



DESENVOLVIMENTO DE UM AMBIENTE SENSORIAL-LÚDICO
PARA DEFICIENTES VISUAIS BASEADO NA ARQUITETURA
DE MICROCONTROLADORES AVR

Andrea Carla Vargas Rodrigues

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre.

Orientador: João Roberto de Toledo Quadros

Rio de Janeiro
Janeiro de 2023

DESENVOLVIMENTO DE UM AMBIENTE SENSORIAL-LÚDICO
PARA DEFICIENTES VISUAIS BASEADO NA ARQUITETURA
DE MICROCONTROLADORES AVR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título em Mestre em Ciência da Computação.

Andrea Carla Vargas Rodrigues

Banca Examinadora:

Presidente, Prof. D.Sc. João Roberto de Toledo Quadros (CEFET/RJ) (orientador)

Prof. D.Sc. Diego Nunes Brandão (CEFET/RJ)

Prof. D.Sc. Eduardo Soares Ogasawara (CEFET/RJ)

Prof. D.Sc. Daniel Cardoso Moraes Oliveira (UFF)

Rio de Janeiro
Janeiro de 2023

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

Rodrigues, Andrea Carla Vargas

Desenvolvimento de um ambiente sensorial-lúdico para deficientes visuais baseado na arquitetura de microcontroladores AVR / Andrea Carla Vargas Rodrigues – 2023.

x, 100 f; enc.

Dissertação (Mestrado), Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2023.

Bibliografia: f, 66–74

Orientador: João Roberto de Toledo Quadros

1. Robótica; 2. Deficiente visual; 3. Educação

DEDICATÓRIA

Para Jayme (em memória), que ajudou a semear em mim o amor pelos estudos. Para Luci, Daniele e Alba Valéria, que me incentivaram a trilhar essa jornada. Para os deficientes visuais, que foram o cerne dos esforços que impulsionaram a pesquisa.

AGRADECIMENTOS

A pesquisa pode parecer ser um caminho que se percorre sozinho, no entanto, o resultado é fruto do incentivo de diversas pessoas que me apoiaram, ao longo de todo o processo de elaboração da dissertação.

A Deus, por me permitir ter saúde e pela oportunidade de concluir este ciclo tão importante, seguindo com o projeto que busca colaborar para a melhoria da qualidade de vida de deficientes visuais.

À minha família, que sempre ofereceu carinho e apoio em todos os momentos da minha vida, incluindo a jornada acadêmica: à minha mãe, Luci, ao meu pai, José (em memória), à minha irmã, Alba Valéria, ao meu sobrinho, Otavio, e também ao meu irmão, Brando. Em memória, também aos meus avós, que deram suporte aos meus estudos desde a infância: ao Jayme Vargas e à Alba Anicete.

Aos amigos, Aline e Ulisses, que vibraram a cada etapa conquistada no mestrado, desde o ingresso até o final do curso.

À Daniele Castro, pelo incentivo e força sempre e pela troca de ideias instigantes que colaboraram também para a conclusão desta importante conquista.

Aos professores, colegas e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do CEFET que fizeram parte da minha trajetória e deram suporte durante o curso.

Ao orientador, João Quadros, pelo aprendizado, compreensão e parceria que foram imprescindíveis para a realização da pesquisa. Não há palavras para expressar toda minha gratidão.

Aos professores Diego Brandão e Eduardo Ogasawara, que participaram de qualificação, com contribuições significativas para a continuidade da pesquisa, e também se propuseram a compor esta avaliação final. Ao professor Daniel de Oliveira, por aceitar o convite para participar da banca, neste momento tão importante.

Aos voluntários, que participaram dos testes do dispositivo e tornaram possível a conclusão da pesquisa.

RESUMO

DESENVOLVIMENTO DE UM AMBIENTE SENSORIAL-LÚDICO PARA DEFICIENTES VISUAIS BASEADO NA ARQUITETURA DE MICROCONTROLADORES AVR

Devido às barreiras limitantes impostas pela falta de visão total ou parcial de certas pessoas, a arte de desenhar fica bastante restrita, quando não impossível. Faz-se necessário o desenvolvimento de recursos e ambientes que venham facilitar pessoas, com estes problemas relativos à visão, possam expandir suas percepções e atuarem de forma direta na arte de desenhar. Com este foco, este trabalho investe no desenvolvimento do recurso “ArtInDV”, que tem como proposta oferecer aos deficientes visuais um recurso lúdico de auxílio à atividade de desenhar. Utilizando uma abordagem lúdica e sensorial, o recurso desenvolvido vai interagir em conjunto com os usuários, de modo a que estes, fazendo uso de suas outras percepções, possam trabalhar em desenhos artísticos ou comuns com mais facilidade. O recurso desenvolvido nessa pesquisa visa cumprir um papel social e inclusivo para as pessoas com alguma deficiência visual, sendo possível sua utilização em instituições de ensino que possuam estudantes com alguma deficiência visual. O dispositivo vai utilizar a interface Arduino, baseada em microcontroladores AVR, acoplada ao software Processing, para vocalização de cores dos materiais de desenho disponibilizados na experiência. O plano de testes aplicado vai trabalhar junto às pessoas com deficiência visual, de modo que se observe os pontos fortes e os pontos fracos do recurso, visando futuros aprimoramentos.

Palavras-chave: Robótica; Deficiência Visual; Educação

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A SENSORY-LUDIC ENVIRONMENT FOR VISUALLY IMPAIRED ARCHITECTURE-BASED IN AVR MICROCONTROLLERS

Due to the limiting barriers imposed by the total or partial lack of vision of certain people, the art of drawing becomes very restricted, if not impossible. It is necessary to develop resources and environments that will make it easier for people with these vision problems to expand their perceptions and act directly on the art of drawing. With this focus, this work invests in developing the resource "ArtInDV," which proposes to offer visually impaired people ludic help to aid in the activity of drawing. The created resource, using a ludic and sensory approach, will interact together with the users so that they, making use of their other perceptions, can work on artistic or familiar drawings with more ease. The resource developed in this research aims to fulfill a social and inclusive role towards people with some visual impairment, being possible its use in educational institutions that have students with some visual impairment. The device will use the Arduino interface, based on AVR microcontrollers, coupled with Processing software, to vocalize the colors of the drawing materials made available in the experiment. The test plan applied will work with visually impaired people to observe the strengths and weaknesses of the resource, aiming at future improvements.

