

COLOR+: APLICATIVO PARA ENSINO E APRENDIZAGEM DE CORES POR PESSOAS COM DALTONISMO

COLOR+: APPLICATION FOR TEACHING AND LEARNING COLOR BY PEOPLE WITH COLOR BLINDNESS

André Fiori Sequinel¹

Anderson Roges Teixeira Góes²

Resumo

As pessoas com daltonismo possuem um distúrbio da visão que interfere na percepção das cores, ocasionado por doença de origem genética que provoca a incapacidade de o indivíduo diferenciar algumas cores. Isso acarreta dificuldades em diversas ações e produtos que fazem uso das cores, como semáforos, roupas, tecnologias digitais, entre outros. Este estudo apresenta o desenvolvimento e análise de uma tecnologia digital (aplicativo denominado Color+) para o ensino e aprendizagem de cores, proporcionando a educação inclusiva. A metodologia é qualitativa, fazendo uso de *design science research*. Como sistema de código para identificação de cores, a pesquisa empregou o ColorADD. Foram realizados testes de usabilidade e a classificação dos dados produzidos durante o processo, para posterior correção do Color+, apresentando a versão final do aplicativo. Participaram dos testes cinco indivíduos com diversos níveis de dificuldades para enxergar. O Color+ apresentou sucesso em sua forma de comunicação e se posiciona como uma ferramenta alinhada com os interesses de uma sociedade repleta de tecnologias digitais, podendo ser um recurso a ser utilizado em sala de aula.

Palavras-chave: educação inclusiva; daltonismo; tecnologia digital.

Abstract

People with color blindness have a vision disorder that interferes with color perception, caused by a disease of genetic origin that causes the inability of the individual to differentiate some colors. This causes difficulties in various actions and products that make use of colors such as traffic lights, clothes, digital technologies, among others. This study presents the development of a digital technology (application called Color+) for teaching and learning colors, providing inclusive education. The methodology is qualitative, making use of Design Science Research. As a coding system for color identification, the survey makes use of ColoADD. Usability tests are carried out and the data produced during this process are classified, for subsequent correction of Color+, presenting the final version of the application. Five people with different levels of vision difficulties participated in the tests. Color+ was successful in its form of communication and is positioned as a tool aligned with the interests of a society full of digital technologies, and can be a resource used in the classroom environment.

Keywords: inclusive education; color blindness; digital technology.

¹ Bacharel em Expressão Gráfica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil, andrefiorisequinel@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0349-8364

² Professor Doutor, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil. artgoes@ufpr.br; ORCID: 0000-0001-8572-3758

1. Introdução

Vivemos em uma sociedade em que o apelo visual, por meio de telas, monitores ou *displays*, é constante. É a partir da visão que o indivíduo avalia, percebe e interage com o espaço, as pessoas e os objetos que o envolvem, assim como é por meio desse sentido que ocorre grande parte do aprendizado. Ações naturais no dia a dia, que passam despercebidas, como perceber distâncias, reflexos, brilhos e cores, acabam por desconsiderar quem não pode contemplá-las devido a alguma dificuldade ou deficiência.

No Brasil, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), 18,8% da população tem alguma dificuldade para enxergar, sendo esta a mais apontada no Censo 2010 quando os entrevistados foram perguntados sobre habilidades como enxergar, ouvir, caminhar ou subir degraus e sobre possuir deficiência intelectual.

Dentre as dificuldades de enxergar, estão pessoas consideradas cegas, que possuem perda total ou resíduo mínimo de visão, necessitando de método de leitura como o braille; pessoas com baixa visão, que possuem resíduos visuais em grau que permite ler textos impressos à tinta, desde que se empreguem recursos e equipamentos especiais, excluindo as deficiências facilmente corrigidas pelo uso adequado de lentes (COELHO; GÓES, 2021); e, ainda, pessoas com daltonismo ou discromatopsia, que é um distúrbio da visão que interfere na percepção das cores, ocasionado por doença de origem genética que provoca a incapacidade de o indivíduo diferenciar algumas cores.

A diferenciação de cores é realizada pelo homem desde os primórdios da humanidade, quando da identificação de um predador na selva. Atualmente, é utilizada em diversas ações e produtos, como semáforos, roupas, tecnologias digitais, entre outros. Mesmo para aqueles que não detêm a capacidade de identificar colorações corretamente, percebe-se a importância das cores no convívio com a sociedade (GRADE, 2013), pois a visão tem um importante papel na configuração de vínculos e o contato visual é uma das formas de estabelecer relações (LAPLANE; BATISTA, 2008).

Dada a importância da cor como elemento de comunicação, é esperado que as dificuldades de enxergar acarretem implicações relacionadas ao processo de ensino e aprendizagem escolar, em três aspectos (MELO; GALON; FONTANELLA, 2014): material didático; práticas de ensino; e relacionamento com colegas e professores, visto que, no ambiente escolar, a cor é utilizada em inúmeras situações. A dificuldade de enxergar leva à dificuldade de aprender, ocasionando problemas como exclusão social, sobretudo pelo fato de as escolas não estarem preparadas para receber esse indivíduo com uma educação inclusiva e livre de segregações (COSTA; GÓES, 2022).

É necessário discutir a inclusão escolar, devendo as escolas atender às diferenças sem discriminar, sem trabalhar isoladamente com alguns alunos, sem estabelecer regras específicas para planejar, para aprender e para avaliar (MANTOAN, 2003; COSTA; GÓES, 2022). Nesse sentido, a Declaração de Salamanca (1994) firma o compromisso de educação para todos, garantindo o direito fundamental à educação, sendo dada a oportunidade de atingir e manter o nível adequado de aprendizagem para todos os estudantes (COSTA; GÓES, 2022).

A educação inclusiva é uma ação política, cultural, social e pedagógica que busca reforçar o direito de todos os alunos de aprender e participar juntos, sem qualquer discriminação. Suas bases surgiram das discussões sobre direitos humanos, compreendendo que toda pessoa, deficiente ou não, tem os mesmos direitos e liberdades fundamentais, sendo toda exclusão ou diferenciação considerada discriminação.

No contexto apresentado, considerando estudantes com daltonismo e o direito à educação por/para todos, este estudo apresenta o desenvolvimento e análise de uma tecnologia digital para o ensino e aprendizagem de cores. Para auxiliar a identificação das cores, a tecnologia desenvolvida fez uso do sistema de código ColorADD, que permite representar cores por meio de símbolos, proporcionando um ensino inclusivo para estudantes daltônicos.

A importância do desenvolvimento da tecnologia digital apresentada neste texto está subsidiada nas buscas em base de dados, no ano de 2021, momento em que a pesquisa se iniciou. Tais buscas visaram a verificar o que abordam as pesquisas sobre educação inclusiva sobre o daltonismo, sobretudo se realizam uso das tecnologias digitais, definindo, assim, o objetivo da pesquisa.

As bases de dados selecionadas foram o Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), por apresentar pesquisas desenvolvidas em nível de mestrado e doutorado no Brasil; a Scientific Electronic Library Online (SciELO), por contemplar pesquisas que nem sempre resultam de estudos originados em cursos *stricto sensu*; e o Google Acadêmico, por trazer pesquisas publicadas em outros meios, como eventos científicos, momentos em que professores geralmente divulgam seus relatos de experiência no ambiente escolar.

