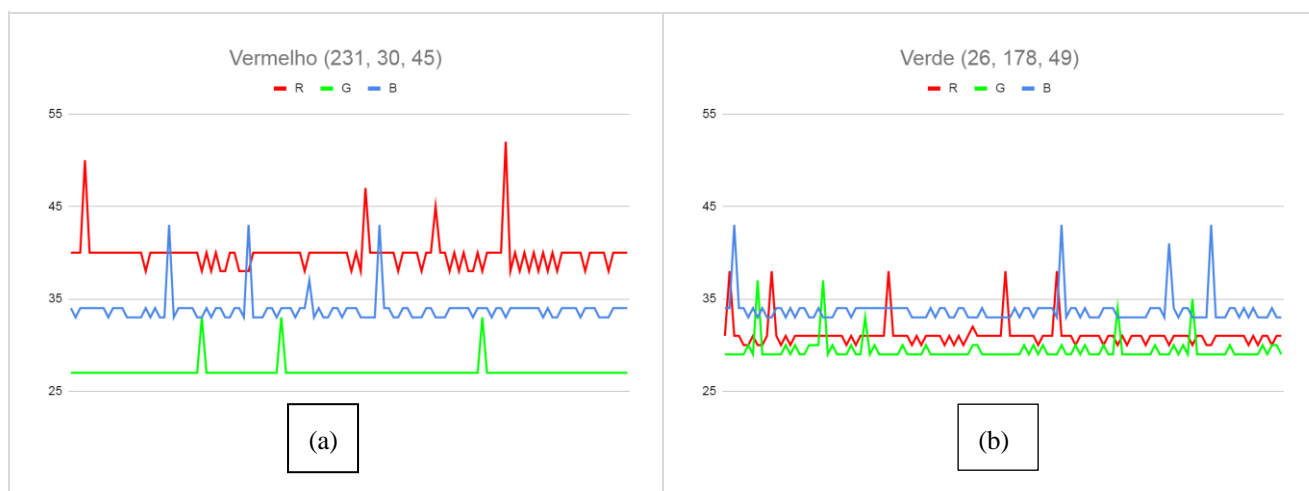
TABELA 2. Tabela análise dos padrões de cores M&M's na saída do sensor.

Padrão	Vermelho (231, 30, 45)			Verde (26, 178, 49)			Azul (0, 111, 234)			Amarelo (240, 223, 5)			Marrom (112, 77, 78)		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
Média	39,9	27,2	33,9	31,1	29,5	33,8	30,4	29,6	40,5	44,1	37,3	37,1	31,1	27,2	32,6
Máximo	52,0	33,0	43,0	38,0	37,0	43,0	38,0	37,0	55,0	58,0	47,0	45,0	38,0	33,0	33,0
Mínimo	38,0	27,0	33,0	30,0	29,0	33,0	30,0	29,0	40,0	43,0	37,0	37,0	31,0	26,0	32,0
Amplitude	14,0	6,0	10,0	8,0	8,0	10,0	8,0	8,0	15,0	15,0	10,0	8,0	7,0	7,0	1,0
DevPad	1,88	0,94	1,58	1,51	1,31	1,70	1,25	1,10	1,98	1,99	1,80	0,91	0,90	1,14	0,50

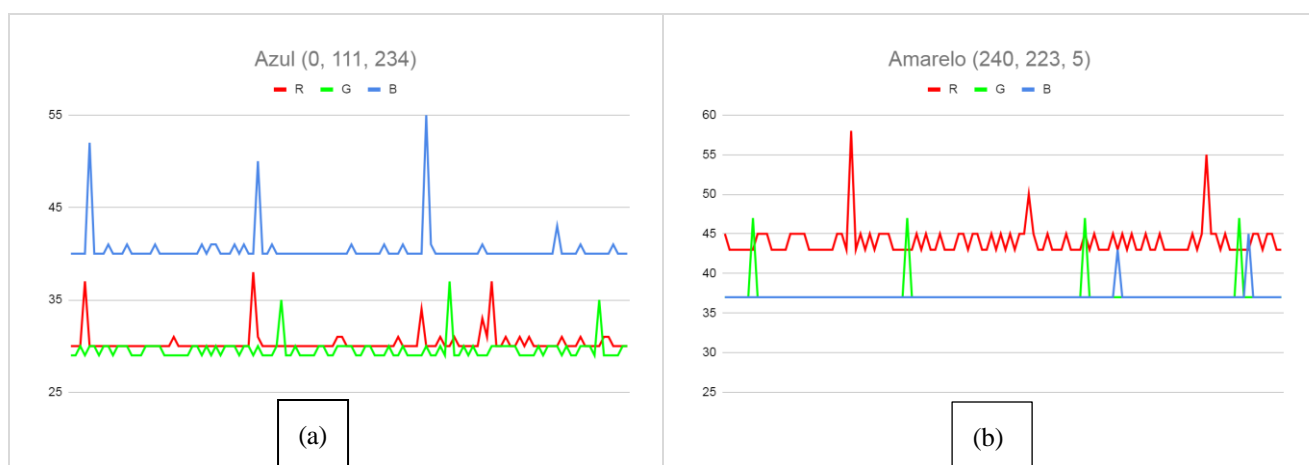
Analisando a tabela II, verifica-se que o valor do desvio padrão possui baixos valores, denotando baixa variação amostral. Porém, a amplitude em algumas configurações possui um valor considerado alto, o que denota a interferência de algum ruído. Para algumas configurações, verifica-se que os valores de máximo e mínimo estão em uma mesma faixa de valores consideradas “próximas”. Por exemplo, as cores verde e azul, estão em uma mesma faixa de valores, com um baixo valor de amplitude, logo não seria fácil distingui-las por comparação, provavelmente ocorreria um número significativo de erros.

