



PGDESIGN | Programa de Pós-Graduação
Mestrado | Doutorado



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

Nicole Curtinovi Martins

**INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO PARA A IDENTIFICAÇÃO DE CORES EM PRODUTOS
INTEGRANDO O USO DE IMAGENS E A LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO *PYTHON***

Dissertação de Mestrado

Porto Alegre

2023

NICOLE CURTINOVIMARTINS

Influência da iluminação para a identificação de cores em produtos integrando o uso de imagens e a linguagem de programação *Python*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Design.

Orientador: Prof. Dr. Luis Henrique Alves Cândido

Porto Alegre
2023

CIP - Catalogação na Publicação

Curtinovi Martins, Nicole

Influência da iluminação para a identificação de cores em produtos integrando o uso de imagens e a linguagem de programação Python / Nicole Curtinovi Martins. -- 2023.

82 f.

Orientador: Luis Henrique Alves Cândido.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Iluminação. 2. webcam. 3. fotodeteccção. 4. Python. 5. reciclagem de materiais. I. Alves Cândido, Luis Henrique, orient. II. Título.

Nicole Curtinovi Martins

**INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO PARA A IDENTIFICAÇÃO DE CORES EM PRODUTOS
INTEGRANDO O USO DE IMAGENS E A LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO *PYTHON***

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Design, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS.

Porto Alegre, 17 de agosto de 2023.

Fabio Pinto da Silva

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS

Banca Examinadora:

Orientador: **Prof. Dr. Luis Henrique Alves Cândido**

Programa de Pós-Graduação em Design - PGDesign/UFRGS

Prof. Dr. Leônidas Garcia Soares

Departamento de Design e Expressão Gráfica (DEG/UFRGS) - Examinador Externo

Prof. Dra. Mariana Pohlmann de Oliveira

Programa de Pós-Graduação em Design - PGDesign/UFRGS - Examinador Interno

Prof. Dr. Renato Vaz Linn

Programa de Pós-Graduação em Design - PGDesign/UFRGS - Examinador Interno

AGRADECIMENTOS

Uma dissertação, apesar de ser creditada à um só autor, é um trabalho conjunto, que extrapola a esfera acadêmica e se encontra com a vida pessoal do pesquisador. Não há como uma não interferir no andamento de outra e, como pude aprender ao longo desses dois anos como mestranda, as pessoas que fazem parte do nosso convívio são fundamentais para que alcancemos nossos objetivos, nos auxiliando e incentivando.

Agradeço ao meu orientador, Luis Henrique Alves Cândido, pela compreensão, paciência e contribuições ao longo desse processo. Assim como ao coordenador e ao secretário do Programa de Pós-Graduação em Design, Fabio Pinto da Silva e Laziê Laerte da Silva, sempre dispostos a auxiliar e possibilitar que essa pesquisa pudesse ser concluída. À professora Luiza Grazziotin Selau, responsável pelo meu estágio e cujo profissionalismo e empatia reafirmaram minha decisão por lecionar. Agradeço também a minha professora durante a graduação, agora amiga e colega, Anerose Perini, pelos conselhos e direcionamentos ao longo de toda minha caminhada acadêmica.

Agradeço também aos colegas que se tornaram amigos no decorrer dessa pesquisa. À Mariana e à Paula, que por inúmeras vezes estruturaram um caminho para que eu conseguisse continuar a trilhar a pós-graduação. À Larissa, Erik, Brendon, Nathalia e Thiovane.

Agradeço ao meu pai que sempre batalhou para que eu pudesse conquistar meus objetivos e a minha tia Marlene, que, igualmente como meu pai, sempre me incentivou a alcançar meus sonhos e que me acolheu como filha desde o momento que nasci. À minha vó, que se foi no primeiro ano deste trabalho, mas que tanto me incentivou a seguir pelo caminho da educação. Ao Rafa, João, Lavínia, Laís, Ewandra, Gustavo, Luciano e Valeska que me seguraram pela mão tantas vezes no decorrer desses anos.

As minhas psicoterapeutas Úrsula e Rachel e aos meus psiquiatras Letícia e Gabriel, que estiveram avidamente presentes contribuindo para que minha saúde possibilitasse a conclusão desta etapa.

Por fim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida durante o período de mestrado.

RESUMO

MARTINS, N. C. **Influência da iluminação para a identificação de cores em produtos integrando o uso de imagens e a linguagem de programação *Python***. 2023. 82 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Escola de Engenharia / Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

A iluminação é um dos principais fatores para uma observação precisa dos objetos. Nesse sentido a incidência de luz interfere diretamente na percepção de cor, de acordo com a quantidade de luz, temperatura da luz e a sua fonte de emissão. Processos de detecção de objetos utilizam a cor como referencial para a identificação desses itens, a exemplo das garras robotizadas utilizadas em centros de triagem para separação de resíduos. Esses centros não possuem iluminação adequada para execução de atividades humanas, tampouco para a mecanização dos processos, necessitando a elaboração de diretrizes que visam aperfeiçoar a captação das imagens nas esteiras, nesse caso, realizadas por uma webcam. O tipo de lâmpada utilizado foi observado como um dos fatores que mais interfere nessa captação, unido a coloração de fundo da esteira onde os objetos são dispostos, é possível chegar a uma melhora significativa no reconhecimento preciso da cor, contribuindo para uma foto detecção mais eficiente. Nessa pesquisa, foram analisados objetos nas cores branco e preto, dispostos sobre as cores de esteiras mais comuns encontradas nos centros de triagem: azul, verde e preta. Foram realizadas imagens utilizando lâmpadas fluorescente, halógena e LED e observado como essas variáveis, somadas a incidência de lux e cor de fundo, interferem na captação das cores dos objetos referenciais. Como resultado, foi possível identificar que a adequação da cor de fundo, para azul e o uso da lâmpada fluorescente à 230 lux é uma forma eficiente de se chegar a melhores resultados.

Palavras-chave: Iluminação; *webcam*; fotodetecção; *Python*; reciclagem de materiais.

ABSTRACT

MARTINS, N. C. Lighting influence for identifying colors on products by integrating the use of images and the Python programming language. 2023. 82 p. Thesis Master in Design – Engineering School / Faculty of Architecture, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

Lighting is one of the main factors for accurate observation of objects. The incidence of light directly interferes with color perception, according to the amount of lux, light temperature and light emission source. Processes of object detection use color as a reference for identifying items, as example the robotic grips used in sorting centers for waste separation. These centers do not have adequate lighting for carrying out human activities, nor for the mechanization of processes, requiring the elaboration of guidelines that aim to improve the capture of images on the treadmills, in this case, performed by a webcam. The type of lamp used was observed as one of the factors that most interfere with this capture, together with the background color of the surface where the objects are arranged, it is possible to achieve a significant improvement in accurate color recognition, contributing to a more efficient photodetection. In this research, objects in white and black colors were analyzed, arranged on the most common colors of surface found in sorting centers: blue, green and black. Images were taken using illumination with fluorescent, halogen and LED lamps and observed how these variables, added to the incidence of lux and surface color, interfere in the color capture of the reference objects. As a result, we find that adjusting the background color to blue and using a fluorescent lamp at 230 lux is an efficient way to achieve better results.

Keywords: Lighting; webcam; photodetection; python; materials recycling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Garra robótica do LDSM	23
Figura 2 - Os seres humanos e sistemas fotodetectores	24
Figura 3 - Feixes de luz.....	26
Figura 4 - Objetos transparentes, translúcidos e opacos	27
Figura 5 - Fontes de luz, sombra e penumbra.....	27
Figura 6 - Temperatura da luz.....	29
Figura 7 - Experimento do Prisma	30
Figura 8 - Espectro de cor visível em seres humanos	31
Figura 9 - Reflexão de luz pelos corpos.....	31
Figura 10 – Sistema de cor CIEXYZ.....	32
Figura 11 – Sistema de cor CIELAB	33
Figura 12 – Gráfico CIELAB planejado	33
Figura 13 - Sistema de cor RGB	34
Figura 14 - Esquema de pesquisa.....	36
Figura 15 - Mapa visual das etapas projetuais	37
Figura 16 - Esquema de relação de objetivos e métodos	37
Figura 17 - Iluminação na pesquisa de Raihan <i>et al.</i> (2020)	39
Figura 18 - Fluxograma da pesquisa de Pulungan, Nafis, <i>et al.</i> (2021).....	40
Figura 19 - Capturas de <i>Pulungan, Nafis, et al.</i> (2021).....	40
Figura 20 - <i>Script</i> Python de Pulungan, Nafis, <i>et al.</i> (2021).....	41
Figura 21 - Cálculo da porcentagem de comparação da cor luz com a cor pigmento	43
Figura 22 - Fluxo da pesquisa.....	44
Figura 23 - Objetos referenciais.....	45
Figura 24 - Colorímetro Colorium2.....	46
Figura 25 - Software Lab7	46
Figura 26 - Luxímetro LD-400	47
Figura 27 - <i>Webcam</i> C920s Pro HD	48
Figura 28 – Câmara escura	49
Figura 29 - Mesa de análise	49
Figura 30 - Lâmpadas utilizadas nas análises	50
Figura 31 - Temperatura da cor nas lâmpadas utilizadas nas análises.....	51
Figura 32 - Tecidos de fundo.....	51

Figura 33 - Gráficos das cores referenciais.....	53
Figura 34 - Cores referenciais.....	54
Figura 35 - Processo de posicionamento dos itens de análise	55
Figura 36 - Recorte das imagens para análise.....	56
Figura 37 - Cores (RGB) dominantes no cubo branco	58
Figura 38 - Cores (RGB) dominantes nos fundos com cubo branco	62
Figura 39 - Cores (RGB) dominantes no cubo preto	67
Figura 40 - Cores (RGB) dominantes nos fundos com cubo preto.....	70
Figura 41 - Gráficos das médias finais de acordo com a cor de fundo	75
Figura 42 - Proximidade dos resultados RGB dos itens analisados encontrados nas variáveis mais favoráveis.	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Objetos transparentes, translúcidos e opacos	26
Quadro 2 - Definição dos atribuídos das cores.	32
Quadro 3 - Informações referenciais.....	41
Quadro 4 - Script em Python utilizado nesta pesquisa.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores limites de HSV na pesquisa de Pulungan, Nafis, <i>et al.</i> (2021).	41
Tabela 2 - Lâmpadas utilizadas nas análises.....	50
Tabela 3 - Cores coletadas pelo colorímetro.....	53
Tabela 4 - Cores referenciais	54
Tabela 5 - Coloração (RGB) dominante no cubo branco	56
Tabela 6 - Proximidade da cor luz do cubo branco com a cor pigmento do cubo branco.....	58
Tabela 7 - Média de proximidade da cor digita do cubo branco com a cor pigmento do cubo branco.....	60
Tabela 8 - Coloração (RGB) dominante nos fundos com cubo branco	61
Tabela 9 - Porcentagem de comparação das cores luz dos fundos em cubo branco com as cores pigmento dos fundos.	62
Tabela 10 - Média de proximidade das cores luz dos fundos em cubo branco com as cores pigmento dos fundos.	64
Tabela 11 - Média de proximidade da cor luz do cubo branco e fundos com cores pigmento do cubo branco e fundos	65
Tabela 12 - Cores (RGB) dominantes no cubo preto.....	66
Tabela 13 - Proximidade da cor luz do cubo preto com a cor pigmento do cubo preto	67
Tabela 14 - – Média de proximidade da cor luz do cubo preto com a cor pigmento do cubo preto	68
Tabela 15 - Coloração (RGB) dominante nos fundos com cubo preto.....	69
Tabela 16 - Porcentagem de comparação das cores luz dos fundos em cubo preto com as cores pigmento dos fundos.	71
Tabela 17 - Média de proximidade das cores luz dos fundos em cubo branco com as cores pigmento dos fundos.	72
Tabela 18 - Média de proximidade da cor luz cubo preto e fundos com cores pigmento do cubo preto e fundos.....	72
Tabela 19 - Cruzamento dos resultados dos objetos referenciais	74
Tabela 20 - Médias cruzadas dos resultados das análises dos cubos branco e preto e dos fundos azul, verde e preto.	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CDV	Campo de Visão
CIE	<i>Commission Internationale de l'Eclairage</i>
NBR	Norma Brasileira
LDSM	Laboratório de Design e Seleção dos Materiais
ONG	Organização não governamental
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RECIQUARA	Associação de Coletores de Material Reciclável Novo Guarituba de Piraquara
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
VD	Variável Dependente
VI	Variável Independente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	15
1.2. PROBLEMA DE PESQUISA	16
1.3. HIPÓTESE DA PESQUISA.....	16
1.4. OBJETIVOS	16
1.4.1. Objetivo Geral.....	16
1.4.2. Objetivos Específicos.....	16
1.5. JUSTIFICATIVA	17
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1. DESIGN E ECOLOGIA	18
2.1.1. Conceitos de design do final do século XX.....	18
2.1.2. Ecodesign.....	19
2.2. A RECICLAGEM DE MATERIAIS	19
2.2.1. Cooperativas e centros de triagem de materiais recicláveis.....	22
2.3. SELEÇÃO TECNOLÓGICA DE OBJETOS: ROBOS E FOTODETECCÃO.....	23
2.3.1. Garras robotizadas	23
2.3.2. Identificação de objetos via <i>webcam</i>	23
2.4. INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO NA PERCEPÇÃO DA COR DE OBJETOS.....	25
2.4.1. A luz.....	25
2.4.2. A cor.....	29
3. METODOLOGIA.....	35
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	35
3.2. ETAPAS DA PESQUISA.....	36
4. ESTUDOS DE REFERÊNCIA.....	38
4.1. ILUMINAÇÃO EM CENTROS DE TRIAGEM DE SELEÇÃO DE MATERIAIS	38

4.2. ROBÔ AUTÔNOMO PARA COLETA DE RESÍDUOS.....	38
4.3. RECONHECIMENTO DE CORES E FORMATOS POR <i>WEBCAMS</i>	39
4.4. RESUMO DAS INFORMAÇÕES REFERENCIAIS	41
5. MATERIAIS E METÓDOS	42
5.1. FLUXO DA PESQUISA	42
5.1. OBJETOS DE REFERÊNCIA	45
5.2. COLORÍMETRO.....	45
5.2.1. Software Lab7.....	46
5.3. LUXÍMETRO	47
5.4. <i>WEBCAM</i>	47
5.5. CÂMARA ESCURA	48
5.6. LÂMPADAS.....	50
5.7. FUNDOS.....	51
5.8. SCRIPT EM PYTHON.....	52
6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	53
6.1. LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES REFERENCIAIS PARA O TRABALHO.....	53
6.2. ETAPA DE ANÁLISE	55
6.2.1. Cubo branco	56
6.2.2. Cubo preto.....	65
6.3. MÉDIA FINAL.....	73
6.3.1. Objetos referenciais	73
6.3.2. Objetos referenciais e fundos	74
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
7.1. PROJETOS FUTUROS	78
REFERÊNCIAS.....	79

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, o ser humano vem tratando a questão do descarte de resíduos de diferentes formas, compondo suas percepções a partir de questões políticas, culturais e ambientais. No século XX, a reciclagem começou a fazer parte do vocabulário social, adentrando o século XXI como uma necessidade para suprir a alta demanda de resíduos não biodegradáveis descartados diariamente. Diferentes iniciativas vêm sendo implementadas nos últimos anos quanto à questão, provindas tanto de governos quanto da própria população, contudo o tema ainda está longe de ser resolvido em toda sua abrangência (EIGENHEER, 2009).

Com o aperfeiçoamento do estado da arte na área, a reciclagem passa a se apoiar também em processos mais elaborados, utilizando tecnologias que vão além das técnicas manuais. O uso de mecanismos eletrônicos possibilita a automatização do processo e o aprimoramento de etapas, como as de coleta e seleção de materiais. Este trabalho possui enfoque na segunda, mais especificamente no mecanismo que identifica o material a ser selecionado pelo robô desenvolvido no do Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LDSM) da Universidade Federal do Rio grande do Sul (UFRGS). O projeto em questão apresentava dificuldades no processo de identificação de objetos em esteiras de reciclagem, uma vez que a iluminação do ambiente interfere nessa detecção, atrapalhando uma identificação acurada do objeto e impossibilitando sua correta separação.

Dessa forma, a presente pesquisa busca compreender como a iluminação influencia na identificação de cores de objetos por *webcams*, buscando elaborar diretrizes para o aperfeiçoamento do processo. O trabalho se apoia em estudos de Albizu (2008), para elaborar os critérios de iluminância pautados na elaboração de diretrizes para centros de triagens de materiais recicláveis; Raihan, Rahman, *et al.* (2020), quanto à elaboração de robôs autônomos para a identificação e coleta de resíduos e Pulungan, Nafis, *et al.* (2021) sobre fotodetecção de cor de objetos utilizando a linguagem de programação *Python*.

1.1. DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este estudo delimita-se à análise da influência da iluminação na cor captada por *webcams* e na elaboração de diretrizes visando à integração com o programa *Python*.

Utiliza-se aqui a descrição da palavra objeto como “coisa material inanimada, geralmente de tamanho pequeno ou mediano, que pode ser percebida pelos sentidos”. (OXFORD LANGUAGES, 2022).

O estudo desenvolvido busca contribuir para o aperfeiçoamento da garra robótica desenvolvida no Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LDSM) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), através da iluminação e do aperfeiçoamento na identificação de cor pelo mecanismo.

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

Esta pesquisa busca responder a seguinte pergunta: como a iluminação influencia na identificação da cor de objetos por sistemas robóticos via *webcam* integrada ao Python.

1.3. HIPÓTESE DA PESQUISA

A elaboração de diretrizes de iluminação adequadas a um sistema de identificação de objetos em garras robóticas de coleta e seleção de materiais contribui para uma captação mais acurada dos objetos em questão.

1.4. OBJETIVOS

Visando melhor delinear o presente trabalho, foi definido um objetivo geral e quatro objetivos específicos descritos a seguir.

1.4.1. Objetivo Geral

Tem-se como objetivo geral dessa pesquisa: analisar a influência da iluminação para identificação de produtos via *webcam*.

1.4.2. Objetivos Específicos

Quanto aos objetivos específicos elaborados para a produção desse trabalho, definiram-se:

- Levantar informações sobre a influência da iluminação e das cores em objetos capturados via *webcam*;
- Construir modelos físicos para análise de parâmetros;
- Analisar os parâmetros de iluminação e cor em objetos referenciais;
- Apontar formas de aperfeiçoar a captação de imagens por *webcam* em esteiras rotativas.

1.5. JUSTIFICATIVA

Desde 2010, estão em vigor diretrizes para aprimorar o processamento e destinação de cada tipo de resíduo, por meio da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010). Ainda assim, o Brasil ocupa o quarto lugar no *ranking* de maiores produtores de resíduos do mundo (WWF, 2019). Conforme a ABREPEL (2021), em 2020 o país produziu mais de 82,4 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU), das quais 76,1 milhões de toneladas foram coletadas (92,2% do total); contudo, somente 60% desses resíduos tiveram o destino correto. Dessa forma, 40% do RSU produzidos no país não receberam o tratamento adequado. Souza (2019), complementa que as perspectivas, baseadas no histórico brasileiro, apontam que em 2030 o Brasil gerará 100 milhões de toneladas anualmente.

Grande parte dos resíduos chegam até os centros de triagem sem a separação correta na origem. Segundo Silva, Nazari, *et al.* (2018), entre esses resíduos existem aqueles que são oriundos de serviços de saúde. Os trabalhadores dessas cooperativas de triagem são expostos a esses materiais, gerando riscos a sua saúde (HERNANDES et al, 2016). A mecanização do processo de triagem desses materiais é uma alternativa a essa questão, evitando o contato humano direto com esses resíduos contaminados. Dessa forma, este projeto busca contribuir para a elaboração de uma dessas alternativas: a garra robotizada sendo desenvolvida no Laboratório de Design e Seleção de Materiais da UFRGS. A garra trata-se de um robô capaz de identificar materiais e separá-los de acordo com suas características. Contudo, o projeto vem encontrando um desafio na etapa de foto detecção desses objetos, uma vez que a iluminação do ambiente está influenciando na identificação correta dos itens. Nesse sentido, esta pesquisa busca compreender mais a fundo essa problemática, elaborando análises que podem contribuir não apenas para o desenvolvimento desta pesquisa, mas também para outros projetos que possuem a foto detecção como etapa de processo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os subcapítulos a seguir buscam melhor elaborar as questões envolvidas nessa pesquisa, buscando embasar o conteúdo a ser desenvolvido nas análises para o cumprimento dos objetivos.

2.1. DESIGN E ECOLOGIA

O conceito de design possui diferentes abordagens e vem sendo um tópico de discussão entre diversos especialistas da área ao longo do tempo (WOLFF e AMARAL, 2016). Para este estudo, serão abordadas algumas definições elaboradas ao longo do final do século XXI, a fim de introduzir a principal temática deste capítulo: a sua ramificação em “ecodesign”.

2.1.1. Conceitos de design do final do século XX

Papanek (1972), caracteriza o design como uma habilidade inata do ser humano, necessária à sua construção como uma entidade sapiente, ela é elaborada de forma involuntária no decorrer de ações cotidianas. O autor cita como exemplos o ato de escrever um poema, reorganizar uma mesa e educar uma criança; pois todas essas ações necessitam de planejamento e padronização a fim de cumprir um objetivo. Contudo, o resultado dessas ações não pode ser considerado design, em virtude de que apenas a ordem - elemento fundamental para o design - lhes é atribuída e “o modo de ação pelo qual um design cumpre seu propósito é sua função” (PAPANEK, 1972, tradução nossa). Ainda, Papanek (1972) acrescenta à função o elemento de estilo, apontando que um não pode ser separado do outro e que isso caracteriza um objeto como objeto de design. A visão de design elencado ao estilo é observada por Borja de Mozota e Kim (2009) e atribuída como principal perspectiva, quanto ao desenvolvimento histórico do conceito, no decorrer das décadas 1960 e 1970.

