

## Um estudo comparativo entre sensores RGB aplicados em um robô-guia.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 9.32.00.00-5 Robótica, Mecatrônica e Automação

Apresentado no  
10º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP ou no 4º Congresso de Pós-Graduação do IFSP  
27 e 28 de novembro de 2019- Sorocaba-SP, Brasil

**RESUMO:** A navegação autônoma é um dos grandes desafios na área da robótica móvel, o que leva a uma busca por algoritmos mais eficientes, que sejam capazes de conduzir um robô até o seu destino de forma segura e executando as mais diversas tarefas com sucesso. Entre as aplicações, destaca-se um robô guia, que consiste em um robô com funções básicas de um cão-guia convencional para auxiliar pessoas com deficiência visual, proporcionando-lhe maior autonomia e, conseqüentemente, qualidade de vida. Este artigo apresenta um estudo de três sensores RGB (TCS 230, TCS 3200, TCS34725) utilizados na navegação autônoma aplicado em um robô-guia. Para a consolidação desta pesquisa, o projeto foi dividido em 4 módulos: reconhecimento de voz (módulo 1), reconhecimento de RGB (módulo2), detector de linha e obstáculos (módulo 3) e integração dos módulos 1, 2 e 3 e a montagem do robô-guia (módulo 4). Desta forma, foi construído um protótipo utilizando a plataforma Arduino, sensores seguidor de linha, ultrassônico, reconhecimento de voz e reconhecimento de RGB para orientação guiada em um ambiente controlado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sensores RGB; Arduino; Robótica; Robô-Guia.

### A comparative study between RGB sensors applied in a guide robot.

**ABSTRACT:** Autonomous navigation is one of the major challenges in the field of mobile robotics, which leads to a search for more efficient algorithms that are capable of driving a robot to its destination safely and performing the most diverse tasks successfully. Among the applications, a guide robot stands out, consisting of a robot with basic functions of a conventional guide dog to assist visually impaired people, providing greater autonomy and, consequently, quality of life. This article presents a study of three RGB sensors (TCS 230, TCS 3200, TCS34725) used in the autonomous navigation applied in a guide robot. For the consolidation of this research, the project was divided into 4 modules: voice recognition (Module 1), Recognition of RGB (MÓDULO2), line detector and obstacles (module 3) and integration of modules 1, 2 and 3 and the Assembly of the Guide Robot (module 4). In this way, a prototype was built using the Arduino platform, line follower sensors, ultrasonic, voice recognition and RGB recognition for guided guidance in a controlled environment.

**KEYWORDS:** RGB sensors; Arduino; Robotics; Robot Guide.

### INTRODUÇÃO

A navegação autônoma é um dos grandes desafios na área da robótica móvel, o que leva a uma busca constante por sensores adequados e algoritmos eficientes que sejam capazes de conduzir um robô para realização das mais diversas tarefas. Atualmente, há diversas aplicações que são construídas baseadas em navegação autônoma, que vai desde robô-guia até robôs que levam medicamentos para pacientes em hospitais.

Esse projeto faz parte de um projeto maior que foi dividido em 4 módulos, sendo que cada módulo foi desenvolvido por quatro membros do projeto. Desta forma, para a realização da implementação e montagem do módulo de detecção de cores (RGB), foram realizados alguns testes utilizando a plataforma Arduino, que é uma plataforma de hardware livre com baixo custo. O módulo 2 tem como objetivo determinar qual sensor tem o melhor desempenho para ser empregado na

montagem de um robô guia. Nos experimentos foram utilizados três diferentes sensores para identificação de cores vermelho, verde e azul (RGB), amarelo, laranja e roxo. Os sensores utilizados foram: TCS230, TCS3200 e TCS34725, além de uma placa Arduino UNO e placa de protótipos, todos nas mesmas condições de luminosidades e os mesmos cartões de cores para a verificação das cores, programados em linguagem C na plataforma Arduino. A motivação para a realização do projeto é que, no campus, existem alunos com deficiência visual, e o desenvolvimento de um robô-guia irá ajudar e facilitar o dia-dia destes alunos no campus.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um estudo com vários sensores para compor o cão-guia. Os sensores que podem compor um robô-guia são sensores: seguidor de linha, sensor ultrassônico, sensores de detecção RGB e sensores de som e voz. O projeto foi dividido em 4 (quatro) módulos e cada membro da equipe é responsável por um módulo (Figura 1).