Foram elaborados gráficos seguindo o padrão mencionado acima. A análise visual realizada nos gráficos de VI à X, permite afirmar que seria possível distinguir por comparação a cor vermelha das cores verde, azul,

amarelo e marrom. Por comparação, não seria “fácil” distinguir entre as cores verde e azul, provavelmente ocorreria erros significativos. É possível distinguir por comparação, as cores verdes, amarelo e marrom, com baixa possibilidades de erros.



GRÁFICOS 6 e 7. (a) Amostra M&M's vermelha (frequência x amostra). (b) Amostra M&M's verde (frequência x amostra).



GRÁFICOS 8 e 9. (a) Amostra M&M's azul (frequência x amostra). (b) Amostra M&M's amarelo (frequência x amostra).

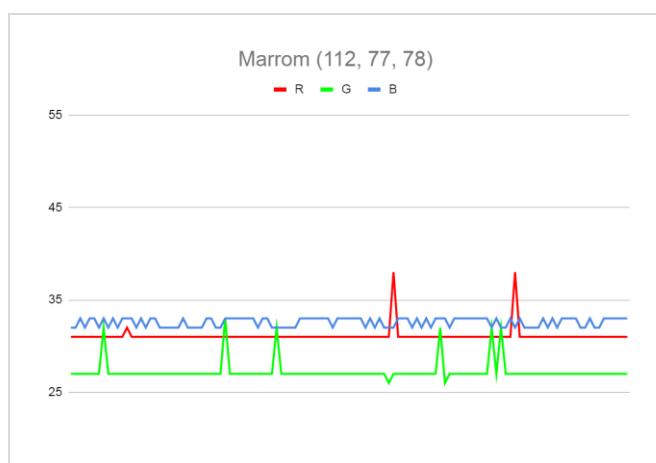


GRÁFICO 10. Amostra M&M's marrom (frequência x amostra).

3.3. Testes finais

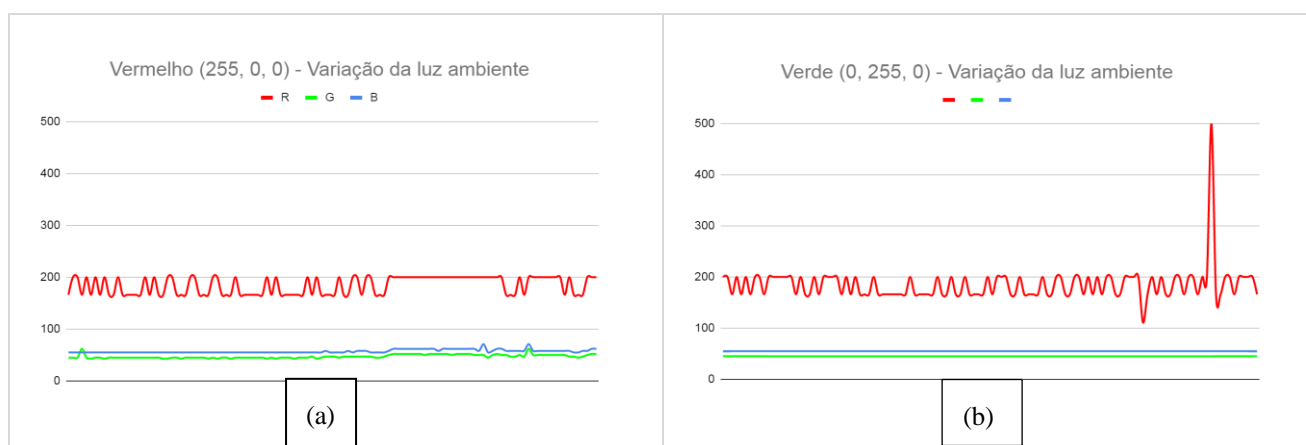
Para verificar os efeitos da variação da luz ambiente sobre o sensor e sobre a amostra, repetiu se o experimento executado para se obter os dados da tabela I. Foi utilizado o mesmo padrão, porém, o procedimento foi alterado, para verificar o efeito causado pela luz ambiente, a caixa que protegia o sensor da luz ambiente foi removida e para forçar a alteração da luz ambiente, utilizou-se uma lanterna. Os dados coletados neste experimento foram organizados na tabela 3.