O design passa a ser visto como um processo ao longo das décadas de 1980 e 1990 (BORJA DE MOZOTA e KIM, 2009). Podemos utilizar como exemplo a perspectiva de Walsh (1992), que foca no gerenciamento de conhecimentos, trazendo o design como elemento de aprendizagem. Ainda na década de 1990, Bomfim (1994) complementa essa visão apontando a multidisciplinaridade do design, tendo como uma práxis que se utiliza de diversas ciências para a concretude do seu objetivo.

2.1.2. Ecodesign

O conceito de sustentabilidade definido pela *World Commission on Environment and Development* (1987) assume que o termo é caracterizado como “o desenvolvimento que atende as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações atenderem às suas necessidades”. Quanto a isso, Platcheck (2012) observa o quão recente é essa preocupação no contexto público global, sendo difundida por leis governamentais e, também, por organizações não governamentais (ONGs). A autora também aponta que, contrariando o conceito de sustentabilidade, muitos dos processos de produção acabam por macular o meio ambiente, gerando um grande número de resíduos e conseqüentemente danificando os ecossistemas e contribuindo para o uso demasiado dos recursos naturais.

Com o objetivo de reduzir os danos causados pela produção em grande escala, Manzini e Vezzoli (2008), indicam que a elaboração de requisitos ambientais deve ser feita no início do processo de desenvolvimento de produtos. Dessa forma, o designer consegue limitar-se a projetar pensando não apenas no produto e usuário, mas em todo o ciclo que envolve essa fabricação. Assim, tem-se o ecodesign como uma forma de criação de bons produtos e serviços, utilizando menos recursos energéticos e materiais, sem comprometer a performance do projeto; equilibrando as variáveis economia e ecologia (PLATCHECK, 2012). Ainda assim, a demanda existente de resíduos no planeta é demasiada, fruto de anos de produção irresponsável que se mistura com a história do desenvolvimento humano e se elabora juntamente com as sociedades que se firmam em centros urbanos, fazendo-se necessário que iniciativas sejam tomadas e refinadas ao longo do tempo.

2.2. A RECICLAGEM DE MATERIAIS

Grande parte das atividades elaboradas por seres humanos causam alguma forma de descarte. Desde resíduos orgânicos provindos do seu organismo, como fezes e o próprio corpo humano após a morte, até as embalagens de produtos necessitam de um descarte adequado para que seja possível a convivência em sociedade. Conforme o ser humano foi se estabelecendo em comunidades organizadas, a necessidade de uma adequada retirada de materiais não mais requeridos se tornou cada vez mais latente e a má administração desses resíduos demasiadamente prejudicial à saúde dos seus habitantes (EIGENHEER, 2009). Ao passo que, na Idade Antiga, pode-se considerar admirável o tratamento que esses resíduos recebiam, na Idade Média houve uma ruptura com essa tendência. A Roma Antiga, conhecida pelos canais hídricos que levavam água e retiravam as impurezas dos seus 1 milhão de habitantes, é uma

antítese a Roma da Idade Média, onde o tratamento dado a esses detritos era tão inadequados que epidemias oriundas da falta de higiene chegaram a diminuir a população a apenas 35 mil habitantes (EIGENHEER, 2009). Ainda segundo o autor, o início da Idade Moderna não trouxe muitas mudanças nessa dinâmica tecnológica. As instabilidades sociais e políticas, reforçadas pela má distribuição de renda, dificultaram a implementação de um sistema de limpeza urbana, fazendo com que apenas na metade do século XIX essa área de atuação passasse a entrar em pauta novamente e o estado da arte na questão pode ser mais bem desenvolvido. A Revolução Industrial impulsionou diversas mudanças nas dinâmicas sociais e inovações tecnológicas, proporcionando combinações que aprimoraram processos em diversas áreas, entre elas a do descarte de resíduos. Com o êxodo rural e o aumento expressivo da população urbana, as medidas sanitárias também passaram a ser tratadas com mais atenção e receberam mais investimento. Foi nessa época que se popularizaram os incineradores e, em menor número, os centros de triagem pela Europa, seguidos do modelo de coleta seletiva importado dos Estados Unidos. O século XIX, como complementam Oldenziel e Weber (2013), também foi marcado por avanços científicos que possibilitaram uma melhor compreensão sobre micro-organismos, tornando a higiene um hábito cotidiano. Ao passo que tal fato contribuiu para o avanço das iniciativas de limpeza urbana nas cidades, também afastou suas populações do processo de reutilização de materiais, uma vez que as sobras eram vistas como anti-higiênicas e deveriam ser banidas dessa nova sociedade polida que se formava. Como resultado, Eigenheer (2009) utiliza o exemplo da Alemanha, que passou a cobrar taxas para retirada de resíduos desde 1851 e (a modelo da produção em massa) realizou a unificação de vasilhames que facilitavam o trabalho dos limpadores a partir de 1901, se tornando um exemplo de boa gestão da limpeza urbana no início do século XX. É importante, todavia, frisar que ainda assim não imperava uma preocupação ambiental com o destino desses resíduos. Apesar disso, segundo Oldenziel e Weber (2013), é possível relacionar ao longo da história comportamentos que se caracterizam pela reutilização de itens e a transformação de materiais. No início do século XX os termos utilizados para expressar essa operação eram “reutilização”, “salvamento” e “recuperação”. O termo “reciclagem” foi empregado pela primeira vez na década de 1920, pela indústria petroquímica e se referia ao retorno dos resíduos às refinarias. Eigenheer (2009) aponta que a preocupação com o reaproveitamento de materiais foi se tornando mais latente ao longo do período de I e II Guerras Mundiais, oriunda da necessidade de remoção dos destroços de cidades e dos incentivos governamentais. Além disso, com o empobrecimento dos habitantes e o bloqueio das importações, diversos itens passaram a ser reaproveitados nas casas da população civil. Dessa forma, o que era visto como “lixo” se tornou “recurso”. Retomando ao

exemplo da Alemanha, Oldenziel e Weber (2013) complementam que durante a Primeira Guerra Mundial tornou-se comum que as donas de casa recuperassem alimentos que seriam descartados e que isso começou a ocorrer antes mesmo da criação sistemática dos centros de triagem, que tinham como objetivo coletar e redistribuir resíduos potenciais. Nesse sentido, fica evidente que a seleção de processos não se dá apenas por priorizar aqueles que estão em um nível técnico mais refinado, mas sim aqueles que mais fazem sentido ao contexto vivenciado no recorte de tempo em questão. Neste caso, a reutilização de materiais servia principalmente para fins bélicos e a seleção de processos a serem seguidos acabava por se relacionar às necessidades desse fim. Posteriormente ao decorrer da Segunda Guerra Mundial o governo dos Estados Unidos passou a solicitar que gordura e óleo vegetal fossem levados até os açougues para a fabricação de explosivos. Assim, a questão da reutilização de materiais ganhou também uma importância ideológica, vista como uma forma de contribuir com o país, em um momento em que o nacionalismo era amplamente incentivado e, logo, o desperdício passou a ser tratado como um comportamento reprovável (OLDENZIEL e WEBER, 2013). Contudo, foi apenas “a partir do final da Segunda Guerra, com a consolidação do consumo de massa, que os resíduos sólidos domésticos passaram a ganhar destaque e grande visibilidade, devido à quantidade e à complexidade da produção industrial” (EIGENHEER, 2009, tradução nossa). Em relação a isso os autores, Oldenziel e Weber (2013), apontam que a sociedade ocidental, é órfã do consumo e descarte cuidadoso provindos dos períodos de Guerras, passando a ser regida pela obtenção exagerada e descarte acelerado. Logo, a utilização de materiais como o plástico foi amplamente difundida, sendo divulgada pelos produtores como um material higiênico e “amigável”. Nos anos 1960, a percepção sobre os frutos que o consumismo estaria gerando fez com que o termo “reciclagem” fosse apropriado da indústria petroquímica, como anteriormente citado, e utilizado para “desempenhar papéis com valores diferentes e, até mesmo, conflitantes para incluir significados econômicos, políticos, sociais e ambientais” (OLDENZIEL e WEBER, 2013, tradução nossa). Nos anos 1970 o termo “reciclagem” já significava “devolver os resíduos para o ciclo produtivo” e, para Oldenziel e Weber (2013), foi nessa década que as percepções atuais sobre o termo foram melhor elaboradas, formulando os conceitos sobre o assunto no século XXI. O acúmulo de experiências possibilitou que essas percepções colocassem em pauta a necessidade de novas práticas de consumo, fazendo com que a responsabilidade do cidadão quanto ao destino adequado dos materiais não se limite apenas às esferas “limpeza” ou “economia” e passe a ganhar também um signo ambiental e uma nova esfera pessoal. Apesar de a temática já vir sendo tratada como urgente, apenas no final dos anos 1980 que o símbolo utilizado em produtos

produzidos com materiais que podem ser reciclados (setas dispostas em um círculo) passou a ser utilizado. Esperava-se que, assim, o descarte correto dos materiais fosse mais difundido e incentivado (History 101: Plastics, 2020). Contudo, Oldenziel e Weber (2013) complementam que, a despeito da compreensão sobre os danos que o intenso consumo e produção causaram ao planeta há pelo menos 50 anos, em 2010 um cidadão preocupado e ativo às questões ambientais tendia a utilizar uma quantidade muito maior de plástico do que um indivíduo na década de 1960, demonstrando como o processo precisa ser aprimorado e conscientizado de uma forma melhor.

2.2.1. Cooperativas e centros de triagem de materiais recicláveis

Uma grande parte dos empreendimentos de reciclagem de materiais vem da iniciativa privada, principalmente através da manutenção de cooperativas e centros de triagem por empresas que patrocinam as recicladoras. Nesses locais, os resíduos recicláveis recolhidos são separados e, posteriormente, recebem o tratamento adequado; sendo muitas vezes reencaminhados as empresas que os financiam (MARTINS, 2016). Segundo Rajão (2018), essas cooperativas contribuem para a diminuição dos riscos relacionados a saúde e segurança dos trabalhadores da área, pois possibilitam um local mais adequado ao serviço prestado. Os recicladores que trabalham em lixões e aterros sanitários, geralmente dividem espaço com diversos animais que ali se acumulam pela quantidade de lixo orgânico (como ratos e urubus), sendo também expostos a resíduos contaminados oriundos da má separação prévia desses materiais e conseqüentemente, as doenças relacionadas à má higienização. Assim, as cooperativas surgem como uma forma de reelaborar o trabalho, fornecendo condições mais propícias e benefícios aos seus operários. Algumas cooperativas vêm implementando iniciativas de mecanização de processos como a instalação de esteiras para separação dos materiais, que contribuem para uma triagem mais eficiente dos resíduos (RAJÃO, 2018). Contudo, Lima e Oliveira (2008) complementam que, apesar de a mecanização dos processos evitar gargalos na produção e propiciar menos esforço físico aos trabalhadores, a dificuldade em adaptação dos trabalhadores ao novo modelo de trabalho pode fazer com a eficiência da linha seja diminuída e, até mesmo, os riscos à saúde desses trabalhadores aumentados. “Isso causa uma contradição à proposta desses empreendimentos que é a de promover a inclusão e a produção solidária” (LIMA e OLIVEIRA, 2008).

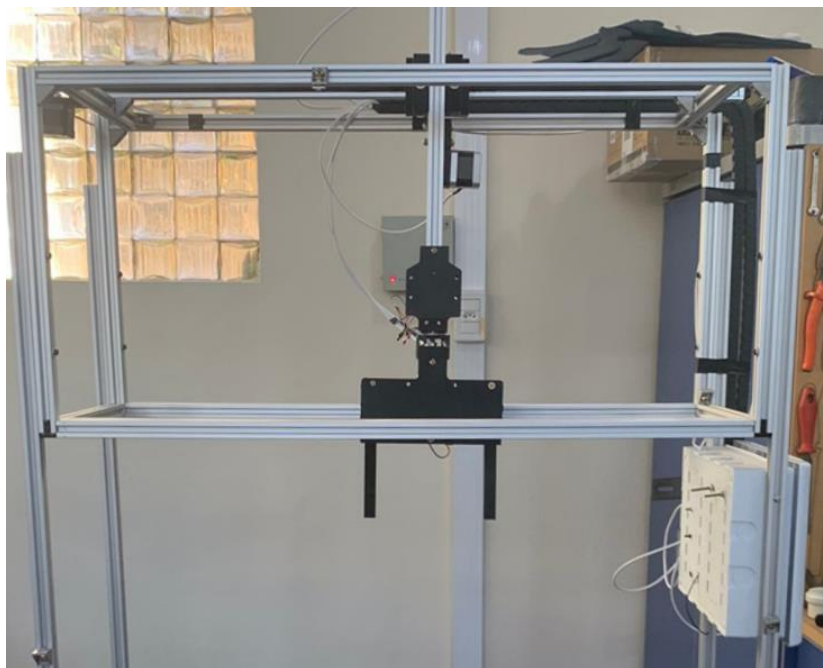
2.3. SELEÇÃO TECNOLÓGICA DE OBJETOS: ROBOS E FOTODETECCÃO

Centros de triagem de materiais recicláveis vêm adaptando suas plantas e anexando robôs que colaboram com a separação de resíduos nesses ambientes (PROCTOR, 2021). Os próximos subcapítulos apresentam iniciativas sobre a temática.

2.3.1. Garras robotizadas

Uma maneira de deixar o processo de reciclagem mais eficiente, é por meio do uso de garras robotizadas. Equipamentos como esses funcionam como separadores de materiais, identificando-os e categorizando-os (PROCTOR, 2021). Um exemplo de garra robotizada é a desenvolvida no Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LDSM) da UFRGS. (figura 1).

Figura 1 - Garra robótica do LDSM



Fonte: A autora.

Proctor (2021), afirma que a utilização de sensores visuais, pode contribuir para a uma identificação ainda melhor desses materiais. O próximo capítulo trata sobre esse processo de identificação por meio do uso de *webcams*.

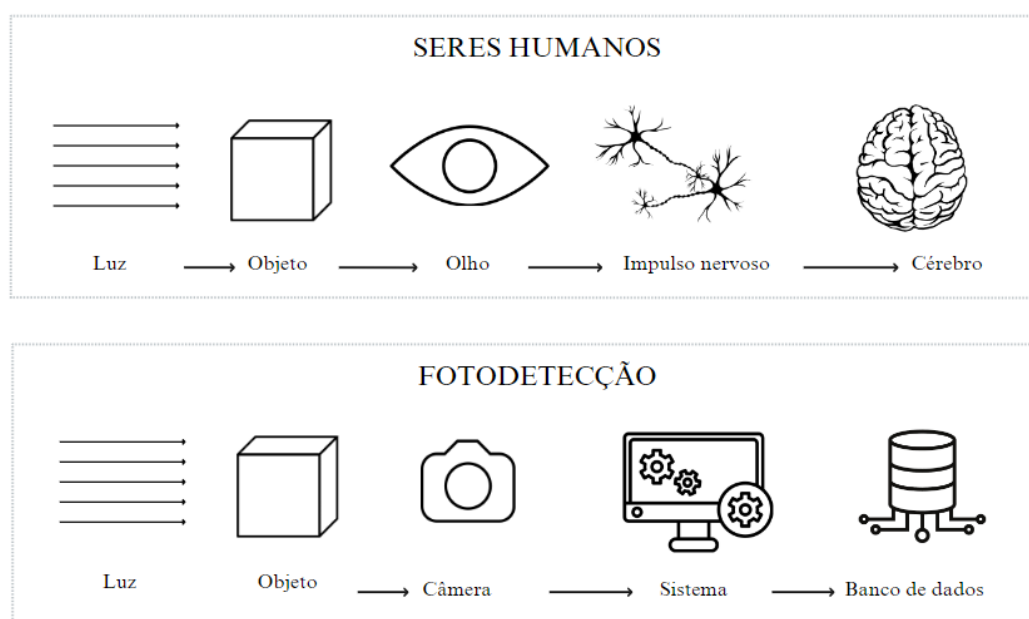
2.3.2. Identificação de objetos via *webcam*

Mais precisas e com maior resistência ao serem comparadas ao olho humano, as câmeras têm sido escolhidas como alternativa mais rentável em diversos projetos. Câmeras do

tipo *webcam* vêm sendo muito utilizadas para desempenhar papéis que, anteriormente, eram realizadas por câmeras mais complexas e específicas às demandas projetuais, devido ao refinamento da tecnologia na área. Com o auxílio de *softwares*, essas *webcams* possibilitam uma maior redução de custos e, à vista disso, tornam os projetos mais acessíveis a diferentes grupos (JULIANDO e HUSIN, 2019).

Prayitno e Harianto (2011) indicam que uma das possibilidades de adequação de câmeras por meio do uso de inteligência artificial, sendo adaptadas como sensores ao longo do processamento da imagem que, como descrevem Najmurokhman, Nugreha, *et al* (2017), podem, por exemplo, possibilitar o reconhecimento de objetos específicos através das imagens digitais capturadas e, subsequentemente, sua classificação. A detecção de objetos por esses sistemas robóticos, ocorre de forma parecida à realizada por seres humanos. No ser humano, o olho é responsável pela captação da luz através da retina, onde se encontram células (denominadas bastonetes e cones) que utilizam os fótons para gerar impulsos nervosos levados até o cérebro que, por sua vez, os interpreta como imagens (LOPES, 2013). Já em sistemas fotodetectores, a câmera recebe a luz e a transforma em imagens por meio de um sistema que, ao transportá-la e compará-la a um banco de dados, consegue identificá-la e categorizá-la (ALFARO-ALMAGRO, JENKINSON, *et al.*, 2018). Esses processos estão representados na figura 2.

Figura 2 - Os seres humanos e sistemas fotodetectores



Fonte: Elaborado pela autora a partir de Lopes (2013) e Alfaro-Almagro, Jenkinson, *et al.* (2018).

A luz desempenha um importante papel ao longo desse processo, podendo influenciar na visualização do objeto tanto nos processos biológico ou mecânico. A seguir no próximo subcapítulo o tema será abordado em maior profundidade.

2.4. INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO NA PERCEPÇÃO DA COR DE OBJETOS

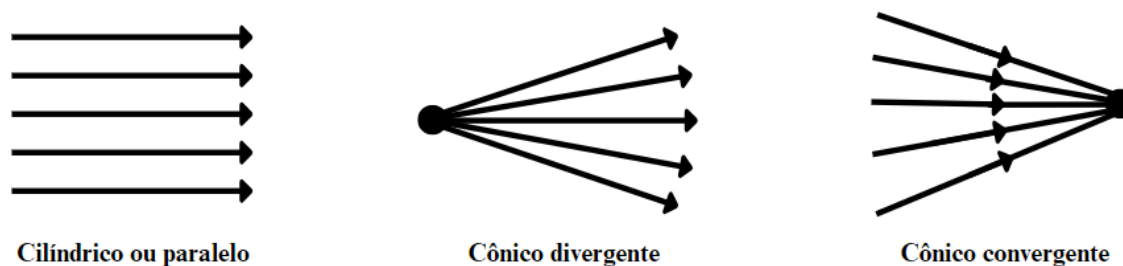
Para Lopes (2013) “na base de qualquer teoria da cor estão os fenômenos associados à cor e à forma como as cores são percebidas e distinguidas”. Essa percepção é influenciada por agentes internos ao observador e, também, externos à ele. Os internos se referem às capacidades sensoriais e memória do observante que, em seres vivos, estarão relacionadas as características fisiológicas, psíquicas, emocionais e culturais dos indivíduos; ao passo que em máquinas se relacionarão às características mecânicas e ao banco de dados utilizado, por exemplo. Os agentes externos, como os fatores meteorológicos, ambientais, estruturais e físicos, podem influenciar nesses dois tipos de observadores que são, geralmente, associados à iluminação e sua influência na percepção da cor.

Os subcapítulos a seguir buscam alumiar os agentes (luz e cor) presentes nesses fenômenos e que possa possibilitar um aprofundamento que contribua para a compreensão das etapas seguintes desta pesquisa.

2.4.1. A luz

Costa (2015) aponta que ao longo dos anos a compreensão quanto ao que é a luz recebeu respostas como “uma onda, uma partícula quântica e um campo quântico”; a explicação mais aceita, de acordo com Courrol e Preto (2011), afirma que a luz pode ser explicada de duas formas, já que possui caráter dual. A primeira está relacionada à teoria ondulatória e aos fenômenos de refração, interferência, reflexão, difração e polarização; a segunda à teoria corpuscular e aos fenômenos de absorção e emissão da luz. Contudo, Costa (2015) infere que a principal questão quanto à luz, e a indagação à qual este subcapítulo busca explicitar, é “como a luz se propaga e interage com a matéria?”. Como forma de iniciar a resposta à questão acima proposta, é necessário compreender o conceito de raio de luz que, de acordo com Bonjorno e Ramos (2016), apesar de não corroborar com o campo da prática, sendo uma possibilidade apenas teórica, contribui para a assimilação da natureza da luz. Nesse modelo, o raio de luz é representado por uma seta, que aponta a direção e sentido de propagação da luz; sendo o conjunto dessas setas denominado “feixe de luz”. Por sua vez, os feixes de luz podem ser cilíndricos ou paralelos, cônicos convergentes e cônicos divergentes (figura 4).

Figura 3 - Feixes de luz



Fonte: Adaptado pela autora (2022) a partir de Bonjorno e Ramos (2016).

Os fatores determinantes da forma pela qual o feixe de luz pode ser categorizado são o meio pelo qual a luz se propaga (por exemplo o ar) e a superfície a qual ela incide (como uma chapa metálica, o papel e a água) (COURROL e PRETO, 2011). Courrol e Preto (2011), determinam que existem dois tipos de corpos, os luminosos e os iluminados. Os corpos luminosos são emissores da própria luz, como é o caso das estrelas, chamas de velas e lâmpadas; ao passo que corpos iluminados são aqueles que enviam luz apenas após recebê-la de um corpo luminoso, sendo esses a grande maioria de objetos ao nosso redor, como mesas e livros. Bonjorno e Ramos (2016), complementam que os objetos luminosos são as fontes primárias e os iluminados a fonte secundária. Os corpos iluminados podem ser classificados de acordo com a quantidade de luz que permitem transpor, se dividindo em transparentes, translúcidos e opacos. O quadro 1 apresenta a definição de cada uma dessas categorias segundo Courrol e Preto (2011).

