

REQUISITOS DE ACESSIBILIDADE PARA EXPERIÊNCIAS IMERSIVAS PARA DEFICIENTES VISUAIS EM OBRAS DE ARTE BIDIMENSIONAIS

Claudia Fiorentino Andrade (IC) e Maria Amelia Eliseo (Orientador)

Apoio: PIVIC Mackenzie

RESUMO

A inserção de pessoas com deficiência na sociedade é ampliada gradualmente com o passar dos anos, sendo incentivada pela formulação de tecnologias assistivas. No que diz respeito à integração cultural, mais especificamente na percepção visual, ainda é fundamental investigar novos meios de expressar o conteúdo por alternativas não ópticas e efetivar sua instalação em museus e galerias de arte. A partir disso, esse artigo busca analisar requisitos na implementação de uma experiência multissensorial acessível e imersiva para o usuário com deficiência visual de forma que seja capaz de vivenciar os sentimentos e as emoções transmitidos por uma obra de arte. Para isso, foram estudados, a partir da literatura, experimentos que mostram estímulos multissensoriais para entender as necessidades do deficiente visual e alternativas para a vivência de experiências visuais. Assim, foi possível extrair quais são as necessidades do deficiente visual e as formas de exploração sensorial além da visão aplicada para substituir a carência existente. Para validar os requisitos analisados, foi construída uma representação 3D da tela “A Cuca” da pintora Tarsila do Amaral, para aplicar os requisitos levantados. O modelo produzido confere características táteis que permitem a compreensão dos elementos presentes no quadro, como fauna e flora, e a diferenciação das cores presentes em sua composição.

Palavras-chave: Acessibilidade. Deficiência visual. Arte.

ABSTRACT

The inclusion of people with disabilities in society is gradually expanded over the years, being encouraged by the formulation of assistive technologies. With regard to cultural integration, more specifically in visual perception, it is still essential to investigate new ways of expressing content through non-optical alternatives and effecting its installation in museums and art galleries. From this, this article seeks to analyze requirements in the implementation of an accessible and immersive multisensory experience for the visually impaired user so that he is able to experience the feelings and emotions transmitted by a work of art. For this, experiments were studied from the literature that show multisensory

stimuli to understand the needs of the visually impaired and alternatives for the experience of visual experiences. Thus, it was possible to extract what are the needs of the visually impaired and the forms of sensorial exploration beyond the applied vision to replace the existing lack. To validate the analyzed requirements, a 3D representation of the canvas “A Cuca” by the painter Tarsila do Amaral was built to apply the requirements raised. The model produced provides tactile characteristics that allow the understanding of the elements present in the painting, such as fauna and flora, and the differentiation of the colors present in its composition.

Keywords: Accessibility. Visual Impairment. Art.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, cerca de 2,2 bilhões de pessoas no mundo possuem alguma deficiência visual. Entre os possíveis tipos, existem dois grupos principais: comprometimento da visão à distância (com graus leve, moderado, grave e cegueira) e da visão de perto (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019). Essa condição repercute em impactos pessoais para os indivíduos, prejudicando sua autonomia para atividades cotidianas e de lazer. Consequentemente, torna-se necessário projetar componentes físicos e digitais que sejam acessíveis e destruam os obstáculos para a vivência em sociedade.

Visando o aspecto da vida cultural, a apreciação de artefatos visuais por pessoas com deficiência visual, como obras de arte, ainda é uma lacuna em galerias e museus. Com a perda da visão, os demais sentidos como tato, olfato e audição ganham maior destaque, sendo assim vantajoso fazer uso de experiências multissensoriais para substituir a apreciação somente visual. Dessa maneira, apoia-se na sinestesia para que o indivíduo com deficiência visual consiga “sentir” uma obra de arte, ou seja, compreender os sentimentos e emoções que ela expressa (POSCA e AGRELI, 2019).

Nesse cenário, as TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação), as quais visam propagar o alcance do conhecimento, se mostram eficazes para esse propósito, podendo utilizar diversos canais de percepção sensorial de forma combinada para aprimorar tanto a transmissão dos elementos que compõem a obra quanto às cores utilizadas para representá-los. Aplicações já existentes, como representações 2.5D (pseudo-3D), que aparentam ser tridimensionais no ângulo de vista do usuário apesar de não serem completamente, além de 3D (tridimensional), audiodescrição e representações táteis de cores, possibilitam uma maior imersão na obra e no universo do pintor, sendo viável associar

os benefícios que essas interfaces trazem para assegurar a autonomia para interpretação da obra por parte do indivíduo. (CHO, 2021).

Considerando a carência de recursos multissensoriais para uma experiência imersiva voltada para pessoas com deficiência visual, esta pesquisa tem como objetivo realizar o levantamento de requisitos para a elaboração de recursos sensoriais, por meio das TICs, de maneira que facilite a sensação de experienciar uma obra de arte. O foco principal é comunicar o que a obra representa visualmente, assim como técnicas utilizadas e a história por trás da obra e do pintor. Com isso, não ocorrerá interferência na compreensão pessoal do usuário, sendo somente uma forma de descrever os dados da obra. Para garantir uma reprodução que mantenha uma interpretação equivalente à da obra original, os objetos e cores que a compõem devem possuir um nível próximo de detalhamento, compreendendo os aspectos de luz e sombra e profundidade de seus elementos. Como aplicação dos requisitos levantados, foi desenvolvida uma representação 3D da obra “A Cuca”, da artista Tarsila do Amaral, que conta com padrões táteis de codificação de cor nos elementos que a compõem.