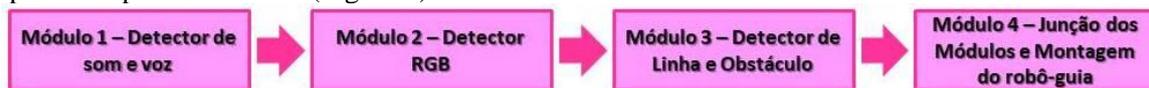


Figura 1 – Arquitetura do projeto robô-guia.

A Figura 1 apresenta a arquitetura para montagem do robô-guia, que é composta pelo detector de som e voz, detector RGB, detector de linha e obstáculo e do último módulo que é a integração de todos os módulos e da montagem do protótipo do cão guia. Cada pesquisa foi realizada de forma paralela e se torna primordial para a realização do projeto final, que além de ajudar a nossa comunidade, poderá ser implementado em outras escolas auxiliando pessoas com deficiência visual. Assim, este artigo apresenta com detalhes o módulo 2, que tem como objetivo o estudo de sensores RGB.

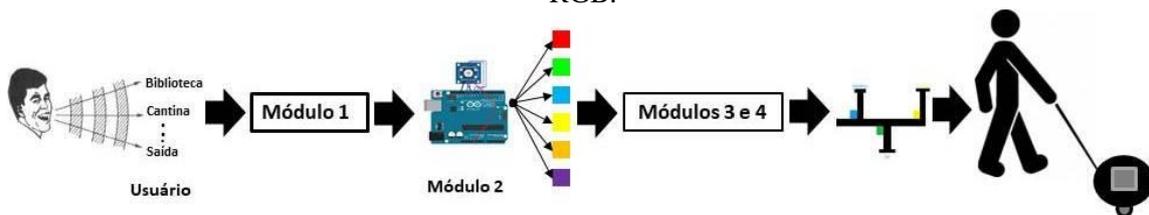


Figura 2 – Funcionamento do módulo detector RGB.

A Figura 2 representa o funcionamento do módulo 2, e os passos envolvidos no sistema. O módulo 2 consiste no reconhecimento das cores e desta forma foram testados três sensores RGB, que identificam as cores vermelho, verde, azul, amarelo, laranja e roxo. Durante os experimentos foram consideradas mesmas condições de luminosidades e os mesmos cartões de cores para a identificação das cores, programados em linguagem C na plataforma Arduino. Para a detecção das cores laranja, roxo e amarelo, foi utilizada como base a tabela de cores HTML, fazendo a variação do código dado em RGB, conforme apresentado na Figura 3.

| Tons de Amarelo |         |               | Tons de Laranja |         |             | Tons de Roxo      |         |               |
|-----------------|---------|---------------|-----------------|---------|-------------|-------------------|---------|---------------|
| Gold            | #FFD700 | (255,215,0)   | OrangeRed       | #FF4500 | (255,69,0)  | MediumSlateBlue   | #7080C0 | (112,131,230) |
| Yellow          | #FFFF00 | (255,255,0)   | DarkOrange      | #FF8C00 | (255,140,0) | MediumPurple      | #9370DB | (147,112,219) |
| Khaki           | #F0E68C | (240,230,140) | Orange          | #FFA500 | (255,165,0) | MediumSeaGreen    | #66CDAA | (106,205,170) |
|                 |         |               |                 |         |             | DarkCyan          | #008080 | (0,128,128)   |
|                 |         |               |                 |         |             | DarkOrchid        | #9932CC | (153,50,204)  |
|                 |         |               |                 |         |             | MediumOrchid      | #BA55D3 | (186,85,211)  |
|                 |         |               |                 |         |             | Purple            | #800080 | (128,0,128)   |
|                 |         |               |                 |         |             | DarkMagenta       | #800080 | (128,0,128)   |
|                 |         |               |                 |         |             | Fuchsia - Magenta | #FF00FF | (255,0,255)   |
|                 |         |               |                 |         |             | Violet            | #EE82EE | (238,130,238) |
|                 |         |               |                 |         |             | Orchid            | #DA70D6 | (218,112,214) |
|                 |         |               |                 |         |             | Plum              | #DDA0DD | (221,160,221) |

