

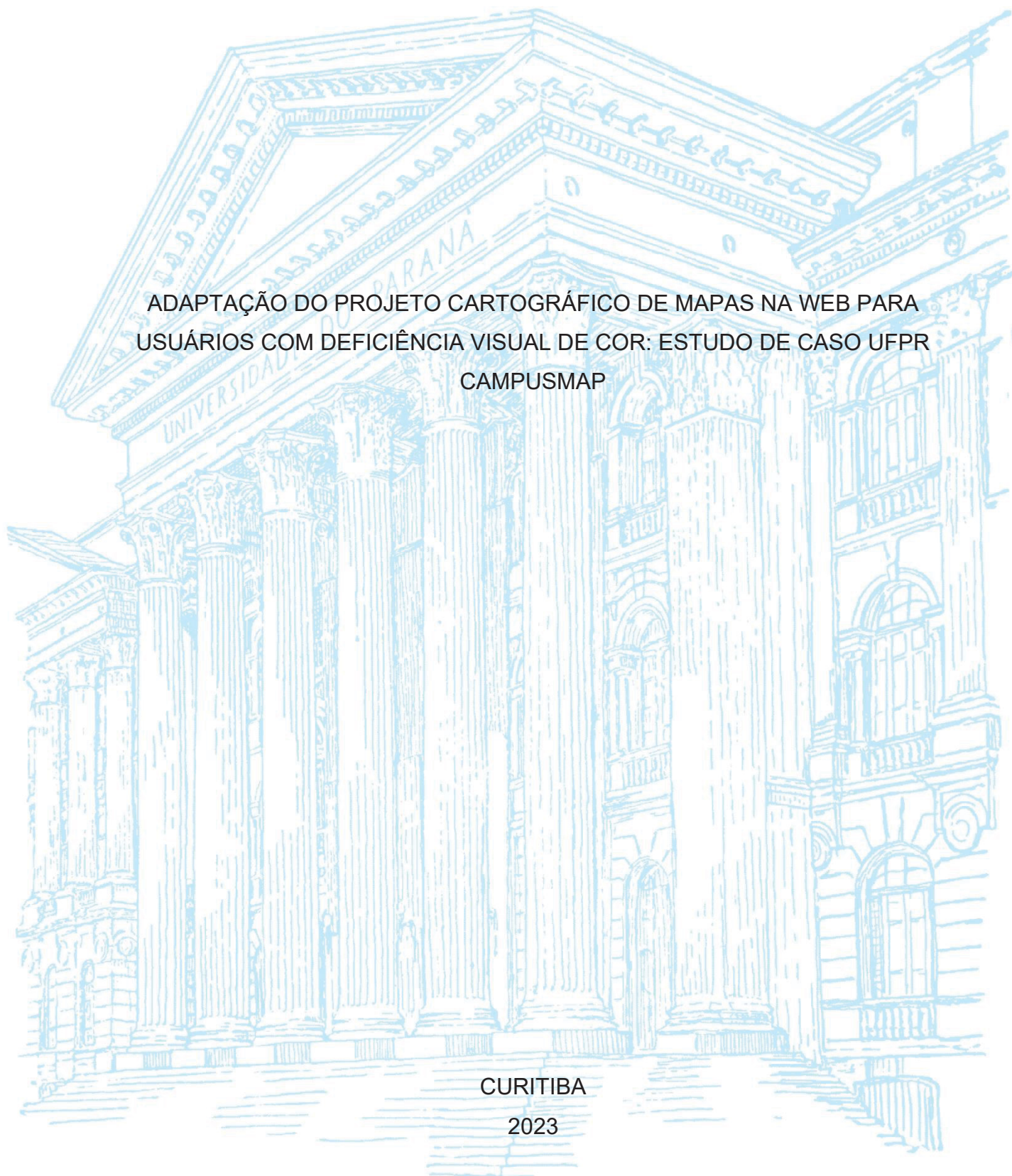
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALINE BORGES DE SOUZA

ADAPTAÇÃO DO PROJETO CARTOGRÁFICO DE MAPAS NA WEB PARA  
USUÁRIOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL DE COR: ESTUDO DE CASO UFPR  
CAMPUSMAP

CURITIBA

2023



ALINE BORGES DE SOUZA

ADAPTAÇÃO DO PROJETO CARTOGRÁFICO DE MAPAS NA WEB PARA  
USUÁRIOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL DE COR: ESTUDO DE CASO UFPR  
CAMPUSMAP

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciência da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Geodésicas.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luciene Stamato Delazari

CURITIBA

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Souza, Aline Borges de

Adaptação do projeto cartográfico de mapas na web para usuários com deficiência visual de cor: estudo de caso UFPR CampusMap / Aline Borges de Souza. – Curitiba, 2023.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas.

Orientador: Luciene Stamato Delazari

1. Cartografia. 2. Daltonismo. 3. Inclusão social. I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. III. Delazari, Luciene Stamato. IV . Título.

Bibliotecário: Leticia Priscila Azevedo de Sousa CRB-9/2029



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIAS  
GEODÉSICAS - 40001016002P6

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação CIÊNCIAS GEODÉSICAS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **ALINE BORGES DE SOUZA** intitulada: **ADAPTAÇÃO DO PROJETO CARTOGRÁFICO DE MAPAS NA WEB PARA USUÁRIOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL DE COR: ESTUDO DE CASO UFPR CAMPUSMAP**, sob orientação da Profa. Dra. LUCIENE STAMATO DELAZARI, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa. A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 29 de Setembro de 2023.

Assinatura Eletrônica

29/09/2023 15:57:00.0

LUCIENE STAMATO DELAZARI

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

29/09/2023 16:45:53.0

ANDREA FARIA ANDRADE

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

29/09/2023 16:31:47.0

SILVANA PHILIPPI CAMBOIM

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

---

Centro Politécnico - Caixa Postal 19001 - CURITIBA - Paraná - Brasil

CEP 81531-980 - Tel: (41) 3361-3153 - E-mail: cpgcg@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 318873

**Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://siga.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 318873**

Dedico este trabalho à pessoa mais importante da minha vida, minha mãe.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a Deus, cuja presença e orientação foram fundamentais ao longo deste percurso acadêmico. Agradeço profundamente à minha orientadora, Luciene Stamato Delazari, por sua dedicação, paciência e orientação valiosa que foram essenciais para o desenvolvimento desta dissertação.

Não posso deixar de agradecer à minha mãe, cujo apoio incondicional e amor constante foram a força motriz que me impulsionou a alcançar este objetivo. Também expressei minha gratidão à tia Gildete, cujas palavras de incentivo e conselhos sábios foram um farol durante minha jornada.

Agradeço a toda minha família pelo constante encorajamento e compreensão nos momentos de ausência. Aos meus amigos, cuja amizade e apoio foram um suporte valioso, agradeço por estarem sempre ao meu lado.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, que proporcionou o ambiente acadêmico propício para o crescimento e desenvolvimento das minhas ideias. Sou grata pela oportunidade de aprender e contribuir para o campo do conhecimento. Agradeço à CAPES, pela bolsa concedida durante todo o transcurso do Mestrado.

Em suma, minha jornada acadêmica foi enriquecida pela presença e apoio de cada um de vocês. Obrigado por fazerem parte deste capítulo importante da minha vida.

Equality isn't when everyone gets the same thing, rather it is when everyone gets what they need. (Unknown)

## RESUMO

A maioria dos produtos cartográficos é projetada para pessoas normovisuais, excluindo aqueles com limitações visuais, como o daltonismo. O daltonismo afeta a percepção de cores em indivíduos e é mais prevalente em homens do que em mulheres. A pesquisa destaca a relevância da Cartografia Inclusiva, que visa tornar os mapas acessíveis para pessoas com deficiências visuais. Cerca de 18,80% dos brasileiros possuem algum grau de limitação visual, o que enfatiza a necessidade de adaptar produtos cartográficos para melhor compreensão. Com base no crescente uso de Sistemas de Informações Geográficas (GIS) em plataformas virtuais, como WebGIS, o estudo destaca a necessidade de tornar essas ferramentas inclusivas para usuários com daltonismo. O estudo se concentra na Universidade Federal do Paraná (UFPR), que possui o WebGIS UFPR CampusMap (UCM). Este ambiente interativo permite aos usuários visualizar informações espaciais, mas foi projetado sem considerar a acessibilidade para pessoas com daltonismo. A pesquisa propõe a adaptação do UCM para usuários daltônicos, buscando melhorar a comunicação cartográfica para este público. Foi realizado o projeto de mapas acessíveis e destacou-se a importância de um design inclusivo em sistemas como o WebGIS, bem como a necessidade de continuidade de pesquisas em relação ao daltonismo e à legibilidade. As opiniões dos usuários desempenharam um papel fundamental na busca por uma experiência de usuário mais acessível e eficaz.

Palavras-chave: Daltonismo. Acessibilidade. UFPR CampusMap.

## **ABSTRACT**

Most cartographic products are designed for people who are visually impaired, excluding those with visual limitations such as color blindness. Color blindness affects color perception in individuals and is more prevalent in men than in women. The research highlights the relevance of Inclusive Cartography, which aims to make maps accessible to people with visual impairments. Around 18.80% of Brazilians have some degree of visual impairment, which emphasizes the need to adapt cartographic products for better understanding. Based on the growing use of Geographic Information Systems (GIS) on virtual platforms, such as WebGIS, the study highlights the need to make these tools inclusive for users with color blindness. The study focuses on the Federal University of Paraná (UFPR), which has the WebGIS UFPR CampusMap (UCM). This interactive environment allows users to visualize spatial information, but was designed without considering accessibility for people with color blindness. The research proposed adapting UCM for color-blind users, seeking to improve cartographic communication for this audience. The design of accessible maps was carried out and highlights the importance of inclusive design in systems such as WebGIS, as well as the need for further research into color blindness and legibility. Users' opinions played a key role in the search for a more accessible and effective user experience.

Keywords: Color blindness. Accessibility. UFPR CampusMap.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ÍCONE DE ACESSIBILIDADE .....	23
FIGURA 2 – INTERFACE DO WEBGIS UFPR CAMPUSMAP .....	24
FIGURA 3 – ESTRUTURA DO OLHO HUMANO.....	26
FIGURA 4 – VISUALIZAÇÃO DE CORES POR DALTÔNICO E NÃO DALTÔNICOS. .....	28
FIGURA 5 – MISTURA DE CORES PRIMÁRIAS ADITIVAS E SUBTRATIVAS.....	29
FIGURA 6 – SISTEMA COLORADD .....	32
FIGURA 7 – COLOR ORACLE .....	33
FIGURA 8 – CLASSES DE PONTOS TÍPICAS DE UM MAPA DE PONTOS DIFERENCIADAS POR SATURAÇÃO, MATIZ E FORMA. ....	34
FIGURA 9 – CLASSES DE LINHA DIFERENCIADAS POR LARGURA E SATURAÇÃO, ANOTAÇÃO, MATIZ E PADRÃO DE LINHA. ....	34
FIGURA 10 – SOLUÇÃO DE ESTILOS PARA GRÁFICOS.....	35
FIGURA 11 – SOLUÇÃO DE ESTILOS PARA REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS. ....	36
FIGURA 12 – CICLO DAS ETAPAS DA PESQUISA EM <i>DESIGN SCIENCE</i> <i>RESEARCH</i> .....	39
FIGURA 13 – FLUXOGRAMA DA PESQUISA.....	40
FIGURA 14 – Legenda <i>Indoor</i> .....	51
FIGURA 15 – CAMADA <i>OUTDOOR</i> DO CAMPUS POLITÉCNICO COM VISUALIZAÇÃO SIMULADO PELO COLOR ORACLE .....	54
FIGURA 16 - <i>COLOR BREWER</i> .....	56
FIGURA 17 – ANTES (A) E DEPOIS (B) CAMADA <i>OUTDOOR</i> .....	58
FIGURA 18 – ANTES (A) E DEPOIS (B) CAMADA <i>INDOOR</i> .....	59
FIGURA 19 – CAMADA <i>INDOOR</i> .....	59
FIGURA 20 – MODO DALTONISMO .....	60
FIGURA 21 – ROTAS TRAÇADAS NA TAREFA 4 .....	62
FIGURA 22 – ROTAS TRAÇADAS NA TAREFA 5 .....	64
FIGURA 23 – ESTILO DE CORES .....	67
FIGURA 24 – FERRAMENTA DE IDENTIFICAÇÃO DE POLÍGONOS .....	68
FIGURA 25 – ÍCONES .....	68

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – ESTADO DA ARTE .....	20
QUADRO 2 – COMPARAÇÃO DE SIMULADORES PARA DALTONISMO .....	37
QUADRO 3 – SIMBOLOGIA <i>INDOOR</i> DO UCM .....	43
QUADRO 4 – SIMBOLOGIA <i>OUTDOOR</i> DO UCM .....	43
QUADRO 5 – RESPOSTAS DA QUESTÃO 9 (CORES DA LEGENDA <i>INDOOR</i> DO UCM).....	51
QUADRO 6 – SIMBOLOGIA <i>INDOOR</i> .....	57
QUADRO 7 – SIMBOLOGIA <i>OUTDOOR</i> .....	57

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 – RESULTADOS DA PESQUISA NAS BASES DE DADOS .....	19
--	----

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1- RESPOSTAS DA QUESTÃO 9 (CORES DA LEGENDA <i>INDOOR</i> DO UCM).....	53
GRÁFICO 2 - NÍVEL DE SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS.....	66

## LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

DPCD	- <i>Department of Planning and Community Development</i>
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICA	- <i>International Cartographic Association</i>
LabTATE	- Laboratório de Cartografia Tátil e Escolar
ONU	- Organização das Nações Unidas
UCM	- UFPR CampusMap
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
W3C	- <i>World Wide Web Consortium</i>
WCAG	- <i>Web Content Accessibility Guidelines</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	16
1.2 OBJETIVOS .....	18
1.2.1 Objetivo geral .....	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>19</b>
2.1 ESTADO DA ARTE .....	19
2.2 UFPR CAMPUSMAP.....	24
2.3 PERCEPÇÃO DA COR E DALTONISMO .....	25
2.4 CARTOGRAFIA E INCLUSÃO.....	31
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>38</b>
3.1 METODOLOGIA.....	38
3.2 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO .....	39
<b>4 RESULTADOS E ANÁLISES .....</b>	<b>50</b>
4.1 ANÁLISE DO PROJETO CARTOGRÁFICO DO UCM PARA DALTÔNICOS.....	50
4.2 SIMULAÇÃO DO UCM.....	54
4.3 DEFINIÇÃO DE MUDANÇAS .....	55
4.4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO .....	57
4.5 TESTE COM USUÁRIO .....	60
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>70</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>72</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Cartografia enquanto ciência, arte e tecnologia de produção de mapas, cartas, plantas, globos terrestres, modelos tridimensionais, em conjunto com estudos realizados e documentos científicos, possibilita a organização, apresentação, comunicação e utilização da informação geográfica, sob uma forma visual, numérica ou tátil (ICA, 1991; CARTWRIGHT, 2009). Desta forma, proporciona aos usuários de seus produtos a compreensão da fração de espaço do planeta no qual estão inseridos, e assim, auxilia na orientação e navegação.

Os produtos cartográficos, em geral, são elaborados para que sejam manipulados por pessoas normovisuais. Tendo em vista a abrangência da parcela da sociedade que possui limitações visuais, cartógrafos precisam adaptar produtos cartográficos para sejam compreendidos.

Dados do censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em 2010, demonstram que cerca de 18,80% dos brasileiros declaram possuir algum grau de limitação visual, e dentre estes, 3,4% possuem perda total ou parcial da capacidade de enxergar (IBGE, 2010).

Dentre as limitações visuais está o daltonismo, também conhecido como discromatopsia ou discromopsia, consiste em uma anomalia genética que interfere na percepção de cores de um indivíduo. Simunovic (2010) afirma que é estimado que 0,5% mulheres e 8% dos homens no mundo são afetados pelo daltonismo. A deficiência da visão de cores é classificada pela gravidade e pelos tipos de cones (parte do olho que é responsável pela visão em cores) afetados.

A cor é uma variável visual frequentemente adotada na concepção de materiais cartográficos para representar graficamente fenômenos espaciais, exercendo a comunicação entre o mapa e o usuário. Pode ser utilizada, por exemplo, no agrupamento de dados pertencentes a uma mesma classe, para distinguir grupos, ou para sugerir a existência de uma hierarquia entre os dados. Valer-se adequadamente das dimensões da cor (tom, luminosidade e saturação), levando em consideração as necessidades dos usuários dos mapas, aumenta a possibilidade de realizar uma adequada representação de um tema no mapa.

A Cartografia Inclusiva se preocupa em tornar os mapas e representações cartográficas mais acessíveis e compreensíveis para pessoas com diferentes tipos de deficiências ou necessidades específicas. É por intermédio da utilização de

ferramentas digitais, sonoras e táteis na elaboração de materiais cartográficos que se viabiliza o ensino e a aprendizagem de pessoas com limitações (SILVA E GUEDES, 2020).

A utilização dos Sistemas de Informações Geográficas em plataformas interativas em ambiente virtual, por meios dos chamados WebGIS, permitem a apresentação de mapas associados a dados advindos de resultados de pesquisas e as análises espaciais que são realizadas de forma online em navegadores web de computadores, smartphones ou tablets. Os WebGIS oferecem diversas vantagens quando comparado aos aplicativos desktop, pois possibilitam um alcance maior de usuários, muitas vezes o custo de desenvolvimento é menor em relação ao desktop, além de ser executado em uma ampla variedade de sistemas operacionais (Windows, Linux, Mac, Android, IOS), dentre outros benefícios (FU, 2018).

No ambiente Web o conceito de acessibilidade vem sendo difundido por meio do W3C (*World Wide Web Consortium*) que se trata de um consórcio internacional que tem por finalidade o estabelecimento de padrões para a criação e interpretação de conteúdo na Web. Tal consórcio define as diretrizes de acessibilidade para conteúdo Web (*Web Content Accessibility Guidelines – WCAG 2.0*) que aborda algumas recomendações com o objetivo de tornar mais acessível o conteúdo exibido.

Conforme definida pelo Governo Federal por intermédio do Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos (2023) a Acessibilidade Digital visa eliminar barreiras na Web para garantir que todos possam interagir efetivamente com páginas online. Destaca-se que cerca de 23,9% da população brasileira enfrenta obstáculos, principalmente em sítios eletrônicos, ressaltando a importância da acessibilidade nos sites governamentais. A implementação da acessibilidade digital democratiza o acesso aos conteúdos governamentais não só beneficia pessoas com deficiência, mas também grupos como idosos, indivíduos sem habilidades na internet e usuários de dispositivos móveis.

A Universidade Federal do Paraná (UFPR) possui um projeto que engloba diversas tecnologias para coleta e disponibilização de dados, que apresenta o mapeamento das áreas externas e internas, como também ortofotos e ambientes 3D dos campi, que se denomina UFPR CampusMap (UCM). Sendo um ambiente SIG apresentado em formato Web e funcional, o UCM viabiliza em sua interface que o usuário visualize por intermédio de mapas a consulta de informações espaciais, como por exemplo, a localização de um campus, Instituto, setor ou departamento, sala de

aula, banheiro, isto é, a localização das edificações e espaços internos que as constituem. Além de interagir com mapas é possível obter relatórios com informações métricas e realizar downloads de mapas de localização, monografias com dados de base GNSS e as especificações técnicas adotadas na concepção dos produtos cartográficos gerados pelo projeto UFPR CampusMap. O UCM foi projetado e desenvolvido para pessoas normovisuais, não dispondo de funcionalidades de acessibilidade.

