

Uma Análise sobre Daltonismo e Realidade Virtual.

João Baptista A.P. e Silva¹

Rosilane Ribeiro da Mota²

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Resumo: *Esse levante bibliográfico é uma análise sobre questões relacionadas à dificuldade de assimilação de cores sofrida por daltônicos durante uso de aparelhos relacionados à visualização de imagens, e como a visão é vital para o acesso ao meio virtual com e sem o uso de headsets de realidade virtual. Apresenta-se por meio deste um conjunto de tecnologias relacionadas, e recursos de modo geral que são voltados para daltônicos, além de uma explicação sobre as variações de daltonismo.*

Palavras Chave: *Daltonismo, Realidade Virtual, Imersão.*

Email: *contato.jbaps@gmail.com*

Email: *rosilanerm@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

O avanço recente nas áreas da realidade virtual e tecnologias de imersão permite que os usuários de ditas tecnologias se coloquem em experiências que expandem a realidade, que permitem que o potencial criativo de uma pessoa possa ser utilizado de formas não convencionais para trabalho, ou simples experimentação [6]. Esses recursos que aparentam ser obra de ficção são agora cada vez mais acessíveis, e por consequência surgem novos desafios e elementos a serem considerados.

O uso dos aparatos de realidade virtual requer certas características fisionômicas que são uma necessidade para a experiência de imersão e infelizmente nem todos os usuários podem cumprir totalmente com algumas dessas características. A mais básica delas no caso é a visão, que permitirá que o usuário receba as imagens necessárias para criar a sensação de profundidade de um ambiente tridimensional. Essas imagens são enviadas individualmente para os olhos de forma que cada olho recebe uma imagem um pouco diferente, que considera a distância entre os olhos e a altura aproximada do indivíduo[6]. Entre as várias questões que podem impedir o uso satisfatório da realidade virtual, encontram-se alguns tipos de disfunções relacionadas à cor como o daltonismo, cegueira parcial às cores e cegueira total a cores.

Essas disfunções podem ocorrer em maior ou menor grau, e podem ou não alterar a imersão e experiência geral do usuário. Cerca de aproximadamente 8% dos homens e menos de 1% das mulheres são afetados por alguma dessas disfunções que podem afetar apenas um ou os dois olhos [1]. A ocorrência dessas disfunções depende de vários fatores como etnia e sexo e muitas vezes essas disfunções podem afetar de forma prejudicial a vida de seus portadores, tanto na vida pessoal quanto profissional, já que existem regiões que limitam as funções profissionais dos indivíduos se os mesmos forem daltônicos ou possuem alguma anomalia

visual. Um bom exemplo dessas limitações profissionais, são os portadores de daltonismo que atuam como eletricitistas, instaladores de equipamento pesado, entre outras diversas profissões que se utilizam de cores para orientação e medidas de segurança. Existem recursos para auxiliar esses indivíduos em suas profissões, tais como lentes de gelatina que bloqueiam um tom de cor base, para auxiliar o usuário a comparar cores, ou aplicativos de celular que ao receberem uma imagem aumentam o contraste entre cores para facilitar o entendimento da imagem.

Para lidar com essas questões na área de realidade virtual, games, e outras formas de mídia visual, foram pesquisadas várias formas que podem auxiliar o portador de disfunções. Alguns jogos possuem recursos que ajustam a paleta de cores para ajudar no contraste entre tons semelhantes, permitindo que seus usuários daltônicos, ou cegos para cor possam distinguir facilmente as informações que recebem, facilitando a compreensão. Outras tecnologias semelhantes existem em monitores, para compensar a emissão de luz e ajudar os usuários de modo geral, mas nem sempre resolvem o problema para o usuário já que essa questão é muito subjetiva e individualista. Entre os tipos de daltonismo, algumas variações menos severas já podem ser compensadas, de forma que elas não são corrigidas, mas aliviadas.

Com isso, surge a necessidade de metodologias para criação de aplicativos e produtos que possam atender a essa parcela da população que é afetada por disfunções visuais, e esse estudo visa chegar a uma possível alternativa.

2. METODOLOGIA

O método de produção aplicado na criação do conteúdo presente foi uma análise de artigos, livros e críticas sobre os elementos trabalhados. Essa análise teve enfoque em artigos relacionados às disfunções visuais colocando o portador usuário de *softwares* que dependem da visão para imersão como foco. Esse levantamento leva em conta as dificuldades que os daltônicos sofrem para se integrar na sociedade como membros funcionais e como essas dificuldades poderiam se apresentar em meios de realidade virtual. Essa identificação foi feita a partir de artigos que tratam da área de desenvolvimento de tecnologias para meio digital, desenvolvimento de interação com realidade aumentada e realidade virtual e áreas voltadas para adaptação de produtos e serviços para daltônicos entre outros portadores de disfunções visuais relacionadas à cor. A partir dessa identificação foi feito um cruzamento de informações com o intuito de levantar questões pertinentes sobre as áreas estudadas.