Figura 3 – Tabelas de cores HTML: (a) Tons de laranja, (b) Tons de amarelo e (c) Tons de roxo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

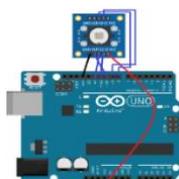
Nos experimentos foram utilizados três diferentes sensores para identificação de cores: vermelho, verde, azul, amarelo, roxo e laranja. Durante os experimentos foram consideradas uma amostra para cada cor, como cartão de cores na identificação das cores, Figura 4 apresenta as amostras utilizadas.



Figura 4 –Amostra de Cores: Livros.

Os sensores foram testados com três tipos de luminosidade, Luz baixa, Luz ambiente e Luz alta. As Figuras 3, 4 e 5 apresentam os circuitos utilizados nos experimentos e os resultados obtidos pelos sensores.

No circuito apresentado na Figura 5(a) foi utilizado o sensor TCS3200, que é uma atualização do sensor TCS230, que utiliza 10 pinos ao invés de 8 pinos, ele tem duas fileiras de 5 pinos, onde encontramos os pinos de controle (S0, S1, S2, S3), saída (OUT), controle do Led (LED) e alimentação (VCC e GND). A Figura 5(b) apresenta os resultados obtidos pelo sensor TCS3200, é possível observar que o funcionamento em luz baixa e luz ambiente são semelhantes, já em luz alta os resultados não tiveram tanto sucesso, nas cores RGB (vermelho, verde e azul) obtivemos resultados 100% em qualquer tipo de luminosidade, já nas cores roxo e laranja os resultados foram inferiores (66%) em luz baixa e luz alta, tendo o melhor desempenho na luz ambiente (100%); Na cor amarela obteve-se o melhor resultado nas condições de luz baixa e luz ambiente (100%), na condição de luz alta o resultado foi inferior (66%).



(a)

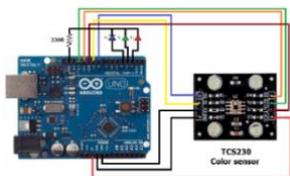
**SENSOR TCS3200**

|                     | Azul | Vermelho | Verde | Amarelo | Roxo | Laranja |
|---------------------|------|----------|-------|---------|------|---------|
| <b>Luz baixa</b>    | 100% | 100%     | 100%  | 100%    | 100% | 66%     |
| <b>Luz ambiente</b> | 100% | 100%     | 100%  | 100%    | 66%  | 100%    |
| <b>Luz alta</b>     | 100% | 100%     | 100%  | 66%     | 66%  | 66%     |

(b)

Figura 5 – Experimentos com Sensor RGB TCS3200: (a) Circuito do experimento e (b) Resultados Obtidos.

No circuito apresentado na Figura 6(a) foi utilizado o sensor TCS230, composto por 64 fotodiodos, 16 tem filtros (absorve) cor vermelha, 16 filtros para a cor verde, 16 para a cor azul e 16 não tem filtro algum, utiliza 8 pinos : S0, S1, S2, S3 (utilizado para o controle do sensor), pino OUT (responsável pelo envio das informações coletadas), pino OE (Output Enable), deve ser ligado ao GND (outro pino), e o pino VCC. A Figura 6(b) apresenta os resultados obtidos pelo sensor TCS230, é possível observar que o funcionamento em luz baixa e luz ambiente são semelhantes, já em luz alta os resultados obtivemos resultados diferentes, nas cores RGB (vermelho, verde e azul) obtivemos resultados 100% apenas em luz alta, nas condições de luz baixa e ambiente obtivemos 33% de acertos nas cores vermelho e verde (de 3 testes, apenas 1 obteve sucesso) e 66% na cor azul, já nas cores roxo, laranja e amarelo, os resultados foram inferiores em luz alta (0% em amarelo, 33% em roxo e 0% em laranja), em luz baixa e luz alta, obteve-se os mesmos resultados(100% em amarelo, 66% em roxo e 0% em laranja). Foi observado que esse sensor não identifica a cor laranja.