Essa pesquisa busca trazer contribuições, principalmente para o público de pessoas cegas e com deficiência visual, ao promover uma experiência imersiva para desfrutar uma obra de arte. Além disso, pode auxiliar estudantes e profissionais de áreas como computação e artes, ao especificar requisitos para criação de tecnologias multissensoriais para deficientes visuais como alternativa à experiência visual na apreciação de obras de arte, mais especificamente pinturas, mesclando esses dois campos de estudo.

Além desta introdução, este artigo traz um referencial teórico, na seção 2, apresentando conceitos sobre acessibilidade, experiências multissensoriais e trabalhos relacionados. A seção 3 apresenta a metodologia aplicada, descrevendo a elaboração dos requisitos. A seção 4 discute os resultados alcançados, abordando a representação 3D da obra “A Cuca”, que foi desenvolvida seguindo os requisitos levantados. Finalmente, a seção 5 mostra as considerações finais, definindo as etapas que foram concluídas e questões em aberto para o futuro da pesquisa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Acessibilidade

Define-se acessibilidade conforme a inclusão da pessoa com deficiência de maneira autônoma, realizando ações independentes interativamente com a sociedade, como ao fazer

uso de produtos, serviços e informações (GOV.BR, 2017). Os tipos de deficiências são categorizados em 4 variações: física, intelectual, visual e auditiva. As pessoas com deficiência possuem a integridade comprometida, além de poder ter implicações em fatores como: locomoção, coordenação de movimento, fala, compreensão de informações, orientação espacial ou contato com outras pessoas (DA ROSA et al, 2020).

O fornecimento de recursos que garantam acessibilidade para indivíduo permite que conquiste maior autonomia e participação socioeconômica, tornando-se um participante ativo no processo de desenvolvimento do país. Algumas das barreiras ainda existentes para garantir a acessibilidade do indivíduo são de âmbito arquitetônico, comunicativo, locomotivo, alimentar e profissional. A partir da elaboração de ferramentas que auxiliam no rompimento de tais limitações, sejam estas físicas ou digitais, a pessoa com deficiência se sente mais segura e confortável para realizar atividades cotidianas de forma independente. Alguns exemplos de instrumentos fortemente utilizados por pessoas com deficiência no dia a dia são: cadeira de rodas motorizada, assento de vaso sanitário elevado, rampas de acesso, leitores de tela, aparelhos auditivos, entre outros (DA ROSA et al, 2020).

Dentre as tecnologias existentes para auxiliar pessoas com deficiência, destacam-se dois grupos: tecnologias assistivas (TA) e tecnologias sociais (TS). A primeira busca assegurar recursos e aplicações que amplifiquem a liberdade da pessoa com deficiência, possuindo, porém, participação indireta do público portador. Já a segunda busca introduzir a parte marginalizada da sociedade na elaboração de uma solução que garanta sua independência, democratizando o conhecimento da mesma (DA ROSA et al, 2020).

2.2. Experiências Multissensoriais

A elaboração de experiências multissensoriais abrange a exploração de diferentes sentidos humanos (visão, tato, olfato, paladar e audição), de forma que envolva o usuário e aprimore sua vivência com a aplicação. Este tipo de aplicação agrega maior valor e inovação para o experimento, além de contribuir para a acessibilidade, à medida que intensifica demais campos sensoriais de forma que consiga suprir o fator comprometido pela deficiência apresentada. Assim, explorar diversos sentidos repercute na ampliação da variedade de usuários que podem fazer uso de uma aplicação, pois permite que indivíduos com diferentes níveis de habilidades consigam participar da mesma experiência (BISWAS et al, 2021).

Os dispositivos de interação multissensoriais usuais costumam focar somente em aspectos mais simples de representar, como o visual e auditivo. Com os avanços

tecnológicos recentes, porém, aspectos do paladar, olfato e tato estão ganhando maior destaque em aplicações, conhecidas como mulsemídia (Mulsemmedia, em inglês, para MULTiple SEnsorial MEDIA). Um exemplo é o “Feelreal VR”, constituído por uma máscara de Realidade Virtual (RV) com efeitos olfativos, a partir da inclusão de 7 variações de fragrâncias para serem liberadas, além de hápticos, simulando efeitos de neblina, frio e calor na experiência na cabeça do usuário, aprimorando a experiência geralmente representada só pelos sentidos visuais e sonoros (SALEME et al, 2019).