Figura 2 (a): World Of Warcraft no modo padrão.[15]

3. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

3.1 Daltonismo e variações

Como a causa do Daltonismo é derivada de um conjunto de anormalidades nas células do tipo cones e bastonetes (Figura 1), que são localizadas nos olhos, existem variações dos problemas que dependem de indivíduo para indivíduo, dentre essa gama de anormalidades [1][4]. Os indivíduos afetados por daltonismo normalmente tem restrições relacionadas à áreas de atuação e meio profissional. Eles tem que desenvolver por conta própria meios de distinguir cores e de operar nas tarefas cotidianas mais simples como, por exemplo, identificar frutas maduras pela cor, lidar com placas de sinalização em edifícios, escolher peças de roupa em lojas, entre outras diversas tarefas. Entre os casos de daltonismo, alguns casos são mais frequentes e podem ser identificados mais facilmente. Entre esses casos, são mais frequentes:

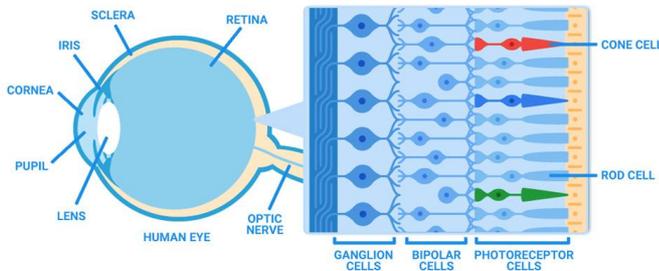


Figura 1 Estrutura do olho e composição celular.[18]

3.1.1 *Daltonismo Monocromatismo*: o indivíduo possui apenas um tipo de célula cone que se encontra funcional e apenas capta uma cor corretamente. Esse tipo de disfunção é chamado de *Cegueira Total para Cores ou Acromatopsia*, pois permite a interpretação de tons em escala de cinza, ou seja, do branco ao preto. (ver a Figura 2(b)).

Figura 2 (b): World Of Warcraft no modo de Acromatopsia.[15]

3.1.2 *Daltonismo Dicromático*: quando um dos três tipos de célula cone está sofrendo anormalidades e não opera corretamente ou não existe. Esse tipo de daltonismo se divide em três subtipos baseados no tipo de cor que o indivíduo não percebe. Ele se divide em *Protanopia* (deficiência para tons vermelhos, ver a Figura 3(a)), *Deuteranopia* (deficiência para tons verdes, ver a Figura 3(b)) e *Tritanopia* (deficiência para tons azuis, ver a Figura 3(c)). Esse tipo de daltonismo impede totalmente a percepção da cor afetada.



Figura 3 (a) World of Warcraft no modo de Protanopia.[15]



Figura 3 (b): World of Warcraft no modo de Deuteranopia.[15]





Figura 3 (c): World of Warcraft no modo de tritanopia.[15]

3.1.3 Daltonismo com Tricromacia Anômala: esse tipo de daltonismo é relacionado a um defeito de sensibilidade em algumas das células receptoras, cones e bastonetes, que são responsáveis pela recepção dos tons de cores claro e escuro. Com esse problema de sensibilidade o usuário tem dificuldades de distinguir tons que tem comprimentos de onda muito próximos, ou seja, vermelho (comprimento de onda >550 , ver Figura 4) e verde (comprimento de onda entre 450 e 550, ver Figura 4), fazendo com que o indivíduo consiga enxergar a cor, porém de forma alterada, misturando tons de vermelho e verde, gerando uma versão intermediária dos mesmos. 64% dos indivíduos que sofrem com daltonismo colocam que a confusão entre cores é o pior aspecto de suas disfunções, e mais da metade dos indivíduos afetados tem problemas para perceber cores “Puras”. [24]

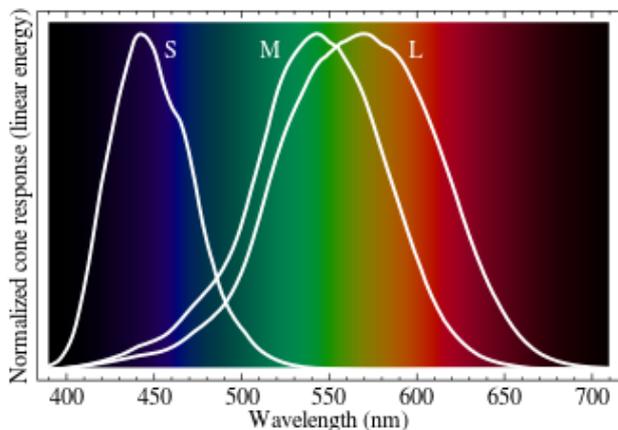


Figura 4: Resposta dos cones para cores de diferentes comprimentos de onda.[23]

Essa disfunção possui algumas subdivisões mais comuns que são relacionadas à capacidade de funcionamento de cada de célula cone. Essas subdivisões são chamadas de Protanomia (Funcionamento anormal na captação de cores vermelhas. ver a Figura 5 (a)), Deuteronomia (Funcionamento anormal na captação de cores verdes. ver a Figura 5 (b)), tritanomia (Funcionamento anormal na captação de cores azuis. ver a Figura 5 (c)). Em alguns casos o usuário irá receber as todas as cores em intensidade mais baixa, de forma que consegue notar as diferenças entre tons, mas eles se encontram alterados. (ver a Figura 5 (d)).