TABELA 3. Dados de média, máximo, mínimo, amplitude e desvio padrão das respectivas amostras.

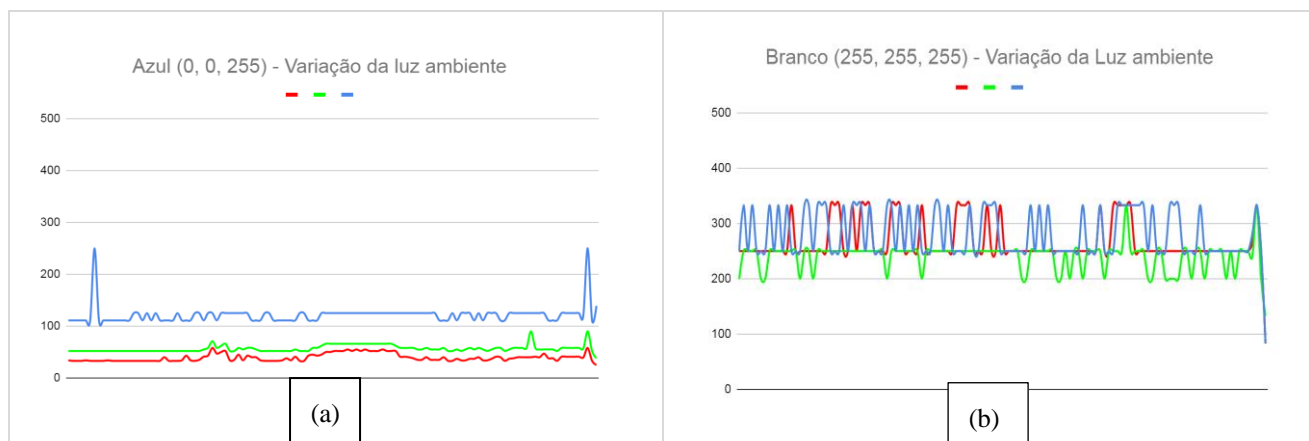
Padrão	Vermelho (255, 0, 0)			Verde (0, 255, 0)			Azul (0, 0, 255)			Branco (255, 255, 255)			Preto (0, 0, 0)		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
Média	184,2	47,3	57,2	184,8	45,0	55,0	39,4	56,6	120,4	266,9	240,5	281,7	51,8	39,1	39,3
Máximo	200,0	62,0	71,0	500,0	45,0	55,0	58,0	90,0	250,0	333,0	333,0	333,0	142,0	166,0	90,0
Mínimo	166,0	43,0	55,0	111,0	45,0	55,0	33,0	52,0	111,0	250,0	200,0	250,0	21,0	18,0	23,0
Amplitude	34,0	19,0	16,0	389,0	0,0	0,0	25,0	38,0	139,0	83,0	133,0	83,0	121,0	148,0	67,0
DevPad	17,0	3,5	3,3	34,4	0,0	0,0	7,0	5,9	13,9	33,6	21,9	40,5	31,1	23,3	16,8

Analisando os dados da tabela 3, verifica-se que em todas as configurações, ao menos uma das componentes o desvio padrão tem um alto valor, logo existe uma variação amostral alta. Ao analisar a amplitude, verifica-se que os valores referente a amplitude são altos. Sendo os valores de desvio padrão e amplitudes considerados altos, a detecção da cor se mostra ‘difícil’, pois a variação existente implicaria em erros significativos.

Os gráficos de 11 à 15, demonstram de forma visual, a instabilidade gerada pela variação da luz ambiente incidindo sobre o sensor e sobre a amostra. Devido às variações, verifica-se que não seria uma tarefa ‘fácil’ estruturar um algoritmo para diferenciar por exemplo a cor vermelha (gráfico 11) e a cor verde (gráfico 12).



