

ANÁLISE EXPERIMENTAL DA DETECÇÃO DE CORES PELA CÂMERA PIXY2 SOB DIFERENTES NÍVEIS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF COLOR DETECTION BY PIXY2 CAMERA UNDER DIFFERENT LEVELS OF ARTIFICIAL LIGHTING

Mateus Rodrigues Santos^{1, i}
Ricardo Hovacker Baldaconi^{2, ii}

RESUMO

Nos últimos anos, o avanço dos sistemas inteligentes tem impulsionado o uso de sistemas embarcados em várias áreas, como a automação industrial, a robótica e o ambiente acadêmico. Nesse contexto, a visão computacional tem se destacado como uma tecnologia promissora ao permitir que máquinas interpretem dados visuais de ambientes diferentes em tempo real, de modo parecido à percepção humana. Entre os aparelhos que usam essa abordagem, a câmera Pixy2, que foi feita para aplicações educacionais e robóticas, se destaca por detectar cores, formas ou objetos sem gastar muito de seu processamento. Neste trabalho, foram realizados testes da Pixy2 em dois ambientes com intensidades luminosas diferentes: um com alta intensidade luminosa (2700 lúmens) e outro com baixa intensidade luminosa (803 lúmens). O objetivo é avaliar o desempenho do aparelho na detecção de cinco cores: verde, azul, amarelo, vermelho e ciano em diversas distâncias.

Palavras-chave: Visão computacional; Pixy2; Sistemas embarcados; Detecção de cores; Iluminação artificial; Processamento em tempo real.

ABSTRACT

In recent years, the advancement of intelligent systems has driven the use of embedded systems across various fields, such as industrial automation, robotics, and academia. Within this context, computer vision has emerged as a promising technology by enabling machines to interpret visual data from different environments in real time, in a manner akin to human perception. Among the devices employing this approach, the Pixy2 camera, designed for educational and robotic applications, stands out for its ability to detect colors, shapes, or objects with minimal processing overhead. This study conducted tests of the Pixy2 in two environments with differing light intensities: one with high luminous intensity (2700 lumens) and another with low luminous intensity (803 lumens). The objective is to evaluate the device's performance in detecting five colors, green, blue, yellow, red, and cyan, at various distances.

Keywords: Computer vision; Pixy2; Embedded systems; Color detection; Artificial lighting; Real-time processing.

1 INTRODUÇÃO

A visão computacional tem se consolidado como uma tecnologia fundamental no

¹ Graduando em Manutenção Industrial. Email: mateusrodrigues4343@gmail.com

² Mestre em Tecnologia Nuclear. Email: ricardo.baldaconi@sp.senai.br

avanço de sistemas inteligentes, permitindo que aparelhos interpretem imagens de forma semelhante à percepção humana (Gonzalez; Woods, 2020; Szeliski, 2022). Essa tecnologia tem sido cada vez mais aplicada em áreas como automação, veículos autônomos, robótica e sistemas educacionais, pela sua capacidade de identificar padrões, formas e cores em tempo real (Yu et al., 2024). Nesse contexto, a câmera Pixy2 se destaca como um dispositivo compacto e eficiente, amplamente utilizado em projetos acadêmicos e aplicações robóticas. Seu funcionamento baseado na identificação de assinaturas de cor permite detectar objetos, cores e formatos com baixo consumo de processamento, o que a torna ideal para sistemas embarcados e plataformas de ensino (CHARMED LABS, 2025; Ayala; Chavez; Robles, 2022). Entretanto, o desempenho de sensores ópticos como os da Pixy2 podem ser influenciados por fatores ambientais, especialmente pelas variações na iluminação do local onde estão inseridos. A intensidade luminosa pode alterar a percepção das cores, interferindo diretamente nos algoritmos de detecção utilizados pela câmera (EURASIP, 2018). Por isso, entender como o sensor se comporta em diferentes condições de luz é essencial para seu uso eficiente em aplicações reais.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo analisar o desempenho da câmera Pixy2 na detecção de cores sob diferentes níveis de intensidade luminosa. A pesquisa envolve testes experimentais em dois ambientes controlados com iluminação artificial distinta, sendo um ambiente de alta intensidade luminosa (2700 lúmens) e outro de baixa intensidade luminosa (803 lúmens), a fim de observar suas limitações e capacidades em distâncias variadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A câmera Pixy2 tem se destacado na área de visão computacional embarcada pela sua praticidade e facilidade na implementação em projetos. Desenvolvida para identificar objetos com base em assinaturas de cor, opera com o algoritmo *Color Connected Components* (CCC), capaz de rastrear múltiplas cores simultaneamente com alta taxa de atualização (60 quadros por segundo) e com alcance efetivo de até 3 metros, dependendo das condições do ambiente (Morariu et al., 2023).