Para a busca, foram empregados os descritores “educação inclusiva” e “daltonismo”, de forma associada. Também foi realizado um corte temporal de cinco anos anteriores ao início da pesquisa, indicando, assim o recorte temporal de 2016 até 2020. Retornou um total de 123 trabalhos, sendo dois na base da Capes (2016: 1; 2019: 1) e 121 do Google Acadêmico. Nenhum trabalho foi retornado da SciELO. A Tabela 1 apresenta o resultado da busca.

Tabela 1: Resultado de busca nas bases de dados

BASE DE DADOS	2016	2017	2018	2019	2020	TOTAL
SciELO	0	0	0	0	0	0
Capes	1	0	0	1	0	2
Google Acadêmico	24	27	30	29	11	121
TOTAL	25	27	30	30	11	123

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados demonstram que a condição da discromatopsia vem sendo discutida de forma muito tímida pelas pesquisas, assim como apontaram Melo, Galon e Fontanella (2014) em período anterior ao analisado neste estudo.

Ressalta-se que o primeiro critério de inclusão para análise de trabalho envolveu a leitura do título, buscando identificar se aborda as temáticas da educação inclusiva e daltonismo. Dos 123 trabalhos, foram selecionados 16, que tiveram seus resumos analisados. Destes, cinco revelaram alguma aderência com este estudo, a saber: Morasco Júnior (2018), Torres et al. (2018), Gonçalves et al. (2019), Chagas e Acioly (2019) e Costa et al. (2020). Os demais trabalhos, de maneira geral, discutem a educação inclusiva tendo como público-alvo pessoas cegas ou desenvolvem pesquisas para a formação de professores, para melhor auxiliar os deficientes visuais.

Gonçalves et al. (2019), Morasco Júnior (2018) e Torres et al. (2018) apresentam diretrizes e reflexões sobre a acessibilidade no desenvolvimento de interfaces digitais, enquanto Costa et al. (2020) desenvolveram um recurso (módulo) para melhorar e/ou adequar o acesso de pessoas com daltonismo ao Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) de uma universidade pública do estado do Paraná. Já Chagas e Alcioly (2019) propuseram o desenvolvimento de jogo educacional para estudantes daltônicos fazendo uso da linguagem ColorADD. Assim, não foi possível identificar nas buscas realizadas o desenvolvimento de uma tecnologia digital para o ensino e aprendizagem de cores, considerando estudantes com daltonismo, o que demonstra a relevância deste estudo.

A metodologia é de abordagem qualitativa, utilizando o método do *design science research*. Por meio do teste de usabilidade, foram consideradas as falas de cinco usuários para posterior melhoria do aplicativo, produzidas por meio de questionário, observação e entrevista.

2. Discromatopsia e o Sistema ColorADD

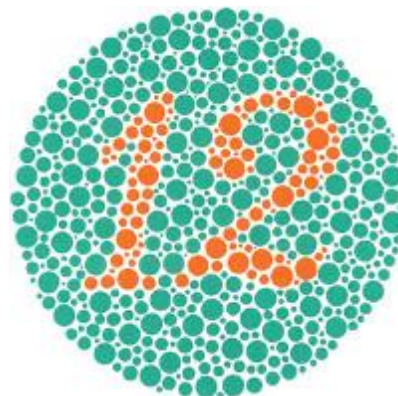
A discromatopsia ou daltonismo é mais comum entre homens, pois sua herança genética está relacionada ao cromossomo sexual X. Assim, se a mulher receber o cromossomo X com traços de daltonismo, seu outro cromossomo irá compensar, evitando o desenvolvimento da doença. No caso dos homens, que não possuem outro cromossomo X para compensar o defeituoso, desenvolverão a doença ao receber o cromossomo X defeituoso (RODRIGUES, 2017).

A visão de cores se dá pelas células da retina chamadas cones, sendo cada uma responsável pela identificação de uma das três cores básicas: o vermelho, o verde e o azul. As tonalidades visíveis dependem do modo como cada tipo de cone é estimulado; no caso das pessoas com daltonismo, algumas dessas células não estão presentes em número suficiente ou apresentam uma anomalia no pigmento característico dos fotorreceptores no seu interior, fazendo as cores não serem detectadas de forma correta (MOURA, 2019).

Segundo Chagas e Alcioly (2019) e Rodrigues (2017), existem graus de daltonismo (Figura 1a), a saber: protanopia, que é o tipo mais comum e caracteriza-se pela diminuição ou ausência do pigmento vermelho; deuteranopia, que ocorre quando o indivíduo não distingue a cor verde; tritanopia, o tipo mais raro, que provoca dificuldades na distinção do azul e do amarelo; e acromatopsia, em que o indivíduo enxerga em preto e branco ou tons de cinza. O teste de Ishihara é utilizado para detecção desses graus, o que é feito a partir de lâminas em que são apresentadas cores e tonalidades diferentes. A Figura 1b traz uma dessas lâminas, em cujo centro está inscrito o número 12.

Figura 1: (a) Graus de daltonismo; (b) Lâmina do teste de Ishihara.

Daltonismo	Visão Normal	Visão e percepção do portador de daltonismo	
Protanomia (deficiência em identificar a cor vermelha)			
Deutanomia (deficiência em identificar a cor verde)			
Tritanomia (deficiência em identificar a cor azul e amarela)			
Acromacia (enxergar preto e branco ou em tons de cinza)			



Fonte: (a) Morais Jr. e André (2020, p. 68); (b) <https://www.martinato.com.br/wp-content/uploads/2019/09/ishihara.jpg>

As dificuldades vividas por pessoas com daltonismo são evidentes na fase escolar, quando pais e profissionais, procurando atenuá-las, realizam a indicação das cores dos lápis em suas extremidades (CHAGAS; ACIOLY, 2019). Tendo em vista que o universo escolar explora cores o tempo todo, desde as capas dos livros até as linhas de demarcação na quadra de Educação Física, é geralmente nessa fase que se costuma identificar a discromatopsia, frequentemente associada à dificuldade de colorir na Educação Infantil (MELO; GALON; FONTANELLA, 2014).

São necessárias estratégias e recursos para incluir esses estudantes no ambiente escolar e na sociedade. Um desses recursos é o sistema de cores ColorADD, desenvolvido pelo *designer* gráfico português Miguel Neiva, que utiliza cores primárias e símbolos para tornar possível que daltônicos identifiquem cores, de maneira universal e não discriminatória. Cada símbolo é responsável por representar uma cor e, em um processo de associação e lógica, as cores secundárias representam a soma dos símbolos das cores primárias (Figura 2a). O significado dos símbolos e a composição com as cores primárias podem ser observados na Figura 2b.