Keywords: Robotics; Visually Impaired; Education

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Principais componentes da placa de Arduino (Badamasi, 2014).....	20
Figura 2 – Diferentes modelos de interfaces vistas em Kondaveeti <i>et al.</i> (2021): (a) Arduino Uno, (b) Arduino Due, (c) Arduino Mega e (d) Arduino nano	21
Figura 3 – Código de cores Feelipa.....	33
Figura 4 – Sistema “See Color”.....	34
Figura 5 – Kit de desenho em relevo para deficientes visuais Draftsman Tactile Drawing Board, que faz uso de folhas de plástico.	40
Figura 6 – Kit inTACT Sketchpad para deficientes visuais, também usando folhas de plástico.....	41
Figura 7 – Kit Raised Line Drawing Kit, que funciona como um touchpad especial. ..	41
Figura 8 – Kit de desenho Swail Dot Inverter, que usa folhas de braille.. ..	41
Figura 9 – Módulos do ArtInDV.....	44
Figura 10 – Fluxograma com a lógica do software embarcado do ArtInDV	39
Figura 11 – Fluxograma com a lógica para a vocalização da cor	46
Figura 12 – Protótipo conceitual do ArtInDV de papelão.....	47
Figura 13 – Versão final da caixa do ArtInDV de madeira com maior espaçamento entres os recipientes e maior profundidade.	48
Figura 14 – Esquema de conexões dos componentes do ArtInDV.	49
Figura 15 – Placa de Arduino UNO R3 e comunicação com a protoboard através dos jumpers para conexões com os botões usados para o acionamento da vocalização de cores.....	49
Figura 16 – Prancha com papel A3 e caixa com Arduino e protoboard.....	50
Figura 17 – Moldes em relevo com objetos de materiais variados.	51
Figura 18 – Trecho de código fonte no Arduino IDE.	52
Figura 19 – Saída de dados no Monitor Serial.	52
Figura 20 – Diagrama de classe do ArtInDV.	53
Figura 21 – Interface gráfica do aplicativo ArtInDV desenvolvido na linguagem de programação Processing.....	54

Figura 22 – Seção da interface gráfica do ambiente de desenvolvimento do Processing que mostra o momento da instalação da biblioteca Minim (versão 2.2.2) para importação via código no Processing.	55
Figura 23 – Trecho de código fonte da interface do aplicativo ArtInDV desenvolvido na linguagem de programação Processing.....	55
Figura 24 – Escolaridade dos participantes da pesquisa.	64
Figura 25 – Tempo de duração da experiência dos voluntários.	65
Figura 26 – Materiais de desenho mais usados na experiência	66
Figura 27 – Sequência de desenho de P3 para exemplificar a experiência no ArtInDV, com cortes para preservar a identidade do participante.....	68
Figura 28 – Sugestões de melhorias do dispositivo ArtInDV pelos participantes.	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Strings utilizadas na pesquisa de trabalhos relacionados	18
Tabela 2 - Resumo de trabalhos sobre microcontrolador AVR, em ordem cronológica	22
Tabela 3 - Resumo de trabalhos sobre robótica educacional, em ordem cronológica ...	26
Tabela 4 - Resumo de trabalhos sobre iniciativas na aplicação de arte gráfica, desenhos e representação de cores para DVs, em ordem cronológica	60
Tabela 5 - Questionário de avaliação da experiência e categorias consideradas na análise	59
Tabela 6 - Dados dos perfis dos participantes	60
Tabela 7 - Resumo da biografia dos participantes	61
Tabela 8 - Respostas da pergunta “3) O que pode melhorar?”	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARM	Advanced RISC Machine
AVR	Advanced Virtual RISC
DV	Deficiente Visual
DVs	Deficientes Visuais
EVA	Etileno Acetato de Vinila
GB	Gigabytes
GBD	Global Burden of Disease
HD	Hard Disk
IDE	Integrated Development Environment
JAWS	Job Access With Speech
LED	Light Emitting Diode
MDF	Medium Density Fiberboard
NVDA	NonVisual Desktop Access
RAM	Random Access Memory
RFID	Radio Frequency Identification
RGB	Red, Green e Blue
RISC	Reduced Instruction Set Computer
ROM	Read Only Memory
TAM	Technology Acceptance Model
TCLE	Termo de Compromisso Livre e Esclarecido
USB	Universal Serial Bus
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

1. Introdução	13
2. Revisão Bibliográfica	17
2.1 Sobre Microcontrolador AVR	17
2.2 Robótica Educacional	21
2.3 Sobre iniciativas na aplicação de arte gráfica, desenhos e representação de cores para deficientes visuais	24
2.4 Sobre a abordagem educacional explorada	32
3. Descrição da proposta ArtInDV	34
3.1 Motivação	34
3.2 Descrição da Plataforma	38
3.3 Arquitetura da Plataforma	39
3.3.1 Módulo 1: Caixa com Arduino e protoboard	40
3.3.2 Módulo 2: Prancha com papel para desenho	43
3.4 Módulo 3: Softwares Integrados	44
3.4.1 Diagrama de classes	45
3.4.1.1 Função de vocalização do Aplicativo	46
3.4.2 Funcionamento geral do Aplicativo	47
4. Definição e aplicação dos testes	50
4.1 Parâmetros Utilizados	50
4.2 Questionário de avaliação	51
4.3 Perfil dos Participantes	51
4.4 Metodologia de aplicação dos testes	53
5. Análise dos Resultados	56
5.1 Análise dos dados obtidos nos questionários	60
Considerações finais	64
Referências bibliográficas	66
Anexo A – Respostas dos participantes	75
Anexo B – Código embarcado no ArtInDV (IDE Arduino)	95
Anexo C – Codificação do App ArtInDV (Processing IDE)	96
Anexo D – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)	97

1. Introdução

Segundo o relatório *The World Report on Vision* da OMS (2019), hoje há cerca de 2,2 bilhões de pessoas com alguma deficiência visual ou ausência visual plena no mundo, sendo que esta estimativa não leva em conta as deficiências que podem ser corrigidas com o uso de instrumentos óticos específicos (tipo lentes e similares). Além disso, a maior parte dos estudos na área também não considera as situações de comprometimento unilateral da visão. Visto isso, presume-se que o número de pessoas com algum tipo de deficiência visual pode vir a ser ainda maior.

Um tipo de classificação da deficiência visual, que varia entre leve, moderada e grave, pode ser obtida com exames clínicos de acuidade visual do indivíduo. Outra forma de classificação é obtida a partir do grau de constrição do campo visual central, no olho menos atingido pela deficiência, sendo que uma deficiência grave é indicada quando há menos de 20% de acuidade visual e a ausência plena é considerada quando a medida é inferior a 10% (Vale, Oliveira e Scheremeta, 2021).

O estudo *Global Burden of Disease – GBD* (2017) indicou que a deficiência visual e a ausência visual plena despontam como a terceira causa de incapacidade profissional, apresentando impactos significativos na empregabilidade e na qualidade de vida. No Brasil, segundo dados da pesquisa do IBGE (2010), no último recenseamento, 45,6 milhões de brasileiros manifestavam algum tipo de deficiência.

Deste total, cerca de 35,7 milhões possuíam ausência visual plena ou uma deficiência visual. De acordo com os grupos de idade, foi constatado que 7,5% das crianças de 0 a 14 anos de idade apresentavam, pelo menos, um tipo de deficiência visual.

A inclusão educacional das pessoas com deficiências visuais tem se apresentado como um grande desafio, sobretudo, em escolas regulares, locais onde não há o suporte de ferramentas específicas, como impressora Braille para leitura, Thermoform para produção de material com relevo ou mesmo de software leitor de telas (DOSVOX, NVDA, JAWS, entre outros) (Rocha; Moraes; Rezende, 2020).