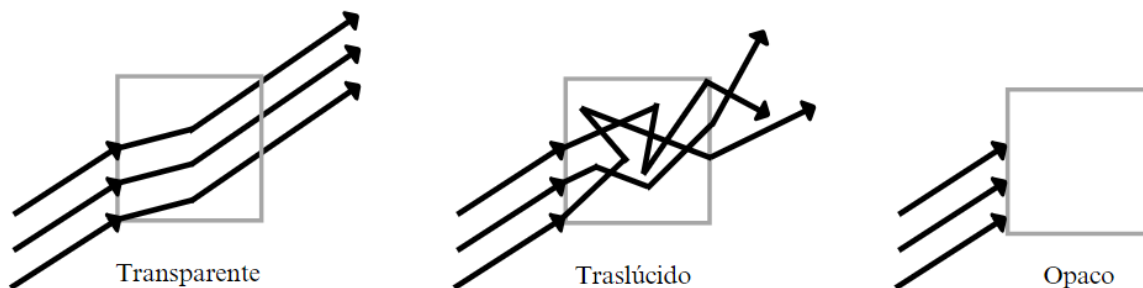
Quadro 1 - Objetos transparentes, translúcidos e opacos

Classificação do objeto	Definição
Transparentes	São os que deixam passar a luz em trajetórias regulares e nos permitem observar perfeitamente os objetos através deles, como a água, o ar ou o vidro comum.
Translúcidos	São os que deixam passar a luz em trajetórias irregulares e que nos permitem observar somente o contorno dos objetos através de si, como o vidro esmerilhado ou o papel vegetal.
Opacos	São aqueles que não permitem a passagem da luz. É o caso, entre outros, da madeira, do chumbo e do ferro. Esse projeto irá analisar objetos opacos.

Fonte: Adaptado pela autora (2022) a partir de Courrol e Preto (2011).

A figura 5 a seguir buscar representar visualmente as classificações dos objetos segundo definição de Courrol e Preto (2011) a quantidade de luz que transferem.

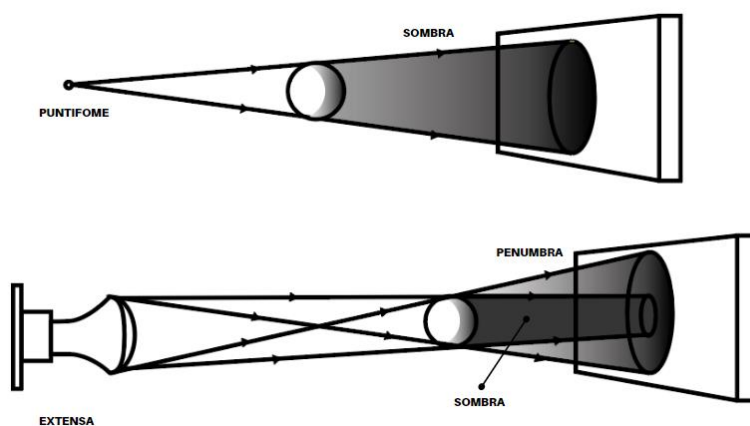
Figura 4 - Objetos transparentes, translúcidos e opacos



Fonte: Adaptado pela autora (2022) a partir de Courrol e Preto (2011).

Uma vez que objetos opacos não possibilitam que a luz os atravesse, o espaço atrás desses corpos não é iluminado ou é parcialmente iluminado, gerando sombra e penumbra. Nesse sentido, a fonte da luz que incide sobre esses objetos é a variável definidora de cada um dos casos. Bonjorno e Ramos (2016), classificam as fontes puntiformes como “toda fonte cujas dimensões são desprezíveis em relação às distâncias envolvidas que as separam de um observador”; em fontes extensas a relação da distância não pode ser desprezada. Para exemplificar, os autores propõem um cenário onde uma lâmpada acesa é observada a 40m de distância (no caso da fonte puntiforme) e a 20cm de distância (no caso de uma fonte extensa). Um objeto iluminado por uma fonte puntiforme bloqueia os raios que o atingem, resultando em uma sombra uniforme, ao passo que um objeto iluminado por uma fonte extensa produz uma sombra que varia de intensidade, essa variação é chamada de penumbra. A figura 6 apresenta os dois fenômenos.

Figura 5 - Fontes de luz, sombra e penumbra



Fonte: Adaptado pela autora (2022) a partir de Bonjorno e Ramos (2016)

Os raios de luz, ao passo que são bloqueados pelos objetos gerando sombra e penumbra, são também refletidos e absorvidos por ele. É esse processo que possibilita a identificação das formas e cores desses corpos pelos seres humanos, por meio da captura e interpretação pelo olho e cérebro respectivamente (Lopes, 2013). O subcapítulo 2.4.2. denominado “a cor”, irá descrever as relações entre a luz e cor mais detalhadamente. Entretanto a seguir, serão apresentadas as formas de iluminação artificial que são comumente utilizadas.

2.4.1.1. Iluminações artificiais

Os primeiros tipos de lâmpadas elétricas a serem comercializadas foram as incandescentes. Utilizando um filamento de tungstênio por onde ocorre a passagem da corrente elétrica, que o aquece e o torna “incandescente”, gerando a luz. Para não oxidar o filamento, a parte interna das lâmpadas é geralmente preenchida por argônio e nitrogênio, aumentando sua durabilidade (Adabo, 2019). OSRAM (2009) aponta que essa durabilidade é de, em média, 1.000 horas, ainda é pequena, se comparada às lâmpadas fluorescente (10.000 horas) e LED (25.000 horas).

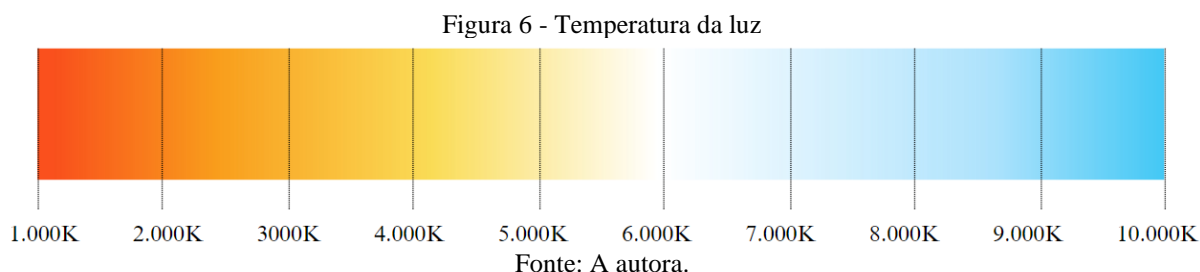
Retomando Adabo (2019) sobre lâmpadas incandescentes, a autora menciona que esse tipo de produto foi gradativamente sendo retirado de circulação no Brasil devido a sua ineficiência energética. Atualmente (2023), a venda de lâmpadas incandescentes é proibida em diversos países do mundo, incluindo o Brasil. Como substituta, foram sendo popularizadas as lâmpadas halógenas, que utilizam o mesmo princípio das lâmpadas incandescentes: gerar luz por meio de filamento de tungstênio e gases. No caso da halógena, são inseridos também iodo ou bromo, elementos que contribuem para a economia de eletricidade que, ainda assim, é menor que nas lâmpadas fluorescente ou LED. Devido à isso, as lâmpadas halógenas também tem comercialização proibida em alguns países, não sendo o caso do Brasil (Adabo, 2019).

A introdução da lâmpada fluorescente no mercado colocou à disposição um produto que pode chegar à um consumo de energia 75% menor que as lâmpadas halógenas (Adabo, 2019). Além disso, as lâmpadas fluorescentes emitem mais luz do que calor, através de energia eletromagnética, gerando uma corrente que, ao percorrer um caminho com a mistura dos gases argônio e mercúrio, emite radiação ultravioleta. Os raios de luz UV entram em contato com um pó de tungstato de magnésio ou silicato de zinco (geralmente) que reveste a superfície interna da lâmpada e são capazes de captar o comprimento de onda invisível do UV em visível (OAK, 2018).

O LED (*Light Emitting Diode*, diodo emissor de luz, em tradução nossa) foi inventado em 1961, mas só em 1999, passa a ser utilizado como uma forma de iluminação. Com a

intensidade luminosa muito maior que os primeiros LEDs produzidos, as lâmpadas desse tipo vendidas atualmente no mercado possuem diversas vantagens em relação as anteriormente citadas aqui (ADABO, 2019; OAK, 2018). Segundo o INMETRO (2022), as lâmpadas LED têm tempo de duração vinte e cinco vezes maior que uma lâmpada halógena, contudo é necessário salientar que esse período de duração se refere ao tempo que a lâmpada começará a funcionar com 70% de sua capacidade luminosa, portanto essa duração não significa que a lâmpada irá deixar de funcionar por completo. Outro ponto positivo do uso de lâmpadas LED é que podem ser descartadas em lixo comum, uma vez que não utilizam mercúrio; não emitem radiação ultravioleta e infravermelha (nocivas aos olhos) e, caso quebrem, os resíduos não são espalhados pelo ambiente devido a um revestimento em sua superfície (INMETRO, 2022).

Além da caracterização das lâmpadas pela sua forma de fabricação e funcionamento, podemos atribuir a elas características como a temperatura da cor e a potência. A temperatura da cor de uma lâmpada, se refere a tonalidade da luz que é emitida, sendo medida em Kelvin (K) e variando de tonalidades mais amareladas à mais azuladas (IP Minas, 2022). A representação visual da temperatura de cor pode ser observada na figura 6.



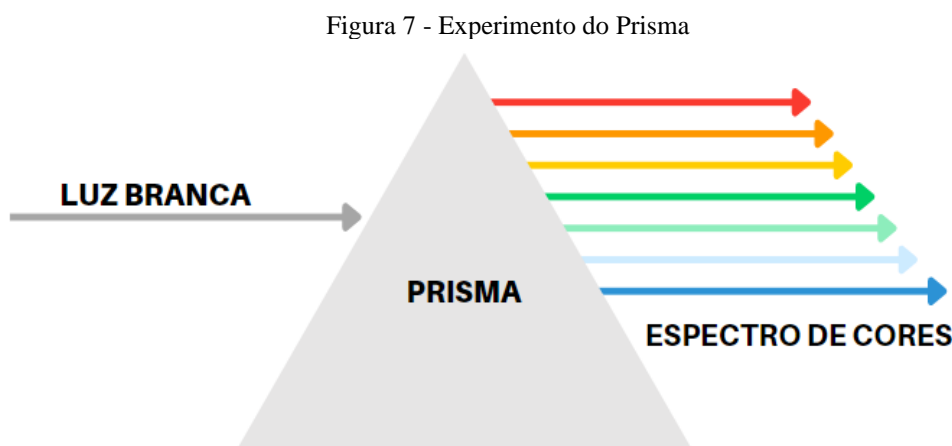
Pelo fato de a luz fria gerar mais contraste ao incidir sobre superfícies, gerou-se a falsa premissa que uma iluminação fria tem mais gasto energético. A potência, segundo IP Minas (2022), medida em Watts (W), se refere ao consumo de energia que o produto demanda e não está relacionada a coloração da luz. Diferentes colorações de luz influenciam no comportamento e sentimentos dos observadores, podendo gerar sensações de aconchego e relaxamento em colorações mais quentes e produtividade e energia em colorações mais frias.

2.4.2. A cor

Nassau (2001), aponta que podemos abordar a palavra “cor” de três diferentes maneiras: i) como um comprimento de onda eletromagnética; ii) como propriedade de um objeto; e iii) como a sensação formulada na relação entre os olhos e o cérebro. Essa distinção se faz importante pois a percepção da cor pelos seres humanos não está totalmente relacionada ao comprimento de onda que o objeto emite, mas a capacidade de percepção visual do observador.

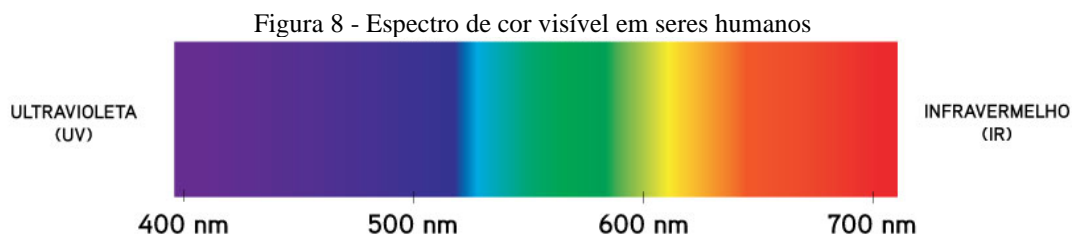
“Na percepção visual de uma cor ocorrem interpretações dos estímulos luminosos que chegam aos olhos. A primeira delas é na retina, que recebe o estímulo do objeto e envia uma informação ao cérebro. Um segundo nível é o do próprio cérebro, que pode combinar a informação provinda da retina com aspectos relacionados à memória. Por exemplo, uma maçã tende a ser interpretada como vermelha, mesmo sob uma iluminação artificial que produza pouca reflexão no vermelho - porque temos uma memória de que maçãs são vermelhas. Outro exemplo é que um objeto levado de um ambiente muito iluminado para outro com fraca iluminação pode manter, para o cérebro, a mesma cor original, mesmo tendo seu espectro de emissão alterado.” (OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, 1953 apud. SCARINCI e MARINELI, 2001).

Assim, apesar de que a percepção da cor em seres humanos não esteja completamente relacionada ao seu comprimento de onda, temos que a iluminação influencia na emissão de feixes de um objeto. Dessa forma, outra variável a ser descrita e que influencia a percepção de cor é o tipo de iluminação que incide sobre os objetos. Ao utilizarmos o exemplo do experimento do prisma, tem-se que a luz branca é composta de todas as cores da escala de cores visível e a nossa leitura sobre esse conjunto de cores faz com que tenhamos a percepção do branco. Ao utilizarmos um prisma de vidro e direcionarmos um feixe de luz branca em sua superfície, podemos observar a separação dessas cores, conforme a figura 7 (Halliday & Resnick, 2016).



Fonte: Elaborado pela autora a partir de Halliday e Resnick (2016).

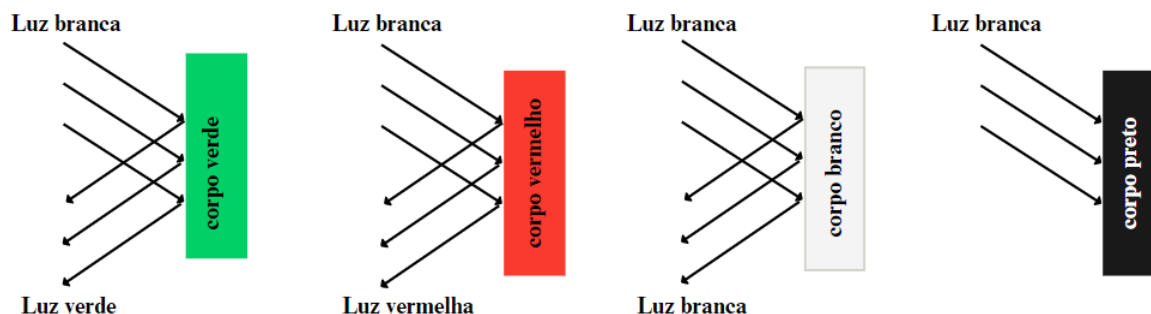
Ainda, Scarinci e Marineli (2014) salientam que seres humanos são capazes de identificar comprimentos de onda que ficam entre os 400nm e 700nm, sendo o menor correspondente aos tons de azul e o maior a tonalidades de vermelho. Dessa forma, as tonalidades observadas no experimento do correspondem a capacidade humana de assimilação dessas ondas. A figura 8 demonstra o espectro de cores visualizado por seres humanos.



Fonte: FoxLux (2022).

Bonjorno e Ramos (2016) afirmam que a luz branca (aquela que é emitida pelo sol, por exemplo) é formada por sete cores principais: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta. Retomando o que foi mencionado no capítulo anterior, os autores apontam que a cor de um corpo é resultado da sua capacidade de absorção e reflexão da luz que incide sobre ele. Desse modo, ao apontarmos uma luz branca, que carrega as cores do espectro visível, para um corpo de cor “x”, ele irá absorver todas as cores que não correspondem a “x” e refletir apenas aquela que já possui e permitirá que possamos observá-la. A figura 9 demonstra esse fenômeno.

Figura 9 - Reflexão de luz pelos corpos.



Fonte: Elaborado pela autora com base em Bonjorno e Ramos (2016).

Para tornar possível a identificação de cores com precisão, ao logo dos anos foram elaborados diversos sistemas de cores. O próximo capítulo abrange essa temática.

2.4.2.1. Sistema de cores

Um sistema ou modelo de cor, segundo Ibraheem *et al.* (2012), define-se pela representação digital das cores possíveis; os autores também complementam sua conceitualização do termo citando Ford e Roberts (1998), que definem os sistemas de cores como a forma a qual os seres humanos conseguem distinguir cores, possibilitando sua caracterização de acordo com atributos. Esses atributos são elencados e descritos pelos autores como demonstra o quadro 2.

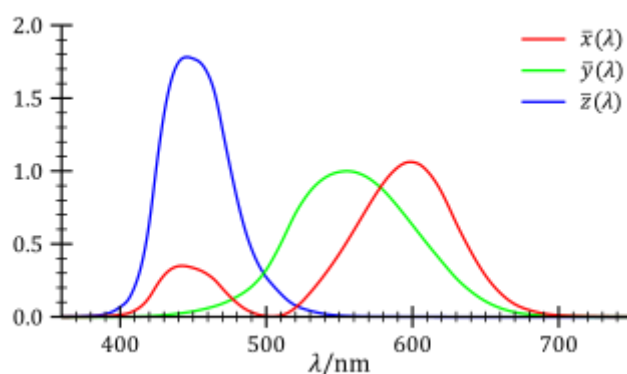
Quadro 2 - Definição dos atribuídos das cores.

ATRIBUTO	DEFINIÇÃO
Brilho	A sensação humana pela qual uma área exibe mais ou menos luz.
Matiz	A sensação humana à qual uma área parece ser semelhante a uma, ou as proporções de duas, das cores percebidas como o vermelho, amarelo, verde e azul.
Coloridez	A sensação humana segundo a qual uma área parece exibir mais ou menos a sua tonalidade.
Luminosidade	A sensação de brilho de uma área em relação a uma referência branca na cena.
Croma	O colorido de uma área em relação ao brilho de um branco de referência.
Saturação	O colorido de uma área em relação ao seu brilho.

Fonte: Ford e Roberts (1998, tradução nossa).

Entre os diferentes modelos de classificação de cores citados por Ibraheem, Hasan, *et al.* (2012) podemos citar o RGB, CMYK, HSV e os modelos CIE. Os sistemas de cores da CIE, elaboradas pela Comissão Internacional de Iluminação, foram os primeiros a surgirem, sendo o CIEXYZ lançado em 1931 (Plataniotis & Venetsanopoulos, 2000). Os autores citam que nesse sistema “matematicamente falando, o modelo pode ser descrito como componente de luminância Y juntamente com duas coordenadas de croma X e Z” (PLATANIOTIS e VENETSANOPOULOS, 2000, tradução nossa). O sistema pode ser representado por um gráfico, como no exemplo observado na figura 10.

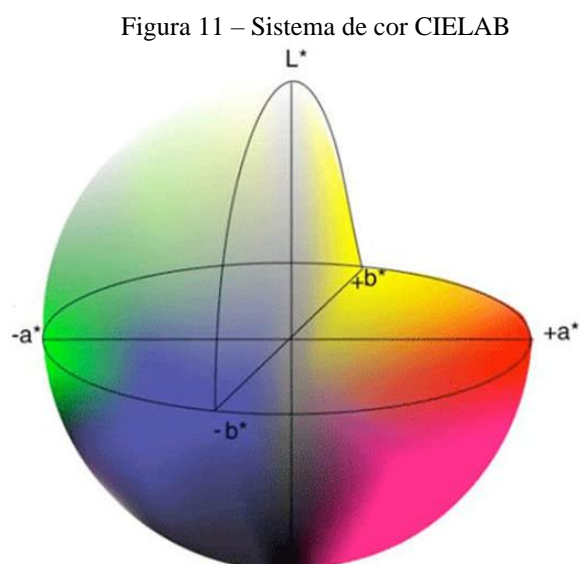
Figura 10 – Sistema de cor CIEXYZ.



Fonte: Ibraheem, Hasan, *et al.* (2012).

Uma variação desse primeiro modelo é o CIELAB, um sistema de cor que determina a cor de acordo com sua posição em um espaço de cor tridimensional. Neste sistema, a letra “L” representa a luminosidade da cor, onde quando “L” é um resultado igual a 0 (zero) refere-se a cor preta, ao passo que quando “L” é igual a 100 têm-se a cor branca. A letra “A” indica a croma, onde quando “A” resulta em valores positivos temos a cor vermelha e para valores negativos temos a cor verde. Por fim, a letra “B” se refere a matiz, sendo “B” maior que 0 (zero) indicando a cor amarela e “B” menor que 0 (zero) resultando em verde. (Ibraheem,

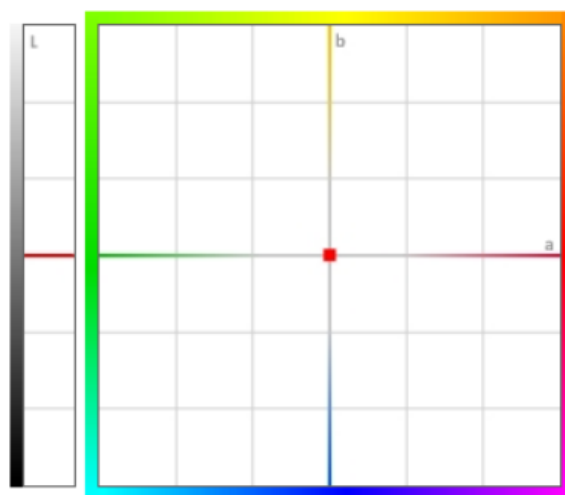
Hasan, Khan, & Mishra, 2012) A representação visual do sistema CIELAB pode ser visualizada na figura 11.