Figura 5 (a): World of Warcraft no modo de Protanomia.[15]



Figura 5 (b): World of Warcraft no modo de Deuteronomia.[15]



Figura 5 (c): World of Warcraft no modo de Tritanomia.[15]



Figura 5 (d): World of Warcraft no modo de Baixa Intensidade de cores.[15]

Considerando essas disfunções é importante realçar que dentre a população mundial que sofre com disfunções

relacionadas à cor, mais de 30% não sabem o tipo de daltonismo que possuem, ou não procuraram identificar. Mais de 60% consideram que a confusão ao identificar cores é problema mais abrangente que sofrem. Cerca de metade só conseguem identificar algumas cores corretamente, enquanto certos tons os deixam em dúvida. 20% Sofrem com Monocromatismo ou Dicromatismo, e mais de 50% não conseguem compensar a perda de cores com alguma técnica pessoal ou recurso que possa os ajudar. E mais de 80% dos Daltônicos precisam de ajuda para identificar a cor em relação às roupas e outros objetos pessoais.[24]

4. IMERSÃO E PRESENÇA

A presença e o realismo são dois elementos que são relacionados diretamente ao ambiente de realidade virtual. A presença ou imersão é um dos elementos-chave para criação da experiência imersiva no ambiente de realidade virtual. A relação entre os dois fatores é derivada do quão geometricamente realista o ambiente é, sendo que quanto maior o grau de realismo, maior a presença ou imersão [2] [3].

4.1 Imersão/ Presença

É definido como presença ou imersão, a situação de se sentir presente em um espaço/situação durante uma atividade/experiência. E é definido por J. Steuer que:

“a experiência do ambiente físico de um indivíduo; não se refere aos seus arredores como eles existem, mas sim à percepção desses arredores sendo mediados tanto por processos de controle automáticos quanto por processos de controle mentais. [14,p.75]”

Essa definição remete à capacidade do usuário de responder a estímulos e responder de forma adequada se colocando em uma situação aonde o ambiente físico não compõe o conjunto de referências espaciais e coloca que essa capacidade sensorial de receber informações é necessária para o uso de certos aparatos relacionados à realidade virtual. Sem a capacidade básica de receber esses estímulos, a imersão é prejudicada ou incapacitada já que o indivíduo não fica ciente de informações básicas, que são usadas para orientar e construir uma noção de espaço, que vai por sua vez construir uma fundação necessária por essa experiência para gerar a noção de presença no meio virtual.[6]

A imersão em si difere, ainda fazendo parte de outro elemento, a concentração. A concentração pode gerar imersão em relação a um ato/função. Por exemplo, pode-se estar concentrado em um aspecto de um jogo seja ele uma mecânica, uma parte difícil, ou um modo de jogo, sem estar imerso no mundo do jogo em si. Logo, podem existir múltiplos níveis e instâncias de imersão, dentro da mesma experiência.

Um bom exemplo dessa situação, aonde o ambiente de realidade virtual só pode ser vivenciado de acordo com a capacidade de receber informações do usuário, como o jogo “Beat Saber” (Figura 8), que coloca o usuário no controle de duas baquetas semelhantes a espadas de luz, com as quais

o jogador deve cortar caixas com cores correspondentes à cor das espadas com setas de indicação de direção que mostram a direção necessária para o golpe. Como em vários outros jogos, o jogador pode estar imerso na parte técnica e mecânica do jogo, sem estar imerso na experiência completa do jogo.



Figura 6. Guitar Hero

O jogo executa uma música enquanto o usuário corta as caixas de forma similar ao jogo “Guitar Hero” (Figura 6), aonde o jogador simula uma guitarra elétrica usando uma guitarra física, que é um controle de brinquedo, com 5 botões, uma palheta, e uma alavanca para distorções e tem que apertar o botão certo na hora que o indicador de cor correspondente chega na base da tela. Esse tipo de jogo ficou classificado como um “Jogo de Ritmos”, aonde a forma de execução pode ser alterada, mas a base do jogo continua a mesma, e consiste de dar comandos na hora certa. Esses jogos não são recentes, e existem em fliperamas desde a década de 1990 com o lançamento do primeiro jogo de dança “Dance Dance Revolution” (Figura 7) no Japão, produzido pela Konami.

O jogo lançado para fliperamas e casas de jogos, se tornou muito popular na Ásia e Europa, dando origem depois à mais de 90 variações e similares que foram distribuídos tanto para versões domésticas, aonde sensores eram posicionados em tapetes, quanto para consoles e máquinas de fliperama.

Ele funciona basicamente dando comandos ao jogo na hora certa através de setas em um tapete que possui sensores de pressão. Ao pisar em cima de uma seta, o jogo recebe um sinal que indica se a seta está ou não sendo pressionada, e ao fazê-lo na hora certa, o jogador recebe pontos que vão acumulando e indicam sua performance na “dança”, que é instruída de acordo com os botões posicionados no ritmo da música escolhida.