Figura 2: Código ColorADD



Fonte: Neivas (2017)

Na Figura 2a, vemos a representação do sistema, com três círculos de cores primárias (vermelho, amarelo e azul), tendo parte de suas áreas sobreposta. Nas regiões de sobreposição de duas cores, estão representadas as cores secundárias: laranja, verde e violeta. Na região em que as três cores se sobrepõem, está representada a cor preta. Cada cor é associada a uma simbologia que permite diferenciá-las, independentemente da aptidão de identificar cores. Assim, com a combinação de símbolos, é possível identificar uma quantidade considerável de cores, podendo o sistema ser facilmente inserido em qualquer plataforma de comunicação (NEIVA, 2017). Assim, devido à versatilidade do ColorADD, esse código foi inserido na tecnologia desenvolvida.

3. Metodologia da Pesquisa

A metodologia da pesquisa é qualitativa, analisando a usabilidade dos usuários quanto a uma tecnologia digital desenvolvida para o ensino e aprendizagem de cores, melhorando, assim, esse aspecto. Está pautada no *design science research*, que, para Jappur (2014, p. 41), é um “modelo aceito e válido para o desenvolvimento de artefatos para a ciência da informação”. Ainda, segundo Dresch (2013, p. 85), o método “tem como finalidade conceber e não somente aplicar um conhecimento”, se preocupando em como deve ser a concepção de artefatos, projetando e encontrando soluções para melhorar sistemas existentes ou desenvolver novos, contribuindo com a ação humana na sociedade.

O *design science research* possui seis etapas (JAPPUR, 2014), quais sejam: identificação do problema e motivação; definição dos objetivos; *design* e desenvolvimento; demonstração; avaliação; e comunicação. O Quadro 1 apresenta essas etapas nas ações deste estudo.

Quadro 2: Aplicação das etapas do *design science research*

Etapa	Ações
Identificação do problema e motivação	Identificar a necessidade de abordar a problemática dos estudantes com daltonismo em relação ao ensino e aprendizagem de cores. Compreender o público-alvo. Desenvolver recursos visuais para o público-alvo.
Definição dos objetivos	Desenvolver uma tecnologia digital para o ensino e aprendizagem de cores. Analisar a usabilidade tendo como público-alvo pessoas com dificuldades de enxergar.
<i>Design</i> e desenvolvimento	Conceber o aplicativo: arquitetura de informação e <i>wireframes</i> ; protótipo inicial para testes de usabilidade.
Demonstração	Executar testes de usabilidade para aprimorar o <i>design</i> . Produzir dados de análise da usabilidade para correções e aprimoramentos.
Avaliação	Avaliar como se comportou na fase de demonstração.
Comunicação	Discutir os resultados. Indicar as limitações e outros recursos que podem ser incorporados.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quanto aos testes para avaliar a usabilidade da tecnologia digital, participaram deles cinco usuários na faixa etária de 22 a 27 anos, habituados com o uso de dispositivos móveis, como *tablets* e celulares. Esse grupo foi composto por uma pessoa com visão plena, uma

pessoa que faz uso de lentes (óculos), duas pessoas com daltonismo e uma pessoa com baixa visão. Eles foram informados sobre o propósito da pesquisa e não receberam nenhum incentivo material ou financeiro por sua participação, conforme projeto aprovado em Comitê de Ética.

Como instrumento de coleta de dados, realizamos entrevista semiestruturada sobre a usabilidade e atividades realizadas. A usabilidade, num primeiro momento, ocorreu de forma remota, por meio do *software* Maze, que permite a navegação e interação com o aplicativo pelo usuário, ao mesmo tempo que apresenta as tarefas previamente definidas para o teste das funcionalidades. A necessidade de usabilidade de forma remota se deveu ao estado pandêmico ocasionado pela Covid-19. Também, utilizamos como instrumento de produção de dados entrevistas presenciais, em uma fase mais branda da pandemia, com o apoio da versão para celular do *software* Adobe XD, disponível na Play Store.

A entrevista remota contou com dez questões norteadoras, a saber: Qual foi sua primeira reação ao abrir o aplicativo? O quão fácil ou difícil foi navegar pelo aplicativo? Qual é sua opinião em relação ao *design* do aplicativo? Em relação ao exercício de teoria das cores, o quão fácil ou difícil foi realizar essa tarefa? O quão fácil ou difícil foi identificar o código ColorADD no aplicativo? Do que você gostou no aplicativo? Do que você não gostou no aplicativo? Qual função foi mais difícil de executar no aplicativo? O que poderia ser melhorado no aplicativo? Como você descreveria sua experiência com o aplicativo?

Já no momento presencial, optamos pela observação e anotações. Ressaltamos que não houve restrições de tempo para a apresentação do conteúdo e os entrevistados puderam acessar livremente as funcionalidades do aplicativo.

A primeira e a segunda etapas do *design science research* deste estudo constam na seção 1, em que apresentamos brevemente as temáticas, tecendo considerações sobre a necessidade de pensar em tecnologia digital que atenda a pessoas com daltonismo para o ensino e aprendizagem de cores. As próximas seções versarão sobre as demais etapas.

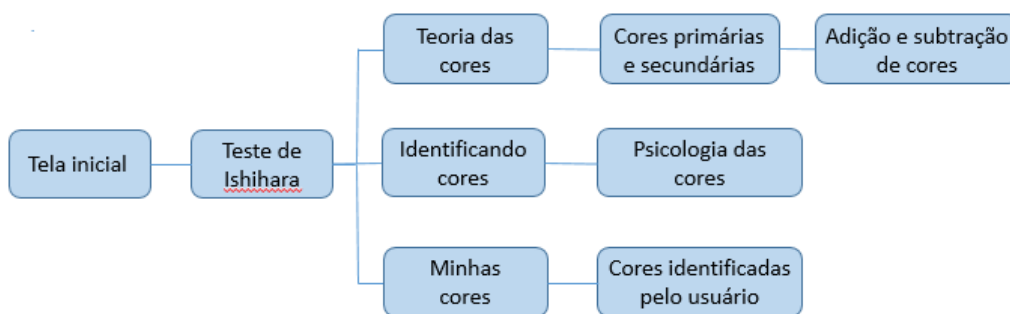
4. Definição e Proposta do Aplicativo

Para a elaboração dos primeiros esboços do aplicativo, foram estabelecidos alguns parâmetros, a saber: apresentar o ensino de cores de forma criativa e estimulante; ajudar o usuário a reconhecer, diagnosticar e recuperar-se de erros, sendo eles de conteúdo do aplicativo ou de navegação; ser uma ferramenta consistente em seu padrão visual (texto, cores, sons, entre outros); e proporcionar conteúdo para todos os usuários, independentemente de qualquer limitação.

Com esses parâmetros definidos, elaboramos a primeira síntese das funcionalidades do aplicativo por meio de uma árvore de conteúdo (Figura 3), hierarquizando e estruturando o conteúdo da forma objetiva, simulando o caminho percorrido pelo usuário.

Por meio da Figura 3, é possível verificar que, ao iniciar o aplicativo, o usuário possui a opção de versão virtual do teste de Ishihara. Cabe ressaltar que apenas um oftalmologista pode realizar diagnósticos por meio do teste; dessa forma, sua inclusão visou a buscar apenas indícios gerais sobre daltonismo. No aplicativo, o teste foi inserido para que, em um ambiente escolar, os professores possam identificar estudantes que necessitarão de auxílio ao longo das atividades propostas.