Fonte: ResearchGate (2013).

É possível representar o círculo de cor CIELAB também planificado, gerando um gráfico em 2 dimensões, conforme a imagem 12.

Figura 12 – Gráfico CIELAB planificado

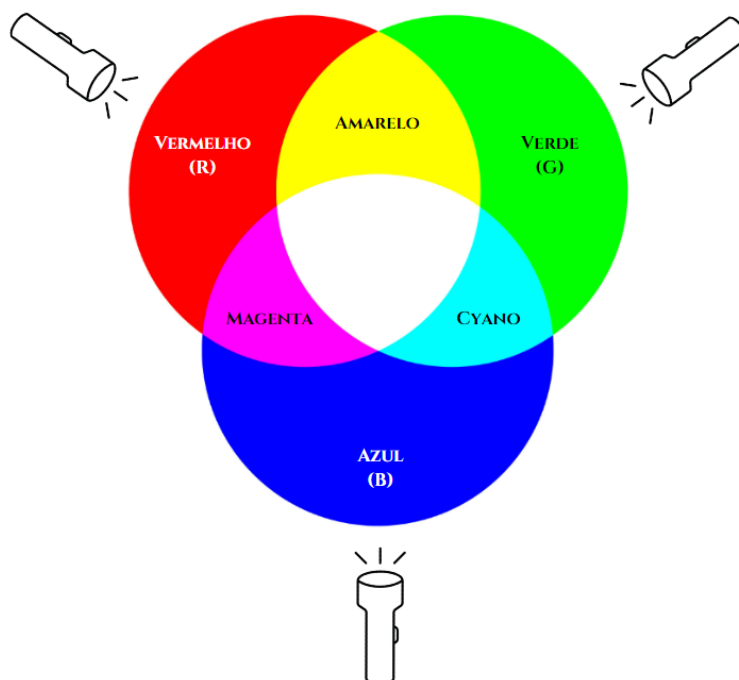


Fonte: Retirado do *Software Lab7* (2023).

Para além, de acordo com Ferreira e Rodrigues (2021), a teoria básica das cores luz, onde temos a divisão entre cores primárias e secundárias, foi desenvolvida por meio do trabalho de Thomas Young, entre os séculos XVIII e XIX. O pesquisador, descobriu que ao projetar luz através de filtros nas cores vermelhos, verde e azul e sobrepô-los, era possível produzir outras cores, conforme a figura 13. Às cores inicialmente citadas deu-se o nome de cores primárias e às cores produzidas através delas (magenta, amarelo e ciano) foi dado o o

nome de cores secundárias. A combinação das projeções de luz coloridas produzia a cor branca. Sobre isso, Rocha (2011) complementa que Isaac Newton havia chegado à um resultado parecido, por meio do disco de Newton, contudo, a tecnologia da época não permitia a compreensão total do fenômeno, ao qual hoje nomeamos de cor-luz e o medimos através do sistema de RGB (siglas para *red*, *green* e *blue*; ou seja vermelho, verde e azul em tradução do inglês).

Figura 13 - Sistema de cor RGB



Fonte: A autora adaptado de Ferreira e Rodrigues (2021).

Este sistema é muito utilizado em monitores de televisão e computador, câmeras digitais, celular e demais dispositivos de que emitem luz.

3. METODOLOGIA

Em um projeto científico é necessário o estabelecimento de diretrizes para sua elaboração, de forma que os objetivos previamente propostos possam ser cumpridos através de um método (GIL, 2022). Este capítulo constitui-se da apresentação dos procedimentos metodológicos utilizados o cumprimento desses objetivos, estando dividido em dois subcapítulos: caracterização da pesquisa e etapas da pesquisa.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Prodanov e Freitas (2013), apontam que ao abordarmos uma pesquisa de acordo com seus objetivos, temos que uma pesquisa explicativa busca melhor elaborar conhecimentos através de registros e análises do objeto a ser observado. Gil (2022) acrescenta que esse tipo de pesquisa contribui para geração de conhecimento pois encontra respostas aos “porquês” existentes na temática. Dessa forma, esta pesquisa pode ser caracterizada quanto a seus objetivos de forma explicativa.

Para a obtenção dos dados que serão utilizados para compor o projeto é preciso definir quais procedimentos serão empregados de forma a delinear a pesquisa. Dessa forma e, segundo Prodanov e Freitas (2013), quanto aos seus procedimentos essa pesquisa tem caráter bibliográfico e experimental. Pesquisas bibliográficas unem materiais previamente publicados sobre a temática, contribuindo para que o pesquisador tenha um melhor entendimento sobre o tema e compreenda melhor o atual estado em que se encontra. Ao passo que pesquisas experimentais buscam gerar conhecimentos a partir do estudo prático da questão, apoiando-se em aparelhos, modelos e instrumentos para encontrar respostas às questões envolvidas (PRODANOV e FREITAS, 2013). Ao caracterizarmos a pesquisa quanto a sua abordagem, temos que se trata de uma pesquisa quantitativa, onde a conferência de relações entre variáveis é analisada e traduzida em números (PRODANOV e FREITAS, 2013). Köche (2011) complementa que essa etapa de pesquisa pode ser considerada um processo circular, uma vez que tente a reelaborar os fatos através da indagação, conseqüentemente gerando novas perguntas. A figura 14 apresenta o esquema de pesquisa, onde os itens acima descritos foram organizados de forma a obter-se uma representação figurativa dos parágrafos acima.

Figura 14 - Esquema de pesquisa



Fonte: A autora adaptado de Prodanov e Freitas (2013).

3.2. ETAPAS DA PESQUISA

Para a elaboração desta pesquisa utilizou-se como base o esquema elaborado por Ximenes (2018), onde a pesquisa é dividida em duas fases, uma informacional e outra projetual.

A fase informacional está dividida em duas etapas: identificação e preparação. Esta fase busca estabelecer uma melhor compreensão sobre o trabalho, sobre os elementos que o compõem, sobre o atual estado da arte na temática, sobre o problema a ser resolvido e sobre as variáveis necessárias para a elaboração das análises, pelas quais a fase projetual irá se guiar.

A fase projetual compreende a elaboração aplicada do que foi verificado ao longo da fase informacional. Está dividida em quatro etapas, sendo elas: Ideação, Elaboração, Avaliação e Resultados. A etapa de "Ideação" propõe alternativas para montagem da estrutura física das análises, a serem aplicadas na etapa seguinte. A "Elaboração" corresponde a montagem do equipamento, etapa onde também são elaborados testes de verificação parciais, buscando uma melhor seleção das alternativas e elaboração de uma estrutura mais adequada aos ensaios finais, que fazem parte da etapa de Avaliação. Por fim, a etapa projetual resulta na conclusão deste trabalho, onde são demonstrados os resultados obtidos na fase de mesmo nome, a elaboração de gráficos e tabelas para melhor visualização e compreensão dos efeitos observados e indicações para pesquisas futuras.

A figura 15 a seguir apresenta um mapa visual das etapas acima descritas.

Figura 15 - Mapa visual das etapas projetuais



Fonte: Elaborado pela autora com base em Ximenes (2018).

Para além das fases elaboradas por Ximenes (2018), utilizou-se a metodologia indicada por Lakatos e Marconi (2003) quanto ao cumprimento dos objetivos específicos, onde as autoras propõem a relação direta dos objetivos definidos para a pesquisa a etapa metodológica. Dessa forma, elaborou-se o seguinte esquema apresentado na figura 16.

Figura 16 - Esquema de relação de objetivos e métodos

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	SOLUÇÃO PRETENDIDA
Levantar informações sobre a influência da iluminação e das cores em objetos capturados via webcam.	Definição de estudos de referência e definição das variáveis projetuais para esta pesquisa.
Construir modelos físicos para análise de parâmetros.	Elaboração da estrutura necessária para a realização dos testes propostos.
Analisar os parâmetros de iluminação e cor em objetos.	Manipulação das variáveis projetuais e catalogação dos resultados encontrados
Realizar análises parciais.	Teste e validação das diretrizes.

Fonte: Elaborado pela autora (2022) com base em Lakatos e Marconi (2003).

A identificação da solução pretendida para cada objetivo, tornou mais eficiente a escolha de artigos a serem utilizados como referência nesta pesquisa. Os artigos em questão estão descritos no próximo capítulo.

4. ESTUDOS DE REFERÊNCIA

Uma vez elaborada a análise bibliográfica, foi realizada uma revisão sistemática utilizando como base a busca de artigos que unissem as temáticas acima descritas para funcionarem como uma base para a elaboração desta pesquisa. Os três trabalhos selecionados nessa revisão são apresentados a seguir. A partir desta definição foi possível compreender quais equipamentos e métodos seriam necessários para a realização das análises.

4.1. ILUMINAÇÃO EM CENTROS DE TRIAGEM DE SELEÇÃO DE MATERIAIS

Na pesquisa de Albizu (2008), a autora elaborou diretrizes para centros de triagem de materiais recicláveis, visando melhor atender as necessidades de segurança e saúde dos trabalhadores. Um dos critérios levantados na pesquisa, analisa a iluminação desses ambientes, utilizando dois centros de triagem como referência, a Associação de Coletores de Material Reciclável Novo Guarituba de Piraquara (RECIQUARA) e a Cooperativa de Carrinheiros Zumbi dos Palmares (Coop Zumbi).

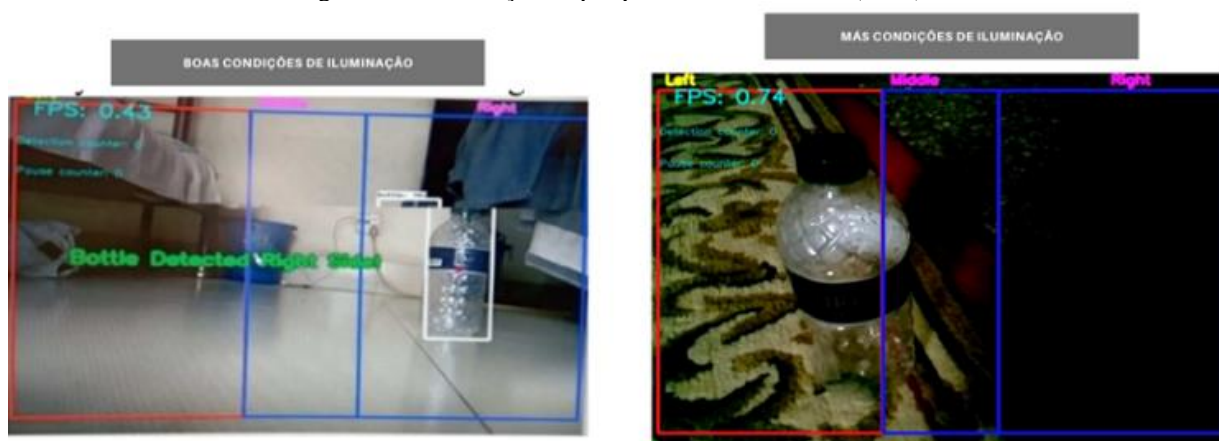
Para realizar as medições dos níveis de iluminância foi usado um luxímetro da marca GOERTZ METRAWATT e; para a avaliação e comparação dos resultados, os níveis encontrados foram cruzados com o que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define como ideal para realização de atividades com requisitos visuais limitados, conforme a NBR 5413, de iluminância de interiores (ALBIZU, 2008). Os resultados obtidos na análise destes locais ficaram entre 80 lux e 130 lux nas mesas de triagem, estando abaixo da média indicada pela NBR 5413 de 150 lux, normativa na época em vigor.

4.2. ROBÔ AUTÔNOMO PARA COLETA DE RESÍDUOS

O trabalho de Raihan *et al.* (2020) apresenta elaboração de um robô autônomo com capacidade localizar e capturar materiais de descarte. O projeto se diferencia deste estudo, pois aqui tratamos de um robô com localização fixa, focando em ser adaptado em esteiras de centros de reciclagem, ao passo que o projeto de Raihan *et al.* (2020) trata-se de um robô com capacidade de movimentação em sítio. Apesar dessa diferença funcional, o projeto de Raihan *et al.* (2020) apresenta muitas similaridades com o desenvolvido pelo Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LDSM) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Além do propósito final (capturar resíduos), ambos utilizam foto detecção para o reconhecimento desses objetos e se apoiam na linguagem de programação Python nas suas identificações.

É importante observar que, quanto à geolocalização do sistema robô-resíduo, o projeto de Raihan *et al.* (2020) utiliza uma câmera Raspberry Pi como um verificador da localização do objeto, observando onde se encontra e direcionando o robô de forma que o item observado se encontre no centro do vídeo, para que ao chegar a uma distância de 15cm do objeto o autônomo o recolha. O tempo de reconhecimento de um objeto de descarte e o acionamento do comando de direcionamento do robô demora, em média, 2 segundos. Raihan *et al.* (2020), quanto à detecção de objetos, concluem que a iluminação interfere na identificação pela câmera Raspberry Pi, citando que em boas condições de iluminação o equipamento performa muito bem, tendo em média 80% de precisão. Contudo, quando a condição de iluminação não é muito boa, a porcentagem de detecção cai significativamente. Conforme apresentam na figura 17.

Figura 17 - Iluminação na pesquisa de Raihan *et al.* (2020)



Fonte: Raihan *et al.* (2020).

Os autores não especificam quais critérios usam para definir uma boa ou má iluminação, ou a partir de que ponto a porcentagem de precisão de identificação começa a ser considerada inadequada devido à iluminação.

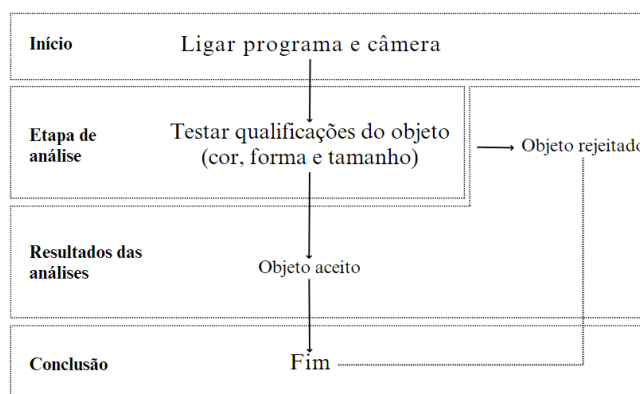
4.3. RECONHECIMENTO DE CORES E FORMATOS POR *WEBCAMS*

O artigo de Pulungan, Nafis, *et al.* (2021), descreve a detecção de objetos por uma *webcam* tendo como base suas cores, formas e tamanhos. A pesquisa foi elaborada utilizando o sistema de cores HSV para detectar a cor vermelha nos objetos elaborados para a análise.

Uma vez detectada a cor no objeto, era realizada a conversão para cores binárias (*thresholding*) a fim de observar o contorno dos objetos e, conseqüentemente, sua forma. Objetos não detectados como vermelho eram automaticamente descartados. O tamanho do objeto era o último item a ser descrito e foi realizado através da medição do espaço nos pontos médios de cada aresta observada após o *thresholding*. Os autores apontam que a realização

desta análise parte das medições de duas variáveis, sendo elas forma-cor e cor-tamanho, pois já são suficientes para resultados eficazes; contudo, a utilização das três variáveis (cor-forma-tamanho) possibilita uma melhor seleção. (PULUNGAN, NAFIS, *et al.*, 2021). Pulungan, Nafis, *et al.* (2021) elaboraram o seguinte fluxograma como representação visual do método de pesquisa (figura 18).

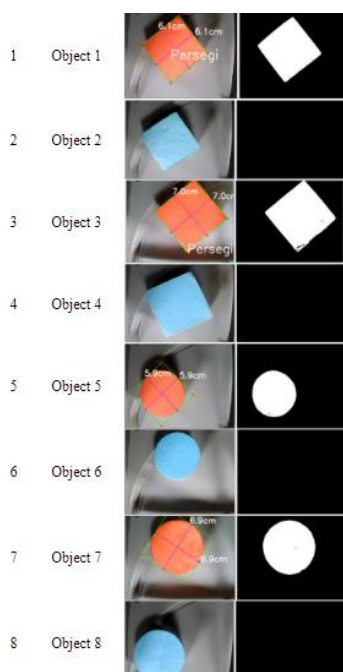
Figura 18 - Fluxograma da pesquisa de Pulungan, Nafis, *et al.* (2021)



Fonte: Adaptado pela autora a partir de Pulungan, Nafis, *et al.* (2021, tradução nossa).

Para as análises foram utilizados objetos nas cores vermelho e azul, nos formatos de cubo e cilindro. Uma vez que a *webcam* foi disposta logo acima do objeto, à uma distância de 22cm da base, a percepção deles pelo sistema de detecção resultada em planos quadrados e circulares, conforme a figura 19.

Figura 19 - Capturas de Pulungan, Nafis, *et al.* (2021).



Fonte: Pulungan, Nafis, *et al.* (2021).

A câmera era capaz de detectar objetos utilizando a linguagem de programação Python a partir de valores de HSV na variação demonstrada na tabela 1.

Tabela 1 - Valores limites de HSV na pesquisa de Pulungan, Nafis, *et al.* (2021).

No	Valor limite	H	S	V
1	Maior (<i>upper</i>)	30	255	255
2	Menor (<i>lower</i>)	0	80	135

Fonte: Adaptado de Pulungan, Nafis, *et al.* (2021, tradução nossa).

O script Python utilizado está representado na figura 20.

Figura 20 - Script Python de Pulungan, Nafis, *et al.* (2021).

```
hsv = cv2.cvtColor(self.image, cv2.COLOR_BGR2HSV)
mask = cv2.inRange(hsv, lower_red1, upper_red1)
```

Fonte: Pulungan, Nafis, *et al.* (2021).

Os autores concluíram a partir das análises que o dispositivo funcionou como esperado, em acórdância com o sistema pré-determinado.

4.4. RESUMO DAS INFORMAÇÕES REFERENCIAIS

A partir dos estudos de referência foi possível definir parâmetros mais precisos para uma melhor análise nesta pesquisa. O quadro 3 apresenta esses parâmetros.

Quadro 3 - Informações referenciais

Autores	Informações referenciais	Resultados apontados
Albizu (2008)	Iluminância em centros de triagem	80 lux – 150 lux
Raihan, Rahman, <i>et al.</i> (2020)	Linguagem de programação	Python
Pulungan, Nafis, <i>et al.</i> (2021)	Formato dos objetos referenciais	Cúbicos e cilíndricos
Pulungan, Nafis, <i>et al.</i> (2021)	Tamanho dos objetos referenciais	Entre 6x6x6cm e 7x7x7cm

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos trabalhos de Albizu (2008); Raihan, Rahman, *et al.* (2020) e Pulungan, Nafis, *et al.* (2021)

As informações aqui apresentadas servem são orientadoras para a determinação da metodologia de análise da presente pesquisa.

5. MATERIAIS E METÓDOS

Este capítulo demonstra como as análises foram elaboradas, assim como os equipamentos utilizados nesta pesquisa, bem como suas principais características e as formas de funcionamentos e por fim o modelo de apresentação de resultados. Os estudos de referência (conforme apresenta-se no quadro 3) foram o ponto de partida para as decisões estabelecidas.

5.1. FLUXO DA PESQUISA

As análises foram realizadas por meio da comparação da cor de um objeto referencial, com a cor do objeto referencial na imagem capturada pela *webcam*. As imagens capturadas terão variação no tipo de lâmpada utilizada, quantidade de lux incidente no objeto referencial, cor do objeto referencial e cor da superfície onde o objeto é posicionado (fundo da imagem). Visando simplificar a compreensão dos próximos parágrafos, as cores coletadas diretamente do objeto referencial serão chamadas de “cores pigmento”. Já as cores coletadas a partir das imagens capturadas pela *webcam* serão chamadas “cores luz”.

A primeira etapa da análise se dá pela utilização do colorímetro para a verificação da cor pigmento em cada um dos objetos referenciais e fundos. Os valores das cores pigmento, aqui coletados em escala CIELAB, devem ser convertidos para a escala RGB, de modo que possibilitem a realização das análises utilizando o valor resultante em cada uma das cores - vermelho (R), verde (G) e azul (B) – comparando-os com os valores RGB das cores luz.

Para dar início à captura das imagens pela *webcam* um ambiente com possibilidade de controle de iluminação, como um câmara escura, deve ser utilizado. Este ambiente deve conter, pelo menos, uma superfície de análise, um local para posicionamento da *webcam* de forma que o objeto referencial fique centralizado em sua área de captura de imagem e local para apoiar a iluminação a ser utilizada. Com o uso de um luxímetro, o nível de iluminação do local de posicionamento do objeto referencial deve ser medido com as luzes internas da câmara escura apagadas. O resultado dessa medição deve ser de 0 lux, para conferir se há influência das luzes externas à câmara escura no seu interior.

Inicialmente, a *webcam* necessita estar configurada para “foco automático” e “exposição manual”. Dessa forma, as imagens realizadas terão ajuste de foco, mas não terão alteração na quantidade luz capturada pela lente da *webcam*, devendo manter uma coloração padronizada ao serem realizadas com as mesmas variáveis.

Nesta pesquisa, optou-se por realizar as análises a 80 lux e 130 lux, tendo como referência o estudo de Albizu (2008) quanto a iluminação nos centros de triagem; 105 lux,

sendo o resultado do cálculo da média dos resultados mínimo e máximo encontrados por Albizu (2008); 150 lux, média utilizada por Albizu (2008) na pesquisa aqui referenciada e 230 lux para observar resultados acima do indicado pela norma apontada. As análises devem cruzar as informações de cor do objeto referencial, quantidade de lux incidente, tipo de lâmpada utilizado e cor da superfície onde o objeto é posicionado.