Esse gênero de jogos iria depois evoluir, de forma que os sensores de pressão que antes eram disponíveis apenas em arcades, fossem substituídos por sensores de movimentos em consoles modernos, e mais recentemente por captadores de movimento que acompanham headsets de realidade virtual. Essas características evoluíram aumentando complexidade na criação dos arcades e a imersão presente nos jogos.



Figura 7. Dance Dance Revolution



Figura 8. Beat Saber

No “Beat Saber” ao contrário do “Guitar Hero”, as caixas que indicam a ação necessária para tocar a música podem vir em qualquer posição do espaço virtual criado para o jogador, de forma que ele deve em algumas situações manobrar seu corpo para cumprir o objetivo de atingir todos os botões no tempo certo, acumulando assim pontos e dando continuidade à música que toca. Também existem áreas de penalização que são representadas como grandes blocos semitransparentes de energia vermelha que tiram pontos do jogador, caso o mesmo seja pego dentro de sua área. O ritmo criado então, pelas caixas que precisam ser atingidas, e pelas zonas que devem ser esquivadas, gera uma sequência de movimentos semelhantes a uma dança, de forma que o jogador terá objetivos similares ao “Guitar hero” atingindo os botões na hora certa, e ao “Dance Dance Revolution”, aonde o jogador deve pisar no lugar certo no momento que o indicador for mostrado, sendo nesse caso, a área vermelha o indicador. “Beat Saber” então, considerando que é colocado como as regras do jogo, o sucessor tanto do “Guitar Hero”, quanto do “Dance Dance Revolution”, já que cobra de seus jogadores um posicionamento sobre uma área virtual e se movam corretamente para atingir os botões indicadores e para esquivar das áreas de penalidade quando necessário.

Considerando esse novo ambiente aonde se joga o “Beat Saber”, se o Jogador não possuir meios de receber todos os estímulos do jogo, sendo eles, a cor, áudio da música, áudio das caixas se aproximando, e a resposta das caixas ao serem cortadas, sua experiência de imersão será prejudicada, de forma que o jogador não ficará tão entretido com seus objetivos e recompensas quanto ficaria caso conseguisse processar todas as informações que recebe através do equipamento de realidade virtual. Essa relação é verídica

para todos os gêneros de jogos, e é uma regra de acordo com a relação de estímulo e resposta presente em jogos, já que sem o meio de captar o estímulo, seja ele áudio, imagem, ou tato, não se pode então processá-lo e prover uma resposta.

Considerando então os conceitos de imersão, recursos em jogos recentes cobram movimentação corporal do jogador, e a qualidade de execução na construção do meio virtual como um meio que busca o realismo. Essa cobrança pode tornar a experiência do jogo complicada para os usuários que não conseguem captar corretamente as cores, já que a identificação correta do que é cobrado no jogo é afetada pela disfunção visual presente.

4.2 Realismo e imersão

A relação de realismo e imersão em jogos de realidade virtual é de natureza proporcional[2][3], de forma que jogos e experiências de realidade virtual que apresentam maior grau de realismo acabam proporcionando ao usuário uma maior noção de imersão, profundidade na experiência considerando que profundidade no caso é o termo que determina a qualidade da imersão ou o quanto que o usuário se distrai durante a experiência da realidade virtual e o aproveitamento da mesma. Os recursos de interação que um jogo em si proporciona ao usuário, ou seja, a interface do jogo, não garantem a imersão, mas podem ser meios de aumentar a qualidade da experiência do usuário. Jogos que demonstram que essa relação existe são os títulos “Fallout 4 VR” (Figura 9) e “The forest” (Figura 10), ambos compatíveis com headsets como Oculus Rift e HTC Vive (ver Figura 8).



Figura 8: Oculus Rift(esquerda) e HTC Vive(Direita)

Os dois títulos colocam o jogador em uma situação aonde ele deve cumprir tarefas, se manter dentro de padrões exigidos pelo jogo e considerar noções de tempo e progressão. Ambos fazem de um grupo de jogos que foi adaptado para realidade virtual e possuem características semelhantes em relação à interação com o mundo e elementos que surgem durante o jogo.

A diferença entre os jogos é que “The forest” lançado em 30 de abril de 2018, foca em um personagem que deve sobreviver em uma ilha, manusear objetos, construir ferramentas, caçar, adquirir água, roupas, entre outros pertences, e cumprir uma história que se desenvolve ao longo do crescimento do personagem e

do jogador dentro do meio virtual, enquanto o “*Fallout 4 VR*” permite que o jogador execute tarefas similares. Seu gráfico é voltado para um estilo cartunesco seguindo o padrão vulgarmente chamado de “Atompunk”, aonde o realismo não é necessário, embora desejado, e aonde certas questões estéticas são exageradas em vestuário, cortes de cabelo, objetos, construções, entre outros elementos que constroem o ambiente do jogo. Ao considerar a análise de mercado dos jogos disponíveis nas suas respectivas páginas na *Steam*, notas recebidas por ambos os títulos e a satisfação com a imersão em realidade virtual dos jogadores, nota-se o fenômeno citado por Jonatan Hvass, Oliver Larsen, Kasper Vendelbo, Niels Nilsson, Rolf Nordahl, e Stefania Serafin da universidade de Aalborg em Conhagen[3], no qual a imersão é proporcional à qualidade do realismo apresentado no ambiente (ver Figuras 9 e 10), ou seja, o jogo mais realista possui uma melhor crítica relacionada à imersão e interação com o meio virtual.