Figura 3: Árvore de conteúdo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Após o teste de Ishihara, há três ramos: Teoria das cores; Identificação e psicologia das cores; e Minhas cores.

No primeiro, exercícios com operações de cores primárias e secundárias são propostos com o auxílio do código ColorADD e do círculo cromático. Com esses recursos, é possível obter uma visualização de conceitos de cores, como cores análogas e complementares, e promover um entendimento visual de muitos aspectos das cores.

A Figura 4a apresenta como o código é interpretado, trazendo dois exemplos de composição de símbolos para representação de adição de cores e da cor resultante. Já a Figura 4b demonstra como o código diferencia as tonalidades claras e escuras: as cores claras apresentam-se com um contorno branco, enquanto as escuras estão numa forma escura e representadas em espaço negativo. A Figura 4c mostra um círculo cromático, com três cores primárias (amarelo, magenta e ciano), três secundárias (cores criadas pela adição de duas primárias) e seis terciárias (cores criadas pela adição de uma cor primária e uma secundária).

Figura 4: (a) Adição de cores; (b) Cores claras e escuras – código ColorADD; (c) Círculo cromático.



Fonte: (a) e (b) adaptado de Neivas (2017);

(c) <https://static.todamateria.com.br/upload/56/df/56df74e3bbdd1-cores-complementares.jpg>

Em relação ao ramo “Identificação e psicologia das cores”, os exercícios apresentam cenários, em que o usuário deve identificar o impacto da cor no contexto da imagem, associando as emoções ou sentimentos.

Por fim, no ramo “Minhas cores”, o usuário pode visualizar as cores já identificadas, verificando seu aprendizado ao longo do aplicativo.

5. Do Desenvolvimento à Usabilidade do Aplicativo

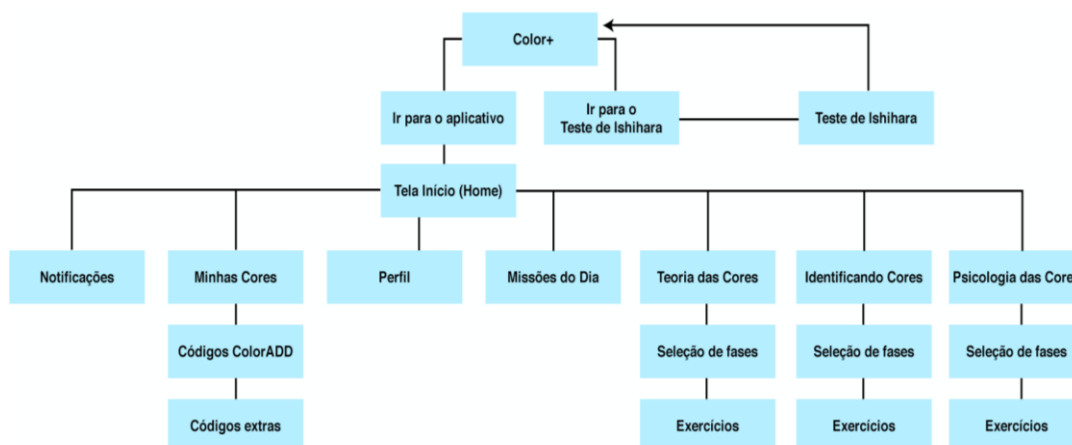
O aplicativo denominado Color+ (lê-se: *color plus*) foi desenvolvido utilizando os equipamentos: *desktop* Intel Core i3 10100F, 16GB de RAM DDR4, HD 1TB, SSD 256GB, com placa de vídeo dedicada GTX 1050 TI de 4GB; *notebook* Samsung Expert X23 i5 5200U, 12GB de RAM DDR3, SSD 1TB, com placa de vídeo dedicada GeForce 910m de 2GB; e *smartphone* Samsung Galaxy S8 de 64GB.

No seu desenvolvimento, foram consideradas seis fases: criação dos *wireframes* e arquitetura de informação; criação do protótipo de média fidelidade; criação do protótipo de alta fidelidade; aplicação e testes de usabilidade; análise do parecer dos usuários; e correções no aplicativo.

5.1. Wireframe e arquitetura de informação

Os elementos do Color+ foram organizados tendo como base a árvore de conteúdo (Figura 3), estabelecendo uma hierarquia lógica que favorecesse a navegação e tivesse interface intuitiva (Figura 5).

Figura 5: Arquitetura de informação.



Fonte: Elaborado pelos autores.

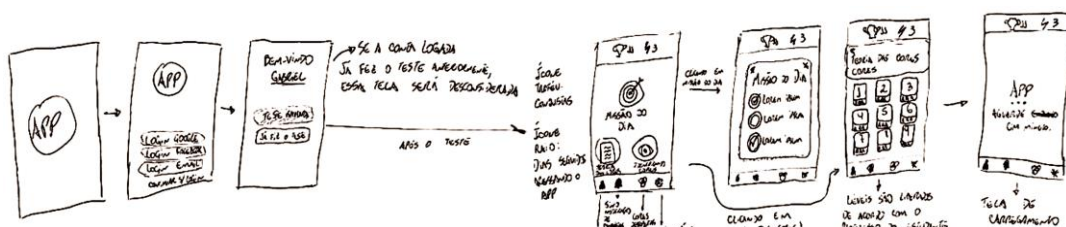
As etapas descritas na arquitetura de informação (Figura 5) complementam a árvore de conteúdo (Figura 3), apresentando os painéis: Notificações, Perfil e Missões do dia, responsáveis por acompanhar o progresso do usuário, bem como lembrá-lo de realizar seus estudos com o aplicativo.

Uma vez definida a arquitetura de informação, foi realizado o desenvolvimento do *wireframe* (Figura 6), considerado uma primeira representação da interface, um esqueleto para as fases posteriores de desenvolvimento do aplicativo, representando um planejamento para prevenir possíveis erros na interface.

A Figura 6 apresenta uma parte do *wireframe* desenvolvido para o Color+. Ressaltamos que, nesta etapa, não foram consideradas as cores, identidade visual ou fidelidade da interface, mas, sim, a construção da estrutura de acordo com o caminho estabelecido pela

arquitetura de informação. Devido à sua natureza de simples representação, optamos por realizar esta etapa em papel e caneta.

Figura 6: Wireframe.



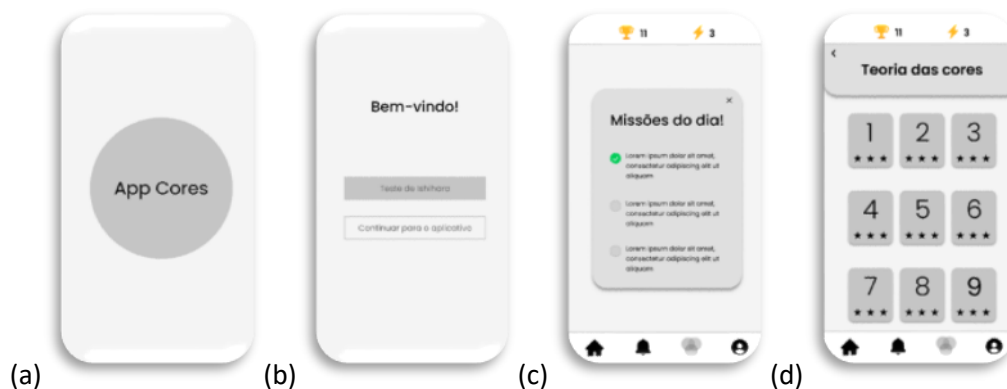
Fonte: Elaborado pelos autores.