Na sequência, o objeto referencial e fundo devem ser recortados nas imagens, cada um deles gerando um novo arquivo. Esses arquivos resultantes serão analisados quanto a coloração dominante de pixels na composição de sua imagem. A linguagem de programação Python pode realizar esse tipo de análise e será utilizada nesta pesquisa.

Assim, as cores pigmento serão comparadas com as respectivas cores luz, realizando um cálculo da média das porcentagens resultantes para cada um dos valores de RGB. Para a realização do cálculo, utilizou-se a fórmula apresentada na figura 21. É importante salientar que o cálculo se aplica apenas quando os valores de RGB das cores luz tem resultado inferior aos valores das cores pigmento.

Figura 21 - Cálculo da porcentagem de comparação da cor luz com a cor pigmento

VL = Valor digital
 VP = Valor físico
 PCV = Percentual de comparação
 PM = Porcentagem média de comparação

"V" corresponde ao valor de R, G ou B.

Etapa 1



$$PCV = \left(\frac{VL}{VP} \right) \times 100$$

Realizar com o valor de R, G e B

Etapa 2

$$PM = \frac{PCR + PCG + PCB}{3}$$

Dessa forma, ao analisarmos a comparação dos valores:

	Valor pigmento (RGB) 15,25,35	Valor luz (RGB) 10,20,30	
---	-------------------------------------	--------------------------------	---

Temos:

Etapa 1

R	G	B
10/15 = 0,6667	20/25 = 0,8	30/35 = 0,8571
0,6667 x 100 = 66,67%	0,8 x 100 = 80%	0,8571 x 100 = 85,71%

Aqui podemos verificar que a valor de B (azul) da cor luz é o que está mais próximo do valor pigmento de B. Assim como o valor R luz é o mais distante do valor R pigmento.

Etapa 2

$$PM = \frac{66,67 + 80 + 85,71}{3}$$

$$PM = 77,46\%$$

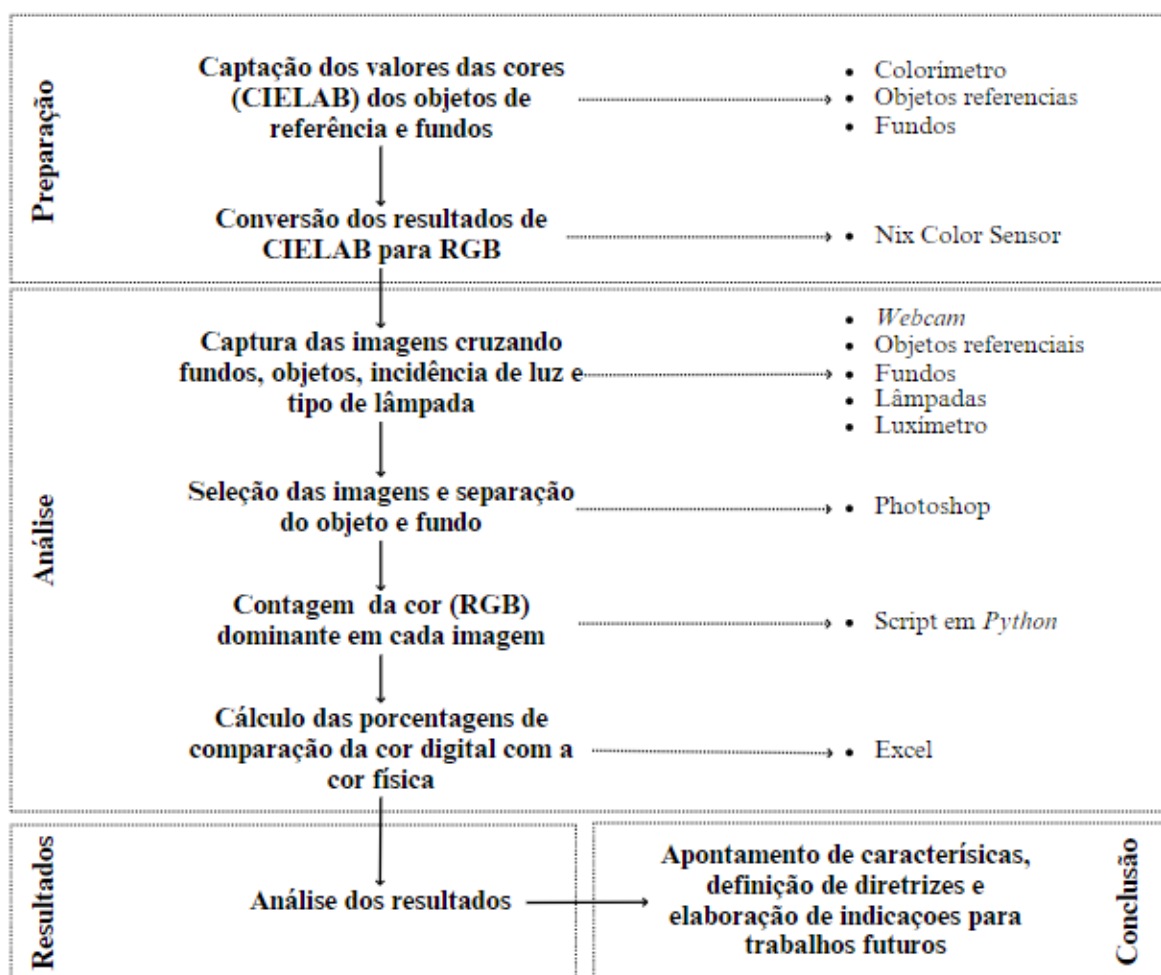
Ou seja, o valor luz se aproxima em 77,46% do valor pigmento.

Fonte: A autora.

Nessa etapa, a cor dominante no objeto e no fundo obtidas nas imagens capturadas pela *webcam* é calculada e comparada à cor verificada anteriormente no modelo físico, utilizando o colorímetro. Após esse momento, é possível observar quais níveis de iluminação possibilitam um resultado mais próximo da cor original do objeto em questão, realizando o cálculo da média de valores em RGB obtidos.

Assim, a presente pesquisa apresenta o seguinte fluxo apresentado na figura 22.

Figura 22 - Fluxo da pesquisa



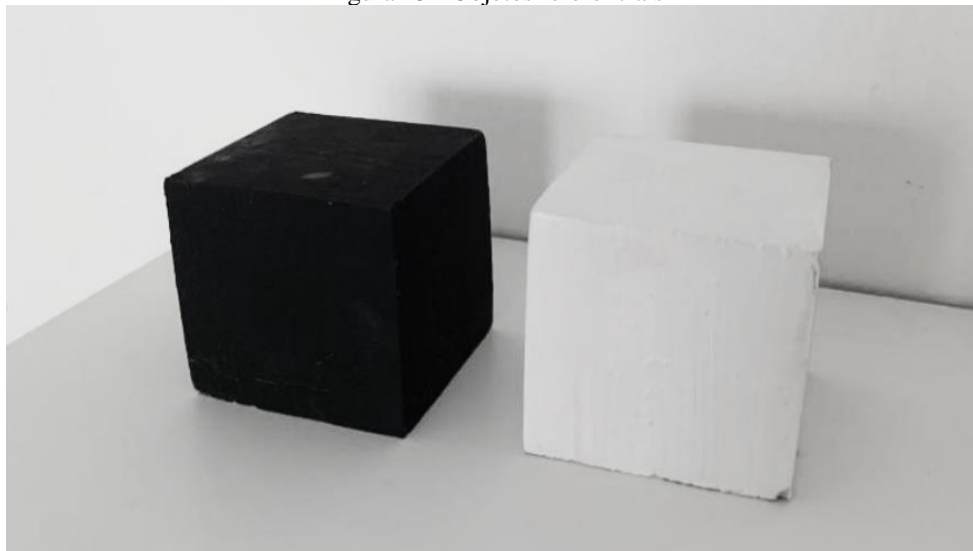
Fonte: A autora.

O próximo capítulo descreve os materiais utilizados para elaboração das análises de acordo com o fluxo de pesquisa.

5.1. OBJETOS DE REFERÊNCIA

Utilizando Pulungan, Nafis, *et al.* (2021) como referências, os objetos elaborados para essa pesquisa são formas opacas cúbicas, medindo 7x7x7 cm e foram confeccionados utilizando blocos maciços de madeira, lixados e pintados com tinta acrílica fosca (figura 23).

Figura 23 - Objetos referenciais



Fonte: A autora.

Optou-se por desenvolver objetos nas cores preto e branco, com pintura fosca, para analisar a incidência de brilho, uma vez que a luminosidade é o foco principal.

5.2. COLORÍMETRO

Para a análise física de cores nesta pesquisa será utilizado um colorímetro Colorium2 (figura 24) fabricado pela empresa Delta Color. O produto possui área de medição de 13 mm e é indicado para medição de cores direcionadas a controle de qualidade em indústrias principalmente de tintas, tecidos e plásticos, possibilitando a análise de cores nos produtos de forma a se chegar em resultados mais uniformes. O produto utiliza 2 pilhas alcalinas (AAA) e realiza as medições no tempo que varia entre 1 e 2 segundos. As medições devem ser realizadas em temperaturas entre 0 °C e 40 °C e a calibração do equipamento deve ocorrer a cada 4 horas de uso utilizando os parâmetros indicados pela empresa (DELTA COLOR, 2011).

Figura 24 - Colorímetro Colorium2



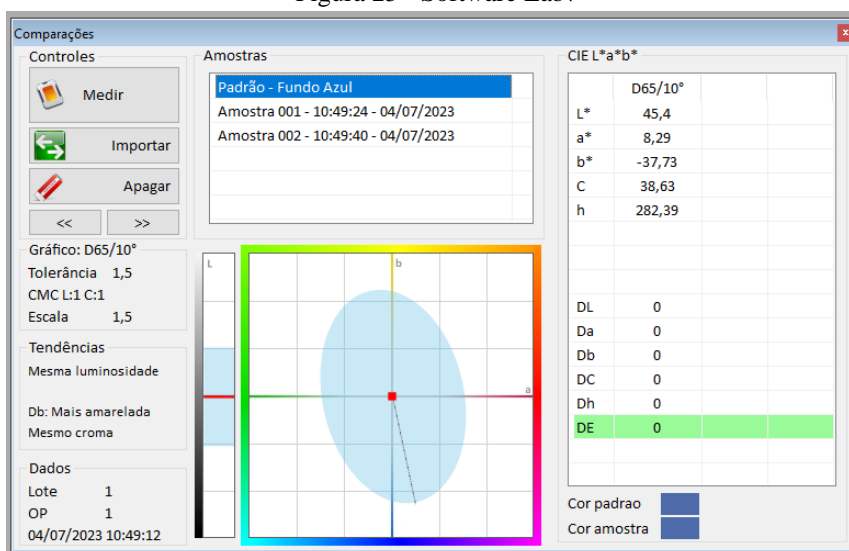
Fonte: Delta Color (2022).

O colorímetro será utilizado para medir a cor dos objetos referência analisados nesta pesquisa e será disponibilizado pelo Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LDSM) da UFRGS. Para gerar esse resultado, o colorímetro Colorium2 elabora as análises juntamente com o *software Lab7*, descrito no subcapítulo a seguir.

5.2.1. Software Lab7

O software Lab7 é utilizado para gerar relatórios nas análises realizadas através do colorímetro. O programa elabora gráficos utilizando o sistema CIELAB de cores e é capaz de registrar padrões e tolerâncias, realizar comparações entre esses padrões e emitir relatórios. A figura 25 demonstra um exemplo de resultado que o *software* gera.

Figura 25 - Software Lab7



Fonte: *Printscreen* do gráfico gerado pelo Software Lab7 realizado pela autora.

O software está instalado no Laboratório de Design e Seleção de Materiais da UFRGS.

5.3. LUXÍMETRO

O luxímetro a ser utilizado nessa pesquisa é o modelo LD-400 da marca *Instrutherm* (figura 26). O equipamento trata-se de um luxímetro portátil, capaz de medir iluminância através do seu sensor de fotodiodo de silício, acoplado à um cabo que permite a realização de medições em diferentes locais (INSTRUTHERM, 2022).

Figura 26 - Luxímetro LD-400



Fonte: Instrutherm (2023)

O objetivo do uso do colorímetro nesse projeto é medir a incidência de lux no local de captura das imagens, dentro da câmera de escura.

5.4. WEBCAM

A *webcam* desta pesquisa é utilizada na garra robótica que foi desenvolvida no LDSM, laboratório este que faz parte da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e está disposta a altura de 25 cm em relação à superfície da esteira onde o objeto a ser analisado será colocado. Este equipamento trata-se de uma *webcam* C920s Pro HD, da marca Logitech (figura 27), com diâmetros de 43,3 mm de altura, 94 mm de largura e profundidade de 71 mm. (LOGITECH, 2022).

Figura 27 - Webcam C920s Pro HD



Fonte: Logitech (2022).

Juntamente com o cabo de 1,5m o equipamento pesa 162g. A resolução da câmera é de 1080p/30gps, com 3 megapixels e CDV diagonal de 78°. Possui também foco automático e zoom digital de 1.2x (LOGITECH, 2022). Para a realização das análises, a exposição da webcam foi fixada e o foco mantido na opção “automático”.

5.5. CÂMARA ESCURA

Para possibilitar a manipulação da luz, sem interferência externa, foi construída (projeto e construção pela mestrandia Sabrina Hasse, em 2022) uma câmara escura no Laboratório de Design e Seleção de Materiais (figura 28). A estrutura mede 240cm de altura, 240cm de largura e tem profundidade de 190cm. Foram utilizados para sua construção guias de eucalipto de 5cmx5cm, lona preta e parafusos para fixação.

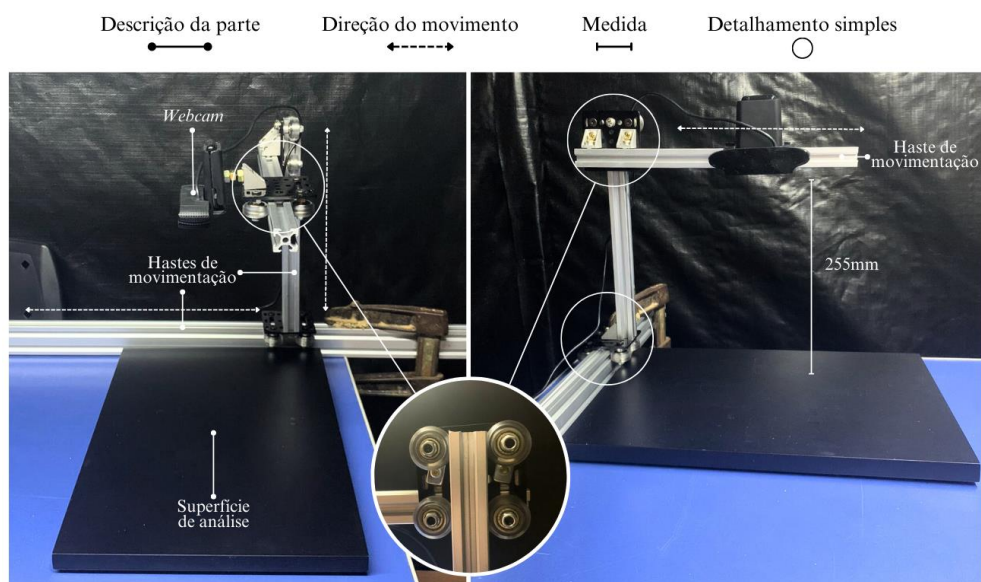
Figura 28 – Câmara escura



Fonte: A autora.

No interior da câmara foram acomodadas as lâmpadas utilizadas nas análises, afixadas com cordas e parafusos, que permitam sua aproximação ou distanciamento da mesa de análise, possibilitando a manipulação da quantidade de lux incidente. A *webcam* foi fixada em uma haste móvel acoplada a mesa, que permite sua centralização no local referência, demarcado na superfície de análise (figura 29). O computador utilizado para realizar as análises também foi colocado sobre a mesa.

Figura 29 - Mesa de análise



Fonte: A autora.

A câmera foi disposta à uma distância de 225mm do centro da superfície de análise. Para possibilitar a movimentação da *webcam* foram utilizadas doze rodas de silicone, acomodadas em grupos de quatro nas extremidades de ligação das hastes de movimentação. Isso possibilitou o posicionamento tridimensional da *webcam*.

5.6. LÂMPADAS

O interior da câmara escura foi iluminado utilizando três tipos de lâmpadas: fluorescente, LED e halógena (figura 30).

Figura 30 - Lâmpadas utilizadas nas análises



Fonte: A autora.

A tabela 2 mostra mais informações sobre cada uma das lâmpadas escolhidas para essa pesquisa.

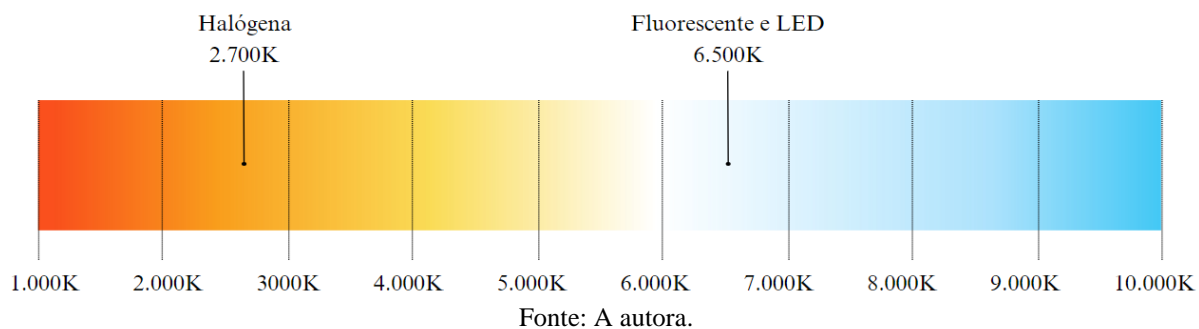
Tabela 2 - Lâmpadas utilizadas nas análises

Tipo	Marca	Temperatura da cor	Potência	Feixe
Fluorescente	Sylvania	6500k	24w	Divergente
Halógena	Taschibra	2700K	9W	Divergente
LED	Taschibra	6500K	70W	Divergente

Fonte: A autora.

Optou-se por utilizar lâmpadas de feixes divergentes nesse projeto para obter uma padronização de resultados e possibilitar sua análise de forma delimitada. A temperatura da cor de luz emitida é fria nas lâmpadas fluorescente e LED e quente na lâmpada halógena, conforme pode ser conferido visualmente na figura 31.

Figura 31 - Temperatura da cor nas lâmpadas utilizadas nas análises

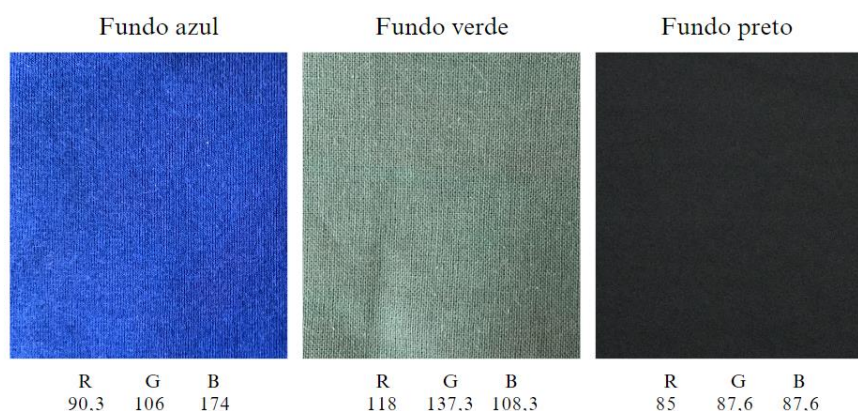


Dessa forma, é possível verificar se mesma temperatura de cor emitida por diferentes fontes de luz resulta em colorações distintas na captura das imagens. Por conseguinte, a utilização também de uma lâmpada de coloração quente possibilita a realização de uma análise mais completa.

5.7. FUNDOS

O fundo se trata da superfície onde o objeto de referência será alocado, ou seja, a cor da esteira de rolagem da máquina em questão. Observou-se que as esteiras de coleta de materiais geralmente utilizam fundos nas cores preto, azul ou verde, fabricados em tecidos opacos ou superfícies lisas e opacas. Dessa forma, optou-se por encontrar materiais com essas características, optando por tecidos de algodão nas cores citadas (figura 32).

Figura 32 - Tecidos de fundo



Fonte: A autora.

Ao longo das análises, toda a área de superfície visível pela *webcam* foi coberta pelo fundo na cor de tecido a ser estudada.

5.8. SCRIPT EM PYTHON

Para a análise da cor de *pixels* dominante na imagem, foi elaborado um script em *Python* que desempenhasse essa função. O *script* está descrito no quadro 4.

Quadro 4 - Script em Python utilizado nesta pesquisa.

```
from colorthief import ColorThief
import matplotlib.pyplot as plt

ct = ColorThief("-----.jpg")
dominant_color = ct.get_color(quality=1)

plt.imshow([[dominant_color]])
plt.show()
```

Fonte: A autora.

Durante a realização das análises os traços, representados no quadro por hifens, foram substituídos pela forma como cada imagem foi nomeada.

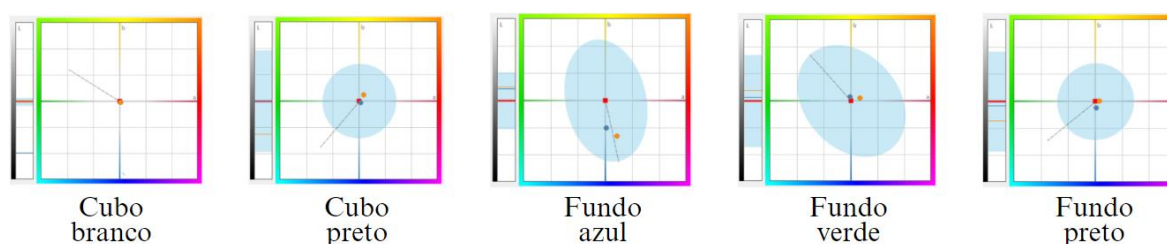
6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As análises foram realizadas conforme descrito no fluxo de pesquisa (figura 22) com apoio dos equipamentos lá elencados. Este capítulo descreve seu processo de realização e as informações observadas no seu decorrer.