Figura 9: *Fallout 4 VR*[18]



Figura 10: *The Forest*

Ainda assim, ambos os jogos permitem que o jogador interaja com objetos, construa novos itens, cumpra objetivos, e tenha que considerar as noções de tempo dentro do jogo.

Essa comparação entre os dois títulos é facilmente demonstrada na diferença de gráficos, que determina também a sua qualidade de imersão, que é refletida na sua avaliação de acordo com os usuários. Outros exemplos que podem ser comparados, demonstrando essa relação de gráfico e imersão são os jogos “*Hurtworld*” e “*Rust*”. Ambos os jogos colocam o jogador na posição de um sobrevivente que deve construir abrigos, conseguir armas, construir objetos e competir com outros sobreviventes.

Os dois títulos possuem a mesma lógica, e são construídos considerando os mesmos princípios, porém a diferença de imersão entre os dois é relativa aos gráficos que eles

apresentam. Enquanto “*Rust*” coloca jogadores para sobreviver em um ambiente hostil e apresenta para esses jogadores uma experiência com gráficos desenvolvidos para satisfazer necessidade de certo realismo, “*Hurtworld*” é um jogo com gráficos mais simples e minimalista aonde o foco é na jogabilidade e acessibilidade ao jogo usando computadores menos potentes. O foco do jogo é ser mais compatível, e devido a isso, atender a um número maior de jogadores.

Não há enfoque na qualidade do realismo, mas sim no reconhecimento básico de certos elementos, jogadores, itens, inimigos e geografia do ambiente. Ambos os títulos apresentam mecânicas semelhantes, biomas variados, inimigos variados de acordo com o bioma, e competição entre jogadores. De modo geral são jogos bem parecidos e podem ser classificados dentro do gênero de “Jogos de Sobrevivência”, mesmo tendo características gráficas diferentes. Eles possuem objetivos similares: sobreviver em uma área delimitada, competindo contra o ambiente e jogadores rivais. Desconsiderando então os elementos similares nos dois títulos, e pensando apenas na diferença de imagem que reside entre os dois, facilmente percebe na forma dos materiais, qualidade da modelagem de personagens e inimigos, qualidade da textura de materiais, tratamento de luzes, cores e sombras, e também no design do mundo dentro do jogo, é possível perceber a afirmação comprovada em [3] relacionando o gráfico e realismo geométrico com a imersão no ambiente do jogo.



Figura 11: *Rust*[20]



Figura 12: *Hurtworld*[21]

5. Tecnologias relacionadas:

5.1 Enchroma (Figura 13):

As lentes para óculos Enchroma são uma das alternativas para facilitar a assimilação de cores para daltônicos. Elas não resolvem os problemas causados pelo daltonismo, mas fazem com que seja mais fácil conviver com eles.

A maioria das lentes corretivas para óculos seguem o mesmo padrão, elas bloqueiam parcialmente a entrada da luz, usando partículas de minerais raros que são posicionadas nas lentes, fazendo com que tons de comprimentos de onda que são mais fáceis de serem confundidos pelos daltônicos sejam impedidos de chegarem aos olhos. Esse processo faz com que os tons de comprimento de ondas mais afastadas, cheguem normalmente, dando a impressão visual de intensificação da cor, dando a impressão de uma cor mais “limpa” para o daltônico, o que permite que ele interprete mais facilmente tons que seus olhos misturavam quando estava sem as lentes proporcionando essa filtragem. [10]



Figura 13: Óculos Enchroma [10]

5.2 “Color blind Mode” (Figura 14):

Alguns jogos possuem um recurso pensado para auxiliar os usuários que possuem daltonismo do tipo *Tricromacia Anômala*. Esse recurso troca as cores comuns do jogo por uma paleta de cores diferente, que facilitaria para o usuário distinguir tons semelhantes de cor.

Essa paleta é quase sempre pensada distanciando, de acordo com o comprimento de onda da luz relacionada ao tom existente, ou simplesmente trocando totalmente tons de cor existentes. Essa distância é pensada em uma lógica semelhante à que aplicada em lentes corretivas, e filtros para sinalização.

Esse recurso não é uma compensação que pode solucionar o problema visual do usuário, ele apenas ameniza o impacto desse problema com o uso de

uma segunda paleta de cores, sem tons aproximados, feita especificamente para que o portador de cada tipo de daltonismo possa ajustar as cores base do software tornando as cores padrão da interface mais fáceis de se identificar dentro do jogo. Essas mudanças podem afetar vários elementos estruturais do jogo incluindo nomes de personagens, inimigos, personagens não jogáveis, e ícones no minimapa.