5.2. Protótipo de Média Fidelidade

O protótipo de média fidelidade é uma maneira rápida e eficiente de validar os conceitos e a arquitetura de informação e identificar possíveis problemas de usabilidade no início do projeto. Durante o desenvolvimento do aplicativo, as telas se aproximaram do resultado final desejado, porém não possuíam *design* elaborado.

A Figura 7 apresenta as telas desenvolvidas na fase de média fidelidade: tela inicial do aplicativo (Figura 7a), tela de *login* e direcionamento ao teste de Ishihara (Figura 7b), tela de Missões do dia (Figura 7c) e exemplo de telas de seleção de fases (Figura 7d).

Figura 7: Telas do protótipo de média fidelidade.



Fonte: Elaborado pelos autores.

As telas foram desenvolvidas no *software* Adobe XD, ferramenta gratuita e especializada na construção de telas para experiência de usuários e protótipos.

5.3. Protótipo de Alta Fidelidade

O protótipo de alta fidelidade representa a versão mais avançada do desenvolvimento do *design* de interface de um aplicativo e conta com todas as funcionalidades necessárias para a realização dos testes de usabilidade de forma interativa e navegável. A Figura 8 apresenta as telas implementadas no Color+ nesta fase.

Figura 8: Telas implementadas no Color+.



Fonte: Elaborado pelos autores.

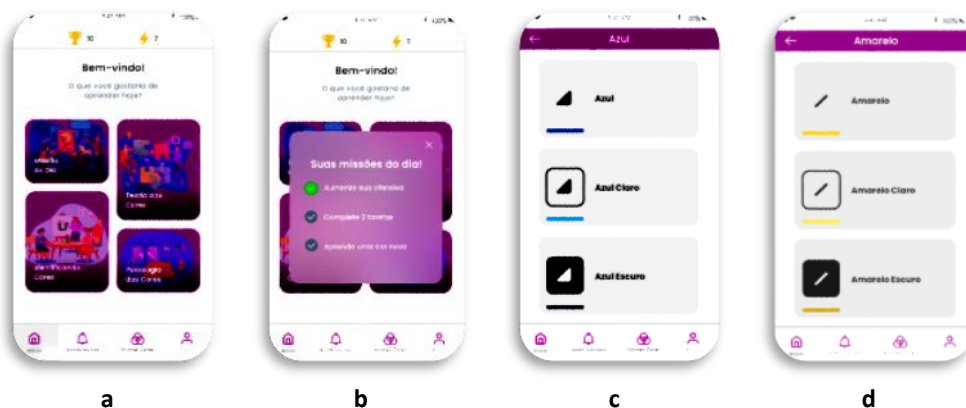
Assim como o protótipo de média fidelidade, o protótipo de alta fidelidade foi desenvolvido no *software* Adobe XD. É importante frisar que este protótipo não é isento de erros e suas funcionalidades podem sofrer aprimoramentos de acordo com as informações produzidas ao longo de testes com usuários.

Nesta fase, foi realizado o processo de definição do fluxo de navegação do aplicativo, uma vez que, na etapa de alta fidelidade, se deve considerar não apenas a interface, mas também os elementos de experiência do usuário.

Ao iniciar o aplicativo, o usuário pode optar por realizar uma versão digital do teste de Ishihara para identificar indícios da presença do daltonismo ou seguir diretamente para a tela de início (Figuras 9a e 9b), que centraliza as funcionalidades do aplicativo. A tela de início apresenta as diferentes ferramentas de aprendizado disponíveis: Missões do dia, Teoria das cores, Identificando cores e Psicologia das cores, além de uma barra de navegação inferior com ícones e descrição das áreas que o usuário pode acessar e de uma barra superior com dados gamificados sobre a quantidade de tarefas concluídas e número de dias consecutivos com uma tarefa concluída.

Após a tela de seleção de fases, o usuário é direcionado para os exercícios, em que recebe um resumo do conteúdo que será abordado na fase em questão. Os resumos são curtos e diretos, reforçando o dinamismo do aplicativo (Figuras 9c e 9d). As referências utilizadas para elaboração dos conteúdos foram: *Introdução à teoria da cor*, de Luciana Martha Silveira; e *A psicologia das cores*, de Eva Heller.

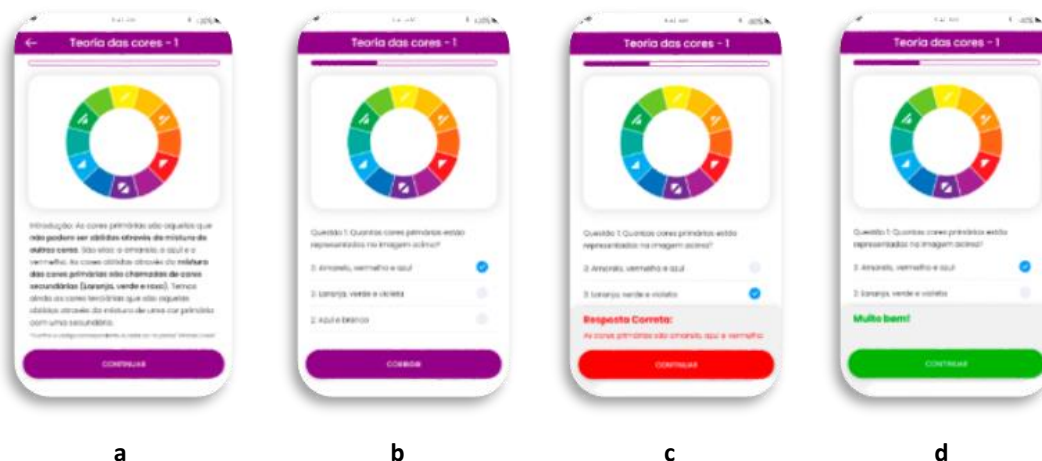
Figura 9: Tela de início e Missões do dia.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 10 apresenta o primeiro de três exercícios da fase 1. Após uma orientação de conteúdo (Figura 10a), o usuário é instigado a responder à questão de múltipla escolha (Figura 10b). Cada resposta leva a um *feedback*, com cores e texto, corrigindo a opção selecionada (Figura 10c) ou confirmando sua resolução (Figura 10d). Acima das questões, existe uma barra que indica o progresso dentro do módulo. Ressaltamos que o aplicativo também apresenta formatos diferentes de questões, procurando contemplar diversos aspectos.

Figura 10: Exercício sobre teoria das cores.