Na pesquisa bibliográfica sobre os estudos nacionais relacionados ao ensino para deficientes visuais moderados e graves, no período de 2004 a 2014 (Figueiredo; Kato,

2015), foram identificadas diversos elementos que apontam alguns problemas em comum para a efetiva implementação da educação inclusiva, para estes casos, tais como, a escassez de recursos didáticos apropriados, falta do uso da experimentação na escolarização, didática com base somente no visual e despreparo docente (Costa et. al, 2007; Fernandes, 2011).

Vários outros estudos abordaram alguns dos principais problemas existentes para a integração de deficientes visuais no ambiente escolar. Na pesquisa de intermediação de imagens nas aulas de artes (Gross; Nogueira, 2016), foram analisados depoimentos de alunos com deficiência visual do Colégio Pedro II, nas turmas regulares, por meio da recepção de materiais táteis, como reproduções de pinturas em alto-relevo, entre outros.

Nesta pesquisa, os alunos provenientes do Instituto Benjamin Constant, instituição especializada em ministrar aulas para deficientes visuais, localizada no município do Rio de Janeiro, afirmaram que o ensino da arte nesta instituição tem mais foco na música. Desta forma, o contato com as artes visuais representa uma nova oportunidade da fruição do universo de artes para os DVs. Diante deste cenário, os cegos geralmente não possuem a vivência em desenhar, como pegar em giz de cera, lápis de cor, sentir as texturas e os sons do contato com estes objetos no papel.

Ainda no contexto escolar, vislumbra-se que a robótica voltada para a educação tem se consolidado como uma ferramenta pedagógica com potencial para incentivar a participação de alunos em diversas atividades diferentes, como pode ser visto em trabalhos, tais como, o DuinoBlocks for Kids (Queiroz; Sampaio, 2016), no qual foi desenvolvido um ambiente de programação em blocos, representados visualmente, voltado ao ensino de conceitos básicos de programação a crianças do Ensino Fundamental I.

Outra importante iniciativa foi o desenvolvimento do RoboDIL (Recurso ROBótico para DIsLéxicos) (Monsores; Quadros, 2020) em que o uso de um robô móvel sobre tabuleiro com símbolos auxiliava na identificação de letras, sílabas e palavras, com estímulos visual e auditivo para o ensino de alunos com dislexia.

No ensino de robótica para deficientes visuais, também despontaram projetos com o intuito de possibilitar a inclusão no aprendizado, como a atividade de extensão The ImagineIT workshop para adolescentes cegos, que fazia uso de kits de programação

e robótica da Lego Mindstorms NXT (Ludi e Reichlmayr, 2008), como parte do projeto Accessible Computing Education – ACE.

No Brasil, foi desenvolvido o CardBot (Barros, 2017) que usava cartões físicos geométricos, no qual cada um representava uma ação para programar um robô, reconhecida por um QR Code e lido por aplicativo de celular para auxiliar os DVs. **Outro exemplo foi o GoDonnie (Oliveira, 2017), desenvolvido com a linguagem de programação GoDonnie, com base na linguagem Logo. O projeto permitia feedbacks sonoros sobre a movimentação do robô para o aluno cego.**

Ao utilizar recursos computacionais na aprendizagem, a proposta da robótica educacional está em sintonia com a Teoria Construcionista de Seymour Papert (Santos; Lima, 2018), desenvolvida a partir da Teoria Construtivista de Piaget. Nesta abordagem, Papert (1996) tinha como proposição cinco dimensões como base do Construcionismo: pragmática, sintônica, sintática, semântica e social.

A partir do contexto apresentado, constatou-se que um problema observado é de não existir recursos ou plataformas que possibilitem aos DVs desenhar, com auxílio de seus outros sentidos, na elaboração de artes livres. Percebe-se que a ausência de recursos desta natureza acaba colaborando para a exclusão escolar destes indivíduos, que não conseguem mostrar suas capacidades em artes.

Para atuar como auxílio à inclusão escolar e reduzir as dificuldades existentes no meio educacional dos cegos, foi criada a proposta do ArtInDV – Arte Inclusiva para Deficientes Visuais. **O objetivo principal diz respeito a disponibilizar uma plataforma robótica que permita fornecer aos DVs recursos de apoio, com a vocalização de cores, para se expressarem** através do desenho de forma lúdica e sensorial.

Com o ArtInDV, o DV pode escolher diferentes materiais de desenho em recipientes, identificando as cores correspondentes, por meio do pressionamento de botões, dispostos em uma caixa de madeira no qual está o hardware principal. O dispositivo apresenta conexão com um computador, que, com um aplicativo, permite a vocalização das cores disponíveis, que, no caso deste experimento inicial, foram cinco cores: verde, vermelho, amarelo, azul e laranja. O ArtInDV permite também acoplar uma prancha de desenho, no formato A3, com a qual o DV pode desenhar livremente, utilizando os recursos da plataforma.

Uma das contribuições do projeto é a possibilidade do uso do ArtInDV em escolas que possuam alunos DVs ou em associações especializadas no suporte aos cegos para ampliar a experiência da arte de desenhar a um número maior de pessoas, contribuindo para ultrapassar as barreiras limitantes impostas pela falta de visão total ou parcial.

Diversos estudos comprovaram que os DVs são capazes de desenhar, se forem incentivados desde a infância, com resultados semelhantes a videntes (Lev-Wiesel, Aharoni e Bar-David, 2002). Miller (1991) concluiu em suas pesquisas que a falta de oportunidade de desenhar aos DVs acabava por impedir o desenvolvimento de habilidades cognitivas para representar conceitos tridimensionais.

Além disso, Kirby e D'Angiulli (2011) também destacaram a plasticidade multimodal do cérebro em DVs congênitos na infância, que mobilizavam o córtex visual para aprimorar o processamento háptico, por meio de desenhos em relevo em folhas de plástico, contribuindo para potencializar novas capacidades sensoriais e cognitivas.

Essas pesquisas reforçam a importância do dispositivo do ArtInDV, que pode proporcionar, além de uma experiência lúdica e sensorial para desenhar, a oportunidade de desenvolver habilidades cognitivas e espaciais, que são fundamentais para o cotidiano dos DVs, não só na infância, mas também na vida adulta.

Essa dissertação está dividida em cinco capítulos. No primeiro, a introdução traz uma contextualização do tema e as proposições da pesquisa. No capítulo 2, a revisão bibliográfica apresenta os trabalhos relacionados segundo temas importantes para a elaboração da pesquisa, como os microcontroladores AVR, robótica educacional, iniciativas sobre desenhos e representação de cores para DVs.

O capítulo 3 aborda os detalhes e especificações do projeto ArtInDV, como a motivação, a abordagem educacional, os módulos que compõem o dispositivo, a arquitetura e o software desenvolvido para a solução. No quarto capítulo, são descritos os parâmetros estabelecidos para os testes do dispositivo, questionário de avaliação, perfil dos participantes e descrição das testagens. O último capítulo apresenta os resultados e as análises obtidas com os participantes da pesquisa.