O problema de estudo idealizado consiste em: Como adaptar o UCM para que pessoas com deficiência da percepção de cores possam realizar tarefas de uso da plataforma e compreender a estrutura e as informações exibidas? Deste modo, este trabalho tem como hipótese que a disponibilização de mapas projetados para daltônicos no UCM permitirá a interação desses usuários com o WebGIS.

Dessa forma, objetiva-se adequar a comunicação cartográfica do UCM para usuários daltônicos, por meio da definição, concepção e avaliação de um projeto de mapas acessível, estabelecendo, assim, a comunicação cartográfica da plataforma para este público. Para alcançar esse objetivo se fez necessário a realização de um teste de avaliação com tarefas de uso do UCM com grupo focal, e assim, conhecer as necessidades deste público, para então implementar o recurso de acessibilidade no WebGIS.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O usuário de mapas interativos consegue de forma interativa obter informações descritivas e gráficas que estão integradas a um banco de dados. E, no que tange a dificuldade apresentada pelos daltônicos na percepção visual de cores, para que os mapas atinjam um nível satisfatório de comunicação com o usuário, a simbologia utilizada na representação dos fenômenos geográficos deve ser apropriada. Ressalta-se que adequações de acessibilidade além de auxiliar pessoas com deficiência também beneficiam pessoas idosas que devido ao envelhecimento apresentam algumas capacidades visuais em mudança que afetam na percepção de cor. De acordo com o Instituto de Moléstias Oculares (2021) à medida que as pessoas envelhecem, ocorrem diversas alterações no sistema visual que podem influenciar a maneira como percebem e interpretam as cores. Uma das mudanças significativas é a diminuição da acuidade visual, que afeta a capacidade de distinguir cores com

precisão, especialmente em ambientes com pouca luminosidade. Além disso, a sensibilidade ao contraste tende a diminuir com o envelhecimento, o que pode tornar mais difícil a identificação de diferenças sutis de cor. Considerando esses aspectos, ao criar recursos visuais, como mapas online, é crucial considerar essas mudanças e assegurar que as informações sejam apresentadas de maneira clara e acessível, contemplando uma audiência diversificada em termos de faixa etária.

A prevalência do daltonismo, que afeta aproximadamente 8% dos homens e 0,5% das mulheres globalmente, torna imperativo abordar suas necessidades para que não sejam excluídos do acesso à informação geográfica. Cores frequentemente desempenham um importante papel na representação de dados espaciais. No entanto, sem adaptações, as pessoas daltônicas podem ter dificuldade em interpretar essas informações. A adaptação dos mapas auxilia que a mensagem visual seja clara e compreensível para todos. Além disso, a adaptação dos projetos de mapas online para pessoas daltônicas é crucial para a precisão na interpretação. Em situações como navegação, planejamento ou tomada de decisões, a interpretação precisa é essencial. A falta de adaptação pode levar a interpretações equivocadas, o que pode ter implicações significativas.

As diretrizes estabelecidas pelo W3C promovem a criação de conteúdo online acessível a todos, incluindo pessoas com deficiências visuais. A adaptação dos mapas para pessoas daltônicas é uma maneira de atender a essas diretrizes. Além de suas implicações práticas, a adaptação dos projetos de mapas online para daltônicos reflete uma responsabilidade social e ética. Vivemos em uma sociedade que valoriza a igualdade de oportunidades e a inclusão. Adaptar os mapas é uma maneira de demonstrar compromisso com esses valores.

É garantido a todo cidadão por meio da Declaração Universal de Direitos Humanos o direito a igualdade (ONU, 1948). Desta forma a Cartografia, como ciência, deve por intermédio de suas pesquisas e publicações, promover a manutenção deste direito a todo e qualquer ser humano. Em geral, quando se idealiza um público-alvo para acessar um material cartográfico, não se leva em consideração que alguns usuários podem possuir alguma deficiência ou limitação que impeçam sua compreensão do produto em questão.

Neste contexto, buscando promover acessibilidade e equidade no acesso de informações geográficas disponibilizadas na Web, é importante haver contribuições para a Cartografia Inclusiva por intermédio de pesquisas. Tendo a finalidade de tornar

possível que os usuários de produtos cartográficos, independentemente de suas limitações, consigam analisar e compreender as informações transmitidas pelos mapas, de forma autônoma, e assim obter novos conhecimentos.

Este trabalho tem o enfoque de propor adaptações ao UCM, buscando apresentar as informações cromáticas da interface do WebGIS de forma acessível às pessoas com limitações visuais na percepção de cor.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

O objetivo desta pesquisa consiste em adaptar o projeto cartográfico de mapas do WebGIS UFPR CampusMap, para viabilizar a comunicação cartográfica da plataforma com usuários com deficiência visual de cor.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Compreender as limitações do UCM para pessoas com deficiência da percepção de cores;
- Definir e implementar alterações no projeto de mapas do UCM considerando a questão de acessibilidade de usuários daltônicos.
- Avaliar o projeto de mapas proposto com seu público-alvo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ESTADO DA ARTE

Neste tópico buscou-se apresentar o estado da arte sobre a abordagem da deficiência visual de cores na Cartografia por meio de uma revisão sistemática de literatura. A localização de artigos científicos, dissertações e teses, foi realizada nas bases de dados *Scopus*, *Web of Science*, *International Cartographic Association* (ICA), periódicos CAPES e Google Acadêmico. Utilizaram-se as palavras-chave: daltonismo e concepção de mapas; daltonismo e representações cartográficas; mapas, daltônico e ensino de Cartografia; mapas, daltônico e ensino de Geografia; webgis e daltonismo; webgis e acessibilidade. Foi considerado um recorte temporal de 24 anos (1997 a 2021) para análise dos artigos.

A realização da pesquisa nas bases de dados buscou responder aos seguintes questionamentos:

- a) Do que se tratam, de maneira geral, as pesquisas sobre daltonismo na concepção de mapas ou representações cartográficas?
- b) Como a cor é utilizada como variável gráfica em produtos cartográficos destinados a daltônicos?
- c) De qual forma websites estão sendo adaptados para acomodar daltônicos?

A TABELA 1 – RESULTADOS DA PESQUISA NAS BASES DE DADOS contém a síntese da quantidade de trabalhos encontrados nas bases de dados pesquisadas.

TABELA 1 – RESULTADOS DA PESQUISA NAS BASES DE DADOS

	PERIÓDICOS CAPES	WEB OF SCIENCE	SCOPU S	GOOGLE ACADÊMICO	ICA
Daltonismo e Design de Mapas	19	33	16	212	6
Daltonismo e Representações Cartográficas	7	1	1	17	3
WebGIS e Daltonismo	6	0	0	8	0
TOTAL	26	34	17	229	9

FONTE: A autora (2022).

Após a leitura dos títulos dos trabalhos resultantes da pesquisa, alguns foram selecionados para leitura do resumo, para assim conduzir os mais relevantes para

pesquisa para uma análise mais aprofundada. As obras selecionadas que trazem considerações importantes para a pesquisa são apresentadas no QUADRO 1 – ESTADO DA ARTE.

QUADRO 1 – ESTADO DA ARTE

<b>Autor e ano</b>	<b>Título</b>	<b>Características</b>
OLSON E BREWER (1997)	An Evaluation of Color Selections to Accommodate Map Users with Color-Vision Impairments	Aborda a viabilidade de escolher cores de mapa para acomodar problemas de visão de cores.
JENNY KELSO (2007)	Designing Maps for The Colour Vision Impaired	Sugestões de como os mapas podem ser projetados para considerar o grupo de daltônicos por intermédio da ferramenta Color Oracle.
HUPING, NAN, XIAOSHUANG e YAJING (2008)	Color Design Scheme of Map for Color Vision Impaired	Apresenta regras para designers de mapas e esquemas de design de cores de mapas para diferentes tipos de acromáticos.
KRÖGER, SCHIEWE e WENINGER (2013)	Analysis and Improvement of the OpenStreetMap Street Color Scheme for Users with Color Vision Deficiencies	Avalia os problemas de deficiência de visão de cores do esquema de cores das classes de rua do mapa padrão em Openstreetmap.
MAIA e SPINILLO (2014)	Como os Daltônicos percebem as Representações Gráficas de Mapas do Transporte Público	Investiga as percepções dos usuários daltônicos diante das representações gráficas dos mapas do transporte público de Curitiba
KVITILE, GREEN, PHIL e NUSSBAUM (2015)	Adaptive colour rendering of maps for users with colour vision deficiencies	Executa a renderização de cores adaptáveis a informações de mapa para usuários com deficiências de visão de cores.
JEONG, KANG e SHIN (2015)	Korea and world maps for people with color vision deficiency	Desenvolve um simulador de daltonismo, uma ferramenta de diagnóstico de esquema de cores e desenvolve um método de transformação de cores.
WALDIN, BERNHARD, PETER e VIOLA (2016)	Individualization of 2D Color Maps for People with Color Vision Deficiencies	Proposição de um novo método para adaptar um mapa de cores a um indivíduo, fazendo com que o usuário classifique as linhas extraídas de um determinado mapa de cores.
KVITILE, PEDERSEN e	Quality of color coding in maps for color deficient observers	Investigação da discriminabilidade do código de cores em um produto cartográfico oficial

<b>Autor e ano</b>	<b>Título</b>	<b>Características</b>
NUSSBAUM (2016)		da Noruega conduzindo um experimento envolvendo observadores com deficiência de cor e observadores normais de cor.
DA COSTA et al. (2017)	A Acessibilidade de Pessoas com Daltonismo: A Construção de um Protótipo de AVA Inclusivo	Desenvolve um protótipo de módulo digital que pudesse melhorar e/ou adequar o acesso de pessoas com daltonismo ao Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) “Aprender Unoeste”.
DUTENKEFER e ALMEIDA (2017)	Proposta de reconstrução do mapa Índice de Felicidade Gay	Apresentam-se alguns métodos de discretização dos dados e seus mapas resultantes, considerando a comunicação visual para daltônicos. Por fim, se analisam os mapas e elege o mais comunicativo entre eles.
KVITILE (2018)	Accessible maps for the color vision deficient observers	Revisa os métodos existentes para o projeto de mapas para usuários com deficiência visual.
AMORIN e PUGLESI (2017)	Mapa De Fluxo De Veículos Sob A Percepção Dos Tricromatas E Dicromatas	Apresenta o resultado da análise dos projetos gráficos de mapas de fluxo de veículos percebidos por pessoas tricromatas normais e dicromatas.
KAŠPAR (2021)	Geographic Data Visualizations Using Heat Maps with Support for Color Blind Users	Apresenta mapas de calor adaptados a Daltônicos.

FONTE: A autora (2022)

Objetivando responder os questionamentos iniciais constatou-se que as pesquisas apresentam duas abordagens principais no design de mapas acessíveis para deficientes visuais de cor: pré-processamento e pós-processamento. O pré-processamento de mapas inclui métodos de simulação e o envolvimento de usuários na seleção de cores apropriadas. O pós-processamento inclui os métodos de recoloração para ajuste automático de imagens para deficientes visuais de cor. (KVITILE, 2018; KVITILE, PEDERSEN e NUSSBAUM, 2016).

Olson e Brewer (1997) e Jenny e Kelso (2007) abordam de maneira complementar o desafio de criar mapas acessíveis para pessoas com deficiência de visão de cores. Ambos melhoram a compreensão e interpretação de mapas por esse grupo de usuários, mas com abordagens ligeiramente diferentes. Olson e Brewer (1997) examinam a seleção de cores adequadas para acomodar usuários de mapas com deficiência de visão de cores. Eles realizam experimentos para avaliar como diferentes combinações de cores afetam a percepção dos mapas por indivíduos com daltonismo. Os resultados indicam que a escolha cuidadosa de cores pode melhorar a interpretação dos mapas por pessoas com dificuldades de percepção de cores. O estudo concentra-se mais nas nuances da seleção de cores e como isso impacta a eficácia da comunicação visual. Por outro lado, o estudo de Kelso (2007) vai além das cores e explora estratégias de design mais amplas para criar mapas inclusivos. O artigo considera não apenas as cores, mas também padrões de textura e outros elementos visuais que podem melhorar a compreensão dos mapas por pessoas com daltonismo. O foco está na combinação de cores com padrões para aumentar a legibilidade para esse grupo de usuários.

Kröger, Schiewe e Weninger (2013), concentram-se na avaliação e aprimoramento dos esquemas de cores no OpenStreetMap (OSM) para indivíduos com deficiências de visão de cores. O estudo visa abordar os desafios enfrentados por usuários daltônicos ao interpretar informações de mapas, especialmente em mapas de ruas. Os autores conduzem uma análise abrangente do esquema de cores existente utilizado no OSM e avaliam sua eficácia para indivíduos com deficiências de visão de cores. Eles identificam problemas potenciais, como contraste de cores inadequado e diferenciação insuficiente entre elementos. Com base nessa análise, os autores propuseram um esquema de cores que leva em consideração os diversos tipos de deficiências de visão de cores. As cores foram misturadas em um processo iterativo, onde um parâmetro do sistema HSL (matiz, saturação e luminosidade) foi alterado de cada vez.

Para projetar mapas funcionais independentemente das limitações visuais de cor dos usuários, os cartógrafos precisam compreender como a pessoa com deficiência visual percebe as cores. Desta forma recomenda-se a utilização de cores contrastantes e de variáveis visuais complementares, como por exemplo, a forma, o tamanho e as variações de padrão (JENNY e KELSO, 2007).

Santana, Almeida e Baranauskas (2008) enfatizam que a tecnologia deve integrar as pessoas e fazer o uso consciente do conceito de acessibilidade, não criando uma separação de pessoas com e sem deficiências, pois não estará promovendo a integração e sim a exclusão desse segundo grupo.

Costa et al. (2017) desenvolveram um protótipo de módulo digital com o objetivo de favorecer o acesso de pessoas daltônicas ao Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) “Aprender Unoeste” e a forma de ativação desse módulo consiste em um ícone de acessibilidade (FIGURA 1 - concebido por Duarte, 2016) na aba superior do AVA que quando o usuário clica sobre ele, são dispostas três opções: ativar uma legenda com a matiz de cor, ativar o código *ColorAdd* referente a matiz de cor e conhecer mais informações sobre o *ColorAdd*. As duas primeiras funcionalidades são ativadas conforme o usuário passa o mouse sobre os elementos expressos em tela.

FIGURA 1 – ÍCONE DE ACESSIBILIDADE



FONTE: Duarte (2016).

Todos os artigos abordam a necessidade de adaptar esquemas de cores para daltônicos, enfocando a legibilidade e a compreensão. Soluções incluem uso de cores com alto contraste, modelos de cores adaptativos e paletas alternativas. Padrões de textura e legendas textuais são frequentemente introduzidos para melhorar a diferenciação. Vários artigos defendem a personalização das cores conforme o tipo e grau de daltonismo. Ferramentas interativas para ajustar cores e escolher esquemas são comuns. A introdução de diretrizes para escolha de cores apropriadas também é uma prática recorrente. Em geral, observa-se nas pesquisas analisadas a importância da tecnologia assistiva no auxílio de cartógrafos da concepção de produtos adequados, como também na assessoria que estas tecnologias oferecem aos deficientes visuais de cor.

## 2.2 UFPR CAMPUSMAP

O projeto UFPR CampusMap (UCM) foi desenvolvido pelo Laboratório de Cartografia e SIG em conjunto com o Centro de Pesquisas Aplicadas em Geoinformação (CEPAG), com o objetivo de realizar o mapeamento das áreas externas e internas dos campi da Universidade Federal do Paraná.

O UCM está disponível em plataforma web, constituindo um WebGIS que fornece uma base de dados da estrutura dos campi. A interface (FIGURA 2) possibilita a localização do usuário e sua interação com as funcionalidades apresentadas pela plataforma, como por exemplo, obtenção de relatórios com informações métricas e capacidade restritiva de ambientes, *downloads* de mapas de localização, monografias e dados de base GNSS e as especificações técnicas dos produtos cartográficos. Os usuários-alvo do UCM são frequentadores dos campi que objetivam obter informações de localização de suas estruturas, as possibilidades de rotas para e realização de download de dados cartográficos referentes aos campi.

FIGURA 2 – INTERFACE DO WEBGIS UFPR CAMPUSMAP



FONTE: A autora (2023).

De acordo com Lima (2020) as tarefas previstas na interação com a interface do UCM são:

- a) Visualizar atributos de feições: Permite ver as informações referentes a feições que foram categorizadas e constituem a base cartográfica dos campi da UFPR;
- b) Realizar buscas por atributos: Essa tarefa permite que o usuário obtenha informações de camadas de interesse de acordo com uma feição escolhida;
- c) Realizar rotas de navegação: Nessa funcionalidade o usuário consegue obter informações de rotas quanto à localização de estruturas dos Campi da UFPR;
- d) Visualizar e manipular mapas *indoor*, *outdoor* e ortofotos: Refere-se à liberdade de controle do usuário em exibir em tela os ambientes *indoor*, *outdoor* e ortofotos;
- e) Realizar registo no sistema: Atividade de realizar registro de acesso ao sistema e assim ter acesso à área de usuário cadastrado.
- f) Realizar download de dados disponíveis: O usuário pode obter as especificações técnicas, fazer download dos mapas de localização, obter a monografia da base GNSS e ter acesso aos dados de rastreamento da base GNSS.

Conforme descrito por Lima (2020), os dados da base cartográfica apresentados no UCM foram categorizados a partir das normas desenvolvidas pelo Exército Brasileiro nas Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV). A estruturação do UCM foi realizada sem adequações de acessibilidade para pessoas com deficiências, não dispondo de funcionalidades para uso de pessoas daltônicas.

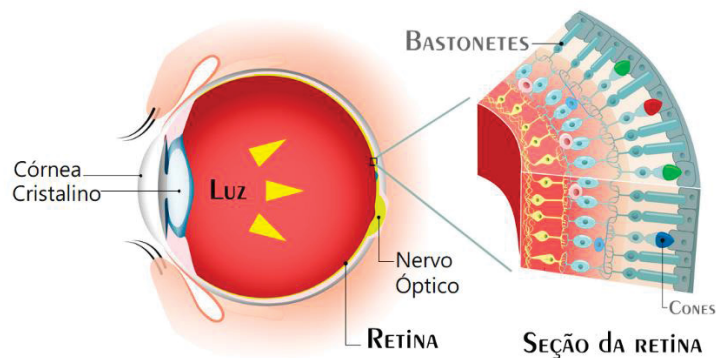
### 2.3 PERCEPÇÃO DA COR E DALTONISMO

De acordo com Dent et al. (2009), a leitura de mapas é um processo que envolve os olhos e o cérebro. Nesse processo, a luz refletida pelos mapas ou emitida pelo monitor de computador é absorvida pelos olhos. O ser humano enxerga a cor por intermédio de estímulos cerebrais, que diferenciam os diferentes comprimentos de uma onda eletromagnética visível ao olho humano que interagem com o sistema

ocular provocando a sensação de cor. A onda eletromagnética visível é compreendida entre os comprimentos de ondas de 400 a 700 nm.