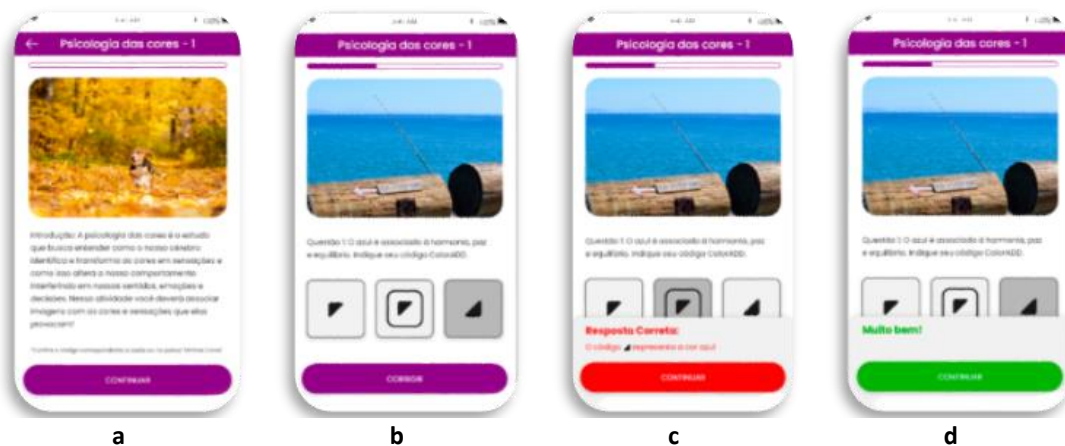


Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 11, temos telas sobre conteúdo referente à psicologia das cores e ao código ColorADD. Novamente, há uma breve introdução do tema (Figura 11a), seguindo para os exercícios de associação das cores com seu respectivo código ColorADD (Figura 11b), finalizando pelos *feedbacks* (Figuras 11c e 11d).

Ao final dos exercícios, o usuário é direcionado para uma tela que indica a realização de uma conquista e, posteriormente, retorna à tela inicial para a seleção de novas atividades.

Figura 11: Exercício sobre psicologia das cores.



Fonte: Elaborado pelos autores.

6. Resultados e Análises

Os processos de aplicação e teste com o Color+ buscaram garantir a usabilidade do protótipo final e a otimização de tamanhos de fontes, cores e conteúdo, conforme as informações fornecidas pelos usuários durante a execução dos testes, descritos na seção que abordou a metodologia da pesquisa.

Para a análise dos dados produzidos, as respostas obtidas com os questionários foram agrupadas por meio de um mapa de afinidade, em três categorias: *design*; usabilidade; e conteúdo. A escolha do mapa de afinidade se deveu ao fato de ser uma estratégia para organizar ideias e *insights*, em que as observações são agrupadas por categorias semelhantes de acordo com as tendências observadas, visualizando padrões e temas que se repetem entre as respostas dos usuários.

O grupo “*design*” apresenta comentários pertinentes à questão visual do aplicativo, como cores, beleza, padrões e fontes (Figura 12).

Figura 12: Grupo “*design*”



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 12, destacam-se as respostas: “*Design moderno, bem humanizado e convidativo*” e “*Achei o design muito agradável e polido, o que gera confiança e credibilidade*”

ao App”, indicando que os usuários apresentaram reações positivas ao visual geral do aplicativo. Por outro lado, os excertos “O contraste poderia ser melhorado na parte de selecionar os exercícios” e “Na parte de ‘Minhas Cores’, elas poderiam ser representadas as próprias cores em formas maiores e não apenas em uma linha” apresentam informações relativas ao aspecto inclusivo do aplicativo. O contraste é um aspecto importante para a interface, de forma que foi classificado como uma correção imediata. Já o segundo excerto foi considerado secundário, por não interferir de forma significativa no uso do aplicativo.

O grupo “usabilidade” apresenta comentários relacionados à interação entre o usuário e as funcionalidades do aplicativo, como navegação, efetividade, eficiência e satisfação no contexto de uso (Figura 13).

Figura 13: Grupo “usabilidade”.

A princípio não sabia aonde estava essa tarefa (Tarefa 5)	Consegui achar a cor facilmente e com ela todas as outras cores e seus códigos.	Me bati ao clicar na alternativa escolhida nas atividades, pois o local certo era na bolinha no canto direito e não podia clicar em cima da palavra.	Gostei que ele te da escolha do que você quer aprender no dia
A princípio fiquei confuso ao ter que decidir em ir para o App ou fazer o teste de Ichihara	Com certeza eu usaria, mas com certeza tem detalhes nele que podem ser melhorados.	Achei muito boa, gostei do aplicativo	Acredito que nas alternativas ao tocar na opção que escolhi para ser certa, poderia ativar clicando em cima do texto e não apenas em cima da bolinha de seleção.
O aplicativo parece ser de fácil uso, deixando bem claro as atividades que tem que ser feitas, mostrando aonde ficam as metas, notificações, atividades e troféus de conquista.	Acredito que o teste de ishihara seria melhor encaixado no menu principal	Acho que seria interessante se fosse possível acessar o ColorADD enquanto fazemos os exercícios	Não consegui resolver as questões com os códigos
Acredito que as correções poderiam indicar se está certo ou errado por mais de um meio, como um X	Fiquei em dúvida se deveria fazer o teste de Ishihara	Fiquei em dúvida em saber a partir de onde deveria procurar o código ColorADD	Não encontrei nada difícil
Não ter acesso fácil e rápido ao ColorADD	A princípio fiquei confuso ao ter que decidir em ir para o App ou fazer o teste de Ichihara	Uma boa experiência, eu senti vontade de avançar para as próximas lições	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 13, há indícios positivos para o aplicativo, tais como: “Uma boa experiência, eu senti vontade de avançar para as próximas lições” e “Consegui achar a cor facilmente e com ela todas as outras cores e seus códigos”. No entanto, esse último excerto representa uma exceção, visto que outros usuários apontaram dificuldades de localizar o código ColorADD no aplicativo: “A princípio não sabia aonde estava essa tarefa” – referindo-se à tarefa 5 (Encontre o código ColorADD para a cor verde-claro) –, “Fiquei em dúvida em saber a partir de onde deveria procurar o código ColorADD” e “Não consegui resolver as questões com os códigos”.

Assim, decidimos por uma mudança no aplicativo, apresentando o código de forma gradual ao usuário, reduzindo a carga mental e exigindo menos da memória.

Outros aspectos importantes para a usabilidade são: *“Me bati ao clicar na alternativa escolhida nas atividades, pois o local certo era na bolinha no direito e não podia clicar em cima da palavra”* e *“Acredito que nas alternativas ao tocar na opção que escolhi para ser a certa, poderia ativar clicando em cima do texto e não apenas em cima da bolinha de seleção”*. Nesse sentido, a área de toque para a solução dos exercícios foi expandida, de modo a contemplar o texto da alternativa.

Por fim, outro aspecto verificado foi em relação à tela inicial do aplicativo, visto que usuários apresentaram sinais visíveis de confusão ao ter de selecionar entre as alternativas *“Teste de Ishihara”* e *“Ir para o aplicativo”*: *“A princípio fiquei confuso ao ter que decidir em ir para o APP ou fazer o Teste de Ishihara”*.

Apesar das dificuldades e observações dos usuários, todas as atividades solicitadas durante o teste de usabilidade foram realizadas, indicando sucesso parcial nas funcionalidades e navegação do aplicativo.