Um dos principais diferenciais da Pixy2 é sua capacidade de detectar cores com rapidez e precisão. Com um campo de visão de cerca de 75° e um tamanho compacto, ela é especialmente interessante para aplicações em robótica móvel, drones, sistemas autônomos e plataformas educacionais. Segundo Aravind et al. (2020), o processo de detecção depende de uma calibração inicial, na qual o usuário ensina a câmera a reconhecer determinada cor. Após esse aprendizado, a câmera é capaz de identificar a cor mesmo em movimento, com respostas em tempo real. A identificação se dá pela segmentação dos pixels da imagem que apresentam valores similares à assinatura registrada, o que permite discriminar objetos mesmo em contextos dinâmicos.

Sobre inteligência artificial, vale destacar que a Pixy2 não utiliza arquiteturas de deep learning, ao invés disso, ela trabalha com uma forma de aprendizagem supervisionada mais simples, baseada no treinamento do próprio usuário. Essa abordagem permite que a câmera memorize características de objetos por meio de suas cores predominantes, ajustando sua resposta conforme os parâmetros aprendidos. Aravind et al. (2020) ressaltam que, apesar de não utilizar redes neurais, a Pixy2 incorpora lógica inteligente embarcada, suficiente para a realização de tarefas autônomas em robôs, como rastreamento e navegação baseada em cor.

3 METODOLOGIA

O estudo foi realizado com o objetivo de analisar a eficiência da câmera Pixy2 na detecção de cores sob diferentes condições de iluminação. Os testes foram feitos em duas salas de iluminações diferentes.

- Sala A (Ambiente com Alta intensidade luminosa): Foi utilizada uma lâmpada tubular LED Stella T8 de 30W, com temperatura de cor de 6500K e fluxo luminoso de 2700 lúmens.
- Sala B (Ambiente com Baixa intensidade Luminosa): Foi utilizada uma lâmpada A60 LED Vany de 9W, com temperatura de cor de 6500K e fluxo Luminoso de 803 lúmens.

A câmera Pixy2 foi posicionada sobre uma mesa branca e lisa, posicionada a 2,02 metros da fonte de luz, medida com auxílio de uma trena em ambas as salas. A combinação da superfície buscou reduzir interferências externas e reflexos que pudessem interromper a resposta da câmera Pixy2.

Foram selecionadas cinco cores comuns em sinalização de trânsito e sistemas industriais: Vermelho, Ciano, Azul, Amarelo e Verde. As cores foram posicionadas de forma fixa na marca de 0 cm sobre uma folha marcada com escalas de 5 em 5 cm, totalizando distâncias de 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm e 25 cm da câmera.

A câmera Pixy2 foi conectada ao computador via USB e acessada pelo *software* PixyMon v2. No menu "*Program*", foi selecionado o modo de operação "*color_connected_components*". A seguir, no menu "*Action*", foi selecionado o recurso "*Set Signature 1...*", com o objetivo de definir a assinatura de cor (*Color Signature*) para cada amostra.

Para cada cor, a câmera Pixy2 foi posicionada em uma distância adequada para o aprendizado da assinatura. Após o treinamento da assinatura, a câmera foi posicionada sequencialmente em cada marca de distância para a execução dos testes. Em cada distância, a câmera Pixy2 foi posicionada manualmente e o tempo necessário para detecção da cor foi cronometrado. Este processo foi repetido seis vezes por cor, distância e ambiente, buscando uma maior confiabilidade estatística. Foram realizados cálculos para o percentual de acerto e a média do tempo de detecção para cada cor e distância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram verificados dois aspectos fundamentais em cada ambiente: tempo médio de detecção em milissegundos e detecções bem-sucedidas. As cores selecionadas foram testadas nas distâncias registradas em intervalos de 5 em 5cm.