(a)

**SENSOR TCS230**

|                     | Azul | Vermelho | Verde | Amarelo | Roxo | Laranja |
|---------------------|------|----------|-------|---------|------|---------|
| <b>Luz baixa</b>    | 66%  | 33%      | 33%   | 100%    | 66%  | 0%      |
| <b>Luz ambiente</b> | 66%  | 33%      | 33%   | 100%    | 66%  | 0%      |
| <b>Luz alta</b>     | 100% | 100%     | 100%  | 0%      | 33%  | 0%      |

(b)

Figura 6 – Experimentos com Sensor RGB TCS230: (a) Circuito do experimento e (b) Resultados Obtidos.

No circuito apresentado na Figura 7(a) foi utilizado o sensor TCS34725, ele possui sensores de luz RGB que em conjunto com o filtro IR minimizam a influência do espectro IR, esta placa possui

um regulador de tensão 3.3V, alimentado com 3-5VDC, um LED neutro afim de iluminar melhor o objeto a ser lido, que pode ser facilmente ligado e desligado através de um sinal digital. A Figura 7(b) apresenta os resultados obtidos pelo sensor TCS34725, é possível observar que o funcionamento em luz baixa e luz ambiente são semelhantes, já em luz alta os resultados não tiveram tanto sucesso, nas cores RGB (vermelho, verde e azul) obtivemos resultados 100% em qualquer tipo de luminosidade, já nas cores roxo e laranja os resultados foram iguais em luz baixa e luz ambiente (66%), já na luz alta tivemos resultados distintos (33% roxo e 66% laranja); Na cor amarela obteve-se o melhor resultado nas condições de luz baixa e luz ambiente (100%), na condição de luz alta o resultado foi inferior (66%).



Figura 7 – Experimentos com Sensor RGB TCS34725: (a) Circuito do experimento e (b) Resultados Obtidos

A Figura 8 apresenta um histograma dos resultados obtidos durante os experimentos. Os testes foram realizados em três tipos de ambientes: com baixa luminosidade, com Luz ambiente e com alta luminosidade.

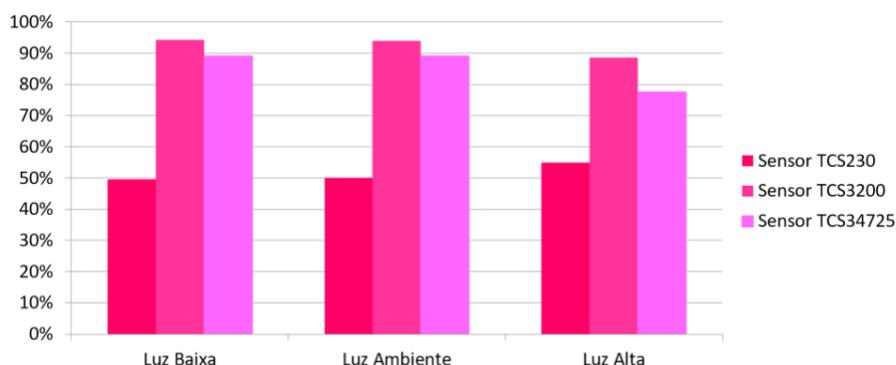


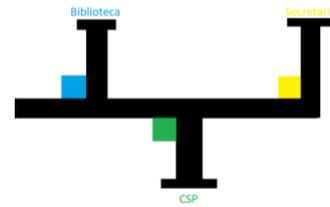
Figura 8 – Gráfico de Comparação dos resultados obtidos nos experimentos dos sensores RGB.

Para este artigo além do estudo de diferentes sensores RGB, foi implementado um protótipo utilizando a placa de prototipagem rápida Arduino, sensores IR, os quais sofreram testes com altas e baixas incidências de luminosidade e em superfícies de diferentes matérias. Além disso, foi utilizado o sensor ultrassônico, que é utilizado para evitar colisão, com o objetivo de desviar e continuar o percurso; um sensor de cor RGB, com objetivo de mapear cada um dos setores dentro de um ambiente controlado; e um sensor de voz. Com o objetivo de criar uma aplicação de orientação guiada, a Figura 9 (a) apresenta um protótipo do robô seguidor de linha e (b) uma simulação do ambiente. O objetivo deste protótipo é orientar alunos com deficiência visual dentro do IF.