2.2.1. Recursos TIC para Imersão

Com a crise do COVID-19, evidenciou-se a necessidade de adaptação da realidade para o formato digital, ampliando a produção de tecnologias imersivas para pessoas com deficiência. Por isso, Realidades Virtuais (RVs), Aumentadas (RAs) e Mistas (RMs) acessíveis ganharam destaque no mercado, tornando-se recursos que possam auxiliar as atividades cotidianas, além de experiências culturais. Alguns exemplos são aplicativos como o “App in the Air”, para comparar opções de voo e verificar a adequação do tamanho da bagagem de mão por RA, e o “Bus Times London”, utilizando RA para encontrar o ponto de ônibus desejado. Vale ressaltar aplicações de RV e RA para apresentações de obras de arte e esculturas, permitindo que o indivíduo não precise se deslocar para apreciar os elementos presentes no museu e fazendo uso de descrições em áudio e texto, como o aplicativo desenvolvido por museus e galerias de Podgorica para exposição do escultor Risto Stijovic (SOCHENKOVA e PODZHARAYA, 2021).

Além disso, a utilização de padrões de cores acessíveis, com pesquisas envolvendo representações sensoriais, vem ganhando destaque para auxiliar no reconhecimento por parte de indivíduos com deficiência visual. Alguns exemplos são os estudos de Cho, com a criação de padrões táteis, olfativos, sonoros e térmicos para abranger cores de diferentes matizes, saturações e brilhos (CHO et al, 2021). Há também abordagens aplicadas no mercado, como o Feelipa (FEELIPA COLOR CODE, 2009), que é um modelo de codificação tátil para deficientes visuais fazendo uso da união de formas geométricas e linhas, e o ColorADD (COLOR ADD CODE, 2008), que é um modelo de codificação visual focado para daltônicos, utilizando triângulos, linhas e o tipo de preenchimento para distinguir as tonalidades.

2.3. Trabalhos relacionados

Foi realizado um mapeamento da literatura com o tema “tecnologias inclusivas para auxiliar a apreciação de obras de arte por pessoas com deficiência visual”. Neste

mapeamento foram encontrados 12 artigos candidatos, mas apenas 6 foram selecionados por discutirem as tecnologias adotadas para estimular sensações multissensoriais como alternativa à visão em experiências com obras de arte.

Os artigos foram pesquisados em revistas científicas disponíveis nas bases de dados da Google Scholar, com palavras-chave envolvendo temáticas de artes, inclusão, acessibilidade e deficiência visual. Foram selecionados apenas os trabalhos na faixa dos últimos 5 anos, ou seja, entre 2018 e 2022, havendo uma filtragem de pesquisas focadas na representação multissensorial de pinturas para pessoas com deficiência visual, buscando não apenas converter o conteúdo para representações não visuais, mas transmitir as emoções de se apreciar uma obra de arte.

O trabalho de Posca e Agreli. (2019) desenvolveu uma prancha tátil com a obra “Girassóis” de Vincent Van Gogh, englobando experiências multissensoriais para sua exposição, explorando sentidos do paladar, tato, olfato e audição. A finalidade era de auxiliar o ensino de artes para alunos deficientes visuais da educação básica, fazendo uso de balas, músicas e essências, aplicações sensoriais de fácil acesso, para aprimorar a interpretação do aluno, ambientando-o no contexto da obra (POSCA e AGRELI et al, 2019).

O trabalho de Cho et al. (2021) desenvolveu 3 padrões de cores táteis: CELESTIAL, TRIANGLE e CHUNJIIN. Com esses modelos, os autores buscaram representar 6 matizes de cores, sendo elas vermelho, verde, amarelo, azul, laranja e roxo, com os aspectos de saturação e brilho (clara, escura e apagada) distintos. O CELESTIAL envolve o uso de linhas curvas para representar o azul, diagonais para o amarelo e pontos para o vermelho, combinando tais padrões para cores secundárias. TRIANGLE abrange o apontamento para o vértice do triângulo como forma de distinguir as cores, utilizando um círculo para tal indicação. Já o CHUNJIIN se inspira na filosofia oriental “Chun Ji-in” em que o vermelho vem do céu branco, o azul vem da terra e o amarelo vem dos seres humanos. Essas descrições foram convertidas em símbolos, os quais são mesclados para reproduzir cores secundárias. Os 3 padrões foram aplicados na obra “Noite Estrelada” de Van Gogh e testados com usuários (CHO et al, 2021).

O trabalho de Bartolome et al. (2020) elaborou um padrão de cores com representação térmica, variando em matiz, luminosidade e croma de forma correspondente com a temperatura definida, conferindo assim um leque maior de variedade na codificação das mesmas. Utilizaram-se faixas de temperatura confortáveis para o toque humano,

realizando a aplicação da marcação térmica correspondente à cor simbolizada através do mapeamento desenvolvido por um algoritmo (BARTOLOME et al, 2020).

O trabalho de Cho et al. (2020) desenvolveu 3 padrões de codificação de cores por meio de representações sonoras: CCC, VIVALDI SCC e CLASSIC SCC V1. Para o padrão CCC, cada matiz de cor é representado por um instrumento diferente, como violino para vermelho, trompete para amarelo, entre outros. O VIVALDI SCC abrange o uso de 2 cordas, 2 instrumentos de corda e 2 de percussão, de forma que seja mais fácil de identificar. Já o CLASSIC SCC V1 utilizou melodias que combinam as características de cada cor com referências da música clássica, sendo o tom e a intensidade da sua primeira nota selecionadas para simbolizar a matiz, valor e saturação (CHO et al, 2020).