4.1 Desempenho em ambiente com alta intensidade luminosa (2700 lúmens)

A tabela 1 apresenta o tempo médio de detecção (em milissegundos) de cada uma das cores nas distâncias estabelecidas nos testes.

Tabela 1 – Tempo médio de detecção das cores em alta luminosidade.

Ambiente com Alta Intensidade Luminosa					
Tempo médio de detecção por cor e distância					
Cor	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm
Vermelho	25,83 ms	26,83 ms	33 ms	50,16 ms	99,66 ms
Ciano	13,33 ms	15,66 ms	17,5 ms	34 ms	33,33 ms
Azul	12,7 ms	13,8 ms	18,3 ms	15,8 ms	22,7 ms
Amarelo	12,66 ms	18,33 ms	23,33 ms	21,5 ms	77,16 ms
Verde	11,66 ms	17,16 ms	13,5 ms	19,5 ms	64,33 ms

Fonte: Autor (2025)

Nota-se um tempo maior na detecção da cor vermelha em todas as distâncias. Percebe-se também uma variação de tempo muito pequena entre as demais cores nas distâncias mais próximas. Já a tabela 2 apresenta as detecções de cores bem-sucedidas ao longo de todas as distâncias avaliadas, bem como o percentual de acerto da câmera Pixy2 no ambiente de alta intensidade luminosa.

Tabela 2 – Percentual de acertos de detecção em alta luminosidade.

Ambiente com Alta Intensidade Luminosa			
Cor	Total de Distâncias Avaliadas	Número de Detecções Bem-Sucedidas	Percentual de Acerto (%)
Vermelho	5	5	100%
Ciano	5	5	100%
Azul	5	5	100%
Amarelo	5	5	100%
Verde	5	5	100%

Fonte: Autor (2025)

Nota-se que neste ambiente, a detecção foi 100% bem-sucedida para todas as cores e distâncias testadas.

4.2 Desempenho em ambiente com baixa intensidade luminosa (803 lúmens)

A tabela 3 apresenta os tempos médios de detecção sob baixa intensidade luminosa. As células sem números indicam que não foi realizada a detecção nessas condições de luminosidade.

Tabela 3 – Tempo médio de detecção das cores em baixa luminosidade.

Ambiente com Baixa Intensidade Luminosa					
Tempo médio de detecção por cor e distância					
Cor	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm
Vermelho	33,16 ms	24,83 ms	15,7 ms	39,33 ms	-
Ciano	43,83 ms	25,83 ms	22,7 ms	47,33 ms	-
Azul	-	23,5 ms	-	45,83 ms	-
Amarelo	-	22,16 ms	-	-	-
Verde	-	37,66 ms	-	-	-

Fonte: Autor (2025)

Nota-se que os tempos iniciais são consideravelmente maiores dos medidos em ambiente com alta luminosidade. Nota-se ainda que as cores verde e amarelo só puderam ser detectadas em uma única distância, enquanto que a 25cm de distância da câmera nenhuma cor selecionada era detectável. Já a tabela 4 apresenta as detecções de cores bem-sucedidas no ambiente de baixa intensidade

luminosa.

Tabela 4 – Percentual de acertos de detecção em baixa luminosidade.

Ambiente de Baixa Intensidade Luminosa			
Cor	Total de Distância Avaliadas	Número de Detecções Bem-Sucedidas	Percentual de Acerto (%)
Vermelho	5	2	40%
Ciano	5	5	100%
Azul	5	2	40%
Amarelo	5	3	60%
Verde	5	0	0%

Fonte: Autor (2025)

Nota-se que o percentual de acertos, comparado com o percentual em alta luminosidade, foi significativamente menor para algumas cores, além de ocorrerem falhas de reconhecimento, como observado na tabela 3.

4.3 Análise comparativa

A cor ciano apresentou o melhor desempenho, sendo identificada com 100% de precisão em ambos os ambientes. Em ambiente com baixa intensidade luminosa, as cores Verde e Amarelo mostraram os menores índices de detecção, evidenciando uma maior sensibilidade às mudanças na iluminação. A cor Azul também apresenta perdas sob luz fraca, mas com taxas de detecção intermediárias, mantendo um desempenho parcial ao longo das distâncias analisadas.

A alteração no desempenho da câmera Pixy2 pode estar associada à mudança de percepção na tonalidade das cores em diferentes intensidades de luz, o que influencia o algoritmo de segmentação da Pixy2 baseado em assinatura de cor. Essa limitação está de acordo com os achados de Irawan e Handayani (2021), que observaram queda na precisão da Pixy2 em ambientes com iluminação instável.