A FIGURA 3 ilustra o processo de percepção da cor onde a luz entra no olho através da córnea, passa então pelo cristalino, uma lente flexível que ajusta o foco. De acordo com MacEachren (2004) a luz focalizada atinge a retina, localizada na parte de trás do olho que contém os bastonetes e cones que são células receptoras que respondem a diferentes estímulos. Os bastonetes são mais numerosos que os cones (cerca de 120 milhões e 5 milhões, respectivamente, em cada olho) e são sensíveis à luz e responsáveis pela visão em baixa luminosidade, e cones, responsáveis pela percepção de cores e visão detalhada. A informação visual é transmitida ao cérebro pelo nervo óptico que processa esses sinais para formar a experiência visual.

FIGURA 3 – ESTRUTURA DO OLHO HUMANO.



FONTE: Delta Color (2022) – Adaptado.

As células cone, presentes em indivíduos com visão normal de cores, podem ser mais nitidamente identificadas com base nos comprimentos de onda específicos da luz aos quais respondem. Estas categorias de cones são geralmente designadas como cones L (*long* - sensíveis a comprimentos de onda longos), cones M (*medium* - sensíveis a comprimentos de onda médios) e cones S (*short* - sensíveis a comprimentos de onda curtos). Além disso, a distribuição dessas distintas células não é uniforme no olho, resultando em variações na sensibilidade ocular a diferentes comprimentos de onda de luz em diferentes regiões (MACEACHREN, 2004).

Como referido por Dent et al. (2009), as cores dos mapas apresentados em tela (computador, smartphone e ou tablet) podem sofrer influência da luz ambiente e da

quantidade de energia emitida pela tela de dispositivos digitais impactando na percepção da cor dos usuários. A deficiência da visão de cores, de acordo com Simunovic (2010), pode se apresentar de forma congênita ou adquirida e estima-se que 8% dos homens no mundo são afetados pelo daltonismo, enquanto que 0,5% mulheres são afetadas. A diferença na prevalência da deficiência visual de cores entre homens e mulheres se deve ao fato de ser uma herança genética recessiva ligada ao cromossomo X. Devido ao fato de as mulheres possuírem dois cromossomos X, se algum destes possuir anomalia o outro fará a compensação, e desta forma o indivíduo será portador do daltonismo, mas não deficiente. Já os homens, que possuem um cromossomo X e outro Y, caso o cromossomo X seja anômalo, o indivíduo será daltônico (MAIA, 2013). Algumas pessoas tornam-se daltônicas em decorrência de outras doenças, devido ao envelhecimento, ou por uso de medicamentos, entre outros fatores. A classificação se dá pela gravidade e pelos tipos de cones afetados. Em geral, os humanos, em relação à percepção cromática, são classificados como tricromatas (normais ou anômalos), dicromatas ou monocromatas.

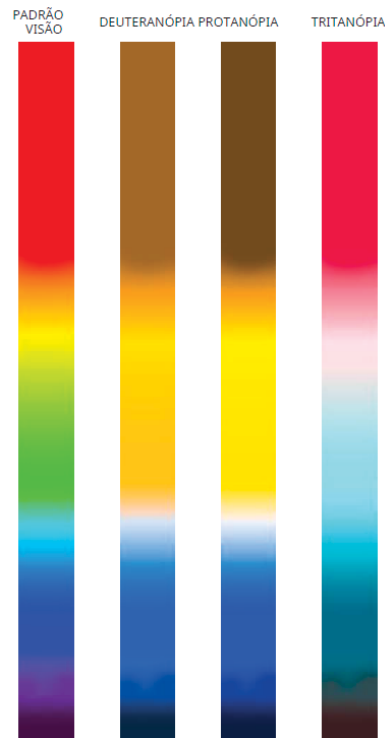
A tricromacia anômala é a forma mais branda e rara da deficiência, onde tricromata anômalo enxerga a cor vermelha, azul e verde, porém, um dos cones apresenta uma anomalia, ocasionando a confusão das cores em certos comprimentos de onda. Sendo subdivida a limitação visual em protanomalia, (quando são afetados os cones vermelhos), deuteranomalia (quando afetados os cones verdes) e tritanomia (quando afetados os cones azuis) (SIMUNOVIC, 2010).

Quando um dos cones não está presente na retina ocorre a dicromacia, esta é uma das formas mais severas de daltonismo. Os dicromatas são classificados quanto ao tipo de cones ausentes sendo eles: protanopes (ausência dos cones responsáveis pela percepção da cor vermelha), deuteranopes (caracterizada pela não identificação da cor verde) e tritanopes (que impossibilita a percepção da cor azul) (SIMUNOVIC, 2010).

Nos casos de monocromacia, também conhecida como acromatopsia, dois ou três cones são ausentes ou disfuncionais. Desta forma, a pessoa que possui essa forma da deficiência, não consegue distinguir cores, enxergando em tons de cinza (SIMUNOVIC, 2010).

A FIGURA 4 apresenta uma coluna com uma paleta de cores sob a perceptiva da visão de cores normovisual e dos diferentes problemas de visão de cores (Deuteranopia, Protanopia e Tritanopia

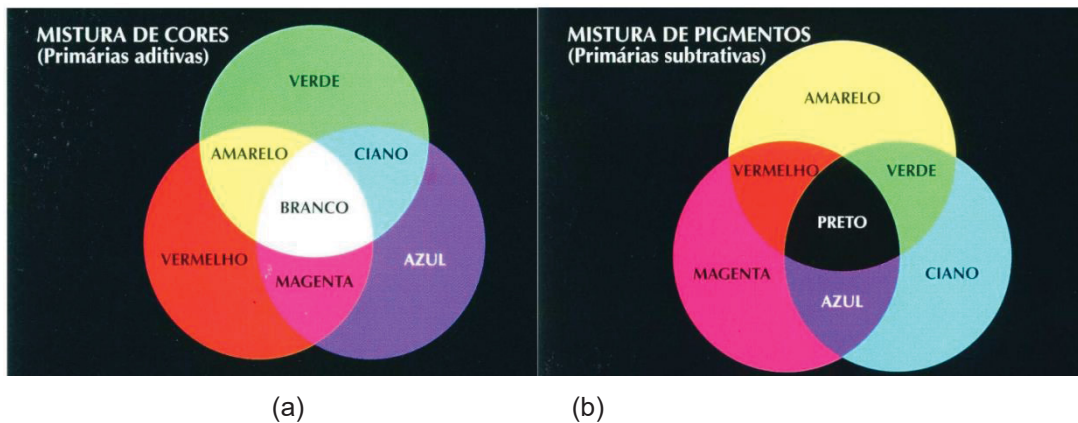
FIGURA 4 – VISUALIZAÇÃO DE CORES POR DALTÔNICO E NÃO DALTÔNICOS.



FONTE: *Department of Planning and Community Development (DPCD)* de Melbourne (2011)

Conforme o formato de visualização de um mapa são aplicadas duas teorias de cor: a Teoria da Cor Aditiva ou a Teoria da Cor Subtrativa. Na primeira, as cores são produzidas para serem exibidas por monitores, enquanto na outra as cores destinam-se a produtos impressos. A FIGURA 5a demonstra a composição das cores resultantes da Teoria da Cor aditiva onde as cores primárias aditivas vermelho, verde e azul combinadas de duas em duas geram outra cor e a sobreposição das três cores primárias resultam no branco. Já na Teoria da Cor Subtrativa (FIGURA 5b), considera-se que quando a luz é emitida em determinado comprimento de onda parte dela é absorvida e parte é refletida. Por exemplo, a cor vermelha absorve o azul e o verde e reflete o vermelho aos olhos do observador. Nesse processo são utilizados os pigmentos magenta, ciano e amarelo (DENT et al., 2009).

FIGURA 5 – MISTURA DE CORES PRIMÁRIAS ADITIVAS E SUBTRATIVAS.



FONTE: Gonzalez (2000) apud Falat e Bonatto (2007)

De acordo com Dent et al. (2009), a cor possui componentes que a classifica em relação a sua nomenclatura, pureza e vibração, que são denominados, correspondentemente, como matiz, saturação e brilho ou luminosidade. Matiz está relacionado à tonalidade da cor, isto é, o nome que é dado às diferentes colorações (azul, vermelho, lilás...). A saturação compreende a pureza da cor, o quanto se afasta do cinza até chegar à cor pura. O brilho ou luminosidade corresponde a quantidade de luz branca que é emitida ou refletida sobre a cor, partindo de uma escala, de 0 a 100%, que parte do preto em direção ao branco.

Quando a variável visual cor é adotada na concepção de mapas pode ser utilizado o website *ColorBrewer*, desenvolvido por Cynthia Brewer, em sua primeira forma, que mais tarde contou com a participação de Mark Harrower. O *ColorBrewer* 2.0 auxilia a adequação de cores em mapas temáticos de acordo com a necessidade específica do mapa e do usuário. O *ColorBrewer* 2.0 apresenta algumas soluções de cores com possibilidades de apresentação para percepção de pessoas com daltonismo e não daltônicos, além de representações impressão em papel, visualização em tela de monitores ou fotocópias. As cores podem ser definidas no sistema RGB, HEX ou CMYK, adequadas quanto à natureza dos dados representados em sequencial, divergente ou qualitativo e também serem determinadas em relação à quantidade de classes (HARROWER E BREWER, 2011).

O Web Content Accessibility Guidelines 2.0 (WCAG - Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo da Web 2.0, em português). O WCAG é desenvolvido pelo World Wide Web Consortium (W3C) e consiste em um conjunto de diretrizes que

visam tornar o conteúdo da web mais acessível para pessoas com diferentes habilidades e necessidades, incluindo aquelas com deficiências. De acordo essas diretrizes a cor é importante no design de conteúdo da Web, pois aumenta o apelo estético, a usabilidade e acessibilidade, porém não deve ser utilizada como único recurso de comunicação visual na transmissão de uma informação, na indicação de uma ação, na solicitação de uma resposta ou distinção de um elemento visual. Recomenda-se a associação de cores com símbolos no processo de comunicação.

Os itens na sequência elencam técnicas que o WCAG 2.0 considera como critério de sucesso na utilização de cores na formulação de um website onde a cor de determinadas imagens, palavras, planos de fundo ou outro conteúdo for usada para indicar informações.

- a) Garantir que as informações transmitidas por diferenças de cores também estejam disponíveis no texto;

O objetivo desta técnica é garantir que quando diferentes cores são usadas para transmitir informações, como, por exemplo, campos de formulário obrigatórios, as informações transmitidas cores também sejam transmitidas explicitamente no texto.

- b) Incluir uma indicação de texto com rótulos coloridos;

A técnica objetiva combinar cores e texto ou caracteres para transmitir informações. Os usuários que não conseguem ver as cores podem procurar dicas no texto, até mesmo, pessoas que usam monitores Braille ou outras interfaces táteis podem detectar dicas de texto pelo toque.

- c) Garantir que dicas visuais adicionais estejam disponíveis quando as diferenças de cor do texto forem usadas para transmitir informações;

Para usar essa técnica, se incorpora uma dica visual além da cor para cada local onde apenas a cor é usada para transmitir informações. As dicas visuais podem assumir vários formatos, incluindo alterações no estilo da fonte, adição de sublinhados, negrito ou itálico ou alterações no tamanho da fonte.

- d) Usar uma taxa de contraste no texto ou ao seu redor para fornecendo dicas visuais adicionais para links ou controles onde apenas a cor é usada para identificá-los.

Esta técnica descreve uma maneira de fornecer dicas adicionais ao pairar e focar, para que usuários que possam ter dificuldade em perceber diferenças de cores ou com baixa visão possam identificá-las. Com esta técnica, a diferença de luminosidade superior com o texto ou ao seu redor pode ser usada como confirmação visual adicional disponível quando um usuário aponta ou clica no link. Os destaques visuais podem, por exemplo, assumir a forma de sublinhado, uma mudança no estilo da fonte, como negrito ou itálico, ou um aumento no tamanho da fonte.

## 2.4 CARTOGRAFIA E INCLUSÃO

Almeida et al. (2018), discutem o quanto a representação de dados e informações correspondentes ao espaço geográfico em formato analógico e/ou digital é relevante não somente para compreensão espacial, localização e navegação, como também, na análise e planejamento de ações para gestão de fenômenos espaciais. Enfatizam assim, que em respeito aos direitos iguais e valorizando as diferenças sociais, étnicas, culturais, as deficiências físicas, cognitivas e/ou sensoriais os produtos cartográficos devem ser acessíveis e inclusivos a todos. Neste contexto, a Cartografia Inclusiva deve ser interativa e centrada no usuário, promovendo assim a acessibilidade e a equidade de direitos.

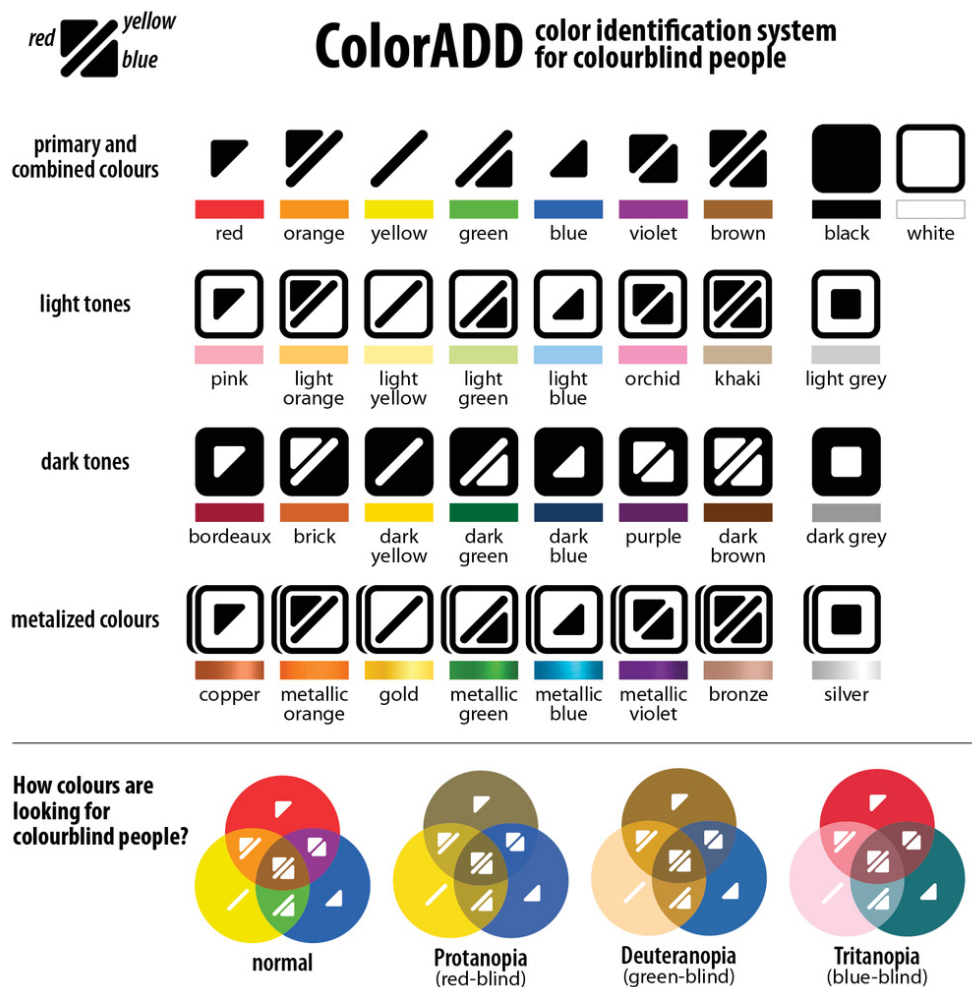
Na área de Cartografia Inclusiva se tem pesquisas voltadas para pessoas com deficiência visual de cores e surdas, e, por intermédio da Cartografia Tátil, pesquisas para deficiência visual (perda total ou parcial do sentido da visão).

Segundo Loch (2008), a Cartografia Tátil corresponde a uma área da Cartografia que representa, através de relevo e texturas, a realidade geográfica por meio de mapas e outros produtos cartográficos que podem ser lidos por pessoas cegas ou com baixa visão. No Brasil, passou a ser difundida a partir das pesquisas realizadas por Vasconcellos no final dos anos 80. Entretanto, o reconhecimento de suas pesquisas foi maior a nível internacional do que nacional (LOCH, 2008).

A Universidade Federal de Santa Catarina com a contribuição da professora Ruth Emília Nogueira e outros pesquisadores tem desenvolvido pesquisas sobre a Cartografia Tátil, por meio da criação do Laboratório de Cartografia Tátil e Escolar (LabTATE) em 2006, diversos projetos de pesquisa envolvendo assuntos relativos a mapas táteis e a elaboração de conceitos geográficos para estudantes cegos no ensino da Cartografia Escolar na Geografia estão sendo desenvolvidos.

Neiva (2008), desenvolveu em sua pesquisa de mestrado o sistema *ColorAdd* (FIGURA 6) Representado por símbolos, é concebido por meio de um processo de associação cromática, com base na lógica da síntese aditiva das cores primárias (vermelho, amarelo e azul), que permite que o daltônico relacione o símbolo com a cor representada.

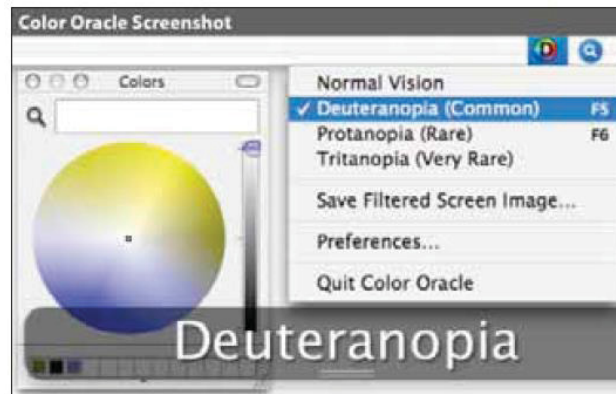
FIGURA 6 – SISTEMA COLORADD



FONTE: WIKEPEDIA (2022).

A ferramenta *Color Oracle* (FIGURA 7) desenvolvida por Jenny e Kelso (2007) permite que o designer veja as cores na tela da mesma forma que as pessoas com deficiência visual. Esta simulação permite compreender como as representações cartográficas são interpretadas pelo usuário, como também identificar possíveis combinações cromáticas que prejudiquem a visibilidade de daltônicos.

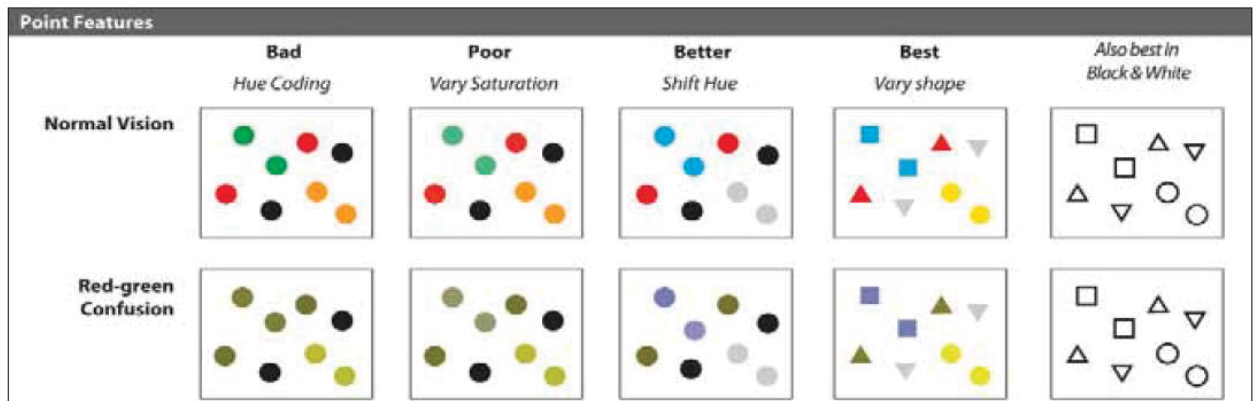
FIGURA 7 – COLOR ORACLE



FONTE: Jenny e Kelso (2007).