Existem também softwares como o “xCBM” [11] (Ver Figura 15 (a) e 15(b)) para a “Unity”, que mudam as cores exibidas dentro de certos jogos e monitores para auxiliar os usuários que sofrem com daltonismo. Esses programas são filtros que usam a informação que o monitor recebe como base, e a alteram de forma que a cor é manipulada para auxiliar portadores de problemas visuais. Essa modificação muda completamente a interface dos jogos, exagerando a mudança entre cores para facilitar a compreensão das mesmas pelo usuário, porém altera exageradamente a paleta original de cores o que pode gerar um distanciamento do usuário com a experiência digital que lhe é apresentada, seja ela um filme, ou um jogo.



Figura 14 : Paleta de cores para Daltonicos no World of Warcraft [14]



Figura 15 (a): xCBM aplicado em personagem na unity. [11]

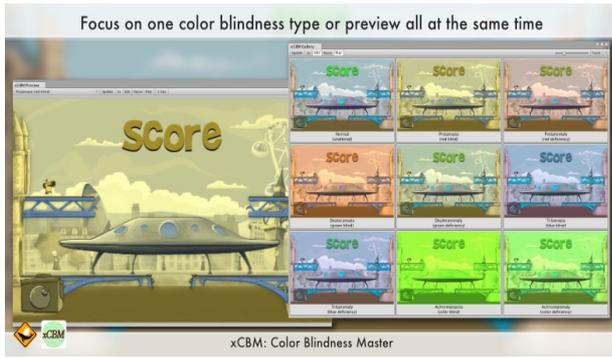


Figura 15 (b): xCBM no gameplay de platformers na unity.[11]

5.3 CLORADD[24]

Criado em 2010 pelo professor da Universidade do Minho, Dr. Miguel Neiva, CLORADD é um sistema que facilita a interpretação de cores para pessoas que sofrem com disfunções relacionadas à cor.

CLORADD é composto por um sistema de identificação de cores que pode ser ensinado de forma simples, aonde cada cor primária é representada por um símbolo, e as secundárias e terciárias são representadas pelas adições desses mesmos símbolos. (Figuras 16, 17, 18, 19 e 20).

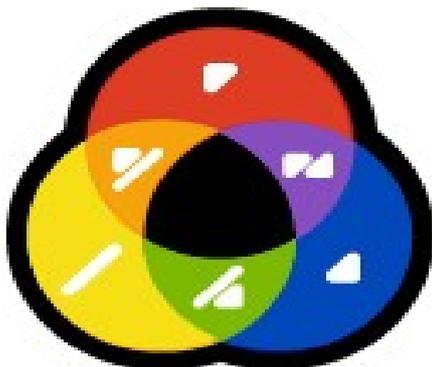


Figura 16: CLORRAD[24]

Esse acordo visual atualmente é utilizado em algumas sinalizações básicas, como em hospitais, clínicas, prédios corporativos, lojas de roupas e têxteis, marcas de tintas, materiais escolares, facilitando o uso dessas estruturas e produtos.

Ele foi desenvolvido visando facilitar a vida de milhares de portadores de disfunções voltadas à cor, de forma a reduzir o impacto dessas disfunções e tornar seus portadores mais aptos de lidar com as mesmas.

O código funciona como um jogo mental que usa símbolos básicos para dar meios de interpretação da cor, mesmo que não se possa processar cores corretamente. O código se divide em símbolos para serem usados indicando cores básicas, Mistura de cores, diferença de tons claros para tons escuros, dourados (metálico quente) e prateados (metálico frio). Esse jogo pode ser ensinado na infância e divulgado, de forma que possa ser facilmente interpretado assim como um sinal de trânsito, ou uma placa de sinalização comum, apresentando um nível de assimilação idêntico aos elementos básicos ensinados durante a infância. Esse processo educativo quando aplicado em paralelo com o aprendizado básico sobre cores tornaria a assimilação do código mais simples e ajudaria a identificar casos onde a criança tem

dificuldades de identificar as cores durante o aprendizado, o que poderia indicar os casos individuais de Daltonismo desde cedo, de forma que a criança possa receber os cuidados educacionais apropriados para se integrarem melhor na sociedade.

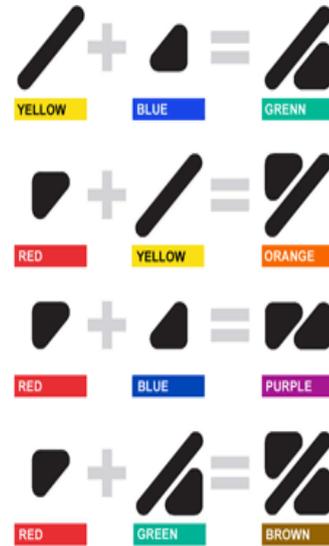


Figura 17: CLORRAD[24]



Figura 18: CLORRAD[24]



Figura 19: CLORRAD[24]