Nos anexos, são apresentadas as respostas dos participantes da pesquisa ao questionário aplicado após a experiência, os códigos do sistema embarcado, a

codificação do aplicativo ArtInDV e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E BASE TEÓRICA

Conforme pode ser visto na Tabela 1, procurou-se trabalhos com temas associados ao desenvolvimento do ArtInDV: uso de instrumentos de automação ou robótica (com ênfase em recursos que utilizavam microcontroladores AVR); uso da abordagem da robótica educacional, buscando ferramentas robóticas usadas em atividades **escolares em geral** e nas iniciativas **voltadas especificamente à inclusão de DVs**. Além disso, também foram pesquisadas atividades de desenho para DVs, iniciativas de sistemas de cores para cegos e projetos de arte para este público.

A Tabela 1 mostra as strings utilizadas para busca em plataformas acadêmicas, tais como, Portal Café, IEEE, Scopus, Google Scholar. Na pesquisa de revisão bibliográfica, não foi encontrado nenhum trabalho de robótica direcionado, **de forma direta**, ao DV e à atividade de desenho, **conforme** é a proposta do ArtInDV.

Em Inglês	Em Português
“Arduino Uno” or “ATmega328” or “robotics”	“Arduino Uno” ou “ATmega328” ou “robótica”
“visually impaired” or “blind” or “disabled”	“deficiente visual” ou “cego” ou “deficiente”
“educational” or “education”	“educacional” ou “educação”
“draw” or “drawing” or “art”	“desenho” ou “arte”

Tabela 1 - Strings utilizadas na pesquisa de trabalhos relacionados. Fonte: autora.

2.1 Sobre Microcontrolador AVR

A plataforma desenvolvida tem como base o uso da robótica, com adição de conhecimentos em eletrônica, automação, programação e matemática. A robótica pode ser considerada um ramo multidisciplinar que aborda sistemas compostos por partes mecânicas e eletrônicas, que podem ser móveis ou fixas, programadas para executar atividades específicas, assim sendo, os robôs são constituídos por módulos mecânicos e motorizados, controlados por circuitos integrados (Quadros *et al.*, 2016). Graças a

propagação de novas interfaces para microcontroladores, que possuem valores mais acessíveis e de fácil operação, foi possível haver desenvolvimento mais aberto para novos recursos robóticos (Quadros *et al.*, 2016).

Entre as opções mais difundidas de interfaces disponíveis no mercado, existe maior destaque na interface Arduino, que pode ser definido como plataforma de computação física ou embarcada com propriedades de interagir com seu ambiente por meio de hardware e software (McRoberts, 2011).

Criado em 2005, o Arduino é uma plataforma de código aberto que permite receber e enviar informações para dispositivos eletrônicos, inclusive pela internet (Banzi, 2009; Badamasi, 2014). A parte de hardware da plataforma é composta pela placa de desenvolvimento Arduino e o microcontrolador, que pode variar de acordo com o modelo da placa, além da opção de diversos complementos.

O software para programação desta interface é o Arduino IDE (Integrated Development Environment) que utiliza um ambiente de programação baseado na linguagem de programação C++, também conhecida como Sketch (Banzi, 2009). Por apresentar uma boa relação custo-benefício e facilidade na programação, o Arduino se popularizou entre professores, estudantes, artistas, amadores e criadores de projetos de robótica em diferentes áreas (Louis, 2016; Kondaveeti *et al.*, 2021). Em Badamasi (2014) vê-se que os principais componentes de uma placa de Arduino geral, conforme apresentado na Figura 1, são:

- (1) *Plug* USB – permite fazer o upload da programação para o microcontrolador e possui potência de 5V que também funciona para alimentar a placa;
- (2) Fonte de alimentação externa – que é dedicada a alimentar a placa com tensão de 9 a 12 volts;
- (3) Botão Reset – possibilita reiniciar o microcontrolador;
- (4) Microcontrolador – dispositivo que recebe e envia informações para o circuito;
- (5) Pinos Analógicos (0-5) – pinos de entrada analógica de A0 a A5;
- (6) Programador serial *In-Circuit* – fonte para carregar o programa;
- (7) Pinos terra digitais e analógicos;
- (8) Pinos de alimentação – 3,3V e 5V.

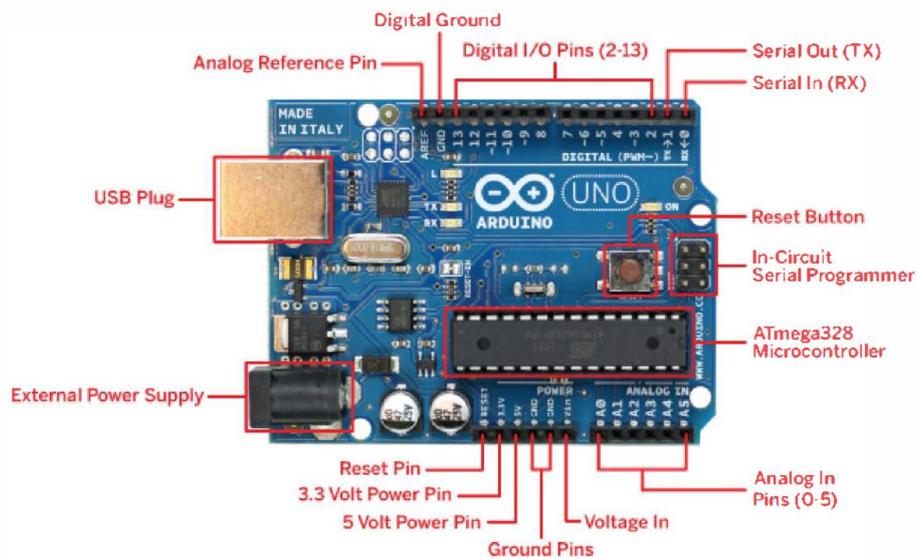


Figura 1 – Principais componentes da placa de Arduino (Badamasi, 2014).

Existe uma variedade de modelos de placas baseadas na tecnologia Arduino. No trabalho de Kondaveeti *et al.* (2021), verificou-se 130 estudos publicados entre 2005 e 2020, que mapearam as quatro variações mais utilizadas, sendo elas: Arduino UNO, Arduino Due, Arduino Mega e Arduino Nano. Essas interfaces examinadas no trabalho de Kondaveeti *et al.* (2021) podem ser vistas na Figura 2.

O modelo UNO utiliza o microcontrolador ATmega328p (Banzi; Shiloh, 2014) sendo o mais popular no mercado. Com capacidade de memória de 32KB para programas e 2KB de RAM e custo bem baixo (em comparação com outras interfaces).

As outras placas vistas, tais como, a Arduino Due, que possui microcontrolador ARM, com dimensões maiores e um custo mais elevado; a Arduino Mega, com o ATmega2560 de 256KB de memória ROM e 8KB de RAM e grandes dimensões, e a Arduino Nano, com o mesmo microcontrolador do UNO, com tamanho reduzido, mas que exige maiores conhecimentos de eletrônica para manipulá-la, não se mostraram adequadas aos propósitos do ArtInDV.