6.1. LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES REFERENCIAIS PARA O TRABALHO

Para o referencial de cores foram catalogados os códigos (CIElab) obtidos através do colorímetro nos objetos de referência e fundos (figura 33).

Figura 33 - Gráficos das cores referenciais



Fonte: A autora.

Para obtermos um resultado mais consistente, optou-se por utilizar um ponto inicial de referência (cor padrão) e dois pontos de comparação que deveriam ter variação menor que 1,5 da cor padrão. O cálculo da variação é elaborado pelo software Lab7 e descrito como “DE”.

As cores foram convertidas para a escala RGB, através do *software* Nix Sensor, para facilitar a posterior análise de resultados. É interessante salientar que a escala RGB é utilizada como uma escala de cores digital, logo, as cores coletadas de forma física (via CIElab) podem ter uma pequena alteração, não sendo suficientemente significativa para interferir no resultado da pesquisa. Os resultados desta primeira etapa de coleta estão dispostos na tabela 3.

Tabela 3 - Cores coletadas pelo colorímetro

(continua)

OBJETO	L	A	B	C	H	DE	R	G	B
Cubo branco	99,15	-3,85	2,39	4,53	148,13	-	247	255	248
Cubo branco 1	99,15	-3,85	2,39	4,53	148,13	0	247	255	248
Cubo branco 2	99,15	-3,85	2,39	4,53	148,13	0	247	255	248
Cubo preto	40,4	-0,76	-0,88	1,17	229,33	-	97	95	94
Cubo preto 1	40,4	-0,75	-0,9	1,17	230,31	0,01	93	96	97
Cubo preto 2	39,49	-0,66	-0,68	0,94	225,93	0,99	95	93	92
Fundo azul	45,4	8,29	-37,73	38,63	282,39	-	90	105	171
Fundo azul 1	46,09	8,82	-39,18	40,05	281,94	0,94	91	106	175

Tabela 3 - Cores coletadas pelo colorímetro

OBJETO	L	A	B	C	H	DE	(conclusão)		
							R	G	B
Fundo azul 2	46,17	8,89	-39,64	40,62	282,64	1,16	91	107	176
Fundo verde	54,81	-11,57	12,93	17,35	131,82	-	117	137	108
Fundo verde 1	54,96	-11,65	13,11	17,54	131,62	0,19	118	137	108
Fundo verde 2	55,26	-11,28	13,07	17,26	130,79	0,48	119	138	109
Fundo preto	37,28	-0,99	-0,8	1,27	217,05	-	85	88	89
Fundo preto 1	37,17	-0,99	-0,96	1,38	224,21	0,26	86	88	86
Fundo preto 2	36,78	-0,9	-0,77	1,18	220,47	0,56	84	87	88

Fonte: A autora.

A partir do resultado, foi realizado o cálculo da média de cada um dos valores em escala RGB, resultando nos valores de cada uma das variáveis da escala, conforme a tabela 4. Para o cálculo das médias usou-se descrita na figura 21 (etapa 2).

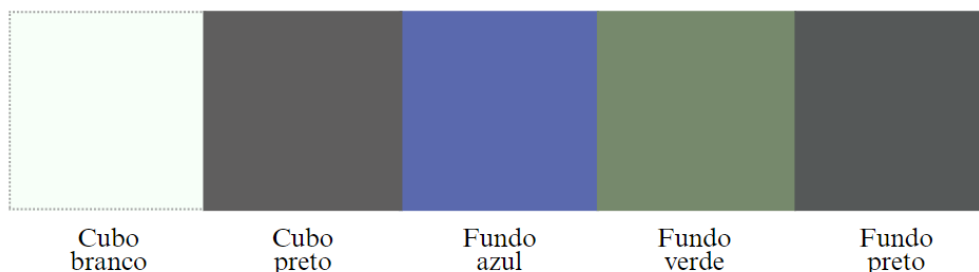
Tabela 4 - Cores referenciais

	R	G	B
Cubo branco	247	255	248
Cubo preto	95	94,6	94,3
Fundo azul	90,3	106	174
Fundo verde	118	137,3	108,3
Fundo preto	85	87,6	87,6

Fonte: A autora.

A figura 34 apresenta a representação visual das cores obtidas e descritas na tabela 4.

Figura 34 - Cores referenciais



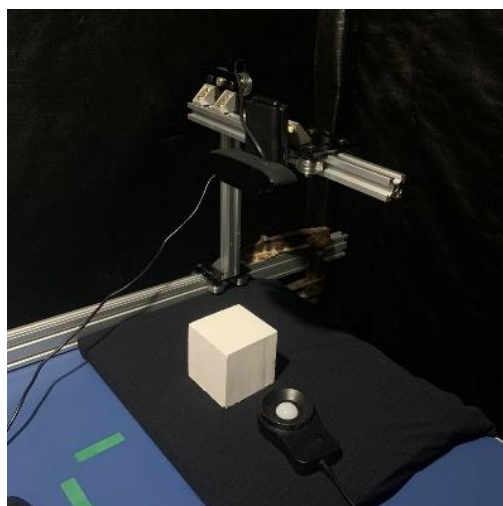
Fonte: A autora.

As informações coletadas na tabela 4 serão usadas como referencial para realizar a comparação dos resultados obtidos nas análises das variáveis. Assim, os resultados que mais se aproximarem aos da tabela em questão serão considerados mais eficientes para a correta captação de cores por *webcam* em termos de iluminação.

6.2. ETAPA DE ANÁLISE

Para dar início a realização das imagens as quais as cores seriam comparadas com as cores referenciais, foram executadas fotos na câmara escura. A *webcam* foi fixada nas hastes e as posições do objeto de referência e do sensor do luxímetro foram demarcadas. A localização desses itens deu de forma que o objeto de referência estivesse centralizado na imagem capturada pela câmera e a iluminação do local fosse de 0 lux com as luzes apagadas em pelo menos 2 pontos, assegurando que a iluminação proveniente de fora da cabine não iria interferir nos resultados. A figura 35 demonstra essa etapa à uma iluminação de 80 lux para possibilitar a visualização do local e utilizado o fundo preto e o cubo branco.

Figura 35 - Processo de posicionamento dos itens de análise



Fonte: A autora.

No total, foram realizadas 365 imagens dos objetos com 1920x1080 pixels em um intervalo de 3 a 7 imagens para cada variação de objeto/fundo/iluminação, o intervalo descrito ocorreu devido à dificuldade da câmera em focar em alguns dos objetos, fato observado principalmente na realização de imagens com o cubo branco em iluminação maior que 105 lux. Cada imagem foi nomeada conforme as características do objeto, quantidade de lux incidente, tipo de lâmpada utilizado e cor de fundo. Para iniciar a etapa de análise da cor luz, uma foto de cada variação foi selecionada para ter seu fundo e objeto de referência, de forma a dividirem-se em duas imagens. Dessa forma, foi possível realizar a análise dos elementos separadamente, sem a possibilidade de a coloração dos pixels do cubo interferirem na contagem dos pixels do fundo e vice-versa. O cubo foi recortado em formato quadrado (436x436 pixels) e o fundo em formato retangular (356x757 pixels). A figura 36 demonstra um exemplo do recorte realizado nas imagens.

Figura 36 - Recorte das imagens para análise



Fonte: A autora.

Para dar início a etapa de recolhimento de dados foram criados dois grupos de análise: cubo branco e cubo preto. A partir disso, as imagens foram analisadas utilizando o *script* em Python que realiza a contagem da cor de pixels dominante no arquivo em questão (quadro 4).

Ao total, 180 imagens foram analisadas, 90 para o grupo do cubo branco e 90 para o grupo do cubo preto, selecionadas utilizando-se como padrão de seleção o foco das imagens.

6.2.1. Cubo branco

As análises do cubo branco em ambiente com iluminação controlada resultaram nos valores de RGB conforme a tabela 5.

Tabela 5 - Coloração (RGB) dominante no cubo branco

(continua)

Cubo branco em fundo azul									
	Fluorescente			Halógena			LED		
Lux	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	208	209	207	217	204	207	190	190	188
105	221	223	219	231	220	222	210	210	209
130	233	231	231	238	232	227	225	225	224
150	239	233	234	240	231	223	240	234	238
230	240	232	239	242	233	236	240	231	238

Tabela 5 - Coloração (RGB) dominante no cubo branco

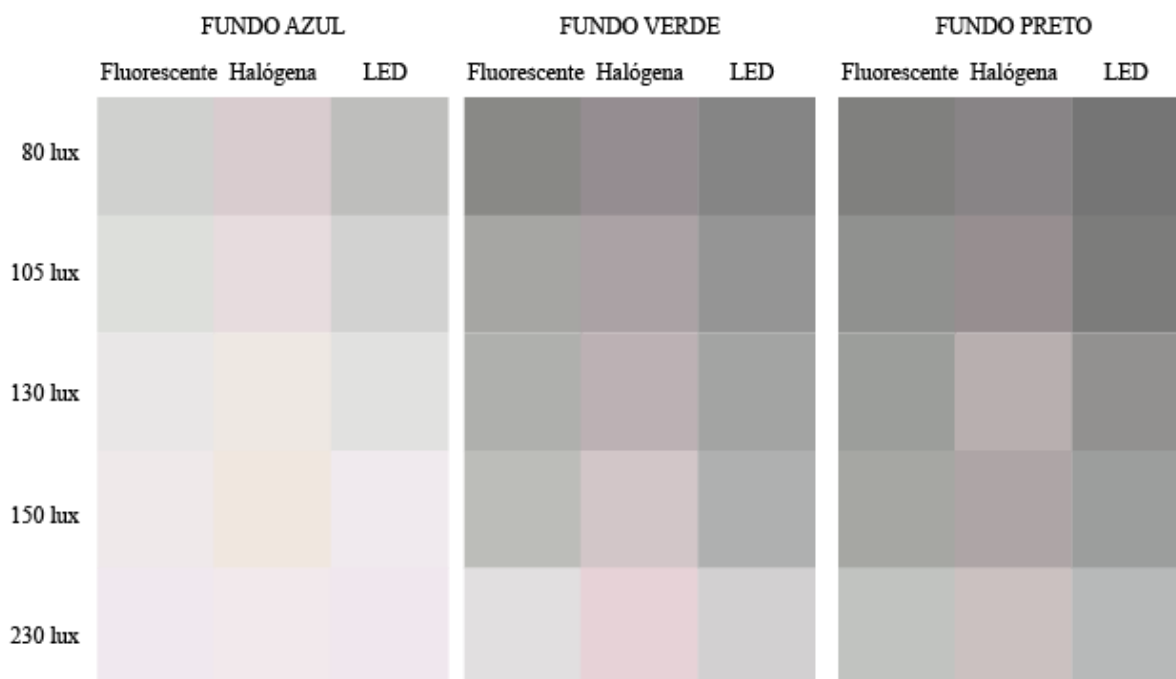
(conclusão)

Cubo branco em fundo verde									
	Fluorescente			Halógena			LED		
Lux	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	137	137	134	149	141	145	133	133	133
105	166	166	163	171	162	165	149	149	149
130	175	176	173	188	177	180	163	164	163
150	188	189	185	210	198	200	175	176	176
230	225	223	224	231	210	215	210	208	209
Cubo branco em fundo preto									
	Fluorescente			Halógena			LED		
Lux	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	128	128	126	136	132	134	117	117	117
105	144	145	143	151	142	144	124	124	123
130	156	158	155	184	175	175	146	145	144
150	166	167	163	174	165	166	156	158	157
230	193	195	192	203	193	192	183	185	185

Fonte: A autora.

A lâmpada halógena apresenta resultados mais altos para os valores da cor vermelha (R), independente da cor de fundo e incidência de lux. Isso não ocorre quando analisadas as lâmpadas fluorescente e LED, que variam os valores mais altos de acordo com a incidência de lux e cor de fundo, de forma que as cores azul (B) e verde (G) também aparecem com valores mais altos em seus grupos de análise. Dessa forma, podemos sugerir que a cor do fundo e tipo de lâmpada interferem na percepção de cor do objeto na imagem capturada. A cor de fundo preta foi a que obteve valores mais baixos em RGB, escurecendo as imagens do cubo branco. A variação de cor descrita acima pode ser visualizada na figura 37, que apresenta a tabela das cores de acordo com o valor resultante nas análises.

Figura 37 - Cores (RGB) dominantes no cubo branco



Fonte: A autora.

Apesar de os valores de B e G em lâmpadas fluorescentes e halógenas serem mais altos, principalmente nos fundos verde e preto, observa-se que a tonalidade vermelha ainda é visualmente predominante na análise. Para obter informações mais precisas sobre a cor do cubo branco foi realizada, conforme apresentado na figura 21, a primeira etapa do cálculo da porcentagem de comparação da cor luz com a cor pigmento. Os resultados estão apresentados na tabela 6.

Tabela 6 - Proximidade da cor luz do cubo branco com a cor pigmento do cubo branco

(continua)

Fundo azul									
Lux	Fluorescente			Halógena			LED		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	84,21%	81,96%	83,47%	87,85%	80,00%	83,47%	76,92%	74,51%	75,81%
105	89,47%	87,45%	88,31%	93,52%	86,27%	89,52%	85,02%	82,35%	84,27%
130	94,33%	90,59%	93,15%	96,36%	90,98%	91,53%	91,09%	88,24%	90,32%
150	96,76%	91,37%	94,35%	97,17%	90,59%	89,92%	97,17%	91,76%	95,97%
230	97,17%	90,98%	96,37%	97,98%	91,37%	95,16%	97,17%	90,59%	95,97%

Tabela 6 - Proximidade da cor luz do cubo branco com a cor pigmento do cubo branco

(conclusão)

Fundo verde									
	Fluorescente			Halógena			LED		
Lux	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	55,47%	53,73%	54,03%	60,32%	55,29%	58,47%	53,63%	53,63%	53,63%
105	67,21%	65,10%	65,73%	69,23%	63,53%	66,53%	60,08%	60,08%	60,08%
130	70,85%	69,02%	69,76%	76,11%	69,41%	72,58%	65,73%	66,13%	65,73%
150	76,11%	74,12%	74,60%	85,02%	77,65%	80,65%	70,56%	70,97%	70,97%
230	91,09%	87,45%	90,32%	93,52%	82,35%	86,69%	84,68%	83,87%	84,27%
Fundo preto									
	Fluorescente			Halógena			LED		
Lux	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	51,82%	50,20%	50,81%	55,06%	51,76%	54,03%	47,18%	47,18%	47,18%
105	58,30%	56,86%	57,66%	61,13%	55,69%	58,06%	50,00%	50,00%	49,60%
130	63,16%	61,96%	62,50%	74,49%	68,63%	70,56%	58,87%	58,47%	58,06%
150	67,21%	65,49%	65,73%	70,45%	64,71%	66,94%	62,90%	63,71%	63,31%
230	78,14%	76,47%	77,42%	82,19%	75,69%	77,42%	73,79%	74,60%	74,60%

Fonte: A autora.

Neste ponto, observou-se que, enquanto os valores obtidos através da iluminação com lâmpada fluorescente ou halógena sempre foram de pelo menos 50% para mais próximo da cor referencial, os valores de coloração obtidos com a iluminação em LED ficaram abaixo dessa média na análise utilizando o fundo preto a 80 lux. Contudo, todos os valores da iluminação em LED ultrapassam os 70% de proximidade com a cor pigmento ao incidir uma iluminação de 230 lux, chegando a mais de 90% no fundo azul. Porém, ainda se fazia necessário observar a média das porcentagens RGB em conjunto, para um resultado ainda mais preciso. Para isso a segunda etapa do cálculo descrito no subcapítulo fluxo de pesquisa (figura 22) foi realizada. A tabela 7 a seguir apresenta a média dos valores em RGB das cores encontradas no cubo branco.

Tabela 7 - Média de proximidade da cor digita do cubo branco com a cor pigmento do cubo branco

Fundo azul			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	83,21%	83,77%	75,75%
105	88,41%	89,77%	83,88%
130	92,69%	92,96%	89,88%
150	94,16%	92,56%	94,97%
230	94,84%	94,84%	94,57%
Fundo verde			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	54,03%	58,47%	53,63%
105	65,73%	66,53%	60,08%
130	69,76%	72,58%	65,73%
150	74,60%	80,65%	70,97%
230	90,32%	86,69%	84,27%
Fundo verde			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	50,94%	53,62%	47,18%
105	57,61%	58,29%	49,87%
130	62,54%	71,23%	58,47%
150	66,14%	67,36%	63,31%
230	77,34%	78,43%	74,33%

Fonte: A autora.

Analisando apenas o comportamento na iluminação incidente no objeto branco, obtemos resultados mais próximos do referencial em iluminação fluorescente e halógena no fundo azul. Os resultados obtidos com a lâmpada LED no fundo azul iniciam com 75,75% de proximidade com a cor referência, menor resultado das análises no fundo azul, e terminam por quase alcançar as lâmpadas fluorescente e halógena, ficando apenas 0,27% abaixo do resultado de 94,84%. Isso demonstra que a lâmpada LED possibilita, possivelmente, um crescimento percentual mais significativo com o aumento na quantidade de lux incidente no objeto em comparação às outras lâmpadas analisadas.

6.2.1.1. Fundos com cubo branco

Ao realizar o primeiro momento de análises, conforme o subcapítulo anterior descreve, observou-se que a cor do cubo sofria alteração em sua matiz, não apenas de acordo com a temperatura da lâmpada e quantidade lux analisada, mas também de acordo com a cor do fundo que o objeto é sobreposto. Devido a isso, optou-se, também, por realizar as análises de

comparação da cor luz com a cor pigmento com os fundos azul, verde e preto, para verificar se o oposto (a cor do cubo influenciar na captura da cor de fundo) também ocorre.

Inicialmente, as cores dos fundos foram analisadas utilizando o script em Python apresentando no quadro 4 e com o cubo branco posicionado no centro da tela de captura da *webcam*, gerando os resultados RGB descritos na tabela 8, a seguir.

Tabela 8 - Coloração (RGB) dominante nos fundos com cubo branco

Cor dominante no fundo azul									
	Fluorescente			Halógena			LED		
Lux	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	29	33	66	31	37	71	25	26	53
105	32	39	76	33	42	82	29	33	65
130	34	44	85	34	42	82	32	39	76
150	33	45	84	27	40	71	32	43	82
230	21	67	135	37	51	87	32	52	97
Cor dominante no fundo verde									
	Fluorescente			Halógena			LED		
Lux	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	5	9	4	9	13	10	5	7	5
105	13	20	10	16	21	17	8	12	7
130	17	25	14	24	30	26	13	19	10
150	23	33	19	31	38	32	17	24	14
230	40	51	35	48	48	43	31	39	26
Cor dominante no fundo preto									
	Fluorescente			Halógena			LED		
Lux	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	4	4	4	4	4	4	4	4	4
105	4	4	4	4	4	4	4	4	4
130	4	4	4	4	4	11	4	4	4
150	4	4	4	4	4	10	4	4	4
230	4	4	5	7	7	14	4	4	4

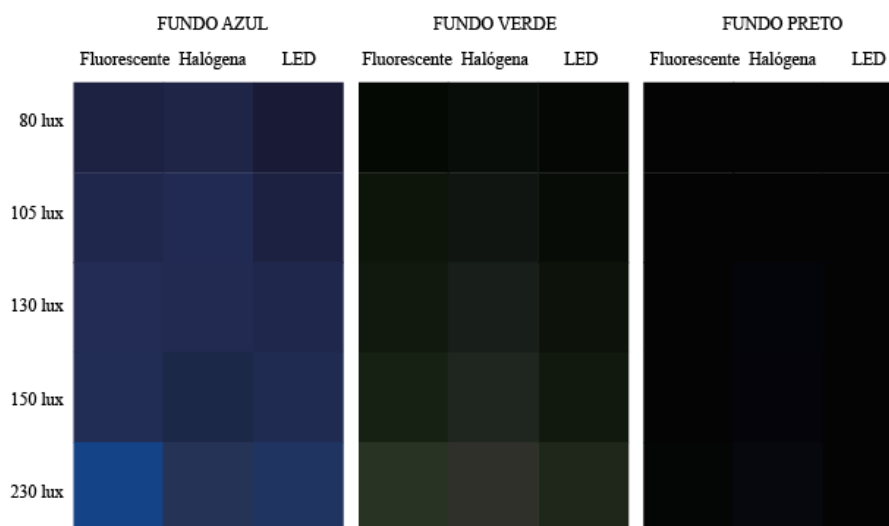
Fonte: A autora.

Conforme a tabela 8, é possível observar que, nos fundos azul e verde, os valores aumentam de acordo com a quantidade de lux incidente; o que não ocorre no fundo preto. Sugere-se que isso ocorre devido a capacidade de absorção de luz na cor preta, onde apenas com a uso da lâmpada halógena (única com a iluminação quente na análise) esses valores têm modificação significativa na cor azul (B) de RGB. Vale ressaltar, que o aumento dos valores de B citados só ocorre a partir de 130 lux e varia em um intervalo bastante curto, se comparado aos resultados obtidos nas outras cores de fundo analisada. A pequena variação de 4 para 5 que ocorre no valor de “B” na iluminação com lâmpada fluorescente e fundo preto, à 230 lux, acaba

por não ser considerada significativa, já que é tão ínfima que pode se tratar apenas de um resultado divergente na análise.

Essas variações ficam mais bem expostas na figura 38, que apresenta os resultados visuais dos valores recolhidos.

Figura 38 - Cores (RGB) dominantes nos fundos com cubo branco



Fonte: A autora.

Na figura 38, acima, percebe-se que a iluminação fluorescente ganha destaque a 230 lux na cor de fundo azul ao ser comparada com os outros resultados. A tabela 9 a seguir apresenta esse resultado de acordo com a porcentagem de comparação das cores luz com as cores pigmento de fundo, onde o valor de B (azul), na divisão citada, fica 77,59% próximo da cor referencial. Os demais resultados de proximidade de valores podem ser verificados também na tabela 9, abaixo.