Como citado por Jenny e Kelso (2007), geralmente os mapas de pontos utilizam na diferenciação das classes o matiz de cor, o que dificulta a compreensão por parte de pessoas com limitações visuais de cor. Por intermédio da FIGURA 8 é apresentada a visualização de um daltônico que demonstra uma confusão na percepção das cores verde e vermelha e de uma pessoa normovisuais, na figura é feita a simbolização das classes de pontos com as demais propriedades da cor, saturação e luminosidade, e também com diferentes formatos de símbolos. Além disso, a representação com uso de símbolos vazados, isto é, sem coloração. Os autores avaliam a representação feita entre uma visualização ruim até a melhor. Foi considerada a melhor aquela em que é combinado o uso de diferentes cores e símbolos, ou somente diferentes simbologias.

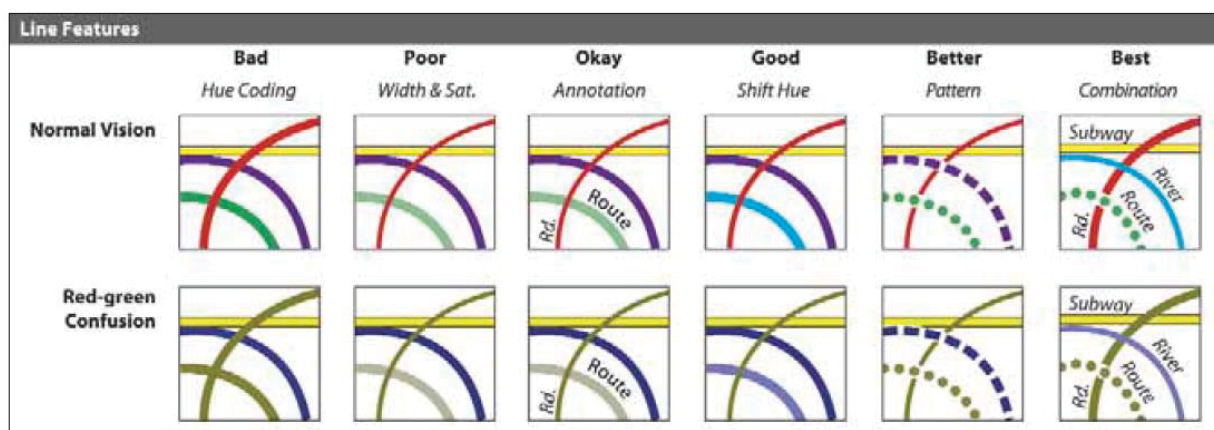
FIGURA 8 – CLASSES DE PONTOS TÍPICAS DE UM MAPA DE PONTOS  
DIFERENCIADAS POR SATURAÇÃO, MATIZ E FORMA.



FONTE: Jenny e Kelso (2007).

Da mesma forma, com a finalidade de minimizar a confusão na identificação de linhas a FIGURA 9 retrata a diferenciação de fenômenos por largura e saturação, anotação (rótulos), matiz e padrão de linha. Jenny e Kelso (2007) valiam como sendo a melhor representação aquela em que combina as diversas ideias propostas.

FIGURA 9 – CLASSES DE LINHA DIFERENCIADAS POR LARGURA E SATURAÇÃO,  
ANOTAÇÃO, MATIZ E PADRÃO DE LINHA.

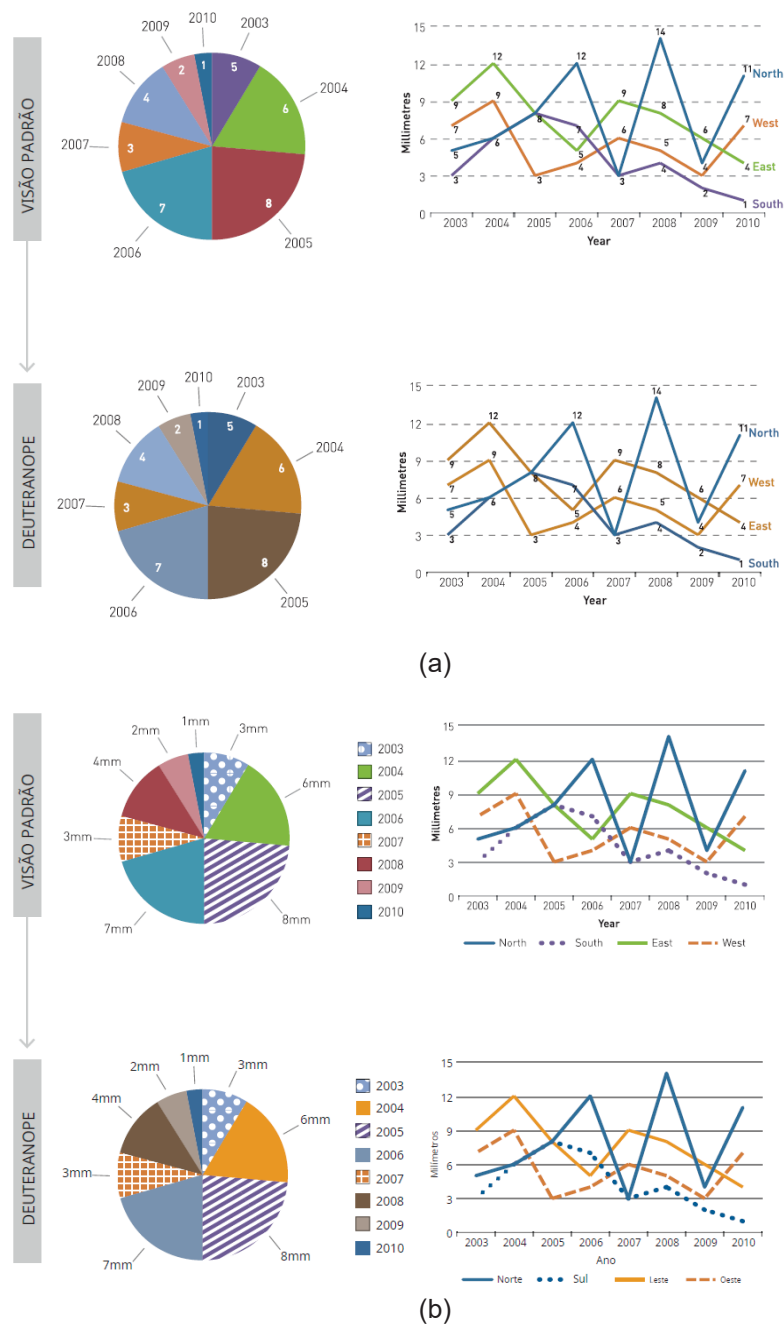


FONTE: Jenny e Kelso (2007).

O *Department of Planning and Community Development* (DPCD) de Melbourne (2011) elenca diretrizes de acessibilidade para representação de mapas e dados visuais enfatizando, similar ao que foi proposto por Jenny e Kelso (2007), que mudança de estilo na distinção de elementos visuais com a utilização das diferentes dimensões da

cor (matiz, saturação luminosidade), diversificados padrões (símbolos) na representação de pontos e linhas, inclusão de anotação (rótulos) favorecem a compreensão de pessoas daltônicas. Na FIGURA 10 é possível observar as soluções empregadas na exibição de gráficos de linhas e de setores, com a utilização de diferentes padrões e matizes buscam viabilizar a compreensão dos dados apresentados para daltônicos.

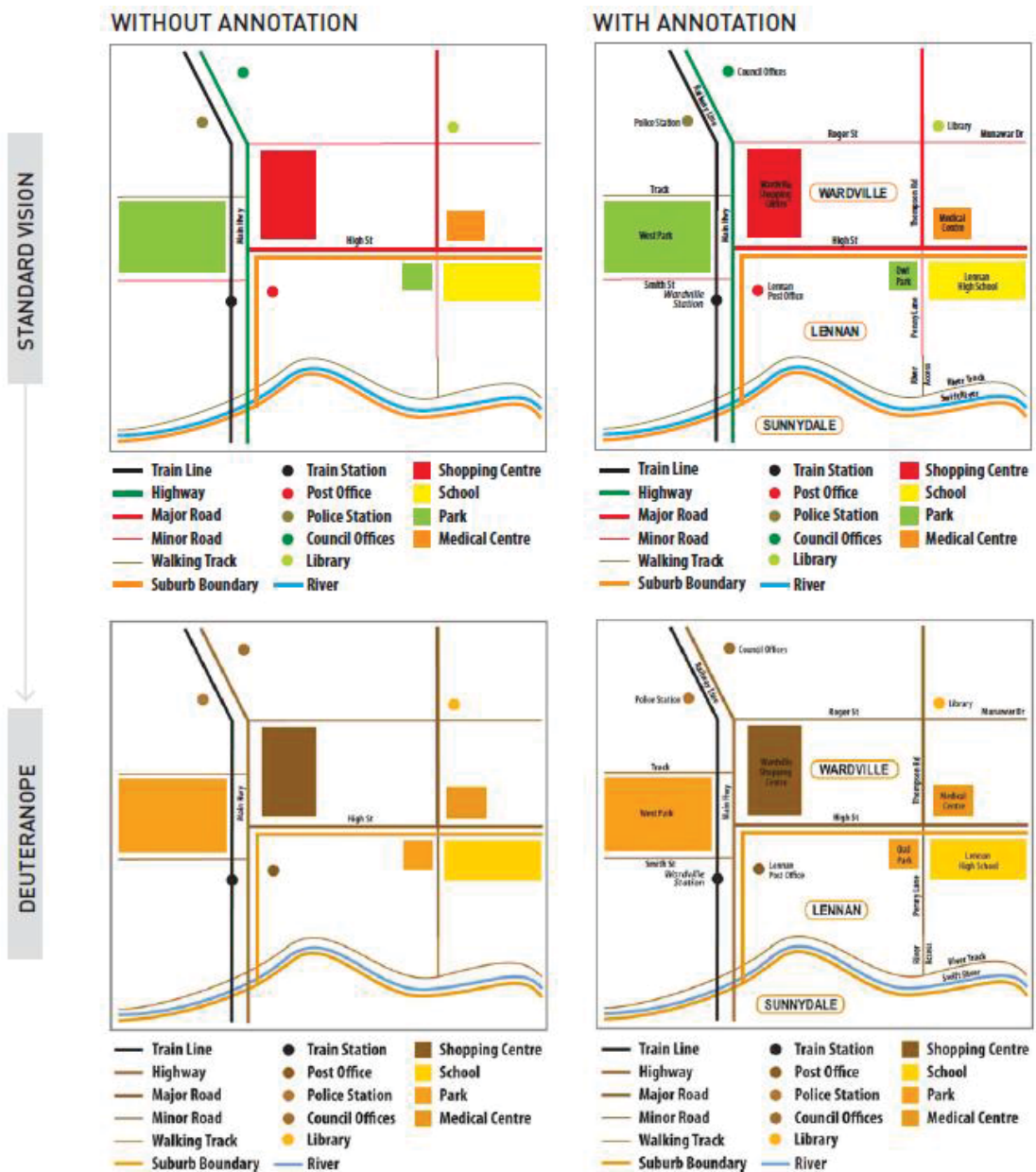
FIGURA 10 – SOLUÇÃO DE ESTILOS PARA GRÁFICOS.



FONTE: DPCD de Melbourne (2011) – adaptado.

Em convenções cartográficas (FIGURA 111) a diretriz destaca que inserção de rótulos, o uso de estilos, cores e layouts auxiliam os cartógrafos na criação de mapas. A aplicação de diferentes fontes, tamanhos e efeitos de texto com diferentes cores e alinhamento de anotações para diversificar categorias de dados e também para diferenciar a hierarquia dentro de uma categoria, como diferentes tamanhos de cidades em um mapa de referência de um estado inteiro (DPCD de Melbourne, 2011).

FIGURA 11 – SOLUÇÃO DE ESTILOS PARA REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS.



FONTE: DPCD de Melbourne (2011).

Da Silva, Andrade e Pinto (2017) apresentam em sua pesquisa simuladores e tecnologias assistivas para daltônicos. Enquanto as tecnologias assistivas dão suporte para as pessoas com deficiência visual de cores na interpretação de informações representadas, os simuladores auxiliam o designer na concepção de seus produtos a compreenderem a forma como daltônicos enxergam e assim poder fazer o melhor ajuste dos dados apresentados. O QUADRO 2 elaborado pelos autores exibe uma síntese das características apresentadas pelos principais simuladores de daltonismo, em relação a plataforma de apresentação, as restrições e o que possui de diferencial em relação aos demais.

QUADRO 2 – COMPARAÇÃO DE SIMULADORES PARA DALTONISMO

Simulador	Plataforma	Restrições	Diferencial
Simuladores de imagem (estático - interface)			
<a href="#">Colour Blindness Simulator</a>	sistema web	Arquivo JPEG de até 100KB. Resultado em baixa resolução. Apenas um tipo de daltonismo por envio de arquivo.	Nenhum.
<a href="#">Chromatic Vision Simulator</a>	sistema web	Nenhuma.	Facilita a comparação lado a lado de simulações dos três tipos de daltonismo com apenas um envio de imagem.
<a href="#">Vischeck</a>	sistema web	Apenas um tipo de daltonismo por envio de arquivo.	Aceita vários formatos e tamanhos de arquivo.
Simuladores de tela (estático - interface)			
<a href="#">Color Oracle</a>	sistema desktop	Não é possível interagir com o sistema durante a simulação	Altera todas as cores.
Simulador de sites web (dinâmico - interação e interface)			
<a href="#">Spectrum</a>	complemento de navegador	Funciona apenas no Google Chrome	Altera todas as cores. É possível interagir durante a simulação.
<a href="#">NoCoffee Vision Simulator</a>	complemento de navegador	Funciona apenas no Google Chrome	Altera todas as cores. É possível interagir durante a simulação. Também simula outras alterações visuais.
<a href="#">Color blinding</a>	complemento de navegador	Funciona apenas no Google Chrome	Altera todas as cores. É possível interagir durante a simulação.
<a href="#">I want to see like the colour</a>	complemento de navegador	Funciona apenas no Google Chrome	Altera todas as cores. É possível interagir durante a simulação.
<a href="#">ColorFilter</a>	sistema web	DesconFIGURA <i>layout</i> da página. Simulação desaparece ao mudar página.	Nenhum.

Simulador via câmera de dispositivos móveis (dinâmico - interação)			
<a href="#">Chromatic Vision Simulator</a>	aplicativo móvel	Pode apresentar atraso na simulação em alta qualidade.	Divide a tela em até 4 compartimentos e compara todos os tipos de daltonismo. Permite zoom e salva imagem da tela.
<a href="#">Daltonizer</a>	aplicativo móvel	Pode apresentar atraso na simulação em alta qualidade. Não compara os tipos de daltonismo.	Divide a tela em 2 compartimentos. Permite congelar imagem e ligar/desligar flash da câmera.

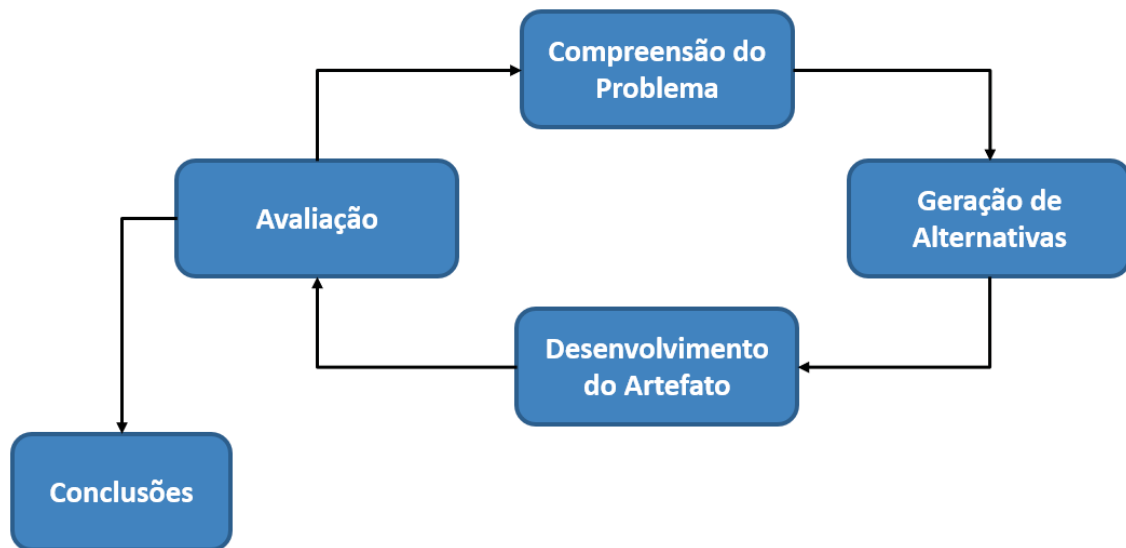
Fonte: Adaptado de Da Silva, Andrade e Pinto (2017).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 METODOLOGIA

O método adotado na concepção dessa pesquisa denomina-se *Design Science Research* (DSR) que trata de “um método de pesquisa onde é desenvolvido e avaliado a eficiência e eficácia de um artefato na solução de uma categoria de problema” (SANTOS, 2018). O método é apropriado a esta pesquisa, pois tem como premissa adequação de produtos analisando o “como é” em busca do “como deveria ser”, com a participação do público-alvo, no que tange a avaliação, busca alcançar melhorias no produto em questão.

Conforme apresenta FIGURA 12 – CICLO DAS ETAPAS DA PESQUISA EM *DESIGN SCIENCE RESEARCH* os procedimentos para realização de uma pesquisa com o uso do DSR, possibilitam o desenvolvimento de ciclo centrado em compreender o problema, que pode ser por meio de uma revisão bibliográfica sistemática e ou uma entrevista inicial, gerar alternativas ou propostas de produtos, desenvolvimento e avaliação deste produto.

FIGURA 12 – CICLO DAS ETAPAS DA PESQUISA EM *DESIGN SCIENCE RESEARCH*

FONTE: SANTOS (2018) – Adaptado.

Como referido Santos (2018), a primeira etapa do método *Design Science Research*, assim como em outros métodos de pesquisa, consiste na compreensão do problema. Esta compreensão pode ser facilitada pela realização de uma Revisão Bibliográfica Sistemática e pela participação dos atores relevantes ao problema estudado.

A etapa seguinte consiste na geração de alternativas para solução do problema identificado no processo anterior. Santos (2018) classifica essa etapa como um processo criativo que possui um nível de subjetividade, pois não é possível estabelecer um roteiro padrão e universal.