O trabalho de Cavazos et al. (2021) gerou um protótipo 2.5D de uma obra de arte, com exploração por toque para habilitar descrições verbais e áudio. Utilizou-se impressão 3D para o modelo, revestido em seguida com tinta condutora. Para a audiodescrição, conectou-se um fio condutor fino entre a área sensível e a placa do circuito. Ao ficar pronto, ocorreram testes com 18 participantes a partir das obras “Noite Estrelada” de Van Gogh, “A dança” de Henri Matisse, “Senecio” de Paul Klee, “Flores e Insetos” de Sin Saimdang e “Casa de Hyunsook” de Kim Yong-il, sendo fornecidas descrições das obras em braille durante a exposição (CAVAZOS et al, 2021).

Resende et al. (2021) criaram uma colagem física tátil e com audiodescrição, partindo de uma colagem digital previamente elaborada. A partir de representação digital, utilizou-se massa de modelar branca para replicar fisicamente de forma tátil, utilizando o sistema de gravação de voz do álbum de fotos de tipo “Deluxe Talking Photo Album” para descrever os elementos que compunham a obra. Depois de concluído, foram realizados testes com 32 usuários que possuíam algum grau de deficiência visual (RESENDE et al, 2021).

A Tabela 1 sintetiza os trabalhos relacionados selecionados, com foco em projetos na imersão do usuário com deficiência visual na obra de arte, não contemplando aqueles que buscavam somente fazer a conversão da experiência visual para o formato tátil ou auditivo, sem se preocupar com a sensação de imersão. Ao serem selecionados, foram identificados os problemas, soluções, requisitos e resultados de cada pesquisa, ajudando a traçar fatores comuns com a abordagem que se buscou seguir.

Tabela 1. Comparação dos requisitos e resultados dos trabalhos relacionados

Trabalho	Problema	Software/ Solução Encontrada	Requisitos	Feedback/ Resultados
Posca; Agreli (2019)	- Falta de adaptação de materiais educacionais para alunos com deficiência visual para o ensino de artes na Educação Básica	- tato: Prancha tátil da obra “Girassóis”, de Vincent Van Gogh.” - paladar: bala de mel - audição: música “Arabesque”, de Debussy - olfato: essência de girassol	- Massa de modelar <i>oil clay</i> - Estecas (ferramentas para esculpir) - Silicone para molde - Resina plástica - Fundo de E.V.A (antiderrapante) - Contextualização da obra e realização de perguntas para averiguar conhecimentos da cor amarela e da flor de girassol	Alunos de baixa visão e cegueira congênita realizaram o experimento, reconheceram bem todos os elementos da obra e tiveram interesse em ter mais representações com essa forma de apresentação.
Cho et al (2021)	- Muitas pessoas com deficiência visual (PVI) não têm acesso à cultura visual mundial e à oportunidade de experimentar o poder da arte para melhorar a vida.	- Pictograma tátil de cores para melhorar a apreciação das obras de arte de pessoas com deficiência visual. Foram criados 3 pictogramas: CELESTIAL, CHUNJIIN E TRIANGLE.	- Expressar seis matizes de cores exclusivas (Vermelho (R), Verde (G), Amarelo (Y), Azul (B), Laranja (O), Roxo (P)), com quatro dimensões de cores - saturado (S), claro (L), escuro (D) e apagada (M) para cada matiz. - Criação de 3 padrões táteis com características distintas	TRIANGLE e CHUNJIIN, tinham linhas e pontos claros e simples, facilitando a identificação dos símbolos. São fáceis de distinguir pela sensação tátil, mas parece haver um limite para expressar a imagem. Já com o CELESTIAL, foi um pouco difícil dizer a diferença entre uma curva e uma linha reta.
Bartolome	- Ser capaz de	- Interação térmica	- Temperatura	Todos

et al (2020)	comunicar uma gama razoavelmente ampla do espectro de cores para os deficientes visuais a partir do uso de diferentes temperaturas.	para a valorização da cor das artes visuais para pessoas com deficiência visual	focada no dedo em uma faixa selecionada para ficar fora da dor. - Algoritmo para mapear temperatura para cor de acordo com matiz.	concordaram na adequação do mapeamento de temperatura quente-fria com cores, sendo que a maioria afirmou ter aprendido cores através de metáforas de associação térmica. Como resultado, não tiveram problemas em relacionar a cor com temperatura.
Cho et al (2020)	- Fornecer melhor percepção de cores para pessoas com deficiência visual a partir de uma experiência de usuário multissensorial que combina estímulos táteis e musicais.	- Codificação de cor em som para melhorar a apreciação de arte por pessoas com deficiência visual, elaborando 3 padrões: CCC, VIVALDI SCC e CLASSIC SCC V1.	- Criação de 3 padrões sonoros para cores com características distintas	A taxa de avaliação da experiência do usuário para o CLASSIC SCC V1 e VIVALDI SCC V1 foi de 77% e 84%, respectivamente. Após o treino em ambos VIVALDI SCC V2 e CLASSIC SCC por cerca de uma hora, a taxa de reconhecimento para CLASSIC SCC V2 e VIVALDI SCC V2 foi de 100%. Portanto, o CLASSIC e VIVALDI SCCs ajudaram os participantes a apreciar a harmonia geral de cores da arte.
Cavazos et al (2021)	- Dificuldades ainda presentes para deficientes visuais interpretarem obras visuais em exposições de arte e explorá-las de forma independente.	- Representação 2.5D com áudio e descrições verbais transmitidas a partir do toque em partes da obra de arte.	- Guia para criação de protótipo interativo e multissensorial com modalidades táteis e auditivas. - uso de tinta condutora e conexão com circuito para transmissão do áudio.	Os <i>feedbacks</i> foram positivos no geral, havendo, porém, problemas de inconsistência nos retornos auditivos de algumas obras, transmitindo algumas vezes a audiodescrição incorreta para certo componente ou simplesmente não