Tabela 9 - Porcentagem de comparação das cores luz dos fundos em cubo branco com as cores pigmento dos fundos.

(continua)

Lux	Fundo azul								
	Fluorescente			Halógena			LED		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	32,12%	31,13%	37,93%	34,33%	34,91%	40,80%	14,37%	14,94%	30,46%
105	35,44%	36,79%	43,68%	36,54%	39,62%	47,13%	16,67%	18,97%	37,36%
130	37,65%	41,51%	48,85%	37,65%	39,62%	47,13%	18,39%	22,41%	43,68%
150	36,54%	42,45%	48,28%	29,90%	37,74%	40,80%	18,39%	24,71%	47,13%
230	23,26%	63,21%	77,59%	40,97%	48,11%	50,00%	18,39%	29,89%	55,75%

Tabela 9 - Porcentagem de comparação das cores luz dos fundos em cubo branco com as cores pigmento dos fundos.

(conclusão)

Fundo verde									
	Fluorescente			Halógena			LED		
Lux	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	4,24%	6,55%	3,69%	7,63%	9,47%	9,23%	4,62%	6,46%	4,62%
105	11,02%	14,57%	9,23%	13,56%	15,29%	15,70%	7,39%	11,08%	6,46%
130	14,41%	18,21%	12,93%	20,34%	21,85%	24,01%	12,00%	17,54%	9,23%
150	19,49%	24,03%	17,54%	26,27%	27,68%	29,55%	15,70%	22,16%	12,93%
230	33,90%	37,14%	32,32%	40,68%	34,96%	39,70%	28,62%	36,01%	24,01%
Fundo preto									
	Fluorescente			Halógena			LED		
Lux	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	4,71%	4,57%	4,57%	4,71%	4,57%	4,57%	4,57%	4,57%	4,57%
105	4,71%	4,57%	4,57%	4,71%	4,57%	4,57%	4,57%	4,57%	4,57%
130	4,71%	4,57%	4,57%	4,71%	4,57%	12,56%	4,57%	4,57%	4,57%
150	4,71%	4,57%	4,57%	4,71%	4,57%	11,42%	4,57%	4,57%	4,57%
230	4,71%	4,57%	5,71%	8,24%	7,99%	15,98%	4,57%	4,57%	4,57%

Fonte: A autora.

Aqui, observa-se que os valores de B (azul) no fundo azul são sempre mais próximos dos valores de B referencial, em comparação aos valores R (vermelho) e G (verde). Já no fundo verde, os valores de G (verde) se mantem mais próximos dos valores de G referencial nas iluminações com lâmpadas fluorescente e LED. Com iluminação a lâmpada halógena, o valor de verde (G) é o mais próximo do referencial apenas à 80 lux, passando para o valor de B (azul) em 105 lux, 130 lux e 150 lux e para o valor de R (vermelho) em 250 lux. Acredita-se que isso se dá pelas iluminações fluorescente e LED terem coloração fria, assim como o verde; já a lâmpada halógena (com coloração quente) reflete mais sua tonalidade avermelhada em 230 lux devido a maior incidência de luz quente sobre a superfície fria.

A média dos resultados percentuais de RGB está apresentada na tabela 10, onde é possível observar a prevalência do fundo azul em comparação aos outros tons de fundo, independente do tipo de lâmpada usado.

Tabela 10 - Média de proximidade das cores luz dos fundos em cubo branco com as cores pigmento dos fundos.

Média de comparação – Fundo azul			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	33,73%	36,68%	19,92%
105	38,64%	41,10%	24,33%
130	42,67%	41,47%	28,16%
150	42,42%	36,15%	30,08%
230	54,68%	46,36%	34,67%
Média de comparação – Fundo verde			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	4,83%	8,78%	5,23%
105	11,61%	14,85%	8,31%
130	15,18%	22,07%	12,93%
150	20,36%	27,83%	16,93%
230	34,45%	38,45%	29,55%
Média de comparação – Fundo preto			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	4,61%	4,61%	4,57%
105	4,61%	4,61%	4,57%
130	4,61%	7,28%	4,57%
150	4,61%	6,90%	4,57%
230	4,99%	10,74%	4,57%

Fonte: A autora.

Observa-se que o fundo preto se mantém o mais distante do percentual de comparação com as cores referencias, conforme já visualizado na análise realizada sobre a cor do cubo branco. Chama atenção o resultado da lâmpada halógena à 150 lux no fundo azul, uma vez que à 130 lux a porcentagem de proximidade com a cor de referência é maior que a sua subsequente, contrariando os demais resultados analisados.

6.2.1.2. Média de proximidade da cor luz cubo branco e fundos com cores pigmento do cubo branco e fundos

Uma vez que ambos (cor de fundo e cor do cubo) têm interferência nos resultados de proximidade com a coloração referencial, foi realizada a análise da média dos valores encontrados em cada uma das análises. Assim, tem-se que o valor percentual médio de das cores de fundo somado aos valores percentuais médios das cores dos objetos de referência divididos por dois, resultam no valor médio da porcentagem desta análise, apresentado na tabela 11.

Tabela 11 - Média de proximidade da cor luz do cubo branco e fundos com cores pigmento do cubo branco e fundos

Fundo azul			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	58,47%	60,23%	47,84%
105	63,53%	65,44%	54,11%
130	67,68%	67,22%	59,02%
150	68,29%	64,36%	62,53%
230	74,76%	70,60%	64,62%
Fundo verde			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	29,62%	33,41%	29,43%
105	38,81%	40,64%	34,20%
130	42,53%	47,39%	39,40%
150	47,65%	54,47%	43,88%
230	62,04%	62,99%	56,91%
Fundo preto			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	27,71%	29,32%	25,88%
105	31,14%	31,34%	27,29%
130	33,56%	38,92%	31,52%
150	35,17%	36,92%	33,94%
230	41,21%	44,08%	39,59%

Fonte: A autora.

Ao cruzar os resultados apresentados é possível verificar que a opção mais adequada na análise do cubo branco e dos fundos com o cubo branco é a do fundo azul com 230 lux e iluminação com lâmpada fluorescente. A seguir, temos a verificação dos dados utilizando o cubo preto como objeto de referência.

6.2.2. Cubo preto

Da mesma forma que foram realizadas as análises com o cubo branco, foram realizadas as análises com cubo preto. Num primeiro momento, as imagens coletadas e recortadas de forma que não houvesse interferência da cor de fundo no cálculo da cor dominante (RGB) do cubo, foram analisadas pelo *script* em Python. Esta etapa, resultou na tabela 12 apresentada abaixo.

Tabela 12 - Cores (RGB) dominantes no cubo preto

Cubo preto em fundo azul									
	Fluorescente			Halógena			LED		
Lux	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	4	4	4	4	4	4	4	4	4
105	4	4	4	7	8	11	4	5	10
130	4	4	4	11	11	14	4	9	12
150	4	4	4	15	13	16	8	11	14
230	42	49	54	25	20	27	20	23	28
Cubo preto em fundo verde									
	Fluorescente			Halógena			LED		
Lux	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	4	4	4	4	4	4	4	4	4
105	4	4	4	4	4	4	4	4	4
130	4	4	5	4	4	4	4	4	4
150	4	4	8	4	4	5	4	4	5
230	6	9	15	4	6	12	4	5	12
Cubo preto em fundo preto									
	Fluorescente			Halógena			LED		
Lux	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	4	4	4	4	4	4	4	4	4
105	4	4	5	4	4	4	4	4	4
130	4	4	6	4	4	11	4	4	4
150	4	4	11	4	4	11	4	4	4
230	4	11	11	4	7	11	4	4	11

Fonte: A autora.

Neste ponto, é possível observar que a câmera, assim como ocorreu nas análises do fundo preto, não é capaz de captar muitas nuances na coloração do preto, com muitos resultados apresentando o valor de 4 para RGB. O fundo azul é o mais possibilita uma variação nos valores de RGB, seguido pelo fundo verde e, não muito distante, o fundo preto. A figura 39 demonstra a interpretação visual dos códigos RGB acima descritos.

Figura 39 - Cores (RGB) dominantes no cubo preto



Fonte: A autora.

Observa-se que o quadro com maior destaque, em comparação aos demais resultados, é o encontrado na análise a 230 lux em fundo azul. No fundo preto, as nuances de cor passam quase que despercebidas, assim como no fundo verde. Para uma melhor observação deste análise, a porcentagem de comparação de cada um dos valores RGB capturados pela câmera foi comparada aos valores referência (conforme a primeira etapa do cálculo da figura 21), originando a tabela 13 a seguir.

Tabela 13 - Proximidade da cor luz do cubo preto com a cor pigmento do cubo preto

(continua)

Lux	Fundo azul								
	Fluorescente			Halógena			LED		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	4,21%	4,23%	4,24%	4,21%	4,23%	4,24%	4,24%	4,24%	4,24%
105	4,21%	4,23%	4,24%	7,37%	8,46%	11,66%	4,24%	5,30%	10,60%
130	4,21%	4,23%	4,24%	11,58%	11,63%	14,85%	4,24%	9,54%	12,73%
150	4,21%	4,23%	4,24%	15,79%	13,74%	16,97%	8,48%	11,66%	14,85%
230	44,21%	51,80%	57,26%	26,32%	21,14%	28,63%	21,21%	24,39%	29,69%
Lux	Fundo verde								
	Fluorescente			Halógena			LED		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	4,21%	4,23%	4,24%	4,21%	4,23%	4,24%	4,24%	4,24%	4,24%
105	4,21%	4,23%	4,24%	4,21%	4,23%	4,24%	4,24%	4,24%	4,24%
130	4,21%	4,23%	5,30%	4,21%	4,23%	4,24%	4,24%	4,24%	4,24%
150	4,21%	4,23%	8,48%	4,21%	4,23%	5,30%	4,24%	4,24%	5,30%
230	6,32%	9,51%	15,91%	4,21%	6,34%	12,73%	4,24%	5,30%	12,73%

Tabela 13 - Proximidade da cor luz do cubo preto com a cor pigmento do cubo preto

(conclusão)

Lux	Fundo preto								
	Fluorescente			Halógena			LED		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	4,21%	4,23%	4,24%	4,21%	4,23%	4,24%	4,24%	4,24%	4,24%
105	4,21%	4,23%	5,30%	4,21%	4,23%	4,24%	4,24%	4,24%	4,24%
130	4,21%	4,23%	6,36%	4,21%	4,23%	11,66%	4,24%	4,24%	4,24%
150	4,21%	4,23%	11,66%	4,21%	4,23%	11,66%	4,24%	4,24%	4,24%
230	4,21%	11,63%	11,66%	4,21%	7,40%	11,66%	4,24%	4,24%	11,66%

Fonte: A autora.

Com a tabela 13, foi possível observar a diferença de resultados em comparação com o fundo branco, onde as proximidades dos valores de RGB com a cor referencial foi bem mais significativa. Nesta análise, os valores de B (azul) ficam mais próximos dos valores referenciais em todas as variações de fundo, lux e tipo de iluminação, principalmente no fundo azul e mais especificamente a 230 lux em iluminação fluorescente. Assim como nas análises anteriores, a média dos valores de RGB foi somada e dividida (de acordo com a segunda etapa do cálculo da figura 21), para observar a média geral do resultado de cada incidência de luz sobre o cubo preto, conforme a tabela 14.

Tabela 14 – Média de proximidade da cor luz do cubo preto com a cor pigmento do cubo preto

(continua)

Média de comparação – Fundo azul			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	4,23%	4,23%	4,24%
105	4,23%	8,46%	5,30%
130	4,23%	11,63%	9,54%
150	4,23%	15,79%	11,66%
230	51,80%	26,32%	24,39%
Média de comparação – Fundo verde			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	4,23%	4,23%	4,24%
105	4,23%	4,23%	4,24%
130	4,58%	4,23%	4,24%
150	5,64%	4,58%	4,60%
230	10,58%	7,76%	7,42%

Tabela 14 – Média de proximidade da cor luz do cubo preto com a cor pigmento do cubo preto

(conclusão)

Média de comparação – Fundo preto			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	4,23%	4,23%	4,24%
105	4,58%	4,23%	4,24%
130	4,93%	6,70%	4,24%
150	6,70%	6,70%	4,24%
230	9,17%	7,76%	6,72%

Fonte: A autora.

Chama atenção o desempenho da lâmpada fluorescente nesse caso que, em 230 lux, fica 25,48% mais próxima do referencial que a lâmpada halógena, sua subsequente. Em seguida, temos a lâmpada LED, ambas não apresentando um resultado maior que 27%; podendo-se considerar seu uso inadequado. Contudo, se mostra conveniente analisar os objetos levando em consideração a coloração do fundo, conforme o próximo subcapítulo.

6.2.2.1. Fundos com cubo preto

O mesmo processo de análise de fundo realizado no cubo branco foi realizado com o cubo preto. Assim como os resultados do cubo branco, podemos observar valores mais baixos e padronizados no fundo preto, valores medianos e ligeiramente mais espaçados no fundo verde e valores mais altos e distintos no fundo azul (tabela 15).

Tabela 15 - Coloração (RGB) dominante nos fundos com cubo preto

(continua)

Cor dominante no fundo azul									
Lux	Fluorescente			Halógena			LED		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	4	4	4	4	9	13	4	8	51
105	4	4	10	4	14	39	4	12	73
130	4	4	17	4	16	69	4	16	93
150	4	12	43	4	17	77	4	19	105
230	15	74	170	9	50	137	4	39	157
Cor dominante no fundo verde									
Lux	Fluorescente			Halógena			LED		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	4	12	12	4	4	4	4	4	4
105	4	11	11	6	9	8	4	4	12
130	12	12	16	9	14	16	4	11	11
150	11	17	18	9	11	14	9	11	15
230	25	34	30	19	26	25	18	24	24

Tabela 15 - Coloração (RGB) dominante nos fundos com cubo preto

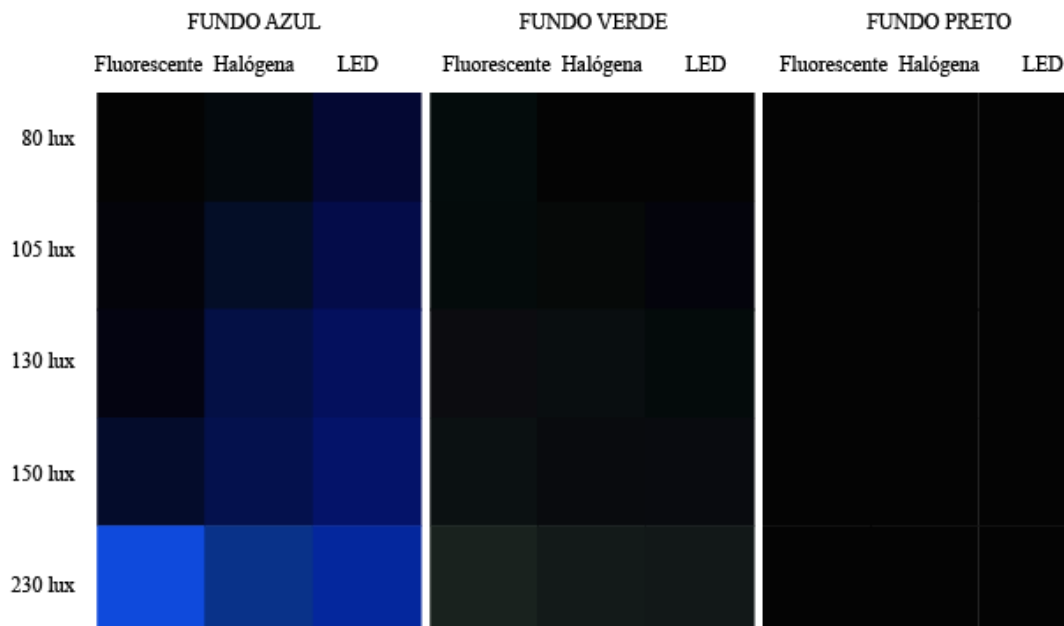
(conclusão)

Cor dominante no fundo preto									
	Fluorescente			Halógena			LED		
Lux	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	4	4	4	4	4	4	4	4	4
105	4	4	4	4	4	5	4	4	4
130	4	4	4	4	4	4	4	4	4
150	4	4	4	4	4	4	4	4	4
230	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Fonte: A autora.

Contudo, ao comparar os valores com os resultados anteriores do cubo branco, observa-se que nas análises fundos com o cubo preto, independentemente de sua cor, houve um escurecimento (devido às numerações mais próximas a 0 obtidas) significativo ao serem combinados com um objeto mais escuro, se distanciando das cores referenciais. Isso pode estar relacionado a absorção de luz pelo cubo preto que, ao contrário da coloração branca, não reflete a luz, contribuindo para que a luminância na área dos fundos analisada seja maior. A figura 40 demonstra visualmente os resultados obtidos.

Figura 40 - Cores (RGB) dominantes nos fundos com cubo preto



Fonte: A autora.

O fundo azul permanece como o mais destacado também nesta análise, onde pode-se observar uma maior diferença de tonalidades se comparado aos fundos verde e preto. A diferença percentual destes resultados em comparação com as cores referenciais pode ser conferida na tabela 16.

Tabela 16 - Porcentagem de comparação das cores luz dos fundos em cubo preto com as cores pigmento dos fundos.

Fundo azul									
	Fluorescente			Halógena			LED		
Lux	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	4,43%	3,77%	2,30%	4,43%	8,49%	7,47%	2,30%	4,60%	29,31%
105	4,43%	3,77%	5,75%	4,43%	13,21%	22,41%	2,30%	6,90%	41,95%
130	4,43%	3,77%	9,77%	4,43%	15,09%	39,66%	2,30%	9,20%	53,45%
150	4,43%	11,32%	24,71%	4,43%	16,04%	44,25%	2,30%	10,92%	60,34%
230	16,61%	69,81%	97,70%	9,97%	47,17%	78,74%	2,30%	22,41%	58,62%
Fundo verde									
	Fluorescente			Halógena			LED		
Lux	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	4,42%	11,32%	6,90%	4,42%	3,77%	2,30%	2,30%	2,30%	2,30%
105	4,42%	10,38%	6,32%	6,62%	8,49%	4,60%	2,30%	2,30%	6,90%
130	13,25%	11,32%	9,20%	9,93%	13,21%	9,20%	2,30%	6,32%	6,32%
150	12,14%	16,04%	10,34%	9,93%	10,38%	8,05%	5,17%	6,32%	8,62%
230	27,59%	32,08%	17,24%	20,97%	24,53%	14,37%	10,34%	13,79%	13,79%
Fundo preto									
	Fluorescente			Halógena			LED		
Lux	R	G	B	R	G	B	R	G	B
80	4,71%	4,57%	4,57%	4,71%	4,57%	4,57%	4,57%	4,57%	4,57%
105	4,71%	4,57%	4,57%	4,71%	4,57%	5,71%	4,57%	4,57%	4,57%
130	4,71%	4,57%	4,57%	4,71%	4,57%	4,57%	4,57%	4,57%	4,57%
150	4,71%	4,57%	4,57%	4,71%	4,57%	4,57%	4,57%	4,57%	4,57%
230	4,71%	4,57%	4,57%	4,71%	4,57%	4,57%	4,57%	4,57%	4,57%

Fonte: A autora.

Novamente, o valor B em 230 lux e lâmpada fluorescente chama atenção, aqui chegando à 97,70% de proximidade com a cor referencial no fundo azul. Também se destaca, nesse caso, os valores de azul (B) com lâmpada LED, iniciando como o maior valor de B em seu grupo de análise, mas finalizando com o menor valor de comparação (58,62%), diferente do que ocorre no cálculo dos fundos com o cubo branco sobreposto. Resultados que se mantêm ao ser realizada a segunda etapa do cálculo da média dos valores, conforme a tabela 17.

Tabela 17 - Média de proximidade das cores luz dos fundos em cubo branco com as cores pigmento dos fundos.

Fundo azul			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	3,50%	6,80%	12,07%
105	4,65%	13,35%	17,05%
130	5,99%	19,73%	21,65%
150	13,49%	21,57%	24,52%
230	61,37%	45,29%	27,78%
Fundo verde			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	7,54%	3,50%	2,30%
105	7,04%	6,57%	3,83%
130	11,25%	10,78%	4,98%
150	12,84%	9,45%	6,70%
230	25,64%	19,96%	12,64%
Fundo preto			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	4,23%	4,23%	4,24%
105	4,58%	4,23%	4,24%
130	4,93%	6,70%	4,24%
150	6,70%	6,70%	4,24%
230	9,17%	7,76%	6,72%

Fonte: A autora.

Novamente, o desempenho do fundo azul e lâmpada fluorescente tem o percentual mais próximo do referencial. Destaca-se o salto de 47,88% da incidência de 150 lux para 230 lux; maior diferencial observado em todas as análises.

6.2.2.2. Média de proximidade da cor luz cubo preto e fundos com cores pigmento do cubo preto e fundos

A seguir, na tabela 18, vemos que o fundo preto foi o que menos atingiu a média de coloração referência, seguindo a tendência apresentada nas análises anteriores.

Tabela 18 - Média de proximidade da cor luz cubo preto e fundos com cores pigmento do cubo preto e fundos

(continua)

Fundo azul			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	3,87%	5,52%	8,16%
105	4,44%	10,91%	11,18%
130	5,11%	15,68%	15,60%
150	8,86%	18,68%	18,09%
230	56,59%	35,81%	26,09%

Tabela 18 - Média de proximidade da cor luz cubo preto e fundos com cores pigmento do cubo preto e fundos

(conclusão)

Fundo verde			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	5,89%	3,87%	3,27%
105	5,64%	5,40%	4,04%
130	7,92%	7,51%	4,61%
150	9,24%	7,02%	5,65%
230	18,11%	13,86%	10,03%
Fundo preto			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	4,42%	4,42%	4,41%
105	4,60%	4,61%	4,41%
130	4,77%	5,66%	4,41%
150	5,66%	5,66%	4,41%
230	6,89%	6,18%	5,64%

Fonte: A autora.