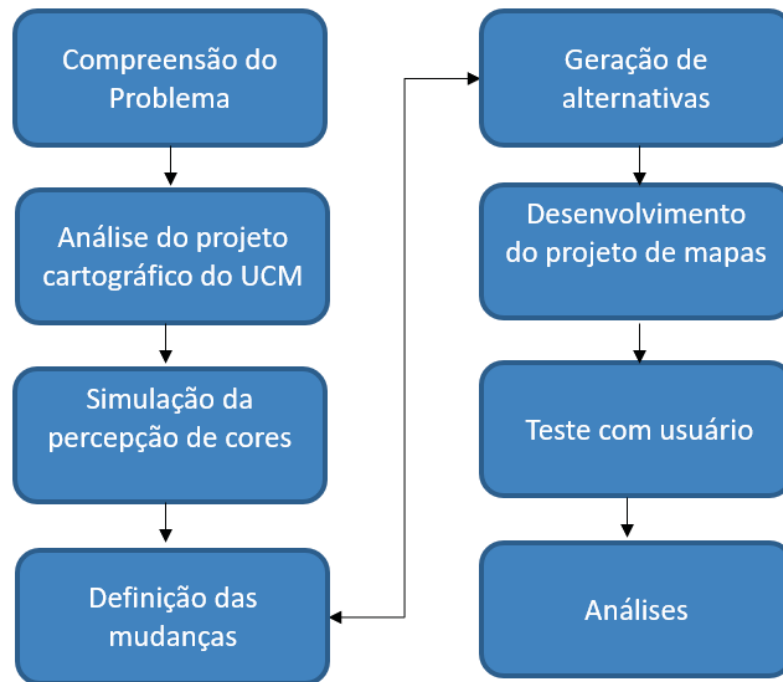
Na sequência, o desenvolvimento do artefato demanda novos métodos, modelos, ferramentas, abordagens ou até novos conceitos na concepção de um novo serviço, produto ou sistema que solucione o problema inicialmente identificado.

Na fase de avaliação tem a finalidade de “confrontar a proposição prescritiva de natureza teórico-prática, consubstanciada no “artefato”, com sua efetividade no mundo real” (SANTOS, 2018). A partir da avaliação ajustes devem ser efetuados, caso sejam identificados visando aperfeiçoar o artefato e atender as necessidades apresentadas pelo usuário.

### 3.2 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

Para atingir o objetivo proposto de desenvolver e avaliar um projeto de mapas acessível no UCM, que viabilize a comunicação cartográfica da plataforma com usuários com deficiência visual de cor, a estruturação metodológica da pesquisa seguiu as etapas de desenvolvimento que são apresentadas na FIGURA 133.

FIGURA 13 – FLUXOGRAMA DA PESQUISA



FONTE: A autora (2023).

A compreensão do problema foi realizada de duas formas: na análise do projeto cartográfico do UCM, por intermédio de um questionário aplicado a pessoas com deficiência visual de cores e na simulação da percepção de cores por daltônicos

A simulação das diferentes formas de daltonismo foi realizada com o uso do software Color Oracle, sobre a camada *outdoor* do Campus Politécnico. Esta simulação permite compreender como as representações cartográficas são visualizadas pelo usuário, como também identificar possíveis combinações cromáticas que prejudiquem a visibilidade de daltônicos. Contudo, é importante salientar que esta simulação auxilia, em primeiro momento, na escolha de soluções cromáticas de produtos geoespaciais, mas não substitui a avaliação do público-alvo.

Para realização do projeto cartográfico, a primeira etapa consistiu em entender o usuário e quais as suas necessidades, neste caso, quais seriam as dificuldades de um usuário daltônico ao utilizar o UCM. Deste modo, foi proposta a realização de um

teste, que foi registrado junto ao Comitê de Ética em Pesquisa sob o processo de número 64762322.6.0000.0102, e mediante aprovação por foi dado andamento a pesquisa.

O questionário aplicado foi composto por doze perguntas de múltiplas escolhas e respostas abertas, subdividas em sete perguntas para conhecer o usuário e cinco de percepção de cores do projeto UCM. A seguir são apresentadas as perguntas.

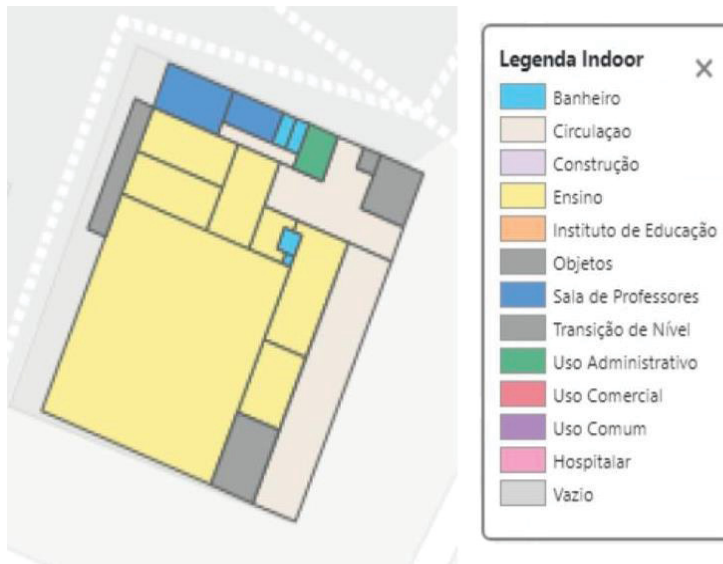
1. Idade (Resposta Aberta);
2. Gênero (Múltipla Escolha: Feminino, Masculino, Prefiro não dizer);
3. Além de você existem outros casos de daltonismo na família? (Múltipla Escolha: Sim ou Não);
4. Se a resposta anterior foi sim, descreva quantidade e gênero dos casos. (Resposta Aberta);
5. Quais cores você tem dificuldade em distinguir? (Resposta Aberta)
6. Qual a sua familiaridade com mapas? (Múltipla Escolha: Uso raramente, uso as vezes, uso frequentemente ou produzo mapas);
7. Quais cores predominantes você consegue distinguir à primeira vista na imagem abaixo, considerando os tons, por exemplo azul escuro, azul claro? (Resposta Aberta);



8. Descreva cada cor da legenda. Ex: Banheiro cor ..., Circulação cor ..  
(Resposta Aberta);



9. Você confundiu as cores da resposta anterior? Quais? Achou alguma igual a outra? (Resposta Aberta);
10. Com base na legenda, identifique a quantidade de salas de professores no prédio abaixo. (Resposta Aberta);
















11. Você teve alguma dificuldade em distinguir as salas de professores? Se sim, quais? (Resposta Aberta).

Com base nas constatações e análises realizadas por intermédio do teste aplicado e da simulação, foram verificadas quais informações cromáticas poderiam prejudicar a visibilidade de daltônicos.







Os dados da base cartográfica *indoor* e *outdoor* do UCM são apresentados no QUADROS 3 e 4, respectivamente. Tais dados foram categorizados tendo como base as normas desenvolvidas pelo Exército Brasileiro Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV) versão 3.0.





























QUADRO 3 – SIMBOLOGIA *INDOOR* DO UCM
























Camada	Classe	Primitiva gráfica	Símbolo	RGB
Salas	Banheiro	Polígono		99,201,241
	Circulação	Polígono		241,234,224
	Construção	Polígono		225,211,233
	Ensino	Polígono		247,239,156
	Institutos de Educação	Polígono		248,190,142
	Objetos	Polígono		162,164,163
	Sala de Professores	Polígono		98,150,213
	Transição de Nível	Polígono		162,164,163
	Uso Administrativo	Polígono		102,180,139
	Comercial	Polígono		234,137,147
	Uso Comum	Polígono		174,138,194
	Ambiente Hospitalar	Polígono		243,164,199
	Vazio/Vão	Polígono		214,214,214

FONTE: Lima (2020) - Adaptado.

QUADRO 4 – SIMBOLOGIA *OUTDOOR* DO UCM

Camada	Classe	Primitiva gráfica	Símbolo	RGB
XXXX_Compostagem		Polígono		90,54,8
XXXX_Delimitacao_Fisica		Linha		-
XXXX_Deposito_Geral		Polígono		174,158,158
XXXX_Elemento_Industrial		Polígono		196,60,57
XXXX_Estacionamento		Polígono		255,252,218
XXXX_Estacionamento_Ponto		Ponto		-

Camada	Classe	Primitiva gráfica	Símbolo	RGB
XXXX_Passeio		Polígono		225,225,205
XXXX_Poste		Ponto		-
XXXX_Quadra		Polígono		190,190,190
XXXX_Trecho_Arruamento	Sem pavimento e sem meio fio	Polígono		200,200,200
	Com pavimento e com meio fio	Polígono		204,204,204
XXXX_Acesso		Polígono		177,177,177
XXXX_Paraciclo		Ponto		160,70,220
XXXX_Arquibancada		Polígono		125,123,122
XXXX_Campo_Quadra	Campo	Polígono		35,121,35
	Quadra	Polígono		221,169,90
XXXX_Piscina		Polígono		145,209,245
XXXX_Pista_Competicacao		Polígono		176,200,212
XXXX_Construcao_Ruina		Polígono		225,211,233
XXXX_Edificacao		Polígono		255,190,190
XXXX_Linha_Transmissao		Linha		-
XXXX_Subestacao_Energia		Polígono		240,214,13
XXXX_Torre		Ponto		0,0,0
XXXX_Barragem		Linha		-
XXXX_Massa_Dagua		Polígono		129,246,255
XXXX_Trecho_Drenagem		Linha		-
XXXX_Canal_Vala		Linha		-
XXXX_Sumidouro_Vertedouro	Sumidouro	Linha		-
	Vertedouro	Linha		-
	Galeria	Linha		-
XXXX_Terreno_Sujeito_Inundacao		Polígono		97.155.167
XXXX_Pontos_Referencia	Referência de Nível	Ponto		255,0,0
	Vértice Topográfico	Ponto		241,252,0
XXXX_Aterro		Polígono		212,109,40

Camada	Classe	Primitiva gráfica	Símbolo	RGB
XXXX_Corte		Polígono		161,73,10
		Linha		-
XXXX_Curva_Nivel_Mestra*		Linha		-
XXXX_Curva_Nivel_Intermediaria*		Linha		-
XXXX_Ponto_Cotado_Altimetrico*		Ponto		-
XXXX_Terreno_Exposto		Polígono		144,112,71
XXXX_Caixa_Sistema_Infraestrutura		Ponto		125,139,143
XXXX_Caminho		Linha		223,80,70
XXXX_Travessia_Pedestre		Polígono		190,178,151
XXXX_Arvore_Isolada		Ponto		40,94,40
XXXX_Areas_Verdes	Árvore	Polígono		65,171,93
	Bosque	Polígono		0,90,50
	Cultivo	Polígono		35,139,69
	Campo	Polígono		187,226,175
	Gramma	Polígono		187,226,175
	Canteiro	Polígono		187,226,175
	Macega	Polígono		161,217,135
	Capoeira	Polígono		161,217,135
	Pasto	Polígono		59,90,46
	Pomar	Polígono		140.168.130
	Reflorestamento	Polígono		81,147,77
XXXX_Detalhes		Linha		-
XXXX_Limite		Polígono		-

FONTE: Lima (2020) - Adaptado.

As camadas que precisavam de ajuste foram selecionadas, a partir da avaliação feita no questionário aplicado, para então serem ajustadas. A definição da paleta de cores se deu na utilização do ColorBrewer (<https://colorbrewer2.org/#type=diverging&scheme=RdYIBu&n=11>) com a seleção de

uma paleta de cores que evita combinações problemáticas que causem confusão ao público.

No QGIS, foram gerados arquivos SLD (*Styled Layer Descriptor*) para definição do estilo de renderização para camadas geoespaciais. O SLD é um padrão do Open Geospatial Consortium (OGC) usado para descrever como os dados geográficos devem ser exibidos no UCM. A adaptação realizada não considera a representação da interface para cada tipo de daltonismo, sendo uma visualização única com cores que quando combinadas não causem prejuízo na percepção dos diversos tipos de daltonismo.

Desta forma foi definido um “Modo Daltonismo”, no qual foram dispostas as camadas outdoor (campus) e indoor (salas) dos campi. Sendo o UCM já consolidado e disponibilizado em versão alfa, os procedimentos metodológicos para implementação do “Modo Daltonismo” foram baseados em Lima (2020), que desenvolveu o WebGIS.

Após a disponibilização das camadas indoor e outdoor no Modo Daltonismo no UCM, foi realizado um novo teste com usuários. Nesta etapa os usuários realizaram algumas tarefas interagindo com a ferramenta e ao final foi aplicado um questionário para verificar a satisfação do usuário.

As técnicas utilizadas para recrutar os candidatos foi o envio dos convites por meio eletrônico (e-mail) em listas de alunos, ex-alunos, docentes e técnicos da UFPR e outros usuários em potencial convidando à participação. Foi realizado um esclarecimento breve sobre a pesquisa e o envio do link para realização do teste em formulário online composto de tarefas. Ao final foram solicitadas informações quanto à sua satisfação com a plataforma e principais dificuldades encontradas.

No formulário online as tarefas visavam verificar se as cores utilizadas no design eram acessíveis para pessoas daltônicas. Ademais, foram solicitadas opiniões dos usuários sobre a estética geral das cores utilizadas no design. Eles responderam a perguntas sobre suas preferências pessoais e sobre a percepção de como as cores se relacionavam entre si. Na sequência são apresentados os tópicos que compunham o teste online realizado:

### **Informações do Usuário**

Nessa seção são solicitadas algumas informações, por intermédio de 14 questões, que são fundamentais na análise de dados da pesquisa.

1. Idade.

2. Reside em qual Cidade/Estado?

3. Grau de escolaridade.

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Fundamental completo    | <input type="checkbox"/> Superior completo |
| <input type="checkbox"/> Fundamental incompleto  | <input type="checkbox"/> Especialização    |
| <input type="checkbox"/> Ensino Médio incompleto | <input type="checkbox"/> Mestrado          |
| <input type="checkbox"/> Ensino Médio completo   | <input type="checkbox"/> Doutorado         |
| <input type="checkbox"/> Superior incompleto     |  |

4. Gênero.

- Feminino
- Masculino
- \_\_\_\_\_

5. Assinale o tipo de daltonismo que você possui.

- Deuteranopia
- Tritanopia
- Protanopia
- Monocromacia
- Não sei

6. Além de você, existem outros casos de daltonismo na família?

- Sim
- Não

7. Quais cores você tem dificuldade em distinguir?

8. Você é aluno ou funcionário da Universidade Federal do Paraná (UFPR)?

- Sim
- Não

9. Conhece o WebGis UFPR Campus Map?

- Sim
- Não

10. Qual a sua familiaridade com mapas?

- Não uso
- Uso raramente
- Uso frequentemente
- Produzo mapas

11. Tem dificuldades ao navegar na web?

- Sim
- Não

11.1. Em caso afirmativo, cite exemplos e diga estratégias usadas para superar as dificuldades.

12. Já acessou algum WebGIS ou página Web com recursos de acessibilidade para daltônicos?

- Sim
- Não

13. Qual o grau de importância de um recurso do navegador web que mostre o nome da cor ao clicar com o mouse sobre algum elemento da página?

- Nenhum
- Baixo
- Médio
- Alto

14. Qual o grau de importância de um recurso do navegador web que convertesse as cores contidas no site, conforme o tipo de daltonismo previamente definido, para que o usuário as enxergue da melhor forma?

- Nenhum
- Baixo
- Médio
- Alto

## Teste

Nessa seção são apresentadas 5 tarefas específicas a serem executadas.

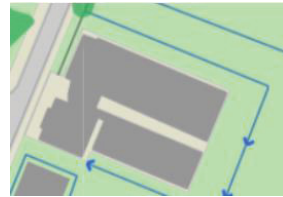
1. Habilite apenas a camada "Campus" no mapa e identifique o Setor de Ciências da Terra no campus Centro Politécnico. Na sequência identifique dentre as opções abaixo



Opção 1



Opção 2



Opção 3



Opção 4

2. Habilite a camada "Campus" e identifique a localização do edifício de Prédio de Ciências Exatas, na sequência habilite a camada "Salas". Ative a legenda e atualize ícone de alteração de andares de acordo com as tarefas a seguir.

2.1. No andar térreo existem quantos Instituto de Educação?

2.2. No segundo andar existem quantos Banheiros?

2.3. No primeiro andar existem quantos espaços de Uso Administrativo?

3. Habilite a camada "Campus" e identifique a localização do edifício de Prédio de Ciências Biológicas, na sequência habilite a camada "Salas". Sem ativar a legenda contabilize as categorias existentes dentro do setor.

4. Habilite a camada "Campus" e identifique a localização do edifício de Prédio de Engenharia Mecânica e o Restaurante Universitário (RU). Utilizando a ferramenta de "Desenhar Geometria", trace uma rota entre as duas edificações utilizando as ruas existentes.

5. Habilite a camada "Campus" e identifique a localização do Bloco de Química, na sequência habilite a camada "Salas". No andar térreo, utilizando a ferramenta de "Desenhar Geometria", trace uma rota entre a sala do PET Química até o banheiro mais próximo.

## Feedback

Nessa seção, são apresentadas 6 perguntas para obter um feedback sobre a experiência de uso do WebGIS UFPR CampusMAP.

1. Em uma escala de 1 a 5, qual é o seu nível geral de satisfação com a experiência de uso deste WebGIS adaptado para daltônicos?

1

2

3

4

5

2. Você encontrou alguma dificuldade específica ao utilizar o WebGIS? Se sim, quais foram essas dificuldades?

3. Houve algum aspecto visual ou de cor que você achou confuso ou pouco legível no WebGIS adaptado para daltônicos?

4. As cores utilizadas no WebGIS adaptado para daltônicos facilitaram sua compreensão das informações apresentadas?

5. A legibilidade do texto e a clareza dos rótulos de elementos no WebGIS foram satisfatórias para você?

6. Com base na sua experiência, você tem alguma sugestão específica de melhoria para tornar o WebGIS adaptado mais eficaz e acessível para pessoas com daltonismo?

## 4 RESULTADOS E ANÁLISES

### 4.1 ANÁLISE DO PROJETO CARTOGRÁFICO DO UCM PARA DALTÔNICOS

O questionário online aplicado na etapa de compreensão do problema visou analisar, por meio de imagens do UCM, se o projeto cartográfico empregado no UCM é compreendido por portadores de deficiência visual de cores. Treze pessoas responderam ao questionário, sendo doze homens e uma mulher, em percentual de 92,3% homens e 7,7% mulheres, que corrobora para afirmação que o daltonismo é identificado em mais homens que mulheres (8% e 0,5% - SIMUNOVIC, 2010). As idades variaram de 17 a 30 anos, com média de 24 anos. Dentre os usuários, 53,8% afirmaram que existem outros casos de daltonismo na família, e desses, 80% tem apenas um caso e do sexo masculino na família, os 20% restantes, que corresponde a um usuário, afirmou ter 10 casos todos também do sexo masculino.

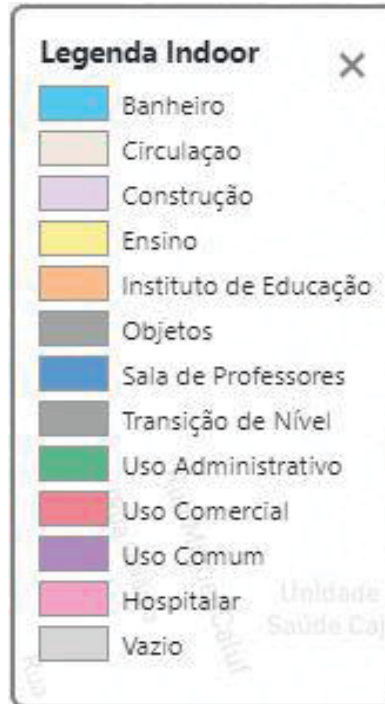
As cores citadas as quais os usuários têm dificuldade em distinguir são, vermelho, verde, roxo, amarelo, marrom, alaranjado, azul, rosa e as variações de luminosidade dessas cores. Dos 13 usuários, apenas um não citou vermelho ou verde, com nove pessoas citando os dois, e um citou apenas a cor azul. Sendo assim, 12 usuários possuem o daltonismo do tipo protanopia ou deuteranopia, que são a ausência ou diminuição dos pigmentos vermelho e verde, sensível às ondas de comprimentos longo e médio respectivamente, onde eles acabam confundindo em algumas situações o vermelho com o verde. Enquanto um usuário possui o daltonismo do tipo tritanopia, que é a dificuldade de enxergar ondas curtas com diferentes tons de azul.