As faixas pretas localizadas no piso servem para indicar o sentido que o robô deverá seguir, enquanto que os quadros com as cores azul, amarela, verde, roxo, laranja e vermelha determinando cada um, um setor específico, que o robô guiará o deficiente. O robô poderá ser acionado por diferentes dispositivos, entre eles, *smartphone* e tablet.



(a)



(b)

Figura 9 – (a) Protótipo do Robô e (b) Simulação do ambiente.

O algoritmo desenvolvido utiliza o ambiente IDE (Integrated Development Environment, ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado) em linguagem C/C++ fazendo a integração entre os sensores. O algoritmo recebe os valores dos sensores e através desses valores atua no robô. Para o seguidor de linha, os sensores são calibrados conforme a cor da faixa a ser seguida, podendo ser calibrados com um valor analógico ou digital. Através dos valores encontrados, o algoritmo indica ao robô o caminho a ser percorrido, como por exemplo, seguir reto, virar à direita ou esquerda. Esses procedimentos acionam os motores de forma simultânea ou individual. No desvio de obstáculo, o algoritmo processa os valores captados pelo sensor ultrassônico transformando-os em centímetros, e quando o robô se depara com um objeto a menos 7cm de distância, inicia-se o processo do desvio, ou seja, o robô modifica a sua rota contornando o objeto até encontrar a faixa novamente. Na detecção de cores, os dados captados são transformados para RGB, e o algoritmo utiliza a cor captada pelo sensor, o deficiente visual será guiado pelo sensor de voz até o seu destino. A vantagem da utilização dos sensores é a resposta rápida e precisa e o bom funcionamento, entretanto, como desvantagens tem-se a distância entre o sensor e o solo, a baixa iluminação que afeta tanto o sensor IR como o sensor de cor.

## CONCLUSÕES

Este artigo apresenta um estudo de sensores RGB aplicados em um robô-guia. Esse estudo teve como objetivo identificar o sensor mais eficiente na tarefa da identificação dos setores dentro do IF. O artigo teve como base os conceitos envolvidos no projeto e implementação de um robô-guia, que atualmente tem sido bastante difundido em competições de robótica nos mais diferentes níveis de ensino e com isso despertado um maior interesse para o estudo e pesquisa de técnicas inovadoras.

Os testes dos sensores RGB mostraram quais sensores são mais adequados para a aplicação. Desta forma, foi possível analisar que o sensor TCS3200 é o mais adequado para ser empregado na montagem do robô-guia, em condições testadas. Como trabalhos futuros, propõe-se a integração destes sensores no robô-guia. Observa-se que o sensor TCS230 detectou com mais facilidade a cor vermelha acertando 100%. A cor verde foi a menos detectada apenas 33% de acertos, isso ocorreu quando o sensor foi exposto a baixa luminosidade. Os sensores TCS3200 e TCS34725 obtiveram 100% de acerto nas três cores (R,G,B) independente da luminosidade. Assim, observa-se que o sensor TCS230 foi mais sensível a luminosidade, tendo a necessidade de novos testes para averiguar se será descartado na montagem do protótipo do robô. O módulo 2 será integrado com os demais módulos para chegar no percurso desejado. Ressalto que este estudo teve início em março, desta forma são os primeiros resultados obtidos na minha pesquisa.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao PIBIFSP pela bolsa de Iniciação Científica e pela oportunidade.

## REFERÊNCIAS

Cães de Serviço como modelo para interação homem-robô e manipulação móvel. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4762910>. Acesso em: 13 março 2019.

Cão guia robô – robô para auxílio a locomoção de deficientes visuais. Disponível em: <http://sistemaolimpico.org/midias/uploads/a5aceebc02e3e214269a0d2d723a0ba7.pdf>. Acesso em: 13 março 2019.

Lysa Cão-Guia Robô. Disponível em: <http://www.caoguiarobo.com.br/>. Acesso em: 11 março 2019.

TCS230 X TCS3200. Disponível em: <https://forum.arduino.cc/index.php?topic=291882.0>. Acesso em: 23 março 2019.