Nesta tabela, também é possível observar que o único percentual a ultrapassar os 50% foi o de 230 lux, com lâmpada fluorescente e fundo azul.

6.3. MÉDIA FINAL

Como resultado desta pesquisa, optou-se por realizar o cálculo da média final de duas formas: com o cruzamento dos resultados obtidos na análise dos objetos referenciais e com o cruzamento dos resultados obtidos nas análises dos objetos referenciais e fundos. O primeiro caso contempla o objetivo desta pesquisa: analisar a influência da iluminação nas cores de produtos no processo de detecção de objetos; já o segundo caso adentra a temática da elaboração de diretrizes para a iluminação em centros de triagem, uma vez que os objetos analisados se colocam, geralmente, dispostos sobre uma esteira rotativa que possui uma determinada coloração (geralmente azul, verde ou preta). Assim, incluiu-se também os resultados obtidos nas análises dos fundos.

Os subcapítulos a seguir apresentam o apuramento das duas médias finais analisadas.

6.3.1. Objetos referenciais

Como já apontado, a tabela 19, a seguir, cruza as porcentagens de proximidade da cor encontrada nas imagens capturadas com a *webcam* com a cor referencial.

Tabela 19 - Cruzamento dos resultados dos objetos referenciais

Fundo azul			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	43,72%	44,00%	40,29%
105	46,32%	49,12%	44,92%
130	48,46%	52,30%	50,07%
150	49,20%	54,18%	53,68%
230	73,32%	60,58%	59,85%
Fundo verde			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	29,32%	31,13%	28,94%
105	35,12%	35,33%	32,16%
130	37,23%	38,47%	35,05%
150	40,29%	42,84%	37,72%
230	50,10%	47,64%	45,85%
Fundo preto			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	27,52%	29,13%	25,71%
105	31,12%	31,15%	27,12%
130	33,72%	38,63%	31,36%
150	36,22%	36,82%	33,78%
230	43,30%	42,59%	40,66%

Fonte: A autora.

Como resultado, observamos que o melhor resultado (73,32% de proximidade) é encontrado a 230 lux, no fundo azul e lâmpada fluorescente.

6.3.2. Objetos referenciais e fundos

Por fim, os resultados das análises de cubo branco e cubo preto foram cruzados, gerando a tabela 20, a seguir.

Tabela 20 - Médias cruzadas dos resultados das análises dos cubos branco e preto e dos fundos azul, verde e preto.

(continua)

Fundo azul			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	31,17%	32,87%	28,15%
105	33,98%	38,17%	32,80%
130	36,40%	41,45%	37,49%
150	38,58%	41,52%	40,49%
230	65,68%	53,21%	45,54%

Tabela 20 - Médias cruzadas dos resultados das análises dos cubos branco e preto e dos fundos azul, verde e preto.

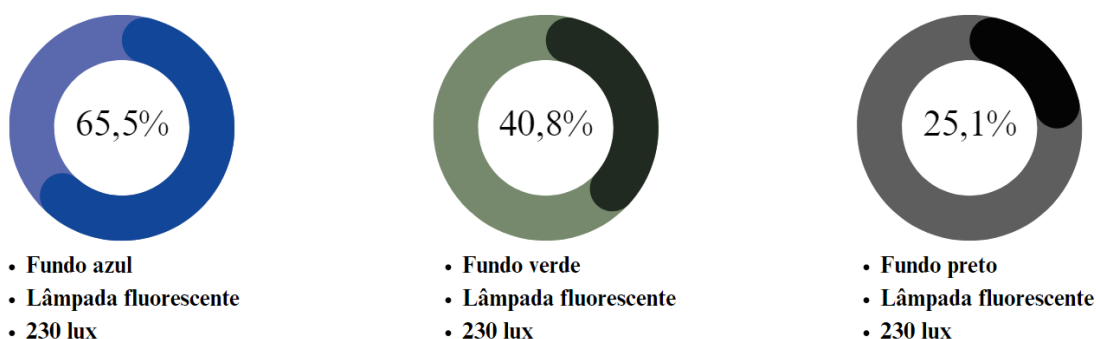
(conclusão)

Fundo verde			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	17,76%	18,64%	16,35%
105	22,23%	23,02%	19,12%
130	25,23%	27,45%	22,01%
150	28,45%	30,75%	24,77%
230	40,08%	38,43%	33,47%
Fundo preto			
Lux	Fluorescente	Halógena	LED
80	16,07%	16,87%	15,15%
105	17,87%	17,98%	15,85%
130	19,17%	22,29%	17,97%
150	20,42%	21,29%	19,18%
230	24,05%	25,13%	22,62%

Fonte: A autora.

Considerando que resultados acima de 50% estão para mais próximos da cor referência e, conseqüentemente, abaixo de 50% estão para mais distantes, os resultados da análise apontam que a melhor opção, dentro das variáveis em questão, é a realização das imagens a uma iluminação de 230 lux, utilizando lâmpada fluorescente e fundo azul, conforme mostra a figura 41, que apresenta os melhores resultados das médias finais em cada uma das cores de fundo encontrados nesta pesquisa.

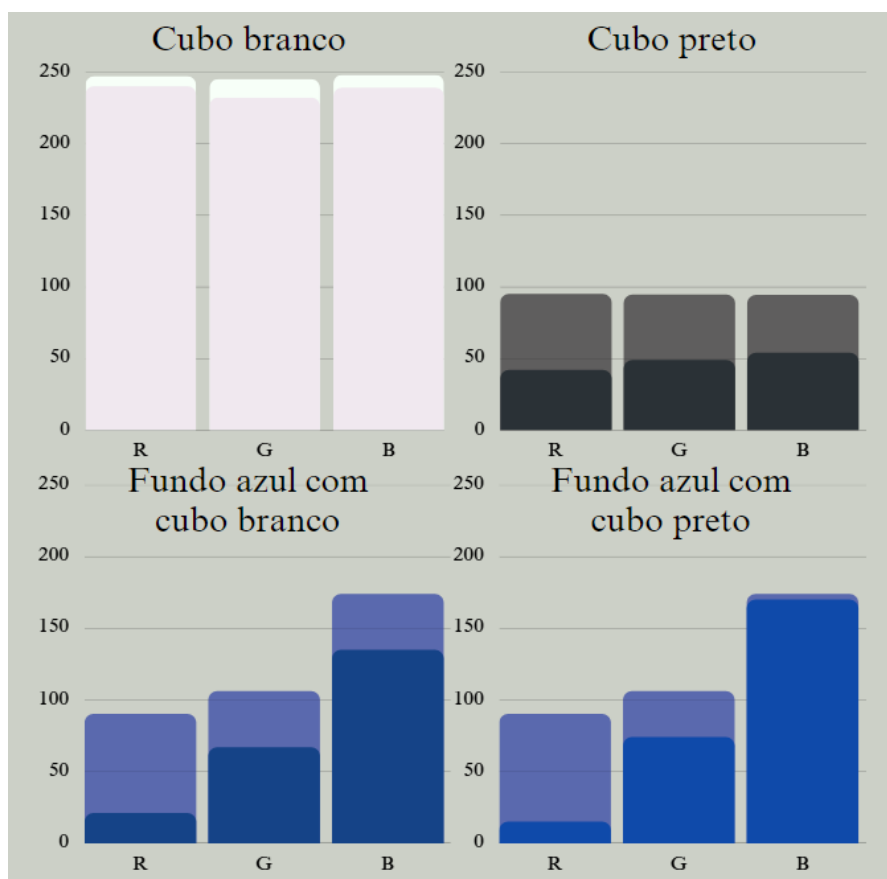
Figura 41 - Gráficos das médias finais de acordo com a cor de fundo



Fonte: A autora.

Para um melhor detalhamento do resultado mais favorável encontrado nas análises dessa pesquisa, foi elaborado um gráfico em colunas que apresenta a porcentagem de proximidade de cada valor RGB de cor luz com a respectiva cor pigmento referência nos itens analisados (figura 42).

Figura 42 - Proximidade dos resultados RGB dos itens analisados encontrados nas variáveis mais favoráveis.



Fonte: A autora.

Observa-se que as imagens capturadas do cubo branco apresentaram resultados mais próximos da cor referencial da tabela 4, contudo os resultados mais próximos de comparação do fundo azul ocorrem quando sobrepostos ao cubo preto. Sugere-se que isso se deve ao fato de a cor branca refletir mais luz, influenciando a captura da imagem pela *webcam*.

Retomando a tabela 20, temos que a utilização de lâmpada halógena também pode ser considerada, uma vez que atingiu uma média de 53,21% que, apesar de apresentar resultados inferiores, ainda está dentro do intervalo mais próximo da cor referência (mais de 50%), quando utilizada em fundo azul e iluminação de 230 lux.

Pode-se afirmar que, no caso da esteira desenvolvida no laboratório, se instalada em um centro de triagem teria uma eficiência de 15,15% à 22,29%, dependendo do tipo de lâmpada usado no local; levando em consideração a superfície preta e o índice de iluminação nos centros de triagem segundo Albizu (2008). Com a troca da cor da superfície da esteira rotativa para azul a eficiência de proximidade com a cor deve ficar entre os 28,15% e 41,45% com 80 lux a 130 lux (conforme apontado por Albizu (2008)), podendo chegar aos 65,68% se realizada a adaptação do local para uma iluminação que chegue aos 230 lux.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo obtendo um resultado dentro da média proposta para a solução do problema, é importante observar que o percentual de 65,68% de exatidão de cor alcançado ainda deixa uma margem de erro que pode interferir na correta identificação de objetos. A brecha de 34,32% abre espaço para uma imprecisão que pode impactar significativamente na aplicação de detecção de objetos nas esteiras, uma vez que pequenas variações de cor podem influenciar nessa identificação. Tendo como referência os resultados de iluminação em centros de triagem encontrados por Albizu (2008) que apontavam a incidência de uma quantidade de luz que varia de 80 lux a 130 lux nas esteiras de centros de triagem, podemos considerar que os locais de instalação do equipamento não estão aptos a receber uma tecnologia de coleta seletiva realizada através de *webcam*.

Além disso, é necessário observar que o uso de lâmpadas halógenas é proibido em diversos países desenvolvidos e o Brasil pode seguir essa tendência em breve; conforme colocado anteriormente na fundamentação teórica desta pesquisa. Isso, além de impossibilitar a internacionalização de projetos elaborados com lâmpadas halógenas em determinados países, pode inviabilizar a manutenção desses equipamentos posteriormente no Brasil. As lâmpadas halógenas são, em geral, mais baratas, mas utilizam mais energia e duram menos, aumentando os custos de utilização e não gerando um custo-benefício importante. Pensar no custo de manutenção é absolutamente necessário para possibilitar que os centros de triagem possam receber e manter esse tipo de tecnologia de detecção. Outro ponto a ser levantado é o desconforto térmico que essas lâmpadas podem gerar aos trabalhadores desses locais, aumentando a temperatura do ambiente proporcionado por esse tipo de lâmpada, já que emitem uma quantidade significativa de calor para gerar luz. Assim, mesmo a lâmpada halógena tendo gerado resultados relevantes, sendo a segunda mais eficiente nessa pesquisa, seu uso não é considerado recomendado, pois o custo monetário, humano e ecológico não se adequa ao esperado em termos de sustentabilidade.

Acredita-se que, nesse caso, mesmo a lâmpada LED tendo um pior desempenho na identificação correta da cor, é extremamente válida a elaboração de mais testes com a referida. O aumento da quantidade de lux incidentes deve gerar resultados mais significativos para o uso de lâmpada LED, conforme demonstram as análises. Outro ponto que leva a indicação de um aprimoramento no sistema de iluminação gerado por LED é que esse tipo de lâmpada possui maior durabilidade, eficiência energética e não apresenta menos danos ao meio ambiente, em comparação com as outras lâmpadas aqui analisadas.

Tendo em vista a elaboração de diretrizes de iluminação para detecção de objetos, com foco nos centros de triagem, visando uso de garras robotizadas e focando na captura fiel das cores dos objetos, através dessa pesquisa foi possível apontar que o local de instalação do sistema precisa:

- Ter iluminação de pelo menos 230 lux no local de captura de imagem;
- Utilizar lâmpadas preferencialmente fluorescentes;
- Dar preferência à esteira rotativa com superfície na cor azul;
- Manter o foco da *webcam* na opção automático;
- Fixar a exposição da *webcam* para não gerar variação das cores ao longo da captura das imagens.
- Educar as pessoas que trabalham no local sobre o correto descarte das lâmpadas, principalmente no caso da fluorescente.

A adequação desses critérios no projeto deve possibilitar resultados mais precisos na captação das imagens, possibilitando uma seleção de materiais mais eficiente.

7.1. PROJETOS FUTUROS

Ao longo da pesquisa, foram observadas algumas sugestões para trabalhos futuros, que podem contribuir para o desenvolvimento

- Analisar se os resultados se mantem com a utilização de objetos com a mesma cor do fundo, como foi realizado aqui com o fundo preto e cubo preto;
- Realizar análises com maior quantidade de lux, ultrapassando os 230 lux, e verificar se há melhora significativa;
- Observar como os resultados aqui encontrados podem contribuir para outras áreas de pesquisa, como na elaboração de objetos para uso em realidades virtuais;
- Aprofundar a programação para análise com multiescolha das imagens capturadas;
- Testar os resultados com a utilização de lâmpadas com feixes planos e/ou convergentes.

REFERÊNCIAS

ABREPEL. **Panorama dos resíduos sólidos no brasil**. Abrelpe. [S.l.]. 2021.

ADABO, G. Você sabe escolher lâmpadas? Parte 1 - Tipos de lâmpadas. **Internation Energy Initiative - Brasil**, 2019. Disponível em: <<https://iei-brasil.org/2019/09/24/tipos-de-lampadas/>>. Acesso em: 14/04/2023.

ALBIZU, E. J. "**Diretrizes para um centro de triagem de materiais recicláveis quanto ao ambiente construído em relação à segurança e saúde no trabalho: um estudo de caso no Guarituba, município de Piraquara, região metropolitana de Curitiba**. UFPR. Curitiba. 2008. (Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Construção Civil do Setor de Tecnologia). Universidade Federal do Paraná.).

ALFARO-ALMAGRO, F. et al. Image processing and Quality Control for the first 10,000 brain imaging datasets from UK Biobank. **Neuroimage**, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Iluminância de interiores, Rio de Janeiro, 1992.

BLINN, J. F. What Is a Pixel? **Computer Graphics and Applications**, 25, n. 5, 2005. 82-87.

BONJORNO, J. R.; RAMOS, C. M. **Física 2: Termologia, Óptica Geométrica, Ondulatória**. São Paulo: FTD, 2016.

BRASIL. Institui a política nacional de resíduos sólidos (PNRS), Lei Nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, 2010.

COSTA, M. F. M. O que é a luz? **International Commission for Optics**, 2015.

COURROL, L. C.; PRETO, A. O. **Óptica geométrica**. São Paulo: Unifesp, 2011.

DELTA COLOR. Delta Color, 2011. Disponível em: <https://www.deltacolorbrasil.com/colorimetro_colorium.html>. Acesso em: 28 de julho de 2022.

EIGENHEER, E. M. **Lixo: A limpeza urbana através dos tempos**. Porto Alegre: Campus, 2009.

FERREIRA, L. O.; RODRIGUES, W. M. Funções lineares no estudo do sistema de cores RGB. In: GARCIA, A. R. G. **Coletânea de trabalhos do PROFMAT/UFERSA voltado aos estudos de funções e suas aplicações ao ensino médio**. 1ª. ed. Piracanjuba: Conhecimento Livre, 2021. p. 55-81.

FORD, A.; ROBERTS, A. Colour Space Conversions. **Westminster University**, Londres, 1998.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7ª. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de Física, volume 4:** óptica e física moderna. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HERNANDES, J. C. et al. Educação em Saúde Ambiental nas Cooperativas de Triagem de Materiais Recicláveis do Município de Pelotas/RS. **Expressa Extensão- UFPEL**, v.21, n. 1, 2016.

HISTORY 101: Plastics. Intérpretes: Netflix. [S.l.]: Netflix. 2020.

IBRAHEEM, N. A. et al. Understanding color models: a review. **ARNP Journal of Science and Technology**, 2, 2012.

INMETRO. Lâmpada LED, 2022. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/cartilhas/lampada-led/lampadaled.pdf>>. Acesso em: 19 de junho de 2023.

INSTRUTHERM. Luxímetro digital mod. LD-400. **Instrutherm**, 2022. Acesso em: Disponível em. Acesso em 08 de setembro de 2022.

IP MINAS. Temperatura da cor da luz influencia no comportamento do ser humano. **IP Minas**, 2022. Disponível em: <<https://www.ipminas.com.br/temperatura-da-cor-da-luz-influencia-no-comportamento-do-ser-humano/>>. Acesso em: 23/06/2023.

JOHNSON, K. MIT robot sorts recycling and trash by touch. **VentureBeat**, 2019. Disponível em: <<https://venturebeat.com/ai/mit-robot-sorts-recycling-and-trash-by-touch/>>. Acesso em: 03 de setembro de 2022.

JULIANDO, J.; HUSIN, Z. **Rancang Bangun Alat Penyortir Minuman Kaleng Menggunakan Camera Dan Deteksi Warna**. Tese de doutorado. Sriwijaya University. Sriwijaya. 2019.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica:** teoria da ciência e iniciação à pesquisa. Petrópolis: Editora Vozes, 2011.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. D. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5ª. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LIMA, F.; OLIVEIRA, F. G. Produtividade técnica e social das associações de catadores: por um modelo de reciclagem solidária. In: HELENA MARIA TARCHI CRIVELLARI, V. H. (). **Catadores na cena urbana:** construção de políticas socioambientais. Belo Horizonte: Autêntica, 2008. p. 225-248.

LOGITECH. C920s PRO HD WEBCAM. **Logitech**, 2022. Acesso em: 31 de agosto de 2022.

LOPES, J. M. B. **Cor e Luz**. Instituto Superior Técnico de Lisboa. Lisboa. 2013.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**. Tradução de Astrid de Carvalho. 1. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

MARTINS, R. Z. Reduzir, Reutilizar e Reciclar: sustentabilidade de um centro de triagem de materiais recicláveis. **Revista de Administração do Unifatea-RAF**, Cruzeiro - SP, 2016.

NAJMURROKHMAN, A. et al. Projeto e Realização de Sistema de Detecção de Objetos Usando Software Python (tradução nossa). **Prosiding Seminar Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi**, Cimahi, 2017.

NASSAU, K. **The Physics and Chemistry of Color: The Fifteen Causes of Color**. Nova Iorque: Wiley & Sons, 2001.

OAK. História das Lâmpadas. **OAK - Energia**, 2018. Disponível em: <<https://oakenergia.com.br/historia-das-lampadas/>>. Acesso em: 15/06/2023.

OLDENZIEL, R.; WEBER, H. Introduction: Reconsidering Recycling. **Contemporary European History**, v. 22, n. 3, p. 347 - 370, 2013.

OSRAM. **Life cycle assessment of illuminants: a comparison of light bulbs, compact fluorescent lamps and LED lamps**. OSRAM Opto Semiconductors GmbH. Regensburg - Germany. 2009.

OXFORD LANGUAGES. [S.l.]: [s.n.], 2022.

PLATANIOTIS, K.; VENETSANOPOULOS, A. Color Image Processing and Applications. **Springer Science & Business Media**, 2000.

PLATCHECK, E. R. **Design industrial: metodologia de EcoDesign para o desenvolvimento de produtos sustentáveis**. São Paulo: Atlas, 2012.

PRAYITNO, Y. P.; HARIANTO, M. C. W. **Projeto e criação de aplicativos para detectar formas e cores de objetos em robôs móveis baseados em webcam (tradução nossa)**. Universitas Dinamika (STIKOM Surabaya). Surabaya. 2011.

PROCTOR, B. Cheap Labor and the Effects on the American Economy and Worker. **Murray State Digital Common**, 2021.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. D. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. [S.l.]: Feevale, 2013.

PULUNGAN, A. B. et al. Object Detection with a Webcam Using the Python Programming Language. **Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)**, 2, 2021.

RAIHAN, M. N. et al. **A Novel Approach for Waste Collection: Automated Waste Collecting Robot with Advanced Image Recognition Technology and Onboard Robotic Arm**. IEEE Region 10 Symposium. Dhaka. 2020.

RAJÃO, J. C. **Riscos e estratégias de prevenção na triagem de materiais recicláveis**. Repositório UFMG. [S.l.]. 2018.

ROCHA, J. C. Cor luz, cor pigmento e os sistemas RGB e CMY. **Revista Belas Artes**, 2011.

SCARINCI, A. L.; MARINELI, F. O modelo ondulatório da luz como ferramenta para explicar as causas da cor. **Revista Brasileira de Física**, v. 36, 2014.

SILVA, P. L. C. et al. Dificuldades enfrentadas no cotidiano de trabalho em cooperativas de triagem de material reciclável. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 2, 2018. 355-369.

SOUZA, L. Brasil gera 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos por ano. **Agência Brasil**, 2019. Disponível em: <Disponível em >. Acesso em: 11 de setembro de 2019.

W3C RECOMMENDATION. CSS Color Module Level 3. **W3C Recommendation**, 2022. Disponível em: <Disponível em <https://www.w3.org/TR/css-color-3/#hsl-color>>. Acesso em: 5 de setembro de 2022.

WEN, C.-Y.; CHOU, C.-M. Color Image Models and its Applications to Document Examination. **Forensic Science Journal**, 3, n. 1, 2004. 23-32.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our Common Future**. [S.l.]: Oxford University Press. 1987.

WWF. Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico. **WWF**, 2019. Disponível em: <Disponível em >. Acesso em: 11 de setembro de 2022.

XIMENES, F. S. **Design de difusor aerodinâmico compacto para uma turbina eólica de pequena escala**. Dissertação (Mestrado em Design). Escola de Engenharia - Faculdade de Arquitetura. UFRGS. Porto Alegre. 2018.