Na pergunta “Qual a sua familiaridade com mapas?” 23,1% responderam que usam raramente, 15,4% usam às vezes, 15,4% usam frequentemente e 46,2% produzem mapas. Essa pergunta foi feita com intuito de saber até que ponto o conhecimento prévio de mapas poderia interferir no teste.

Em relação à questão 8 sobre percepção das cores da camada outdoor do UFPR CampusMap, todos os usuários conseguiram identificar pelo menos um tom de verde, 5 conseguiram ver dois tons de verde. Aqui se destaca que nenhum usuário citou a cor rosa que representa os edifícios e é a segunda cor com maior destaque, e os que descreveram o que visualizaram, descreveram os edifícios como cinza.

O QUADRO 5 apresenta as respostas da questão 9 que solicitava a descrição da cor da legenda *indoor* (FIGURA 14) do UCM. O destaque, em cinza, nas colunas corresponde aos acertos na descrição da cor.

FIGURA 14 – Legenda *Indoor*



FONTE: UCM (2023).

QUADRO 5 – RESPOSTAS DA QUESTÃO 9 (CORES DA LEGENDA *INDOOR* DO UCM)

Ambiente/ Usuário	Banheiro	Circulação	Construção	Ensino	Instituto de Educação	Objetos
1	Azul	Cinza	Azul Claro	Amarelo	Verde	Rosa ou Vermelho
2	Azul	Cinza Claro	Azul	Amarelo	Verde	Verde Escuro
3	Azul	Branco	Lilás	Amarelo	Laranja	Cinza Escuro
4	Azul	Branco	Azul Claro	Amarelo	Laranja	Cinza
5	Azul	Branco	Roxo	Amarelo	Laranja	Cinza
6	Azul	Não soube identificar	Não soube identificar	Amarelo	Não soube identificar	Cinza
7	Azul Claro	Bege	Rosa	Amarelo	Verde	Cinza
8	Azul	Branco	Azul Claro	Amarelo	Verde	Cinza
9	Azul	Cinza	Azul	Amarelo	Laranja	Vermelho
10	Azul Claro	Branco	Azul Claro	Amarelo	Laranja	Cinza
11	Azul	Branco	Branco	Amarelo	Amarelo	Cinza
12	Azul	Cinza	Cinza	Amarelo	Marrom	Cinza
13	Azul	Bege	Azul	Amarelo	Verde Claro	Verde Escuro

Ambiente/ Usuário	Sala de Professores	Transição de Nível	Uso Administrativo	Uso Comercial	Uso Comum	Hospitalar	Vazio
1	Azul	Rosa	Verde	Vermelho	Azul	Azul Claro	Cinza
2	Azul Escuro	Verde	Verde	Verde	Azul Escuro	Cinza Escuro	Cinza
3	Azul	Cinza Escuro	Verde	Rosa Escuro	Roxo Escuro	Rosa Claro	Cinza Claro
4	Azul	Cinza	Verde	Rosa	Roxo	Rosa	Branco
5	Azul	Cinza	Verde	Rosa	Roxo	Rosa	Branco
6	Roxo ou Azul	Cinza	Não soube identificar	Não soube identificar	Roxo	Cinza	Cinza claro
7	Azul Escuro	Marrom	Verde Escuro	Vermelho	Não soube identificar	Rosa	Cinza
8	Rosa	Cinza	Verde	Cinza	Rosa	Não soube identificar	Cinza
9	Azul	Marrom	Verde	Marrom	Azul	Rosa	Cinza
10	Azul	Cinza	Verde	Cinza	Azul	Rosa	Branco
11	Azul	Cinza	Cinza	Cinza	Azul	Azul	Branco
12	Azul	Cinza	Verde	Marrom	Roxo	Rosa	Cinza
13	Azul Escuro	Verde Escuro	Verde Claro	Verde Escuro	Rosa Escuro	Rosa Claro	Cinza

FONTE: A autora (2023).

Dos treze ambientes apresentados na legenda somente dois não apresentaram nenhum tipo de erro no reconhecimento da cor, sendo o primeiro o “Banheiro” que possui na legenda a cor azul mais claro e o ambiente “Ensino” representado na cor amarela na legenda, o ambiente “Sala de Professores” representado pela cor azul escuro teve um erro ao ser confundido pela cor rosa pelo usuário 8, o mesmo que relatou ter dificuldade de distinguir as cores azul e rosa na questão 5. O usuário que apresentou o menor número de erros foi o número 3, que foi a única mulher usuário e relatou que tinha dificuldade em diferenciar a cor amarela. A cor que ela errou foi a do ambiente de “Uso Comercial” definida como rosa escuro por ela e vermelha pelo projeto.

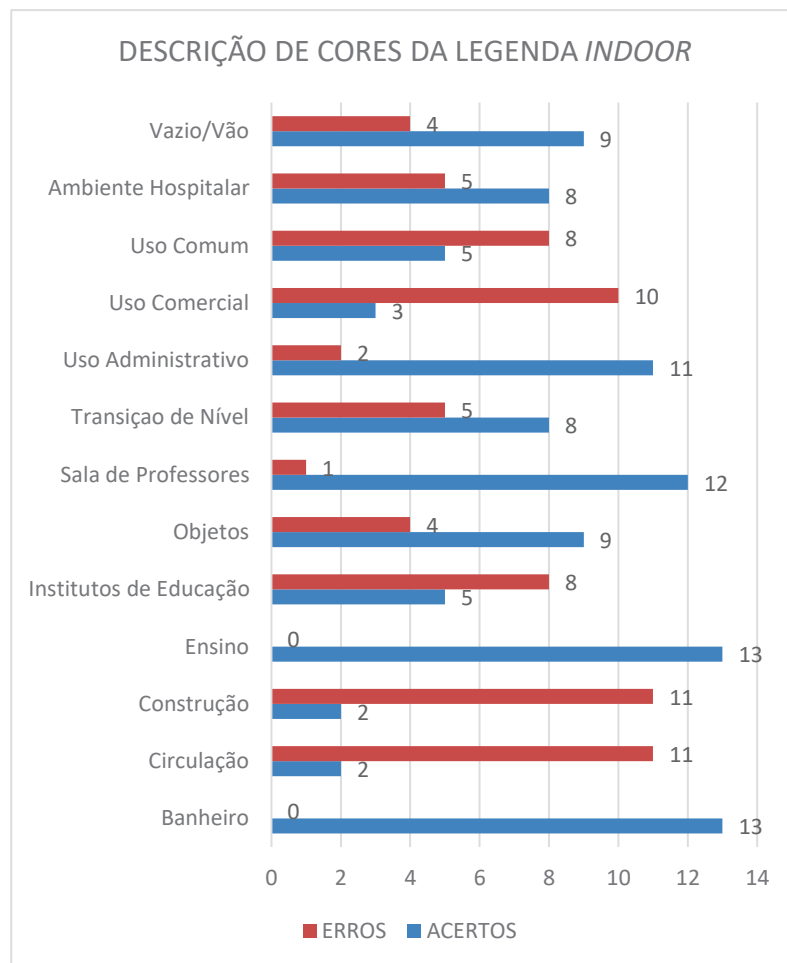
Na questão seguinte que perguntava aos usuários se eles confundiram as cores da resposta anterior ou acharam igual a outra, somente a usuário 3 afirmou não ter se confundido, todos os outros 12 tiveram dúvidas. O usuário 1 afirmou que todas as cores que chamou de azul podem ser roxo ou rosa claro, o usuário 2 tem dúvidas se “Instituto de Educação” é verde ou laranja, e as classes de transição de nível, uso administrativo e uso comercial parecem diferentes tons de verde. Para o usuário 4 “Transição de Nível” e “Uso Comercial” são iguais, assim como “Sala de Professores” e “Uso Comum”. O usuário 11 afirma ter visto basicamente três cores.

Na penúltima questão que solicita com base na imagem e na legenda que seja identificada a quantidade de “Sala de Professores” (representada pela cor azul escuro)

10 usuários responderam corretamente, um disse ser impossível, outro disse ser fácil, pois elas eram as mais escuras, mas não falou a quantidade e outro afirmou ser três. Na última questão que perguntava se houve dificuldade em distinguir essas salas e quais seriam, onze responderam que não ou acreditavam que não, um respondeu que não sabia o que era “Sala de Professores” e o que era de “Uso Comum”, outro usuário respondeu que estava entre 6 opções de azul.

O GRÁFICO 1 apresenta as respostas dadas pelos usuários na descrição das cores utilizadas na camada *indoor* do UCM, nele é possível observar que as camadas “Circulação”, “Construção”, “Instituto de Educação”, “Uso Comercial” e “Uso Comum” obtiveram um maior número de erros do que acertos. Desta forma, consta-se a necessidade de mudanças dessas classes.

GRÁFICO 1- RESPOSTAS DA QUESTÃO 9 (CORES DA LEGENDA *INDOOR* DO UCM)



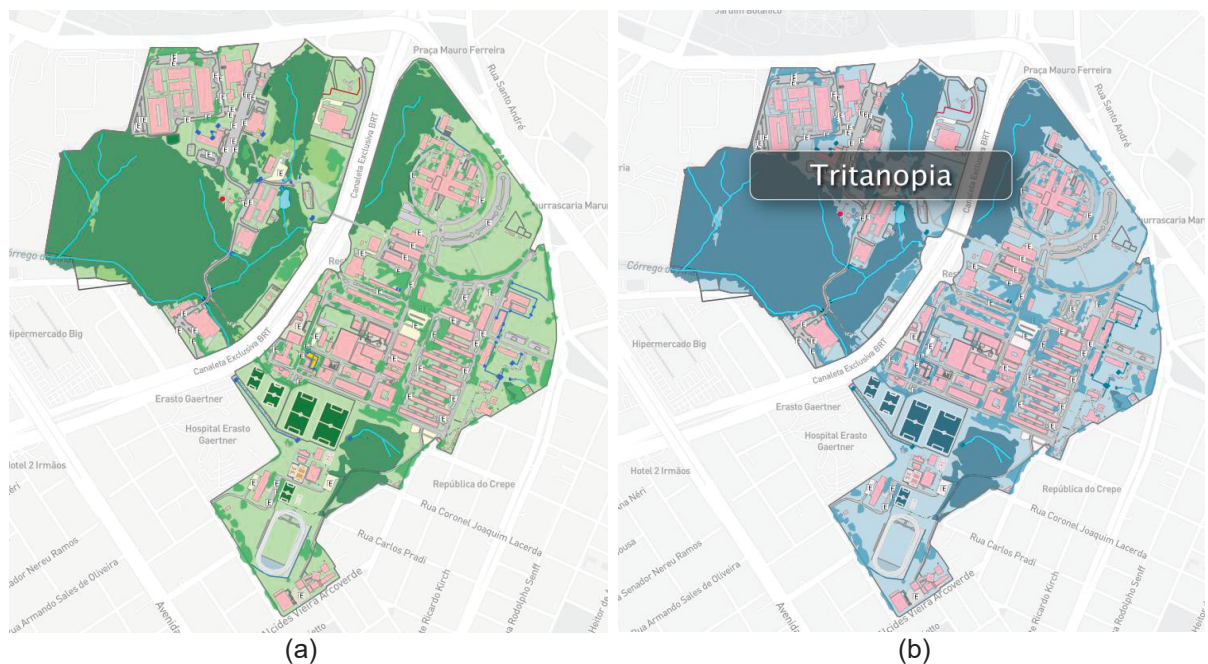
FONTE: A autora (2023).

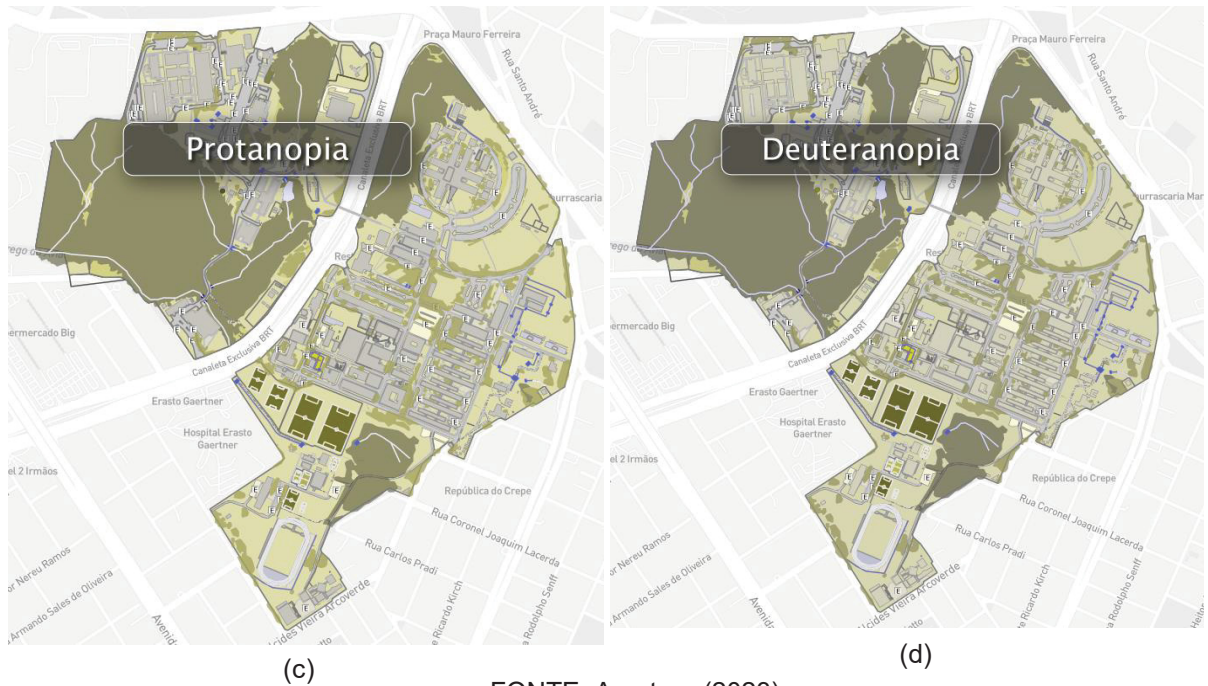
Em relação a camada *outdoor*, na análise da questão 8 Todos os participantes conseguiram reconhecer pelo menos uma tonalidade de verde. É importante observar que nenhum dos usuários mencionou a cor rosa, que é a segunda cor mais proeminente, demonstrando assim que o rosa que representa as edificações e/ou o verde que representa a vegetação precisam ser alterados.

## 4.2 SIMULAÇÃO DO UCM

A simulação das diferentes formas de daltonismo foi realizada de forma preliminar, com o uso do software *Color Oracle*, sobre a camada *outdoor* do Campus Centro Politécnico e os resultados são apresentados na FIGURA 15. Esta simulação permite compreender como as representações cartográficas são interpretadas pelo usuário, como também identificar possíveis combinações cromáticas que prejudiquem a visibilidade de daltônicos. Contudo, é importante salientar que esta simulação agrega, em primeiro momento, na escolha de soluções cromáticas de produtos geoespaciais, mas não substitui a avaliação do público-alvo.

FIGURA 15 – CAMADA OUTDOOR DO CAMPUS POLITÉCNICO COM VISUALIZAÇÃO SIMULADO PELO COLOR ORACLE





FONTE: A autora (2023).

Ao considerar a percepção da Tritanopia (FIGURA 15b), nota-se que toda vegetação passa a ser vista na cor azul e isso pode contribuir para visualização similar a feições de hidrografia, o que pode gerar uma confusão. É notória uma semelhança na visualização por parte da protanopia (FIGURA 15c) e da deuteranopia (FIGURA 15d). Essas percepções ocasionam uma redução do contraste entre as feições representadas, pois algumas simbologias como edificação, hidrografia e rotas competem visualmente com cor similar. Nesse contexto, consta-se uma perda de hierarquia visual entre as feições do mapa, na percepção de cores dos dicromatas, principalmente para os protanopes e deuteranopes.

A partir das observações feitas no item 4.2 e na simulação realizada na camada *outdoor* é notória a necessidade de mudança da cor que defini as edificações do UCM. E em relação a camada indoor optou-se pela mudança de todas as cores, pois a mudanças de apenas algumas classes poderia prejudicar a visualização das demais.

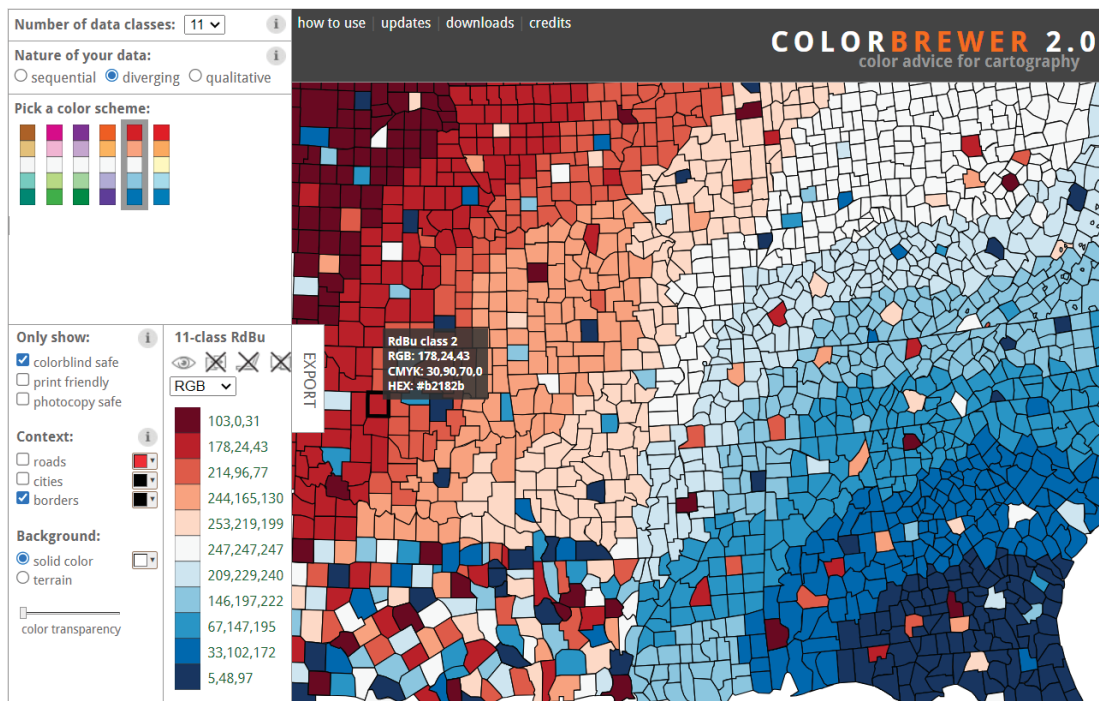
#### 4.3 Definição de mudanças

A etapa do processo de seleção de cores no ColorBrewer foi seguida de acordo com as necessidades do projeto, que era alterar as cores das camadas *outdoor*

(a edificação) e *indoor* (todas as camadas) do UCM. Inicialmente, foi selecionado o tipo de dado a ser representado, considerando se era sequencial, divergente ou qualitativo, neste caso, divergente. Em seguida, determinou-se o número de classes necessárias para a representação dos dados. E foi marcada a opção de cores amigáveis para daltônicos. Depois de definir esses parâmetros, as paletas de cores oferecidas pelo ColorBrewer foram exploradas.