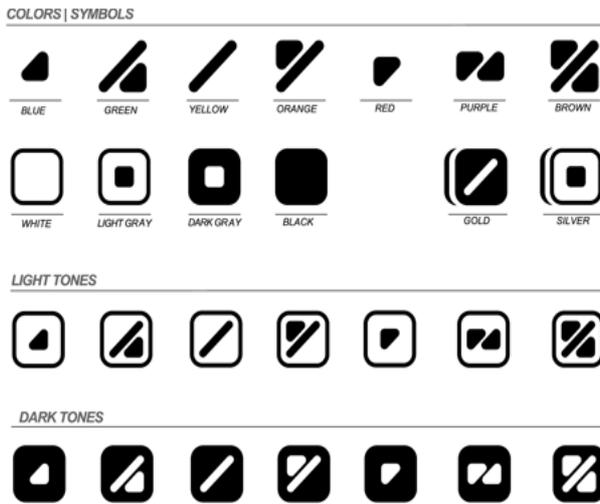


Figura 20: CLORRAD[24]

Esse projeto atualmente é reconhecido como um de vários projetos que visam mudar o mundo para daltônicos, e busca se popularizar através de divulgações e parcerias, de forma que possa se tornar uma linguagem para auxiliar os portadores de disfunções relacionadas à cor a se sentirem mais confortáveis em situações que podem ser simples para o indivíduo que pode se orientar normalmente, mas que são desafiadoras para portadores de disfunções relacionadas à cor.

Essa linguagem seria aplicada em escolas voltadas principalmente para o público infantil que poderia desde cedo associar os símbolos e códigos às cores. Essa ambição poderia facilmente ser colocada nos produtos virtuais de forma que interfaces de *softwares* poderiam facilmente conter o código CLORRAD para mostrar ao usuário diferenças entre tons em paletas de cor e o ajudar a distanciar tons semelhantes para valorizar sua imersão.

A imersão em um software depende de vários elementos visuais, sonoros, entre outros elementos sensoriais, e quando ocorre uma interferência na recepção desses elementos por parte do usuário, a imersão do mesmo é prejudicada. Esse processo de adaptação da paleta de cores poderia tornar a interação com o *software*, seja ele um jogo ou não, menos penosa para o portador de disfunções relacionadas à cor, facilitando assim a imersão presenciada por ele durante o uso do software.

6. Conclusão

Considerado as informações levantadas, concluiu-se que a população afetada por deficiências relacionadas à visão que de alguma forma alteram a experiência visual possui recursos limitados para lidar com essas deficiências tanto dentro, quanto fora do meio digital aonde esses recursos podem ser mais facilmente trabalhados e ajustados para o usuário. Esses métodos de ajuste não variam muito e tem uma base semelhante tanto na realidade virtual quanto no meio físico, ou seja, seus desenvolvedores chegaram a meios semelhantes para atenuar o problema tanto no mundo real, quanto no ambiente virtual, e por consequência seguem a mesma base de requisitos para que o método de ajuste funcione. Os indivíduos que tem problemas relacionados à interpretação de cores podem utilizar desses meios para auxiliar na identificação das cores em certas plataformas, mas o uso desses novos recursos ainda é limitado e muitas vezes não é suportado em todos os meios tecnológicos que são ligados à imersão recreacional em experiências com realidade virtual.

Em contrapartida, soluções simples como filtros, seleções de paletas de cor especializadas, códigos de comunicação visual e compensações de cor são recursos simples que são facilmente aplicados em certos softwares, permitindo assim o usufru dos mesmos sem que o público que porta essas disfunções ligadas a cor se sinta excluído dessas experiências ligadas à visão. Essas soluções mais simples já vem sendo aplicadas em vários meios analógicos e podem ser adaptadas para o meio virtual com ajustes simples se suas contrapartes analógicas forem levadas em conta como base,

Considerando que essas tecnologias seriam implementadas no meio da realidade virtual, que o comportamento do usuário é derivado da qualidade do conteúdo visual apresentado em questões de realismo, a imersão ligada a esse meio continuaria atuando de forma efetiva, já que o usuário não portador poderia usufruir normalmente dessa experiência, enquanto o portador configuraria sua interface no software, adaptando certas cores de acordo com suas necessidades individuais, utilizando de recursos como paletas de cor adaptadas para os diferentes tipos de disfunção de cor que podem ser atenuados, e assim poderia ajustar de forma confortável sua interação com o meio, reduzindo a perda durante a experiência e, talvez, gerando assim uma experiência mais confortável para o indivíduo, independente da sua condição de assimilação de cores.

Com o uso desses recursos, adaptados completamente para o meio digital, tanto dentro e fora da realidade virtual, portadores de disfunções relacionadas à cores específicas poderiam usufruir com mais facilidade de softwares que normalmente não são voltados para o público afetado por disfunções.

Esses modos de cor, filtros, entre outros recursos relacionados à compensação de cores, são atualmente o mais próximo que temos de uma solução final para o problema, já que o mesmo se encontra na captação de cores pelo indivíduo. Considerando essas questões, a maioria das soluções e recursos relacionados à interpretação das cores se encontra em meios de gerar formas de interpretação. Essas formas não permitem que o usuário processe a cor como ela é, mas permitem que ele entenda a existência entre tons próximos de cor, seja por filtragem ou por simbolismo que indicam como uma informação se difere da outra, evitando assim a confusão.

Assim é esperado que no futuro, com o uso de recursos adaptativos e procedimentos na criação de *softwares*, o ambiente virtual seja mais acolhedor para portadores de disfunções visuais, de menor e maior grau.