Quanto ao grupo *“conteúdo”*, ele aborda questões a respeito dos tópicos sobre teoria e psicologia das cores, bem como sugestões indicadas pelos usuários (Figura 14).

Figura 14: Grupo “conteúdo”.

Gostei que ele não te bloqueia para tarefas mais difíceis.	Não sabia os códigos de cada cor tendo assim dificuldade para resolver as atividades.	Achei a tarefa tranquila para o primeiro módulo	Gostaria de ver conteúdos na forma de vídeo também
Gostei da forma como o conteúdo é apresentado gradualmente	Adorei o ColorADD. Não conhecia essa ferramenta	Queria avançar para um conteúdo mais avançado	Muito criativa a parte de psicologia e identificação de cores
A parte de teoria das cores está excelente, mas as de código estão um pouco difíceis	Acho que funcionaria melhor se tivesse a legenda dos símbolos de cores antes	Muito bom os conteúdos, só gostaria de poder consultar o ColorADD pelo menos enquanto estou no começo	Já vi em outros aplicativos que as pessoas interagem umas com as outras corrigindo seus exercícios/ atividades que seriam postada em uma parte e explicando o porquê do erro, acho que seria legal essa interação
Achei um pouco frustrante ter q voltar para o início para consultar o ColorADD nos exercícios			

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 14 apresenta os excertos que reforçam as dificuldades referentes ao código ColorADD. Alguns usuários realizaram sugestões para as correções do aplicativo, a exemplo de: *“Muito bom os conteúdos, só gostaria de poder consultar o ColorADD pelo menos enquanto*

estou no começo". No geral, o *feedback* para este grupo foi positivo, como podemos notar pelos comentários: *"Gostei da forma como o conteúdo [teoria e psicologia das cores] é apresentado gradualmente"*; *"Adorei o ColorADD, não conhecia essa ferramenta"* e *"A parte de teoria das cores está excelente, mas as de código estão um pouco difíceis"*.

Por fim, foram sugeridas novas funcionalidades para o aplicativo: *"Gostaria de ver conteúdos na forma de vídeo também"* e *"Já vi em outros aplicativos que as pessoas interagem umas com as outras corrigindo seus exercícios/atividades, que seriam postadas em uma parte e explicando o porquê do erro. Acho que seria legal essa interação"*.

Realizada a análise dos dados produzidos durante os testes de usabilidade, identificamos as principais mudanças necessárias na interface, obtendo um segundo protótipo baseado nos pontos de dor e necessidades apontados.

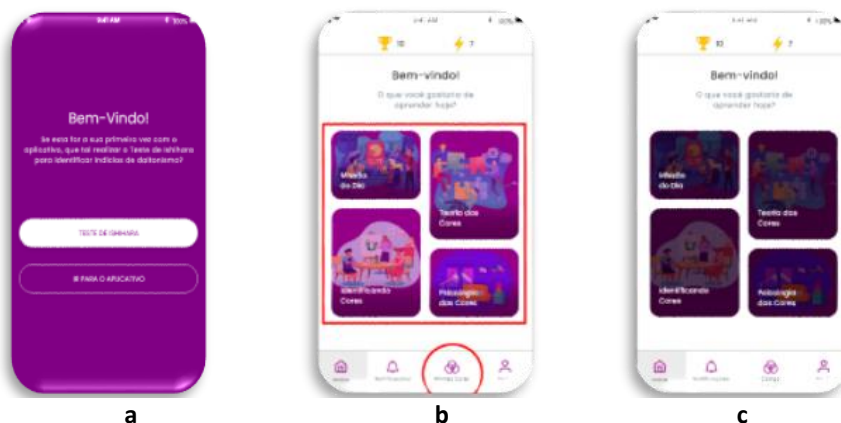
6.1. Correções no Aplicativo

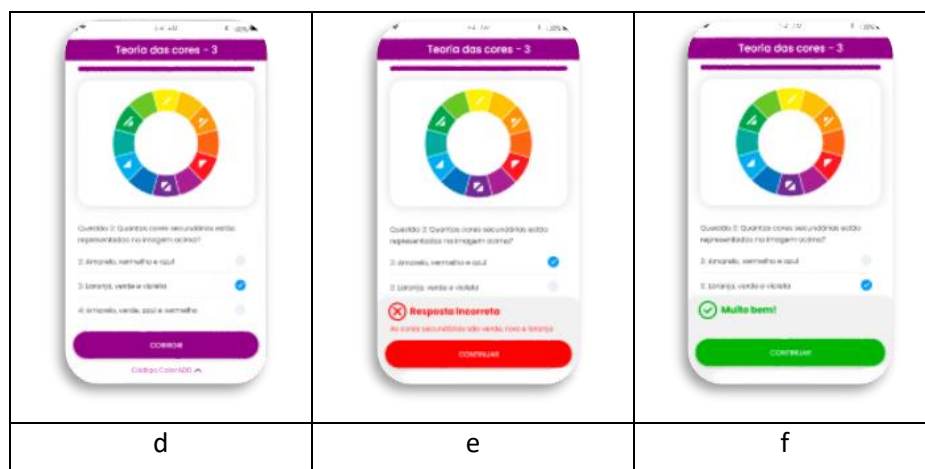
Realizados os testes de usabilidade, ocorreu o processo de correção, tanto das funcionalidades quanto da interface do aplicativo, com base no observado e considerações dos usuários ao longo dos testes.

Os aprimoramentos escolhidos para serem realizados diziam respeito a funcionalidades observadas por mais de um usuário, tais como: realização do teste de Ishihara (Figura 15a); baixo contraste entre a cor da fonte e a cor do fundo e alteração no nome do menu que permite a consulta ao código ColorADD (Figura 15b: versão anterior – "Minhas cores"; Figura 15c: versão atualizada – "Código ColorADD"); na área de realização dos exercícios, inserção de função abaixo da opção "Corrigir" para acessar o código ColorADD, pois os usuários apontaram dificuldades de lembrar os códigos das cores (Figura 15d). A última correção realizada se referiu à interação entre usuário e aplicativo, uma vez que este fornecia o resultado utilizando apenas um recurso visual: cores. Assim, foram adicionados ícones representando resposta certa e errada, complementando o uso de cores (Figuras 15e e 15f).

Em relação ao teste de Ishihara, foram realizadas alterações na primeira tela, em que o usuário pode optar por fazer o teste ou seguir para o estudo das cores. Foi inserida a informação: *"Se esta for a sua primeira vez com o aplicativo, que tal realizar o teste de Ishihara para identificar indícios de daltonismo?"*, de modo a eliminar as dúvidas observadas durante o teste de usabilidade.

Figura 15: Correções no aplicativo.





Fonte: Elaborado pelos autores.

O *design science research* permite que, ao finalizar as correções, sejam realizados novos testes de usabilidade. No entanto, como as considerações dos usuários foram pontuais, de fácil compreensão e alteração, não fizemos novo teste de usabilidade, sendo a segunda versão considerada a final neste estudo.