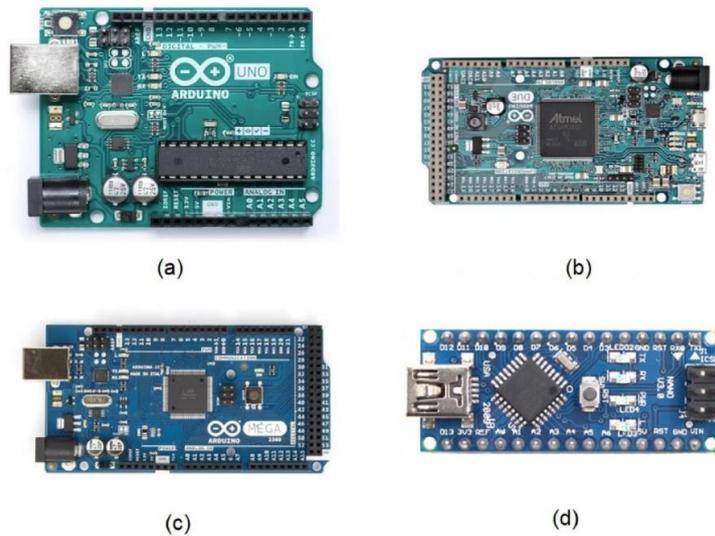


Figura 2 - Diferentes modelos de interfaces vistas em Kondaveeti *et al.* (2021):
 (a) Arduino Uno, (b) Arduino Due, (c) Arduino Mega e (d) Arduino nano

Kaswan *et. al* (2020) descreveram algumas das principais áreas em que são utilizadas aplicações desenvolvidas com a plataforma Arduino:

- (1) automação residencial – sistema de controle de diversas atividades, como sensores de movimento e de temperatura, acendimento de luzes e abertura de portas;
- (2) defesa – sistema de radar que detecta altitude, direção e velocidade de objetos que pode ser usado para defesa militar e também no tráfego aéreo;
- (3) indústria – automação de processos, controle de máquinas, prototipagem, coleta de dados e impressão 3D;
- (4) controle de tráfego – monitoramento do tempo e sincronia de sinais de trânsito e de pedestres;
- (5) medicina – controle e monitoramento de sinais vitais, automação de máquinas, termômetro, exames como eletroencefalograma;
- (6) laboratórios – prototipagem de circuitos e cabos, controle de máquinas, medição de temperatura;
- (7) controle corporal – monitoramento de batimentos cardíacos e de respiração, medição de temperatura, movimento e contração muscular;
- (8) espaço aéreo – controle de drones e integração de veículos por rádio controle;

(9) automação de veículos – sistema de controle com sensor de movimento e obstáculos.

Na pesquisa de Kondaveeti *et al.* (2021), realizou-se um levantamento sobre algumas vantagens de desenvolver protótipos com o uso da plataforma, tais como, o baixo custo do hardware; o IDE-Sketch rodar em vários sistemas operacionais e possuir um ambiente de desenvolvimento simples; ser essa interface de baixo consumo energético e permitir um processo rápido de prototipagem, com uso de diversos sensores e atuadores diferentes. A Tabela 2 apresenta um resumo dos trabalhos associados ao AVR utilizados nessa dissertação.

Autores e título do trabalho	Assunto
BANZI, M. (2009). Getting Started with arduino.	Definição e características do Arduino
MCROBERTS, Michael. (2011). Arduino Básico.	Definição e características de Arduino
BANZI, M.; SHILOH, M. (2014). Getting started with Arduino: the open source electronics prototyping platform.	Microcontrolador da placa Arduino UNO
BADAMASI, Y. (2014). The working principle of an Arduino.	Componentes da placa de Arduino UNO
QUADROS, João. <i>et al.</i> (2016) Desenvolvimento de uma Ferramenta de Ensino Utilizando Conceitos de Robótica e Programação.	Robótica
KASWAN, K. <i>et al.</i> (2020). Role Of Arduino In Real World Applications.	Áreas de aplicação do Arduino
KONDAVEETI, H. <i>et al.</i> (2021). A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations.	Vantagens do Arduino e modelos de placas

Tabela 2 - Resumo de trabalhos sobre microcontrolador AVR, em ordem cronológica.

Fonte: autora.

2.2 Robótica Educacional

A utilização da robótica na educação tem se consolidado como um recurso pedagógico lúdico com potencial para incentivar a participação de alunos nas atividades. Em diferentes áreas, várias iniciativas já trabalharam com instrumentos da robótica em sala de aula e em projetos de extensão. Monsorens *et al.* (2022) descreveram o uso da robótica como ferramenta pedagógica lúdica no projeto desenvolvido em turmas do ensino fundamental em escolas no Rio de Janeiro.

Nesse trabalho, viu-se que os professores aproveitaram o interesse de um grupo de alunos sobre o tema para desenvolver um robô, movimentado por rodas, com a placa Arduino Uno e, usando os princípios da Psicologia Gestalt, que enfatiza a experiência como base fundamental para a percepção, foram desenvolvidas diferentes ferramentas.

Já Atilgan e Gürman (2020) desenvolveram materiais lúdicos com áudio para facilitar o ensino de música no segundo grau, na escola Bolvadin Anadolu İmam Hatip Lisesi, na Turquia. Com base na plataforma Arduino, foram criados diversos artefatos, entre os quais, uma caixa que reproduzia som por toque em frutas, cartões com identificação de ritmo e de tipo de instrumento, um tapete com teclado de piano e um painel de percussão por toque. Os materiais foram analisados por 10 professores de música que consideraram os produtos adequados ao currículo escolar.

Com o intuito de estimular o ensino de física no ensino médio, Silveira e Girardi (2017) descreveram a elaboração do Fotoduino, que é um kit experimental, desenvolvido com Arduino, para demonstrar o efeito fotoelétrico e um pico-amperímetro com amplificador operacional de alta impedância.

A plataforma foi composta por um conjunto de lâmpadas com LEDs, grade e placa integrados em uma caixa metálica com entrada USB para comunicação com computador. A interface foi desenvolvida com Processing para acesso em computadores e dispositivos móveis. O kit pode ser replicado em escolas de ensino médio, devido ao baixo custo do equipamento.

Também com esforços para integrar o uso da robótica no ensino de física, Castro (2016) desenvolveu três artefatos de baixo custo desenvolvidos com a plataforma Arduino e o Processing.

O primeiro projeto foi o Oscilador Harmônico Amortecido que permitia medições em uma escala temporal da posição instantânea da posição de uma régua. Um paquímetro da marca Starret modelo 125MEB foi usado para efetuar a leitura de distância entre a régua e a protoboard.

O segundo projeto foi a Estação Meteorológica que usou o sensor BMP180 para realizar a leitura de dados referentes à pressão atmosférica e à altitude absolutas, corrigidas em relação ao nível do mar e à temperatura ambiente. As medições foram realizadas por alguns dias como forma de comprovar o correto funcionamento do dispositivo.