Cada esquema de cores foi avaliado com base na sua adequação ao tipo de dado e ao número de classes. Diversas opções de paletas dentro de cada esquema foram analisadas. A FIGURA 16 ilustra a interface do site *COLOR BREWER* com a paletas de cores selecionadas para o projeto.



























FIGURA 16 - *COLOR BREWER*



FONTE: A autora (2023).



Uma vez que as paletas de cores ideais foram selecionadas, foram obtidos os valores RGB correspondentes a cada cor. Esses valores foram registrados para uso posterior na implementação das cores no projeto. Os QUADROS 6 e 7 apresentam, respectivamente, as alterações realizadas em cada camada da base *indoor* e *outdoor*.

QUADRO 6 – SIMBOLOGIA *INDOOR*

Camada	Classe	Primitiva gráfica	Modo Original		Modo Daltonismo	
			Símbolo	RGB	Símbolo	RGB
Salas	Banheiro	Polígono		99,201,241		103,0,38
	Circulação	Polígono		241,234,224		178,24,43
	Construção	Polígono		225,211,233		255,27,28
	Ensino	Polígono		247,239,156		214,96,77
	Institutos de Educação	Polígono		248,190,142		244,96,77
	Objetos	Polígono		162,164,163		253,219,199
	Sala de Professores	Polígono		98,150,213		247,247,247
	Transição de Nível	Polígono		162,164,163		209,229,240
	Uso Administrativo	Polígono		102,180,139		146,197,222
	Comercial	Polígono		234,137,147		24,151,224
	Uso Comum	Polígono		174,138,194		33,102,172
	Ambiente Hospitalar	Polígono		243,164,199		5,48,97
	Vazio/Vão	Polígono		214,214,214		2,13,26

FONTE: A autora (2023).

QUADRO 7 – SIMBOLOGIA *OUTDOOR*

Camada	Classe	Primitiva gráfica	Modo Original		Modo Daltonismo	
			Símbolo	RGB	Símbolo	RGB
XXXX_Edificacao	-	Polígono		255,190,190		150,150,150

FONTE: A autora (2023).

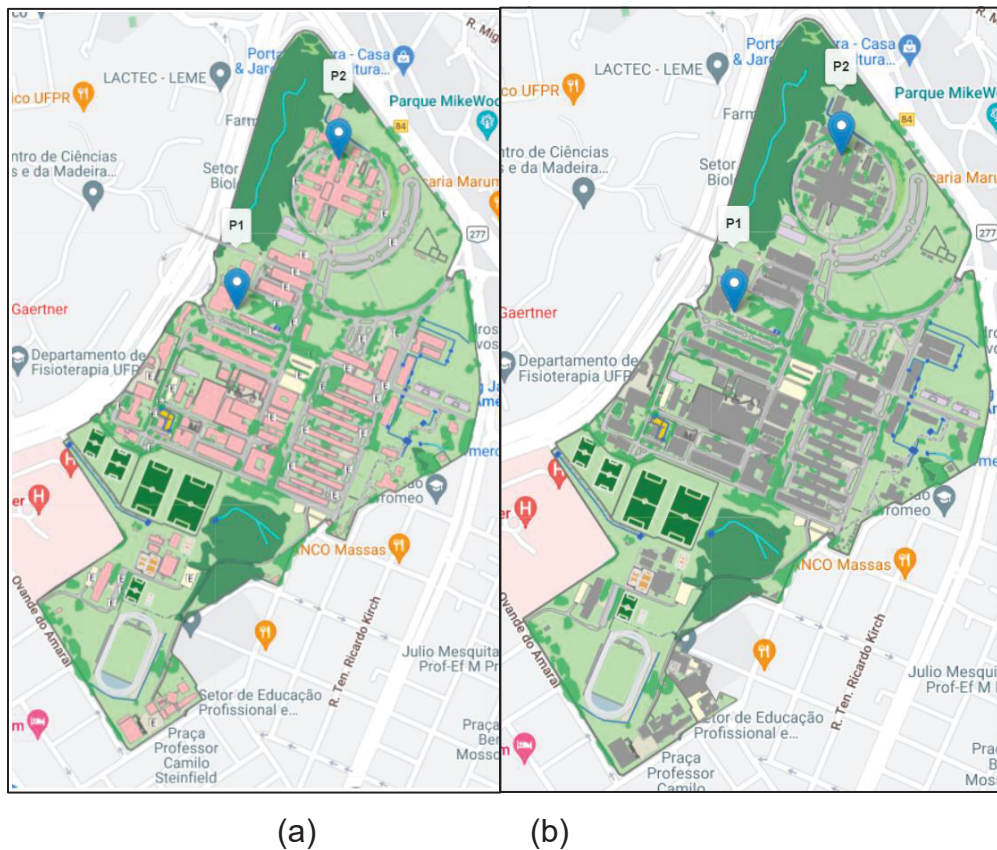
#### 4.4 Desenvolvimento do Projeto

No software QGIS, foram criados arquivos SLD (Styled Layer Descriptor) para definir o estilo de renderização das camadas geoespaciais com base nos valores de RGB obtidos na etapa anterior. Durante esse processo, as escolhas foram submetidas

a uma análise adicional usando o software Color Oracle, para fazer a simulação de como pessoas com diferentes tipos de daltonismo perceberiam as cores da representação gráfica.

A FIGURA 17.a ilustra a versão original da camada *outdoor* do UCM com edificações definidas pela cor rosa e a FIGURA 17.b a modificação realizada

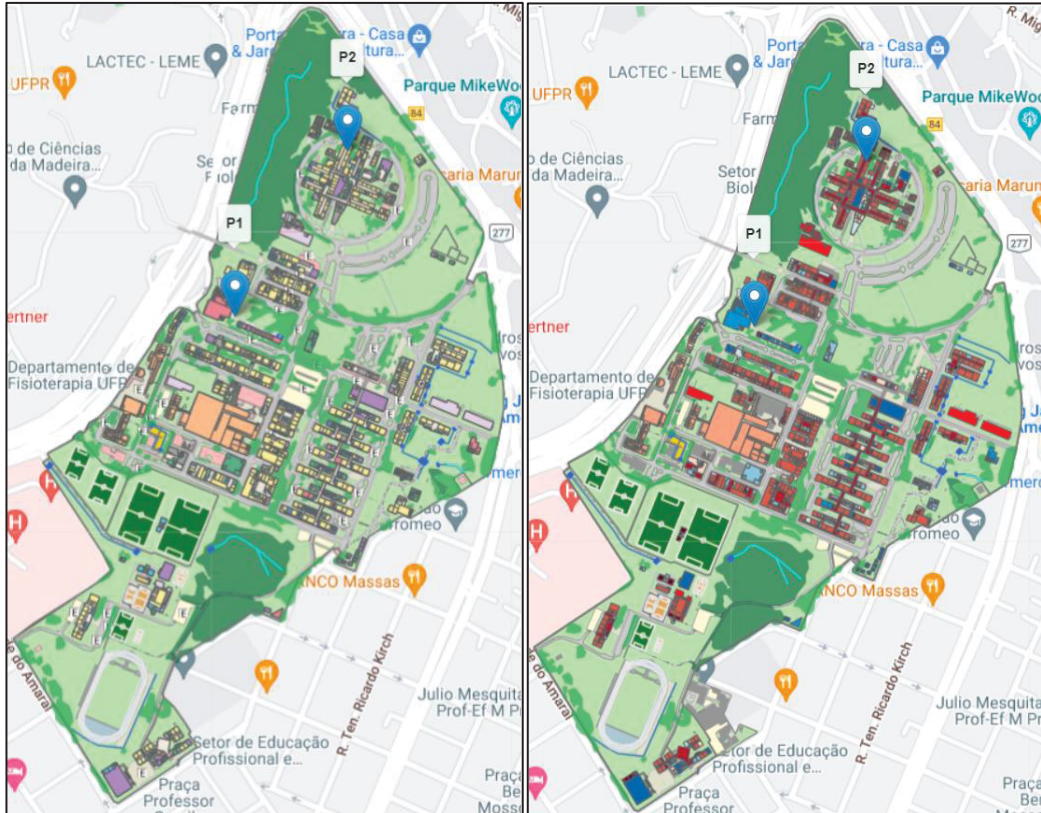
FIGURA 17 – ANTES (A) E DEPOIS (B) CAMADA *OUTDOOR*



FONTE: A autora (2023).

A FIGURA 18.a demonstra a versão original da camada *indoor* do UCM com, já na FIGURA 18.b são apresentadas as modificações realizadas de acordo com o QUADRO 6.

FIGURA 18 – ANTES (A) E DEPOIS (B) CAMADA INDOOR



(a) (b)

FONTE: A autora (2023).

Na FIGURA 19 é possível observar com um zoom local as alterações realizadas na camada indoor.

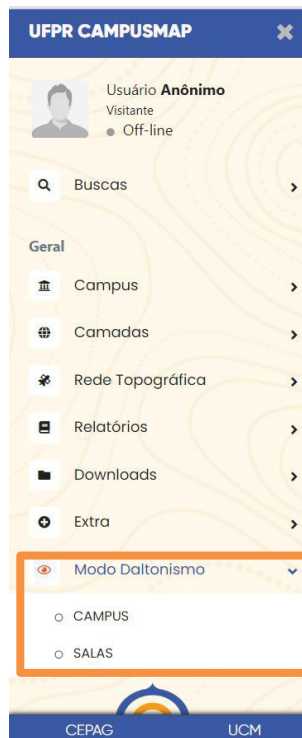
FIGURA 19 – CAMADA INDOOR



FONTE: A autora (2023).

A implementação do "Modo Daltonismo" baseou-se nos procedimentos metodológicos descritos por Lima (2020), que previamente desenvolveu o WebGIS. Conforme FIGURA 20 este modo foi incorporado à barra de ferramentas lateral do UCM. Semelhante à versão original, ele organiza as camadas outdoor (campus) e indoor (salas) dos campi.

FIGURA 20 – MODO DALTONISMO



FONTE: A autora (2023).

#### 4.5 TESTE COM USUÁRIO

Nesta etapa os usuários utilizaram o “Modo Daltonismo” implementado no UCM. Participaram do teste 7 usuários, de diferentes idades e locais de residência. Suas idades variaram de 24 a 47 anos, e as cidades de residência incluíram 4 de Curitiba (PR), 1 de Parnaíba (PI), 1 de Teresina (PI), e 1 de São Paulo (SP). Os níveis de educação também foram diversos, com usuários possuindo desde graduação até doutorado.

No que diz respeito ao gênero, a maioria dos usuários era do sexo masculino, sendo estes 5 homens, houve também participação de 2 usuárias do sexo feminino.

Quatro usuários relataram ter algum tipo de daltonismo, incluindo 3 com Protanopia, 1 com Deuteranopia e 1 com Tritanopia. No entanto, 1 usuário não tinha certeza sobre o tipo de daltonismo, e outro afirmou possuir dois tipos de sendo estes Deuteranopia e Tritanopia.

A questão sobre a presença de outros casos de daltonismo na família revelou que a maioria dos usuários não tinha familiares com essa condição.

Quanto às cores que eles tinham dificuldade em distinguir, houve uma variedade de respostas, incluindo verde, vermelho, roxo, rosa, marrom, azul, amarelo e tons de laranja.

A familiaridade com mapas foi destacada pela maioria dos usuários, com 4 deles produzindo mapas, 2 fazendo uso com frequência e 1 usando raramente. Além disso, a maioria tinha conhecimento da existência do WebGIS UFPR CampusMap, pois 4 usuários afirmaram conhecer o UCM.

Em relação às dificuldades na navegação na web, todos os usuários, exceto um afirmou ter dificuldades, mencionando dificuldades específicas como contraste entre cores. Em relação a acessibilidade web, todos os usuários não haviam acessado WebGIS ou páginas com recursos específicos para daltônicos.

No que diz respeito às sugestões para melhorar a navegação nas plataformas web, os usuários enfatizaram a importância de recursos como o nome da cor ao clicar sobre um elemento da página, bem como a conversão das cores para que sejam mais distinguíveis pelos daltônicos.

Durante a avaliação do WebGIS, os usuários foram submetidos a tarefas que visavam testar o sistema. No que se refere à primeira tarefa, que consistia em habilitar apenas a camada "Campus" e identificar o Setor de Ciências da Terra no campus Centro Politécnico, todos os usuários, exceto um, conseguiram concluir a tarefa com sucesso.

A segunda tarefa envolvia identificar no Prédio de Ciências Exatas a quantidade classes existentes durante a intercalação dos andares do edifício no primeiro tópico foi solicitada a identificação de Institutos de Educação no andar térreo. Todos os usuários responderam de forma correta ao afirmar que o elemento requisitado não existia. No segundo tópico, que era sobre identificar o número de "Banheiros" no segundo andar, a maioria dos usuários não teve sucesso. Somente os usuários 3 e 5 responderam corretamente. O usuário 3 alegou enfrentar dificuldades devido à confusão entre as cores de "Banheiro" e "Vazio". No terceiro tópico a tarefa envolvia

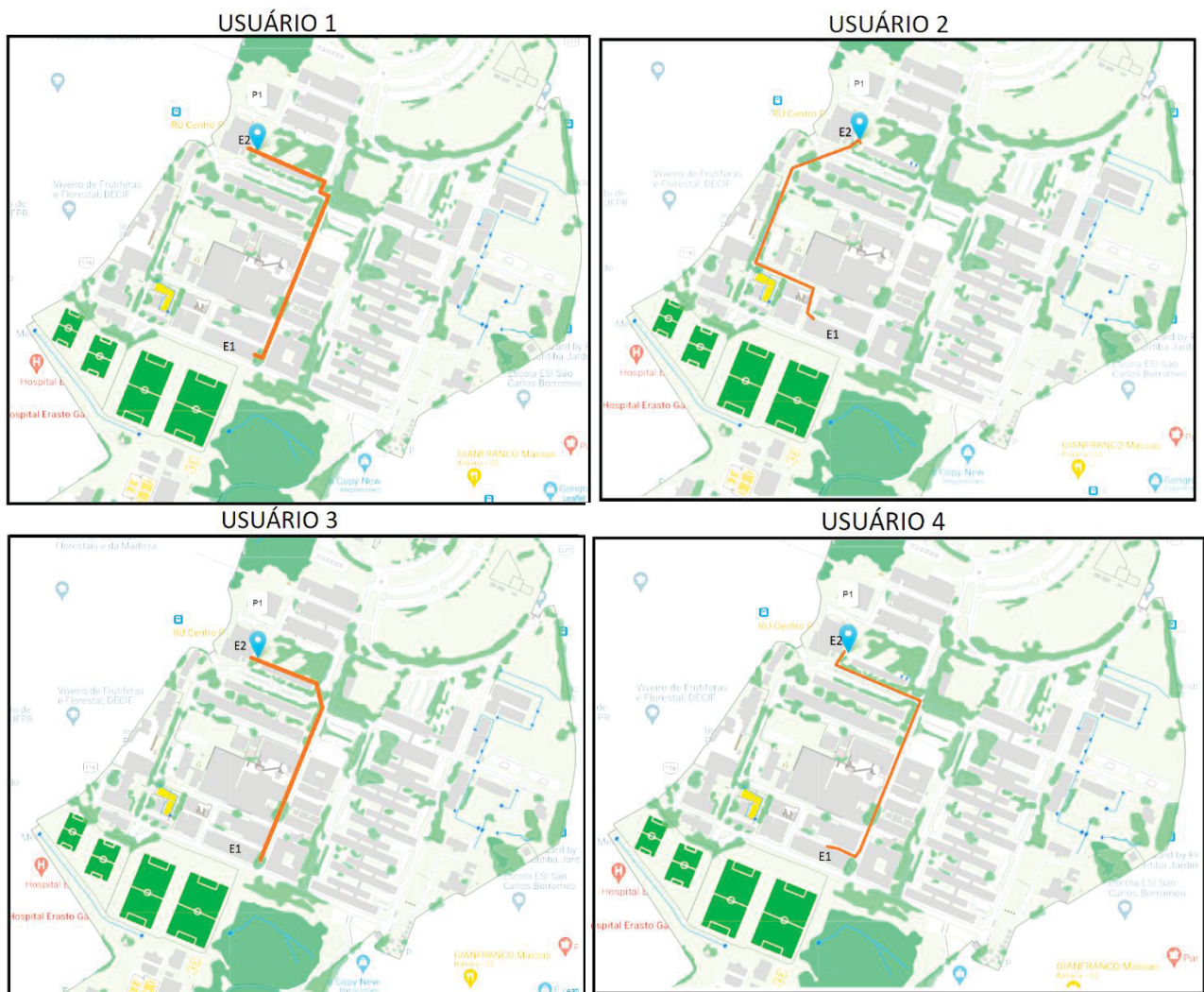
a identificação do número de espaços de “Uso Administrativo” no primeiro andar. Neste caso, os Usuários 1, 2, 4 e 7 conseguiram responder corretamente.

Na terceira tarefa, os usuários foram solicitados a localizar o “Prédio de Ciências Biológicas”, habilitar a camada "Salas" e contar as categorias sem o uso da legenda. Nesta tarefa foi obtida uma variedade de respostas, onde nenhuma se repetiu. O Usuário 4 completou a tarefa com sucesso.

A quarta e quinta tarefa envolviam a utilização da ferramenta de "Desenhar Geometria" para traçar rotas entre elementos do espaço *outdoor* e *indoor*.

Na quarta tarefa, os usuários foram solicitados a fazer a localização do Prédio de “Engenharia Mecânica” e do “Restaurante Universitário (RU)”, que na FIGURA 21 são denominados, respectivamente, como E1 e E2. Na sequência, foi traçado uma rota entre os edifícios citados.

FIGURA 21 – ROTAS TRAÇADAS NA TAREFA 4





FONTE: A Autora (2023).

Na FIGURA 21 observa-se que seis usuários completaram essa tarefa com sucesso, desenhando as rotas entre o "Prédio de Engenharia Mecânica" e o "Restaurante Universitário (RU)" dentro do Campus Politécnico. No entanto, o usuário 6 cometeu um equívoco, traçando a rota até o "Restaurante Universitário (RU)" do Botânico, em vez de localizá-lo no Campus Politécnico.

Na tarefa 22, os usuários foram instruídos a habilitar a camada "Campus", identificar a localização do "Bloco de Química" e, em seguida, habilitar a camada "Salas". Eles deveriam traçar uma rota no andar térreo, utilizando a ferramenta "Desenhar Geometria", entre a sala do "PET Química" até o "Banheiro" mais próximo. A FIGURA 18 apresenta as rotas traçadas pelos usuários para realizar a tarefa.