			- painel em braille e gravação em áudio com descrição da obra.	retornando qualquer áudio.
RESENDE et al (2021)	- Falta de adaptações para que colagens possam ser acessíveis para pessoas com deficiência visual ou cegas.	- Desenvolvimento de colagem manual tátil e com audiodescrição a partir da ativação de botões por toque.	- Criação de colagem digital como base para desenvolvimento da manual. - Uso de massa de modelar branca para criar modelo tátil. - Integração com sistema de gravação de áudio de álbum de fotos para ativar descrição de elementos da obra.	Os resultados se mostraram positivos principalmente para usuários com grau de deficiência mais leve e/ou moderado, além de indivíduos cegos que adquiriram a cegueira há muito tempo
Este trabalho	- Possibilitar o usuário interagir e compreender os elementos da obra, assim como as cores, de forma imersiva.	- Representação 3D da obra "A Cuca" de Tarsila do Amaral, com codificação tátil para representar as cores do quadro.	- Levantamento de requisitos para criação de experiência multissensorial que permite que deficientes visuais possam apreciar obras de arte - Modelagem 3D no <i>software</i> Blender, utilizando ferramenta Monster Mash para inflar elementos 2D - Padrão tátil de cores Feelipa, utilizado como referência de aplicação no modelo	Modelagem 3D da obra "A Cuca" como forma de aplicar os requisitos estudados

3. METODOLOGIA

Para atingir os objetivos desta pesquisa foi realizado um mapeamento da literatura sobre trabalhos que faziam uso de tecnologias para responder o questionamento de como as pessoas cegas e com deficiência visual conseguem adquirir a sensação de apreciar uma obra de arte por meio de experiências multissensoriais (Tabela 1). A construção da Tabela 1

abrangeu a seleção de artigos no período dos últimos 5 anos, recolhendo problemas, soluções, requisitos e resultados encontrados em cada trabalho. Foram descartados, por exemplo, pesquisas com foco na navegação pelo museu por parte do indivíduo com deficiência visual, além daquelas que simplesmente apresentavam uma conversão da representação visual para multissensorial não visual, sem ter foco na transmissão das emoções de uma obra de arte. A partir da análise da Tabela 1, foi possível determinar a descrição das necessidades do usuário e o levantamento de requisitos do sistema, conferindo assim uma compreensão melhor das demandas do projeto.

As necessidades do usuário foram descritas como:

- O usuário possui deficiência visual ou cegueira, sendo essencial realizar a adaptação da obra de forma acessível a partir de outros estímulos sensoriais, como tátil e auditivo.
- Capacidade de conseguir interpretar elementos táteis, sendo possível realizar o acoplamento destes com dispositivos eletrônicos que ofereçam suporte à exploração por *feedback* auditivo.
- Conseguir contemplar uma experiência imersiva com relação a obra de arte, podendo ocorrer por meio de elementos táteis com audiodescrição distinta para cada um.
- A união simultânea de informações auditivas e táteis combina toque e audição para uma melhor percepção de realidade para pessoas cegas, promovendo uma vivência mais completa e exploração autônoma da obra para os deficientes visuais.
- Em aplicações de arte, informações sobre valor e croma são tão importantes quanto a tonalidade, sendo necessário que o usuário com deficiência visual seja capaz de compreender uma gama razoavelmente ampla do espectro de cores, não se concentrando apenas na tonalidade.

Já o levantamento de requisitos contempla aspectos como:

- Sensação tátil: Conversão da visualização bidimensional da obra para o formato pseudo-tridimensional (2.5D) ou tridimensional (3D), garantindo profundidade e capacidade maior de imersão.
- Audiodescrição: Sensação tátil combinada com audiodescrição. Ao tocar em algum dos elementos, serão descritas informações sobre a parte que tocou. Esses elementos podem incluir texturas, baixo-relevo, linhas em relevo e outros tratamentos

de superfície tátil. A localização e a pressão dos toques dos dedos são detectadas, acionando uma audiodescrição sobre a parte que foi tocada.

- Representação tátil de cores na obra: Deve contemplar seis matizes de cores exclusivas (vermelho, verde, amarelo, azul, laranja e roxo) com quatro dimensões de cores (saturado, claro, escuro e apagado). Ademais, faz uso de legendas com combinações de formas geométricas, linhas retas ou curtas e/ou pontos.