O terceiro experimento de Castro (2016) foi uma Analogia funcional de um acelerador de partículas. Para efeitos didáticos, foi utilizado a aceleração de uma esfera por campo magnético dentro de um tubo plástico transparente e flexível, fechado em forma de círculo. Os três projetos de robótica foram aplicados com sucesso em uma turma com doze alunos de uma escola pública no Rio de Janeiro.

Aliando conhecimentos de física e de programação, Andrade *et al.* (2018) desenvolveram um teclado musical elétrico de baixo custo, construído com a reutilização de materiais e a plataforma Arduino. O projeto foi realizado em uma escola pública no terceiro ano do ensino médio/técnico em informática, em João Pessoa.

Além dos projetos de robótica na educação, há ainda iniciativas que são destinadas especificamente para oferecer a inclusão de deficientes nas atividades pedagógicas em diferentes áreas.

Com o objetivo de incentivar a participação de alunos cegos do ensino médio na robótica, Howard *et al.* (2012) elaboraram um projeto com suporte desde a elaboração do código até a movimentação dos robôs. Embutido no software Bricx Command Center (BricxCC), foi criado um tutorial interativo, com áudio ajudando o deficiente visual sobre os comandos de programação e um instrutor virtual, chamado Robbie, que fazia perguntas e ajudava na elaboração do código.

A partir do kit Lego Mindstorms NXT, foi construído um robô que fornecia feedback háptico sobre a movimentação com o controle do console Wii (Wiimote) e feedback sonoro gerado pelo alto-falante do computador.

Em outro projeto voltado à inclusão de DVs na robótica educacional, Kakehashi *et al.* (2014) desenvolveram a ferramenta P-CUBE, que era composta por um robô móvel, um tapete de programação, blocos de programação e um computador.

O tapete de programação era produzido em madeira com 30 furos com leitores de RFID, dispostos em três colunas e dez linhas. Nestes espaços, eram colocados os blocos de programação, equipados com etiquetas RFID e feitos em madeira, com material tátil na superfície, como EVA, borracha e papel de desenho.

Também com foco no ensino de robótica para alunos com deficiência visual, Barros *et al.* (2017) desenvolveram o Cardbot 2.0, que permitia que o professor criasse diferentes comandos para programar os robôs móveis com o kit Lego Mindstorms NXT.

Em mais uma proposta de inclusão de DVs nas atividades de robótica, Oliveira (2017) desenvolveu a linguagem de programação GoDonnie, com base na linguagem Logo. A GoDonnie devia ser executada no ambiente Donnie, que permitia feedbacks sonoros sobre a movimentação do robô para o aluno cego.

A linguagem foi desenvolvida com sintaxe em português para ambiente Linux que oferece o Orca como leitor de telas. Além disso, também foi elaborado um mapa tátil com um objeto para representar o robô. Desta forma, o DV poderia prever o deslocamento do robô sobre o ambiente.

Para auxiliar no ensino de física, Silveira *et al.* (2018) apresentaram o resultado de dois experimentos desenvolvidos com Arduino e Processing sobre frequências ondulatórias invisíveis e inaudíveis de som e de luz. No trabalho, foi possível propiciar aos alunos com deficiência visual e auditiva a oportunidade de compreender estes fenômenos, já que distâncias foram transformadas em som por meio do buzzer e a frequência inaudível foi representada pelo acendimento de LEDs coloridos.

Ainda no ensino de física para estudantes com deficiência visual, Cordova *et al.* (2018) desenvolveram o projeto com Arduino em que as temperaturas são audíveis para facilitar as práticas de termometria nas aulas de física. O protótipo do audiotermômetro reproduzia arquivos de som, via fone de ouvido ou caixas de som acopladas a um computador. A medição da temperatura é realizada por meio de um sensor digital.

Outra atividade de inclusão para alunos cegos no ensino de física foi o desenvolvimento de ohmímetro adaptado com Arduino Nano. Almeida *et al.* (2020) aplicaram um experimento nas aulas da disciplina de Práticas Pedagógicas no Ensino de

Física II em uma Universidade pública. A motivação do projeto surgiu devido ao fato de resistores tradicionais apresentarem código de cores para identificar a resistência e tolerância e os ohmímetros comerciais mostrarem dados por meio tela, o que inviabiliza o uso desses dispositivos por **cegos**. No ohmímetro adaptado, após acionamento de um botão, a leitura do resistor foi indicada pelo buzzer, que sinalizava a sequência que representa a primeira casa decimal. O mesmo procedimento devia ser repetido até a leitura da última casa decimal.

Em mais uma iniciativa para inclusão escolar na física, Benites e Silveira (2020) relataram resultados de projetos realizados com crianças de 5 a 10 anos com deficiência auditiva. Os alunos surdos puderam sentir a música por meio de movimentos e vibrações de um robô com Arduino e o uso de cores no aplicativo Scratch em um iPad. Deste modo, foi possível oferecer uma experiência com a qual as crianças não estão acostumadas devido às limitações auditivas.

A tabela 3 apresenta um resumo de todos os trabalhos relacionados à robótica educacional que **foram importantes nas definições** das metodologias e inovações dispostas no projeto do ArtInDV.

Autores e título do trabalho	Assunto
HOWARD, A. <i>et al.</i> (2012). Using Haptic and Auditory Interaction Tools to Engage Students with Visual Impairments in Robot Programming Activities.	Robótica e programação para DVs
KAKEHASHI, S. <i>et al.</i> (2014). Improvement of P-CUBE: Algorithm education tool for visually impaired persons.	Robótica e programação para DVs
CASTRO, Luis. (2016). O uso do Arduino e do Processing no ensino de Física.	Robótica no ensino de física
BARROS <i>et al.</i> (2017). CardBot: assistive technology for visually impaired in educational robotics: experiments and results.	Robótica e programação para DVs
SILVEIRA, Sérgio; GIRARDI,	Robótica no ensino de física

Maurício. (2017). Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio.	
ANDRADE et. al. (2018). A robótica livre e o ensino de física e de programação: desenvolvendo um teclado musical eletrônico.	Robótica no ensino de física
CORDOVA <i>et al.</i> (2018). Audiometer: um termômetro para a inclusão de estudantes com deficiência visual.	Robótica no ensino de física para DVs
SILVEIRA <i>et al.</i> (2018). Proposta didático experimental para o ensino inclusivo de ondas no ensino médio.	Robótica no ensino de física para DVs
OLIVEIRA, J. <i>et al.</i> (2019). GoDonnie: A Robot Programming Language to Improve Orientation and Mobility Skills in People Who are Visually Impaired.	Robótica e programação para DVs
ALMEIDA <i>et al.</i> (2020). O ensino de resistores para deficientes visuais, por meio do uso de Arduino.	Robótica no ensino de física para DVs
ATILGAN, Duygu; GÜRMAN, Ümit. (2020). Material design in music education using Arduino platform.	Robótica no ensino de música
BENITES, C.; SILVEIRA, I. (2020). Utilizando robótica para permitir a experiência musical de crianças surdas por meio da vibração: visão prática.	Robótica no ensino de física para deficiente auditivo
MONSORES, Jomar <i>et al.</i> (2020). Technology and Gestaltism: A Robotic-Based Learning Aid Tool.	Robótica no ensino fundamental

Tabela 3 - Resumo de trabalhos sobre robótica educacional, em ordem cronológica.
Fonte: autora.