Referências:

- [1] Bayu Sri Ananto, Riri Fitri Sari e Ruki Harwahyu, “**Color transformation for color blind compensation on augmented reality system**”, International Conference on User Science and Engineering (i-USEr), 2011, Shah Alam, Selangor, Malaysia

- [2] Seok Hee Oh, Taeg Keun Whangbo, “**A Study on the Effective Interaction Method to Improve the Presence in Social Virtual Reality Game**”, Gachon University, 2017 4th International Conference on Computer Applications and Information Processing Technology (CAIPT)
- [3] Curtis E. Martin, John G. Keller, Steven K. Rogers, e Matthew Kabrisky, “**Visual Realism and Presence in a Virtual Reality Game**”, IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS—PART A: SYSTEMS AND HUMANS, VOL. 30, NO. 4, JULY 2000
- [4] Je In You e Kee-Chan Park, “**Image Processing With Color Compensation Using LCD Display for Color Vision Deficiency**”, J.I.You, Thomas Jefferson School, St.Louis, MO63127 USA, K.Park, Department of Electronics Engineering, KonkukUniversity, Seou 1143-701, Korea.
- [5] Curtis E. Martin, John G. Keller, Steven K. Rogers, and Matthew Kabrisky, “**Color blindness and a color visual system model**”, Indian Institute of Technology, 1998, India
- [6] Jason Tham, Ann Hill Duin e Laura Gee, “**Understanding Virtual Reality: Presence, Embodiment, and Professional Practice**”, IEEE Transactions on Professional Communication, VOL: 61, **Issue: 2**, pp. 178-195, JUNE 2018, USA
- [7] J. Steuer, “**Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence**,” J. Commun., vol. 42, no. 4, pp. 73–93, 1992.
- [8] T. Ohkubo and K. Kobayashi, “**A color compensation vision system for color-blind people**”, in Society of Instrument and Control Engineers (SICE) Annual Conference, Japan, 2008, pp.1286-1289.
- [9] © 2005-2018 Cambridge in Colour, “**A percepção das cores**”, <https://www.cambridgeincolour.com/pt-br/tutoriais/color-perception.htm>, (Acessado em 13/06/2018).
- [10] © 2018 Enchroma, “**Technology**”, <https://enchroma.com/pages/technology>, (Acessado em 13/06/2018).
- [11] © 2018 Unity Technologies, “**xCBM: Color Blindness Master [Released]**”, <https://forum.unity.com/threads/xcbm-color-blindness-master-released.396978/>, (Acessado em 13/06/2018).
- [12] © 2018 OpticasLince, “**Daltonismo**”, <http://opticaslince.com/daltonismo/>, (Acessado em 13/06/2018).
- [13] ©StackOverflow, “**Can “red” cone cells actually see much red light?**”, <https://biology.stackexchange.com/questions/51870/can-red-cone-cells-actually-see-much-red-light>, (Acessado em 13/06/2018).
- [14] © 2018 BLIZZARD ENTERTAINMENT, “**New Colorblind Support in Patch 6.1**”, <https://worldofwarcraft.com/en-us/news/17964863/new-colorblind-support-in-patch-6-1>, (Acessado em 13/06/2018).
- [15] © 2018 BLIZZARD ENTERTAINMENT, “**Colorblind Mode**”, <https://us.battle.net/forums/en/wow/topic/6232223460#post-12>, (Acessado em 13/06/2018).
- [16] © 2018 Valve Corporation, “**Beat Saber**”, https://store.steampowered.com/app/620980/Beat_Saber/, (Acessado em 13/06/2018).
- [17] ©2018 Activision Publishing, Inc, “**Guitar Hero®:Warriors of Rock**”, <https://www.activision.com/games/guitar-hero/guitar-hero-warriors-of-rock/media>, (Acessado em 13/06/2018).
- [18] © 2018 Valve Corporation, “**Fallout 4 VR**”, https://store.steampowered.com/app/611660/Fallout_4_VR/, (Acessado em 13/06/2018).
- [19] © 2018 Valve Corporation, “**The Forest**”, https://store.steampowered.com/app/242760/The_Forest/, (Acessado em 13/06/2018).
- [20] © 2018 Valve Corporation, “**Rust**”, <https://store.steampowered.com/app/252490/Rust/>, (Acessado em 13/06/2018).
- [21] © 2018 Valve Corporation, “**Hurtworld**”, <https://store.steampowered.com/app/393420/Hurtworld/>, (Acessado em 13/06/2018).
- [22] ISHIHARA, S. (Shinobu). **Tests for colour-blindness**. Tokyo: K. Shupan, 1966. 1v.
- [23] ISHIHARA, S. (Shinobu). **Tests for colour-blindness**. 3. ed. London: H. K. Levis, 1960. 1v.
- [24] Miguel Neiva, “**Coloradd**”, <http://www.coloradd.net/>, (Acessado em 13/06/2018).
- [25] ©2018 Konami Digital Entertainment, “**Konami: DanceDanceRevolution**”, https://www.konami.com/games/asia/en/products/ddr_a/, (Acessado em 13/06/2018).