Assim, com o intuito de realizar os objetivos propostos na pesquisa, após a conclusão dessas etapas, foram definidas as aplicações desejadas buscando promover a equivalência das cores da obra por meio de codificações em texturas, assim como a transformação da experiência visual em uma representação tátil. Com relação a modificação de um formato 2D para a representação tátil, a abordagem mais conveniente foi o formato tridimensional (3D), por proporcionar a capacidade de imersão e navegação entre os elementos da obra a partir da reprodução em maior escala, algo ainda pouco explorado nas pesquisas estudadas. Quanto a identificação das cores, elencaram-se padrões táteis para serem utilizados, sendo estes os abordados no trabalho de Cho, como TRIANGLE, CELESTIAL E CHUNJIIN (CHO et al, 2021), além dos utilizados já no mercado, como o Feelipa (FEELIPA COLOR CODE, 2009). Dentre essas opções, o padrão Feelipa pareceu mais favorável para a prática dos estudos, pois utiliza somente formas geométricas e algumas linhas em sua representação, algo útil para a modelagem por já existirem algumas prontas em malhas iniciais, além de conferir diferentes tonalidades, memorização fácil e intuitiva.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado do levantamento de requisitos de acessibilidade, foi elaborada uma representação tridimensional (3D) imersiva da obra “A Cuca”, produzida pela artista Tarsila do Amaral, para aplicar os conceitos estudados. Essa obra de arte (Figura 1) foi escolhida por possuir características em sua composição como a diversidade de cores puras, animais da fauna brasileira e personagens folclóricos, além de levar o nome de uma artista brasileira bem conceituada que abordou o movimento modernista Pau-Brasil, marcado pela valorização originalidade e da cultura nacional.



Figura 1. Obra "A Cuca" de Tarsila do Amaral. Fonte: IMBROISI et al, 2017.

O esquema de cores tátil implementado foi a codificação Feelipa (Figura 2), a qual faz uso de formas geométricas principais para representação das cores primárias, com quadrado para o vermelho, triângulo para o amarelo e círculo para o azul. Já as cores secundárias foram formadas pela mistura entre essas formas e suas resultantes, com o laranja criado a partir da união entre o quadrado (vermelho) e triângulo (amarelo), ou o marrom criado a partir da união do laranja e roxo. Para as cores neutras e diferenças de brilho, utilizou-se padrões de número de linhas para diferenciação, sendo uma linha para o branco, duas para o cinza e três para o preto. A Figura 2 mostra a correlação entre as formas geométricas utilizadas e as respectivas cores que estas representam.



Figura 2. Codificação tátil Feelipa. Fonte: FEELIPA COLOR CODE, 2009.

A partir das pesquisas e decisões de desenvolvimento realizadas, criou-se um modelo 3D do quadro (Figura 3) utilizando o *software* Blender, fazendo uso das malhas e curvas presentes nas ferramentas para compor os elementos da obra de forma

correspondente ao formato original. O Blender é uma aplicação gratuita e *Open Source* para criação de elementos em 3D, englobando recursos para modelar, esculpir, renderizar, animar, entre outros (Blender, s.d).

Para facilitar a execução, alguns elementos do quadro foram desenvolvidos com a ferramenta Monster Mash, conhecida por “inflar” representações 2D ilustradas para o formato 3D. Sendo assim, se mostrou vantajosa para a aplicação, já que a maioria dos personagens se encontravam de perfil na visualização, posição favorável para garantir a simetria de sua figura. Os demais componentes também não contaram com grandes dificuldades na sua confecção, pois possuíam vários formatos arredondados e curvos, sendo possível implementá-los com os objetos “curvas” e depois convertê-los para malha.

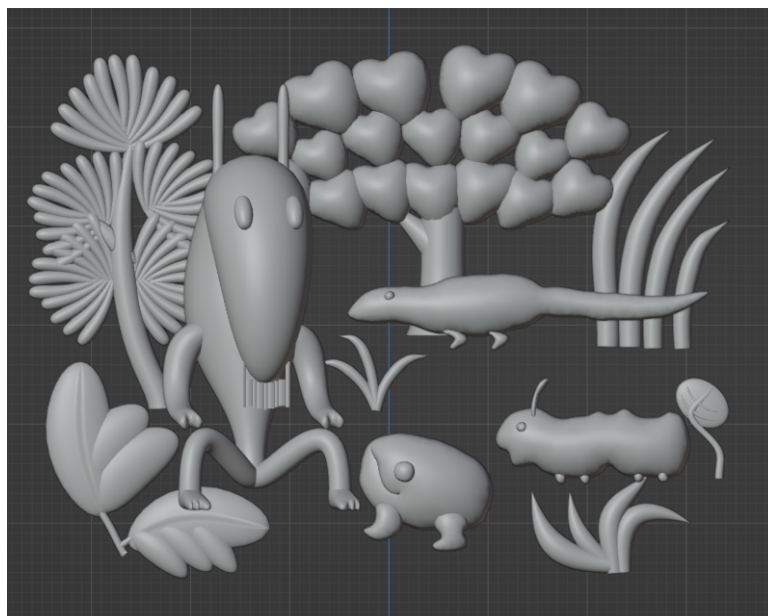


Figura 3. Modelagem 3D da obra “A Cuca” de Tarsila do Amaral

Em seguida, foram reproduzidas as formas e linhas apresentadas na Figura 2 para indicar as cores dos elementos na obra (Figura 4). Somente as cores neutras e as demais em seu formato mais saturado, ou seja, com menos cinza em sua composição, foram elaboradas em 3D, já que a obra conta com cores mais puras e “alegres”, além de algumas partes menores com preto e branco em detalhes.