2.3 Sobre iniciativas na aplicação de arte gráfica, desenhos e representação de cores para deficientes visuais

De um modo geral, as atividades de desenho ou arte gráfica são associadas ao sentido da visão e promover meios que permitam a deficientes visuais de exercerem essas atividades contribui para a inclusão escolar dos mesmos.

Visando tratar de aspectos dessa inclusão no ensino, Neto e Alves (2016) descreveram o experimento efetuado na escola estadual em Natal-Brasil, com uma turma do 7º ano, envolvendo 27 estudantes, de 12 a 16 anos.

Nessa turma existiam duas estudantes com ausência visual plena e um surdo-cego. Foram oferecidas 10 oficinas com didáticas multissensoriais. Nos encontros foram aplicadas sessões com objetos de cotidiano para exercícios de exploração tátil, com vistas a construção de maquetes com diferentes ambientes, além de representação corporal e desenho tátil-visual.

As atividades foram executadas de forma individual, em dupla e também coletiva. Na produção de desenhos em relevo, os alunos sem problemas visuais utilizaram vendas e compartilharam as dificuldades dos que possuíam deficiência visual plena.

Em outra atividade, Silva e Ventorini (2018) relataram uma experiência executada em uma escola privada, em Belo Horizonte, com seis alunos cegos do 7º ano. Com o intuito de abordar conceitos cartográficos, os estudantes fizeram desenhos para representar o trajeto de suas casas até a padaria mais próxima.

Todos usaram a mão direita para segurar a caneta e a esquerda para acompanhar o traçado. Além da disposição espacial dos lugares no mapa, os alunos contaram que também usavam sons, vozes e odores para se orientarem.

Essa experiência fez uso da perspectiva sócio-construtivista (Vygostky, 2001) que considera o ambiente e a relação do indivíduo com a sociedade em que está inserido. Outra noção aplicada no trabalho foi a importância do desenho para a criança cega conseguir expressar suas imagens mentais (Duarte, 2009; Ventorini, 2009).

Também visando a inclusão de alunos deficientes visuais na geografia, Medeiros e Pereira (2019) apresentaram a utilização de um recurso de cartografia tátil, em uma escola pública de Santa Maria, no Rio Grande do Sul.

O estudo envolveu duas professoras de geografia e uma de educação especial na adaptação de mapas para serem experimentados por dois alunos cegos. Com a mediação das professoras e aula individualizada a cada aluno, os mapas eram elaborados com diferentes materiais para proporcionar a compreensão dos conceitos de geografia por meio do tato.

No ensino de matemática para deficientes visuais, o trabalho de Lirio (2006) apresenta a iniciativa realizada com duas estudantes cegas da 8ª série de escolas regulares no Rio de Janeiro. Foram realizados 12 encontros, divididos em duas etapas. Na primeira, foi trabalhada conceitos de geometria, com figuras geométricas em EVA e o uso de geoplano.

Na segunda fase, foi enfatizado uso do Desenhador Vox (Borges; Jensen, 2002), software integrante do produto Dosvox. O Desenhador Vox foi elaborado para o deficiente visual poder desenhar a partir de uma biblioteca de figuras prontas, que podem ser escolhidas com as setas do teclado e movimentadas por meio de coordenadas.

Ainda para auxiliar na inclusão em matemática, o trabalho de Uliana (2013) mostrava a construção de um kit de “plano cartesiano de metal”, com materiais de baixo custo, como arame, ímãs, entre outros, e indicações em braile dos eixos X e Y. O material foi aplicado por dois professores de matemática com três estudantes cegos de escolas públicas em Rondônia.

Com o kit, foi possível construir figuras geométricas planas e representações gráficas de funções, diferenciar de forma tátil uma figura convexa e côncava e representar posições de retas e planos.

Outra iniciativa para promover a inclusão escolar em ciências, foi apresentada na pesquisa de Jesus *et al.* (2020) para alunos cegos. Nesse estudo, foi desenvolvido um jogo da memória estelar, criado com base no jogo Bingo das estrelas, que oferecia uma forma lúdica e tátil para deficientes visuais compreenderem conceitos de astronomia.

Como representação de formas geométricas, no trabalho de Abreu e Garcia (2015) desenvolveu-se um traçador gráfico, que é um dispositivo que possibilitava a

impressão em papel de alta gramatura. Desta forma, os sulcos do traçado podiam ser percebidos por meio do tato no verso deste papel.

O ambiente utilizado foi o SuperLogo que permitia o desenho de formas geométricas no computador. Para realizar esta atividade, o aluno DV também aprendeu comandos de programação. O dispositivo foi utilizado em uma escola especial para deficientes visuais e auditivos no município de Araras, em São Paulo.

Também para trabalhar a identificação de formas geométricas para DVs, Espinosa-Castañeda e Medellín-Castillo (2022) propuseram uma solução tátil digital para gerar representações mentais de objetos virtuais.

Com a realidade virtual, os pesquisadores desenvolveram duas aplicações voltadas à inclusão de crianças cegas: Tato Fácil (ensino de geometria) e Tato Difícil (ensino de arte).

Após o período de familiaridade com o sistema, os alunos podiam sentir as formas geométricas (cubo, esfera, cilindro e cone) por meio de feedback háptico no Tato Fácil. Já no Tato Difícil, as crianças cegas usavam os sentidos táteis para reconhecer obras arquitetônicas (Torre Latinoamericana, Torre Eiffel e Pirâmide de Chichen Itzá) com riqueza de detalhes nas formas.

No desenvolvimento das aplicações, foram utilizados os softwares “ClayTools” e “Blind Art”, com o dispositivo háptico “Phantom Omni” da Geomagic. As aplicações foram testadas por seis alunos no Instituto para Cegos de San Luis Potosí, no México.

O trabalho de Veras e Ferreira (2022) pesquisou como ocorre o processo de compreensão de imagens adaptadas com recursos táteis por estudantes com deficiência visual plena. Nesse trabalho, relatou-se experiências realizadas com estudante de uma escola pública estadual de Recife.

Em relação ao estímulo de crianças cegas desenharem desde a infância, Kirby e D’Angiulli (2011) defenderam a importância da introdução de atividades hápticas na escola. Vários estudos demonstraram que crianças com cegueira congênita identificaram com maior precisão figuras com linhas em relevo do que estudantes videntes vendados (Pathak e Pring, 1989).

Além disso, a partir da análise de diversos autorretratos, Lev-Wiesel, Aharoni e Bar-David (2002) também sugeriram que indivíduos cegos podem desenhar e

desenvolver trabalhos artísticos semelhantes aos videntes, se tiverem incentivo a estas atividades desde cedo.