GRÁFICOS 11 e 12. (a) Amostra padrão vermelho (frequência x amostra). (b) Amostra padrão verde (frequência x amostra).



GRÁFICOS 13 e 14. (a) Amostra padrão azul (frequência x amostra). (b) Amostra padrão branco (frequência x amostra).

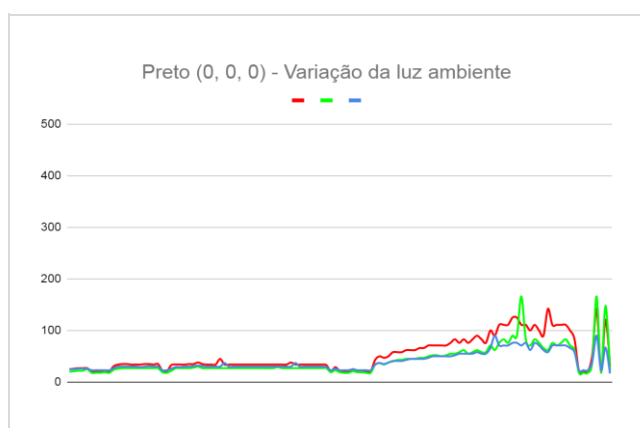


GRÁFICO 15. Amostra padrão preto (frequência x amostra).

4. CONCLUSÃO

Diante do exposto acima, é possível constatar que este não é um sensor genérico aplicado a todas as cores RGB e que ele funciona razoavelmente bem com três cores, cujos espectros não sejam com faixas de frequência próximas. Independente das aplicações é preciso encontrar um meio calibrar o sensor na luz ambiente do local de uso, previamente, antes de sua utilização.

A iluminação ambiente interfere na leitura das cores por causa do infravermelho presente na maioria das lâmpadas e qualquer pequena alteração na fonte de luz, mesmo que seja uma mudança de local no mesmo ambiente causa a instabilidade de leitura. Para atenuar as instabilidades causada pela luz ambiente, é preciso encontrar um meio adequado para diminuir o impacto da luz ambiente sobre o sensor e sobre a amostra.

No módulo do sensor, estão fixados 4 led's brancos, a qualidade desse led's, interfere na "leitura", logo se forem de baixa luminosidade e ou baixa qualidade, a resultados das amostras coletadas pelo arduino, podem ser não significativas. Uma iluminação externa, de uma fonte constante, melhora a identificação da cor e por consequência, diminui-se os erros na seleção por cor.

O módulo sensor TCS3200, não é um sensor genérico de fácil aplicação. Porém é possível fazer seleção de cor de forma aleatória já nos primeiros testes, mas à medida que os requisitos do projeto torna-se mais específico, a necessidade de conhecimento prévio de programação de algoritmos em alto nível passa a ser necessário, assim como conhecimento prévio da teoria da formação das cores.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Centro Universitário Claretiano pela disponibilidade do espaço em que os ensaios foram realizados.