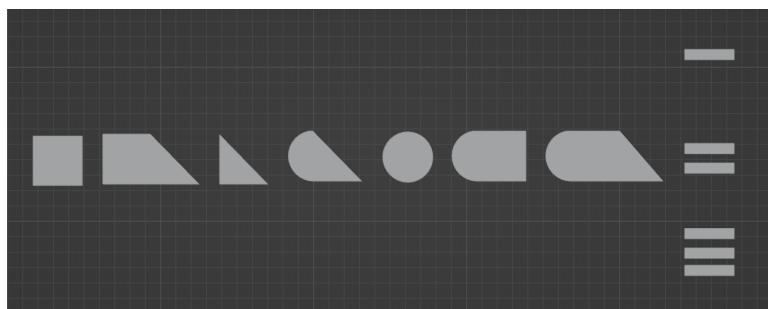


Figura 4. Modelagem 3D da codificação tátil Feelipa.

Para adicionar os padrões táteis nas partes que compõem a obra de forma que suas cores fossem representadas, utilizou-se o sistema de partículas do Blender, selecionando a forma geométrica como o objeto a ser inserido em posições aleatórias na malha selecionada. Assim, ao definir uma quantidade de repetições na superfície do elemento do quadro, em adição a orientação do padrão em tangente, foi possível aplicar o esquema de cores em cada parte específica do modelo 3D, representado na Figura 5.

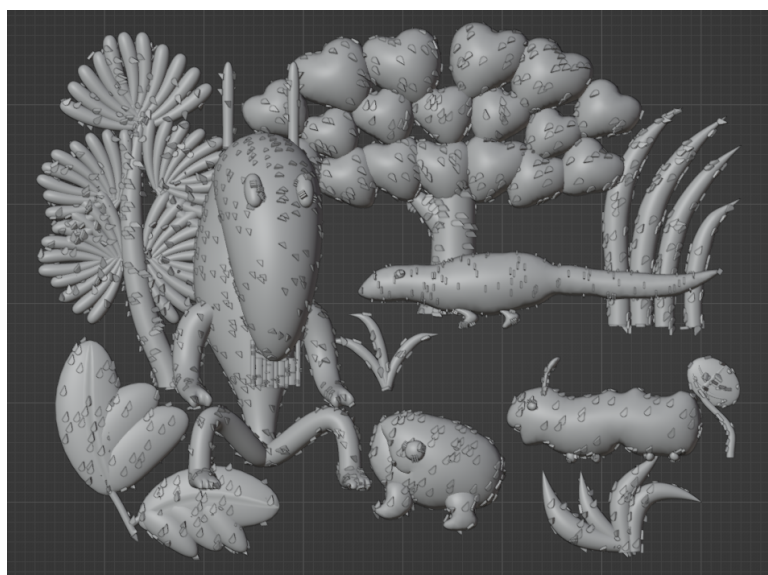


Figura 5. Modelagem 3D da obra “A Cuca” de Tarsila do Amaral com a codificação tátil Feelipa

Assim, com relação aos requisitos para reproduzir uma obra de arte tátil, vale destacar a criação do modelo 2.5D (pseudo-tridimensional) ou 3D (tridimensional) mapeando os elementos essenciais identificados da obra, atentando para seus respectivos posicionamentos no ambiente e tratando alguns detalhes em relevo, como por exemplo, as nervuras presentes nas folhas da obra. Além disso, ressalta-se a aplicação de um padrão tátil de cores, contemplando os matizes, brilhos e saturações. Este padrão pode ser construído utilizando-se texturas, com diferentes granularidades, compostas por linhas e formas em relevo combinados para simbolizar as cores e suas tonalidades. Com esses

requisitos, pessoas cegas podem apreciar uma obra de arte estimulando outras sensações, como as táteis, compreendendo a diversidade das obras artísticas.

No que diz respeito às limitações da pesquisa, deve-se levar em consideração algumas etapas que não foram efetivadas no processo de execução, como a possibilidade de testes com usuários, impossibilitada pelo cenário da pandemia da COVID-19, e a combinação multissensorial, mesclando sensações táteis e auditivas. Esta última não foi o foco desta pesquisa devido a limitações no tempo de conclusão.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no impasse de tentar proporcionar emoções transmitidas ao apreciar uma pintura para pessoas com deficiência visual, esta pesquisa realizou o levantamento de requisitos necessários para a implementação de uma representação 3D como forma de solução, se baseando em resultados de pesquisas anteriores. Ademais, as demandas foram utilizadas na reprodução tátil de uma obra simbólica da cultura brasileira, atendendo a maioria dos fatores listados para transmissão eficaz do seu significado.