FIGURA 22 – ROTAS TRAÇADAS NA TAREFA 5

USUÁRIO 1



USUÁRIO 2



USUÁRIO 3



USUÁRIO 4



USUÁRIO 5



USUÁRIO 6



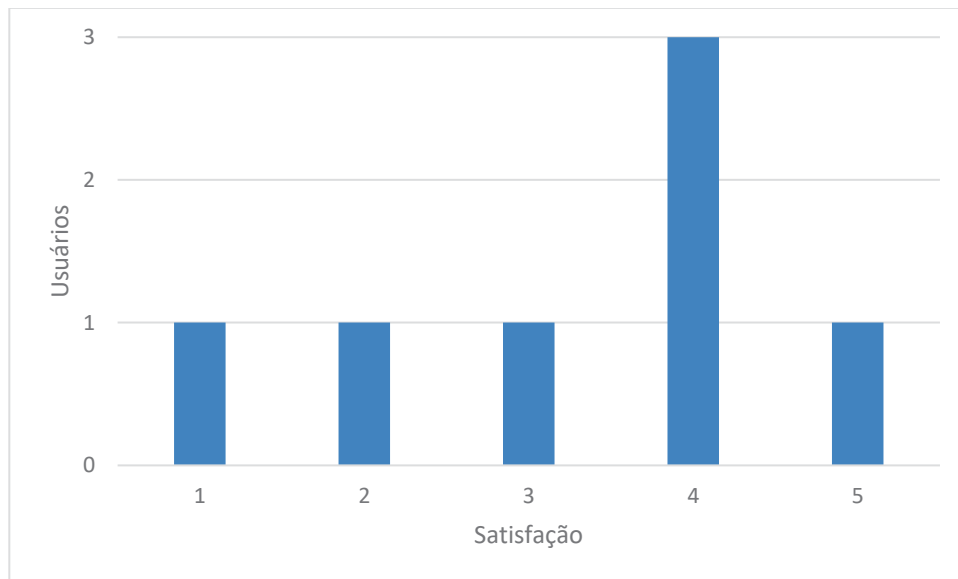


FONTE: A Autora (2023).

Observa-se na FIGURA 22 que todos os usuários concluíram corretamente a identificação do “Bloco de Química”, traçaram uma rota interna no andar térreo entre a sala do “PET Química” e o “Banheiro” mais próximo. No entanto, o usuário 7 traçou uma rota que passava pelo lado de fora do prédio, possivelmente devido a uma interpretação diferente da localização das salas e dos banheiros. Essa discrepância destaca a importância de uma orientação precisa no mapa e de instruções claras para garantir a identificação correta das salas e a realização das tarefas de forma precisa e consistente.

Ao final das tarefas, os usuários expressaram sua satisfação com o WebGIS em uma escala de 1 a 5. As pontuações são apresentadas no gráfico 1 e variaram de 1 a 5, com a maioria dos usuários dando pontuações médias de 3 a 5, indicando níveis de satisfação razoáveis a bons.

GRÁFICO 2 - NÍVEL DE SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS



FONTE: A Autora (2023).

Dificuldades específicas foram observadas por vários usuários durante o uso do WebGIS. Algumas das dificuldades mencionadas incluíam o tamanho das letras, confusão entre cores específicas (como verde e vermelho) e dificuldade em distinguir elementos como banheiro e almoxarifado.

Em termos de aspectos visuais e cores, houve relatos sobre a confusão entre cores semelhantes, como tons de vermelho e verde. Os usuários também mencionaram que a legenda e as cores utilizadas melhoraram a compreensão das informações, embora em alguns casos ainda tenham ocorrido dificuldades.

A legibilidade do texto e a clareza dos rótulos dos elementos foram avaliadas em relação ao WebGIS adaptado. Alguns usuários acharam a legibilidade satisfatória, enquanto outros expressaram que a legibilidade poderia ser melhorada, especialmente em situações de contraste inadequado.

Os usuários ofereceram sugestões de melhoria para tornar o WebGIS adaptado mais eficaz e acessível para pessoas com daltonismo. As sugestões incluíam a implementação de mais estilos de cores, permitir que os usuários escolham cores que melhor se adaptem às suas necessidades individuais e fornecer ferramentas para destacar elementos específicos. Na sequência são apresentadas as principais sugestões:

1. Mais Variedade de Estilos de Cores: O Usuário 2 sugeriu a inclusão de mais estilos de cores diferentes para que indivíduos com daltonismo possam escolher aqueles que melhor se adequam às suas necessidades. Eles também propuseram permitir que os usuários editem os itens da legenda para destacar cores mais confortáveis para eles. O Usuário 3 também recomendou uma ferramenta que permitisse que os usuários daltônicos alterassem a cor de uma classe específica sem afetar o restante da paleta. Essa personalização evitaria a confusão com as cores e poderia incluir formas de evidenciar os polígonos da classe selecionada, como um contorno em cor de destaque. Na versão beta do UCM existe a possibilidade de fazer a estilização de cores dos andares ao gerar relatórios, tal implemento se assemelha ao que foi sugerido, como demonstra a FIGURA 23.

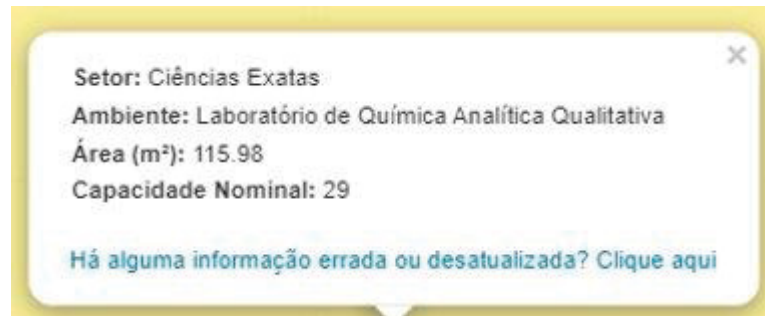
FIGURA 23 – ESTILO DE CORES



FONTE: A Autora (2023).

2. Ferramenta de Identificação de Polígonos: O Usuário 3 sugeriu a adição de uma ferramenta de identificação que revelasse os atributos dos polígonos quando clicados, semelhante ao recurso "i" no software QGIS. Isso ajudaria a aliviar a confusão com as cores, permitindo que os usuários confirmem as classes dos polígonos. Destaca-se que tal sugestão é existente na versão beta do UCM (FIGURA 24), porém não estava habilitada no protótipo avaliado.

FIGURA 24 – FERRAMENTA DE IDENTIFICAÇÃO DE POLÍGONOS



FONTE: A Autora (2023).

3. Iconografia e Texto Adicional: O Usuário 3 sugeriu a adição de ícones ou textos adicionais para destacar certas classes, como banheiros e espaços vazios, tornando a identificação mais fácil e rápida. Tal ferramenta, demonstrada pela FIGURA 25, também se faz presente na versão beta do UCM.

FIGURA 25 – ÍCONES



FONTE: A Autora (2023).

4. Maior Distinção entre Cores: O Usuário 4 observou que desabilitar a camada "Campus" ajuda a diferenciar melhor os elementos, sugerindo a inclusão de cores mais contrastantes, como amarelo e preto, para facilitar a identificação. Também sugeriu testes para identificar o tipo específico de daltonismo do usuário e oferecer opções de modo de cores de acordo com isso. O Usuário 7 observou que alguns tons de cores das legendas ainda estão muito próximos, sugerindo uma maior distinção entre eles para melhorar a legibilidade.

5. Variedade de Opções para Tipos de Daltonismo: O Usuário 6 recomendou que a opção de modo daltônico incluía opções para os três tipos de daltonismo, reconhecendo que diferentes indivíduos podem ter diferentes graus de dificuldade com diferentes cores.
6. Utilização do Espaço HSV: O Usuário 5 sugeriu a utilização do espaço HSV (Matiz, Saturação, Valor) para medir a distância entre as cores, pois é uma maneira mais próxima da percepção humana de cores. Também recomendou o uso da distribuição de Von Mises para gerar cores aleatórias.

Essas sugestões oferecem recomendações suficientes para aprimorar o WebGIS, tornando-o mais eficaz e acessível para pessoas com diferentes tipos de daltonismo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A interação dos usuários na pesquisa forneceu uma visão valiosa sobre a eficácia da adaptação de cores. A partir da análise dos resultados, ficou evidente que a implementação de modificações visuais para atender às necessidades dos usuários daltônicos é necessária, contudo, apresenta desafios aos quais podem ser solucionados a partir do auxílio deste público na elaboração destas pesquisas.

Os usuários destacaram uma série de pontos positivos, como a capacidade aprimorada de distinguir elementos e categorias no mapa. A adaptação das cores parece ter sido eficaz para muitos, facilitando a compreensão das informações apresentadas. No entanto, também surgiram preocupações, principalmente em relação à confusão de cores, que mesmo com a adaptação ainda persistiu em algumas áreas.

A tarefa que envolvia a identificação de elementos específicos no mapa, como Institutos de Educação, Banheiros e Espaços de Uso Administrativo, revelou uma variação considerável nas respostas dos usuários. Isso sugere que, embora a adaptação tenha sido útil, ainda há espaço para melhorias na diferenciação de cores para certos elementos.

As sugestões dos usuários para melhorias são consistentes. Eles mencionaram a possibilidade de permitir aos usuários ajustar as cores de categorias específicas, bem como o destaque de elementos individuais para evitar confusão. Além disso, houve pedidos para melhor legibilidade de textos e nomes, enfatizando a importância da clareza visual. A implementação bem-sucedida do modo adaptado no UCM requer uma atenção cuidadosa às demandas expressas pelos usuários, garantindo que essas demandas estejam alinhadas com os objetivos do projeto cartográfico. Para alcançar esse fim, é imperativo conduzir uma análise abrangente das necessidades dos usuários e realizar uma nova avaliação. Somente assim será possível assegurar que o modo adaptado responda efetivamente às questões de percepção de cores enfrentadas pelos usuários daltônicos.

Em resumo, a pesquisa ressalta a importância de um design inclusivo em sistemas como o WebGIS, que visam acomodar usuários com diferentes deficiências visuais. A adaptação de cores provou ser um passo positivo, mas há desafios contínuos a serem enfrentados, como a complexidade do daltonismo e a necessidade de garantir legibilidade. As opiniões e sugestões dos usuários fornecem um guia

valioso para futuras iterações do sistema, com o objetivo de criar uma experiência de usuário mais acessível e eficaz para todos.

## 6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. A; SENA, C. C. R. G; CARMO, W. R. Cartografia inclusiva: reflexões e propostas. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 100, p. 224-246, 2018.

AMORIM, F. R; PUGLIESI, E. A. Mapa de fluxo de veículos sob a percepção dos Tricromatas e Dicromatas. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Expositiva 6 a 9 de novembro de 2017**, SBC, Rio de Janeiro - RJ, p. 169-173, 2017.

BARROS, V. T. O. et al. Avaliação da interface de um aplicativo computacional através de teste de usabilidade, questionário ergonômico e análise gráfica do design. 2003. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.

BONCI, D. M. O. Estudos dos pigmentos visuais de macaco-prego (*cebus sp*) e da relação entre a psicofísica e a genética da visão de cores em humanos. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

COLOR ORACLE. Disponível em:

<https://colorbrewer2.org/#type=sequential&scheme=BuGn&n=3>. Acesso em: 22 nov. 2021.

COLOR ORACLE. Disponível em: <http://colororacle.org/>. Acesso em: 22 nov. 2021.

COLORADD. Disponível em: <http://www.coloradd.net/why.asp>. Acesso em: 22 nov. 2021.

COUTINHO, S. G; MOURA, M. Como os Daltônicos percebem as Representações Gráficas de Mapas do Transporte Público. **Anais do 6º Congresso Internacional de Design da Informação | 5º InfoDesign Brasil | 6º Congic. São Paulo**, 2014.

DA COSTA, R. C. M. et al. A Acessibilidade de Pessoas com Daltonismo: A Construção de um Protótipo de AVA Inclusivo. **Informática na educação: teoria & prática**, v. 20, n. 2 mai/ago, 2017.

DA SILVA, B. S.; DA SILVA ANDRADE, G. V.; PINTO, J. A. D. S. ANÁLISE DE SIMULADORES E TECNOLOGIAS ASSISTIVAS QUE APOIAM O DESIGNER A VER COMO DALTÔNICOS. **Ergodesign & HCI**, v. 5, n. Especial, p. 116-128, 2017.

DELTA COLOR. Disponível em: <https://www.deltacolorbrasil.com/espect>. Acesso em: 15 abr. 2022.

DPCD de Melbourne. Disponível em:

[https://www.planning.vic.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0020/94403/Communicating-Data-With-Colour.pdf](https://www.planning.vic.gov.au/__data/assets/pdf_file/0020/94403/Communicating-Data-With-Colour.pdf). Acesso em: 15 jun. 2022.

DUARTE, A. Acessibilidade para Daltônicos na Web. Disponível em:

<http://www.daltonicos.com.br/daltonico/index.html>. Acesso em: 22 nov. 2021.

DUTENKEFER, E; ALMEIDA, V. S. Proposta de reconstrução do mapa índice de felicidade gay (2015) a partir da semiologia gráfica e da cartografia transformacional. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 21, n. 1, p. 284-304, 2017.

FALAT, D. R.; BONATTO, S. M. P. Definição de cores para geração de mapas temáticos. Disponível em: [http://www.esteio.com.br/downloads/2007/definicao\\_cores.pdf](http://www.esteio.com.br/downloads/2007/definicao_cores.pdf). Acesso em: 15 abr. 2022.

FU, P. Getting to know Web GIS. **Photogrammetric engineering & remote SenSing**, v. 84, n. 2, p. 59-60, 2018.

GOV. Disponível em: <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/acessibilidade-digital>. Acesso em: 15 out. 2023

HUPING, C. et al. Color design scheme of map for color vision impaired. In: **2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering**. IEEE, p. 272-274, 2008.

IBGE, CENSO DEMOGRÁFICO. <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/20551-pessoas-com-deficiencia.html>. Acesso em: 22 nov. 2021.

IMO. Disponível em: <https://imo.com.br/efeitos-do-envelhecimento-na-visao/#:~:text=Mudan%C3%A7as%20na%20percep%C3%A7%C3%A3o%20das%20cores,cores%20mais%20dif%C3%ADcil%20de%20perceber>. Acesso em: 15 out. 2023

ISO 9241-11. International Standard: ISO 9241-11:1998. **“Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11”**: Guidance on usability, 1998.

JENNY, B.; KELSO, N. V. Designing maps for the colour-vision impaired. **Bulletin of the Society of Cartographers**, v. 41, p. 9-12, 2007.

JEONG, J.J; KANG, Y. E SHIN, H.S. Korea and world maps for people with color vision deficiency. **27th International Cartographic Conference**, 2015.

KAŠPAR, P. Geographic Data Visualizations Using Heat Maps with Support for Color Blind Users, 2021.

KRÖGER, J; SCHIEWE, J; WENINGER, B. Analysis and improvement of the open-streetmap street color scheme for users with color vision deficiencies. In: **26th International Cartographic Conference**, p. 17, 2013.

KVITLE, A. K. Accessible maps for the color vision deficient observers: past and present knowledge and future possibilities, 2018.

KVITLE, A. K; GREEN, P; NUSSBAUM, P. Adaptive colour rendering of maps for users with colour vision deficiencies. In: **Color Imaging XX: Displaying, Processing, Hardcopy, and Applications**. International Society for Optics and Photonics, p. 939515, 2015.

KVITLE, A. K; PEDERSEN, M; NUSSBAUM, P. Quality of color coding in maps for color deficient observers. **Electronic Imaging**, v. 2016, n. 20, p. 1-8, 2016.

KVITLEA, A. K. How colour palettes in maps are re-coloured by daltonization methods. **Abstracts of the ICA**, v. 1, p. 202, 2019.

LABTATE. Disponível em: <https://www.labtate.ufsc.br/>. Acesso em: 15 abr. 2022.

LIMA, M. C. Desenvolvimento de um WebGIS para campus universitário com práticas de UCD. 2020. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná.

LOPES, João Manuel Brisson. Cor e luz. **Texto elaborado para a disciplina de Computação Gráfica**, p. 34, 2013. <http://disciplinas.ist.utl.pt/~leic-cg.daemon/textos/livro/Cor.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2021.

MACEACHREN, A. M. **How maps work: representation, visualization, and design**. Guilford Press, 2004.

MAIA, A. F. D. V. M. Representação gráfica de mapas para daltônicos: Um estudo de caso dos mapas da rede integrada de transporte de Curitiba. 2013. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná.

MAIA, A. F. D. V. M; SPINILLO, C. G. Como os daltônicos percebem as representações gráficas de mapas: um estudo de caso dos códigos de cores utilizados nos diagramas e estação-tubo do transporte público de Curitiba. *Design & Tecnologia*, v. 3, n. 5, p. 15-23, 2013.

MISIUKAS, J M. et al. Tailoring basemaps for color vision impaired people. **AGILE: GIScience Series**, v. 2, p. 1-7, 2021.

MORIJO, D. K. S; OLIVEIRA, V. M; SILVA, N. M. DALTONISMO E AS DIFERENTES PERCEPÇÕES DE CORES. **REGRAD-Revista Eletrônica de Graduação do UNIVEM-ISSN 1984-7866**, v. 10, n. 01, p. 433-439, 2020.

NEIVA, Miguel. Sistema de Identificação de Cor para Daltônicos: Código Monocromático. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho, Portugal, 2008.

NIELSEN, Jakob. **Usability engineering**. EUA: AP PROFESSIONAL, 1993

OLIVEIRA, T. B. Desenvolvimento de um oftalmoscópio binocular indireto com sistema eletrônico cromático de iluminação e módulo de aquisição de imagens. 2009. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São Carlos.

OLSON, J. M.; BREWER, C. A. An evaluation of color selections to accommodate map users with color-vision impairments. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 87, n. 1, p. 103-134, 1997.

ONU, 1948. The Universal Declaration of Human Rights. Disponível em: <http://www.un.org/en/documents/udhr/>. Acesso em: 15 nov. 2021.

ROISE, A. K; KVITILE, A. K.; GREEN, P. Colour Coding of Maps for Colour Deficient Observers. In: **Universal Design 2016: Learning from the Past, Designing for the Future**. IOS Press, p. 376-378, 2016.

SANTOS, A. S. et al. Seleção do Método de Pesquisa: Guia para pós graduando em design e áreas afins. **Insight**, 2018.

SILVA, J. S; GUEDES, J. A. Cartografia Assistiva para Daltônicos e Deficientes Visuais. **Revista Educação Geográfica em Foco**, v. 4, n. 8, 2020.

SIMUNOVIC, M. P. Colour vision deficiency. **Eye**, v. 24, n. 5, p. 747-755, 2010.

ŠTĚRBA, Z. et al. Selected issues of experimental testing in cartography. **Brno: Masaryk University**, 2015.

THOGMARTIN, W. E. Color Blindness and Visualizing Georeferenced Data in Mapped Products: We Can Do More. **The Auk**, v. 127, n. 2, p. 460-462, 2010.

THOGMARTIN, Wayne E. Color Blindness and Visualizing Georeferenced Data in Mapped Products: We Can Do More. **The Auk**, v. 127, n. 2, p. 460-462, 2010.

UCM. Disponível em: <https://campusmap.ufpr.br/>. Acesso em: 04 abr. 2022

W3C. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/2008/REC-WCAG20-20081211/>. W3C. Acesso em: 04 abr. 2022

W3C. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/2016/NOTE-WCAG20-TECHS-20161007/G111>. Acesso em: 04 abr. 2022

W3C. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/visual-audio-contrast7.html>. Acesso em: 04 abr. 2022.

WCAG 2.0. <https://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/visual-audio-contrast-without-color.html>. Acesso em: 04 abr. 2022.

WALDIN, N. et al. Individualization of 2D color maps for people with color vision deficiencies. In: **Proceedings of the 32nd Spring Conference on Computer Graphics**, p. 49-50, 2016.

WIKIPEDIA. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Coloradd>. W3C. Acesso em: 19 jun. 2022.