REFERÊNCIAS

- [1] Greschuk, J., Pauli, J. L., Oliveira, V. V. Sistema de reconhecimento de objetos por cor integrado a uma mesa pneumática de coordenadas no plano cartesiano (X,Y). Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Federal de Santa Catarina, Instituto Federal de Santa Catarina, Joinville, 2015
- [2] MANICKAVASAGAN, A., AL-MEZENI, N., SHEKAILI, K. Técnica de cor RGB para classificação de tâmaras. *Scientia Horticultu-rae*, 2014, 175, p 87–94, jan./jun..
- [3] GUNASEKAN, S. Computer vision technology for quality assurance. *TrendsFood Sci. Technol.* 1996, 7, 245–256..
- [4] CHEN, Y., CHAO, K., Kim, S., 2002. Machine vision technology for agricultural applica-tions. *Comput. Electron. Agric.* n. 36, 173–191. Du, C., Sun, D., 2006.
- [5] LU, J., TAN, J., SHATADAL, P., GERRARED, E.D. Evaluation of pork color by usingcomputer vision. *Meat Sci*, 2000, 56, 413–419.
- [6] Tao, Y., Heinemann, P.H., Vargheses, Z., Morrow, T.C., Sommer, H.J. Machine vision for color inspection of potatoes and apples. *Trans. ASABE*, 1995, 38, 1555–1561.
- [7] Brosnan, J., Sun, D. Inspection and grading of agricultural and food productsby computer vision systems—a review. *Comput. Electron. Agric*, 2002, 36, 193–213.
- [8] Du, C., Sun, D. Learning techniques used in computer vision for food qualityevaluation: a review. *J. Food Eng.* 200, 72, 39–55.
- [9] Venora, G., Grillo, O., Ravalli, C., Cremonini, R. Identification of Italian landracesof bean (*Phaseolus vulgaris* L.) using an image analysis system. *Sci. Hortic.* 2009, 121,410–418.
- [10] Miranda, C., Girard, T., LAURI, P.E. Random sample estimates of tree mean forfruit size and colour in apple. *Sci. Hortic.* n. 112, 33–41. 2007.
- [11] Ercisli, S., Sayinci, B., Kara, M., Yildiz, C., Ozturk, I., Determination of size and shape features of walnut (*Juglans regia* L.) cultivars using image processing. *Sci.Hortic*, 2012, 133, 47–55.
- [12] Shahin, M.A., Tollner, E.W., Giyaiyis, R.D., McClendon, R.W., Arabina, H.R. Apple classification based on surface bruises using image processing and neuralnetworks. *Trans. ASABE*, 2002, 45, 1619–1627.
- [13] Jarimopas, B., Jaisin, N. An experimental machine vision system for sortingsweet tamarind. *J. Food Eng.* 2008, 89, 291–297.
- [14] Leemans, V., Magein, H., Destain, M.F. On-line fruit grading to their externalquality using machine vision. *Biosyst. Eng.* 2002, 83, 397–404.
- [15] Liming, X., Yanchao, Z. Automated strawberry grading system based on imageprocessing. *Comput. Electron. Agric*, 2010, 71, S32–S39.
- [16] Puchalski, C., Gorzelany, J., Zaguia, G., Brusewitz, G. Image analysis for appledefect detection. *TEKA Kom. Mot. Energ. Roln.—OL PAN*, 2008, 8, 197–205.
- [17] Leemans, V., Magein, H., Destain, M.F. Defects segmentation on ‘GoldenDelicious’ apples by using color machine vision. *Comput. Electron. Agric*, 1998, 20,117–130.
- [18] Blasco, J., Aleixos, N., Molto, E. Computer vision detection of peel defects incitrus by means of a region oriented segmentation algorithm. *J. Food Eng.* 2007, 81, 535–543.
- [19] Lopez-Garcia, F., Andeeu-Garcia, G., Blasco, J., Aleioxos, N., Valiente, J. Auto-matic detection of skin defects in citrus fruits using a multivariate imageanalysis approach. *Comput. Electron. Agric*, 2010, 71, 189–197.
- [20] Cardoso, G., S. *Microsoft Kinect: Criando aplica-ções interativas com o Microsoft Kinect*. Casa do Código, Brasil: São Paulo, 2013.
- [21] Neto, J., D., Xavier, F., Lima P., Claudio, G. de Oliveira., Costa, J. A., G., da. *Incentivo ao desenvol-vimento e pesquisa em robótica educacional utilizando o Kinect sensor*. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Paraíba, 2014.
- [22] Almeida, S., Moreira, G. Guimarães, G. F., Ramírez, J. A. *Reconhecimento de estrutura fonológica da Língua Brasileira de Sinais usando um sensors RGB-D*. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Ge-rais, Brazil. *Expert Systems with Applications*, v. 41, p. 7259–7271, mai. 2014.
- [23] Ssampedro, Ó., Ssalgueiro, J., R. *Turbidímetro e sensor RGB para monitoramento remoto em meios aquáticos*. Departamento de Física Aplicada, Universidade de Vigo, Espanha. *Measurement*, v. 68, p. 128–134, dez. 2014/fev. 2015.
- [24] Tao, D., Cheng, J., Lin, X., Yu, J. Estruturação de ambiente preservando projeções discriminativas para sensor RGB-D, *Information Sciences*, 2015, 320, p. 383–394, jun. 2014/mar..

- [25] OMRON. 2020. Sensores de Marca de Cor Série E3S-DC/E3NX-CA. Disponível em: https://assets.omron.eu/downloads/brochure/pt/v5/y216_e3s-dc_e3nx-ca_series_color_mark_senors_brochure_pt.pdf Acesso em 30 de Janeiro de 2020. 4 pp
- [26] CAMBRIDGE IN COLOUR. 2019. Colour Perception. Disponível em: < <https://www.cambridgeincolour.com/pt-br/tutoriais/color-perception.htm> >. Acesso em 13 de Novembro de 2019.
- [27] LOJA DA ELÉTRICA. 2020. Módulo sensor de cor RGB TCS230. Disponível em: <https://daeletrica.com.br/modulo-sensor-de-cor-rgb-tcs230.html?search=sensor%20RGBhtml>. Acesso em 28 de Fevereiro de 2020.