No que diz respeito à representação das cores e objetos da obra, apresentaram-se limitações com relação à escalabilidade dos elementos e das cores que a obra contempla, nos aspectos de brilho e saturação. Apesar do planejamento em realizar a impressão do modelo 3D, o modelo tridimensional do Blender carecia de correções nos elementos com espessuras muito finas, o que poderia tornar a representação física frágil e quebrável. Além disso, cada elemento da obra necessitava ser separado em arquivos diferentes para sua impressão individual na impressora 3D, de forma redimensionada proporcionalmente aos demais, o que possibilita a projeção em maior escala, ampliando, porém, o tempo de impressão dos mesmos.

Apesar de não contemplar o aspecto auditivo na representação da obra, o produto desenvolvido abrange tanto a comunicação dos seres vivos retratados na tela quanto das cores utilizadas em cada parte que os constituem, aprimorando a interpretação do que é exposto visualmente a partir da exploração tátil. Dessa forma, o resultado da composição aparenta atender parcialmente às demandas, sendo necessário aperfeiçoar a imersão do usuário com a estimulação de outros sentidos.

Como trabalhos futuros, pretende-se combinar as sensações táteis com sensações sonoras por meio de aplicações interativas, aumentando o grau de imersão e comunicação ao apreciar uma obra de arte por pessoas com deficiência visual, além de investigar soluções relacionadas às dimensões de cores e objetos. Esse campo é uma oportunidade de atuação que vale a pena ser explorada mais adiante, contemplando o uso de experiências multissensoriais para substituir o fator meramente visual de apreciação de um quadro. Além disso, pretende-se validar a reprodução 3D pela implementação de testes com potenciais usuários que possuam cegueira ou deficiência visual, sendo uma etapa essencial para identificar problemáticas e novos componentes no projeto.

6. REFERÊNCIAS

ACESSIBILIDADE. **Gov.br**, 2017. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/acessibilidade>>. Acesso em: 15 ago. 2022.

BARTOLOME, Jorge David Iranzo et al. Exploring Thermal Interaction for Visual Art Color Appreciation for the Visually Impaired People. In: **2020 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC)**. IEEE, 2020. p. 1-5.

BISWAS, Pradipta et al. Adaptive Accessible AR/VR Systems. In: **Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. 2021. p. 1-7.

BLENDER. **About Blender**, s.d. Disponível em: <<https://www.blender.org/about/>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

CAVAZOS QUERO, Luis; IRANZO BARTOLOMÉ, Jorge; CHO, Jundong. Accessible visual artworks for blind and visually impaired people: comparing a multimodal approach with tactile graphics. **Electronics**, v. 10, n. 3, p. 297, 2021.

CHO, Jun Dong. A study of multi-sensory experience and color recognition in visual arts appreciation of people with visual impairment. **Electronics**, v. 10, n. 4, p. 470, 2021.

CHO, Jun Dong et al. Sound coding color to improve artwork appreciation by people with visual impairments. **Electronics**, v. 9, n. 11, p. 1981, 2020.

CHO, Jun Dong et al. Tactile colour pictogram to improve artwork appreciation of people with visual impairments. **Color Research & Application**, v. 46, n. 1, p. 103-116, 2021.

COLORADD Code. **ColorADD**, 2008. Disponível em: <<https://www.coloradd.net/en/coloradd-code/>>. Acesso em: 16 Ago. 2022.

DA ROSA, Maysa Anastacio Bernardo Flor; FREITAS, Carlos Cesar Garcia; DA ROSA, Vanderley Flor. Tecnologia assistiva e tecnologia social: análise dos limites da relação entre ambas. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 16, n. 40, p. 1-17, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rt/article/view/8010>>. Acesso em: 15 ago. 2022.

FEELIPA COLOR CODE. **Para deficientes visuais**. 2009. Disponível em: <<https://feelipa.com/pt/para-deficientes-visuais/>>. Acesso em: 16 ago. 2022.

IMBROISI, Margaret et al. A CUCA - TARSILA DO AMARAL. **História das Artes**, 2017. Disponível em: <<https://www.historiadasartes.com/sala-dos-professores/a-cuca-tarsila-do-amaral/>>. Acesso em: 17 ago. 2022

POSCA, Luís Müller; AGRELI, João Henrique Lodi. Sinestesia, Arte e Deficiência visual: aplicação de um método didático-pedagógico para apreciação de pinturas por alunos não visuais na educação básica. **Revista Educação, Artes e Inclusão**, v. 15, n. 3, p. 08-33, 2019.

RESENDE, Marta et al. Art & Accessibility: A case study on collage for people with visual disabilities. In: **10th International Conference on Digital and Interactive Arts**. 2021. p. 1-7.

SALEME, Estêvão et al. Sumarização de Dispositivos de Efeitos Multissensoriais para Interações Humano-Computador. In: **Anais Estendidos do XVIII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais**. SBC, 2019. p. 170-171.

SOCHENKOVA, Anastasiia; PODZHARAYA, Natalia. People with Disabilities and AR/VR Usage Trends: Overview, Estimation, Forecasts. In: **2021 10th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)**. IEEE, 2021. p. 1-5.

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. **World report on vision**. 2019. Disponível em: <<https://www.who.int/publications/i/item/9789241516570>>. Acesso em: 14 ago. 2022.

Contatos: 42005302@mackenzista.com.br e mariaamelia.eliseo@mackenzie.br