5 CONCLUSÃO

A investigação experimental conduzida evidenciou que a iluminância do ambiente configura-se como um fator determinante no desempenho da câmera Pixy2 na detecção de cores. Em condições de iluminação adequada, o sensor apresentou resultados eficientes, com elevados índices de reconhecimento para todas as cores e distâncias analisadas. Em contrapartida, sob baixa intensidade luminosa, foram constatadas limitações relevantes, notadamente na identificação das cores verde, amarelo e azul, cujas falhas comprometeram a confiabilidade do processo.

Esses resultados reforçam a necessidade de se considerar as condições ambientais na implementação de sistemas de visão computacional embarcados, especialmente em aplicações educacionais e robóticas. A continuidade da pesquisa, voltada à detecção de objetos e formas geométricas, poderá ampliar as possibilidades de uso da câmera Pixy2 em contextos operacionais diversos e sujeitos a restrições luminosas mais desafiadoras.

REFERÊNCIAS

ARAVIND, S.; KUMAR, P.; SINGH, A. Color-based object detection and tracking for robotics applications. *International Journal of Advanced Robotics Systems*, v. 17, n. 2, p. 1–10, 2020.

AYALA, D.; CHAVEZ, D.; ROBLES, L. A. Low cost embedded vision system for location and tracking of a color object. *arXiv*, 2022.

CHARMED LABS. Pixy2 CMUcam5 Documentation. Color sensors and their applications based on real-time color image segmentation for cyber physical systems. Disponível em: <https://docs.pixycam.com/wiki/doku.php?id=wiki:v2:start>. Acesso em: 13 jun. 2025.

EURASIP Journal on Image and Video Processing, 2018. From Near-Sensor to In-Sensor: A State-of-the-Art Review of Embedded AI Vision Systems. *Sensors*, v. 24, n. 16, p. 5446, 2024.

GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard E. *Processamento Digital de Imagens*. 4. ed. São Paulo: Pearson, 2020.

IRAWAN, A.; HANDAYANI, H. Implementation of Color Object Tracking using Pixy2 Sensor in Robotics Learning. *Sains dan Pembelajaran Fisika*, 2021. Disponível em: <https://mail.ojs.stkippgri-lubuklinggau.ac.id/index.php/SJPIF/article/view/1946>.

MORARIU, M.; IONESCU, R.; POPESCU, A. Evaluation of Pixy2 camera performance in embedded vision applications. *Sensors and Actuators A: Physical*, v. 345, p. 113692, 2023.

SZELISKI, Richard. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. 2nd ed. London: Springer, 2022.

YU, J.; SUN, F.; XU, D.; TAN, M. A review on resource-constrained embedded vision systems–based Tiny Machine Learning for robotic applications. *Algorithms*, v. 17, n. 11, p. 476, 2024.

AGRADECIMENTOS

Expresso meus sinceros agradecimentos ao Mestre Ricardo Hovacker Baldaconi pela valiosa orientação e constante apoio durante todas as etapas deste projeto. Sua expertise e disponibilidade foram essenciais para o êxito desta pesquisa.

Agradeço também à Universidade SENAI Campus Roberto Simonsen pelo apoio técnico e infraestrutura fornecidos, assim como a todos que colaboraram para a concretização deste trabalho.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

Sobre os autores:

i MATEUS RODRIGUES SANTOS (Autor 1)



Cursando Tecnologia em Manutenção Industrial, pela Faculdade SENAI Roberto Simonsen, atualmente é estagiário da Escola SESI Mogi das Cruzes. Tem experiência na área de mecânica e eletroeletrônica, com ênfase em Manutenção Industrial.

ii RICARDO HOVACKER BALDACONI (Autor 2)



Mestre em Tecnologia Nuclear pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da USP; Especialista em Automação e Controle pela Faculdade de Tecnologia SENAI "Mariano Ferraz"; Licenciado pela FATEC-SP; Tecnólogo em Mecatrônica Industrial pela Universidade Nove de Julho. Atua a mais de 15 anos como docente, nas áreas de Programação, Microcontroladores, Eletrônica e Robótica; Atualmente é professor do Centro Universitário Senai – SP, campus "Roberto Simonsen".