7. Considerações Finais

Esta pesquisa apresentou o desenvolvimento de uma tecnologia digital para o ensino e aprendizagem de cores, tendo como público-alvo pessoas com daltonismo. Ao pensar em uma tecnologia a ser utilizada no ambiente escolar, é preciso compreender conceitos sobre educação inclusiva, verificando que se trata não apenas de uma questão pedagógica, mas de uma ação política, cultural e social com base na discussão de direitos humanos, além de entender que, na educação inclusiva, todos os estudantes fazem uso dos mesmos recursos didáticos, sejam eles metodologias ou demais tecnologias (COSTA; GÓES, 2022).

A partir da concepção de educação inclusiva, foi desenvolvido um aplicativo para que todas as pessoas com dificuldades de enxergar possam utilizá-lo. No entanto, frisamos que, assim como outros aplicativos existentes, as pessoas cegas não conseguem fazer uso dele, visto que para esse público-alvo há a necessidade de outras tecnologias, como as táteis. Como sugestão de estudo de cores para esse público, indicamos a pesquisa desenvolvida por Tozato, Góes e Silva (2021), que desenvolveram a tecnologia denominada Caixa das Sensações, pela qual usuários cegos podem compreender as sensações que as cores proporcionam, como quente e frio.

Durante a revisão da literatura, verificamos a relevância do sistema de código ColorADD, que foi implementado no aplicativo, apresentando eficácia ao ajudar pessoas daltônicas a identificar cores sem a ajuda de terceiros. Ressaltamos que dois participantes da pesquisa possuíam grau de protanomia (deficiência em identificar a cor vermelha) e ambos desconheciam o ColorADD, mas afirmaram que tal sistema permitiu a compreensão e identificação das cores. Mesmo antes das correções realizadas, apresentaram rápido aprendizado do código, com apenas alguns minutos de uso do aplicativo. Foi por meio desses participantes que se evidenciou a necessidade de posicionar o ColorADD junto dos exercícios para livre consulta.

O posicionamento dos participantes daltônicos se alinhou ao dos demais, permitindo inferir que, apesar de o aplicativo ter foco em pessoas com daltonismo, outros usuários ratificam as observações e confirmam o funcionamento de maneira eficiente para todos. Portanto, o aplicativo desenvolvido apresentou sucesso em sua forma de comunicação e consiste em uma ferramenta alinhada aos interesses de uma sociedade repleta de tecnologias digitais, podendo ser um recurso a empregar em sala de aula, próximo passo desta pesquisa – avaliar o uso do aplicativo em salas de aula regulares em que há estudantes daltônicos.

Ainda, pretendemos adicionar ao aplicativo recursos por comando de voz e gestos, bem como informações por voz. Também, durante os testes de usabilidade, foram sugeridas funcionalidades pelos participantes, como interações entre os usuários, de modo a gerar uma comunidade, bem como o uso de vídeos para complementar o aprendizado.

Por fim, entendemos que um aplicativo deve ser idealizado em constante evolução, acompanhando o crescimento tecnológico. Dessa forma, as correções apresentadas não significam que o aplicativo está finalizado, mas, sim, aperfeiçoado para o momento em que foi desenvolvido e pronto para ser aplicado em sala de aula, com todos os estudantes, proporcionando a inclusão escolar.

Agradecimentos

Aos autores agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro.

Referências

CHAGAS, Brenda; ACIOLY, Angélica. Tecnologias Assistivas e Daltonismo: um levantamento de produtos com vistas ao projeto de um jogo para auxiliar no aprendizado das cores e suas simbologias. **Revista dos encontros internacionais Ergotrip Design**, n. 4, p. 96-107, 2020.

COELHO, J. R. D.; GÓES, A. R. T. Geometria e Desenho Universal para Aprendizagem: uma revisão bibliográfica na Educação Matemática Inclusiva. **Revista Educação Matemática Debate**, v. 5, n. 11, jan/dez., 2021

COSTA, Rita de Cassia Miranda da; 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.

COSTA, Priscila Kabbaz Alves da; GÓES, Anderson Roges Teixeira. A Educação Especial e Inclusiva. In: GÓES, Anderson Roges Teixeira; COSTA, Priscila Kabbaz Alves da. (Orgs.) **Desenho Universal e Desenho Universal para Aprendizagem: fundamentos, práticas e propostas para Educação Inclusiva – vol 1**, São Carlos: Pedro & João Editores, 2022, pp. 13-24. Disponível em www.gepetel.ufpr.br

DRESCH, Aline. **Design science e design science research como artefatos metodológicos para engenharia de produção**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas), Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo (RS), 2013.

GONÇALVES, Thaíres Alves de Jesus; et al. Access-color-blind: diretrizes para o design de apps acessíveis às pessoas com daltonismo. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v. 7, n. 1, p. 3-30, 2019.

GRADE, Ana Rita Moutinho. **Ensino de cores a crianças daltônicas**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa, Portugal, 2013.

HELLER, Eva. **A Psicologia das Cores**. ed. Espanha: Editora Garamond Ltda, 2000.

JAPPUR, Rafael Feyh. **Modelo conceitual para criação, aplicação e avaliação de jogos educativos digitais**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC), 2014.

LAPLANE, Adriana Lia Frizman de; BATISTA, Cecília Guarneiri. Ver, não ver e aprender: a participação de crianças com baixa visão e cegueira na escola. **Cadernos Cedex**, v. 28, n. 75, p. 209-227, 2008.

MANTOAN, Maria Teresa Eglér; PRIETO, Rosangela Gavioli. **Inclusão escolar: o que é**. Por quê, p. 12, 2003.

Mantoan, Maria Teresa Eglér. **Inclusão escolar: o que é? Por quê? Como fazer?** São Paulo: Moderna, 2003.

MELO, Débora Gusmão; GALON, José Eduardo Vitorino; FONTANELLA, Bruno José Barcellos. Os "daltônicos" e suas dificuldades: condição negligenciada no Brasil? **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, v. 24, n. 4, p. 1229-1253, 2014.

MORASCO JUNIOR, Marcos Airton. **Parâmetros gráfico-inclusivos para o desenvolvimento de objetos de aprendizagem digitais voltados ao público infantil**. 2018. Dissertação (Mestrado em Design), Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da UNESP, Bauru (SP), 2018.

MOURA, Marcello. **Detetive das cores: aplicativo para identificação e assimilação das cores para crianças daltônicas**. 2019. Dissertação (Graduação em Comunicação Visual Design), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ), 2019.

NEIVA, Miguel. ColorADD: Color Identification System for Color-Blind People. In: **Injuries and Health Problems in Football**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2017. p. 303-314.

RODRIGUES, Bruna. **Guia de boas práticas para acessibilidade de interfaces digitais para usuários daltônicos**. 2017. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Design), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

SILVEIRA, Luciana Martha. **Introdução à teoria da cor**. UTFPR Editora, 2015.

TORRES, Cecília Vital et al. Desenvolvimento Mobile com Enfoque Acessível: O Design na Mediação da Inclusão. **Human Factors in Design**, v. 7, n. 13, p. 085-101, 2018.

TOZATO, Eva Bernadete Budniak; GÓES, Anderson Roges Teixeira; SILVA, Rossano. Caixa de sensações – artes visuais na perspectiva do desenho universal para aprendizagem. **Revista Intersaberes**, v.16, n 37, Curitiba, p. 203-227, 2021.