Evidências dos benefícios do desenho em relevo para cegos também foram reforçados por Miller (1991) que afirma que a falta de oportunidade da experimentação com desenho usando diversos materiais não ajuda a desenvolver as habilidades necessárias para representar conceitos tridimensionais.

Com base nestas pesquisas, Kirby e D'Angiulli (2011) destacaram a plasticidade multimodal do cérebro já que deficientes visuais congênitos parecem mobilizar o córtex visual para aprimorar o processamento háptico. Desta forma, desenhos em relevo em folhas de plástico estimulam o tato das crianças cegas e contribuem para o desenvolvimento de habilidades para representações de desenhos tridimensionais, mesmo sem a memória visual.

Outro experimento voltado ao estudo de investigar a capacidade de desenhar em crianças cegas foi realizado por Vinter *et al.* (2018). A pesquisa envolveu 148 crianças (38 cegas, 41 com baixa visão e 69 videntes), entre 6 e 14 anos, que fizeram 12 desenhos de objetos com o kit suíço de linhas em relevo (folhas plásticas).

Entre as crianças com visão normal, uma parte desenhou normalmente e outra usou vendas com material háptico para desenhar. Estudos anteriores já tinham demonstrado que DVs são capazes de interpretar e produzir figuras com material háptico ou tátil (como Thermoform, texturas ou linhas em relevo) com indicação correta das linhas e dos contornos (Miller, 1991; D'Angiulli, 2007).

Desta forma, os sistemas visuais e hápticos podem oferecer informações equivalentes sobre os contornos e propriedades espaciais dos objetos (Kennedy, 1993). Vinter *et al.* (2018) constataram que os três grupos apresentaram habilidade para desenho, embora as figuras sejam menos reconhecíveis conforme o grau de capacidade de visão e o nível de prática no ato de desenhar.

Os resultados indicaram que quanto mais cedo for introduzida a atividade de desenho ao deficiente visual, melhor será o desenvolvimento das suas habilidades cognitivas e espaciais.

Também sobre a capacidade de desenhar sem a visão, Kennedy (2014) abordou as ilustrações de EW, uma artista que participou da exposição “Just Imagine”, realizada

em Kelowna, no Canadá, em 2013. As gravuras foram produzidas por meio de um kit de desenho de linha em relevo com folha de plástico.

Sobre a música ser parte integrante dos desenhos, EW declarou que o som pode ser metafórico para quem enxerga, mas a vibração sonora é algo literal para o cego. A partir dos trabalhos de EW, Kennedy (2014) afirmou que os desenhos de DVs podem ser realísticos e usar recursos sofisticados, como perspectiva, além apresentar riqueza de detalhes a partir de diferentes percepções sensoriais.

Com o intuito de investigar como DVs efetuavam a leitura tátil de gravuras, Bardot *et al.* (2017) realizaram um teste com seis cegos e seis videntes vendados que exploraram cinco tipos de diagramas em relevo: desenhos comuns, figuras em perspectiva, gráficos matemáticos, mapas de locais da vizinhança e mapas geográficos.

Em termos gerais, o desempenho dos grupos foi semelhante (52% de acertos), porém os DVs foram melhores na identificação de mapas. Já os videntes foram melhores nas respostas em desenhos. Os resultados refletiram a maior experiência dos cegos com mapas, enquanto a memória visual dos videntes também ajudou no reconhecimento dos desenhos.

Em relação à identificação de cores, há uma grande dificuldade de DVs de reconhecerem as tonalidades no cotidiano. Por este motivo, existem vários projetos de tecnologia assistiva que auxiliam nesta atividade.

Sharma *et al.* (2017) desenvolveram uma solução para possibilitar a identificação de cores para cegos e daltônicos. O dispositivo era composto por Arduino Uno, bateria (5 V), display LCD, sensor de cores RGB TCS3200, módulo conversor de texto para voz (em inglês) e buzzer. Desta forma, o dispositivo foi capaz de detectar a cor, que era vocalizada para o usuário.

Em outro projeto semelhante, Pereira *et al.* (2017) elaboraram uma proposta com Arduino Nano, sensor de cores RGB TCS3200-TCS3200, bateria (5V), buzzer e mini motor para vibração.

A identificação da cor era efetuada pela combinação de arranjos sonoros (bip curto e longo) e vibratórios (vibração curta e longa). Para facilitar o processo, foi elaborada uma tabela para o deficiente visual. Como o dispositivo era portátil e de baixo custo, a solução podia ser aplicada em diversas situações.

Existem também diversas iniciativas de elaboração de sistema de cores com identificação tátil para auxiliar os cegos no dia a dia. O trabalho de Feelipa (Pires, 2011) realizou a associação das três cores primárias com figuras geométricas: vermelho com quadrado, amarelo com triângulo e azul com um círculo.

A associação de cores era representada pela combinação de outras figuras geométricas. As cores preta, cinza e branca eram apresentadas com traços. Cores especiais, resultantes de redução ou acréscimo de preto ou branco, possuíam traços para sinalizar a tonalidade. Adesivos em alto relevo podiam ser aplicados em roupas e objetos que auxiliavam na orientação dos deficientes visuais, como pode ser observado na Figura 3.

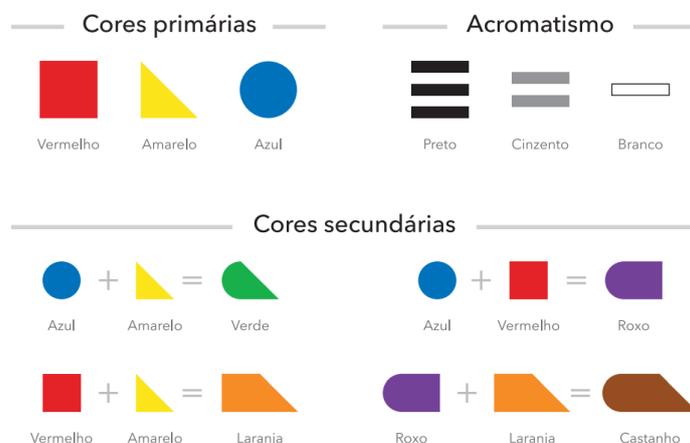


Figura 3 - Código de cores Feelipa. Fonte: https://feelipa.com/live/wp-content/uploads/Feelipa_Color_Code-Explicação-PT.pdf

No sistema de cores para DVs, criado por Baklanov (2014), associou-se texturas com o objeto original identificado. Por exemplo, a cor laranja apresentava uma textura semelhante à casca da fruta. Entre as nove cores do sistema, podem ser citadas, a verde – com textura que simulava a casca do pepino; a azul – com ondas que remetiam ao mar e o marrom – com padrão que lembrava alvenaria.

No levantamento feito por Oliveira *et al.* (2017), foram citados outros sistemas de cores desenvolvidos para DVs, como o Minardi (1994) com formas geométricas; o Vankrinkeltdt (2003) com pontos representando formas geométricas como no Braille; o Anczurowski (1987) com sobreposição de linhas paralelas entre si.

O trabalho de Marchi *et al.* (2022) apresentou o sistema “See Color” (Figura 4), com sinalização em relevo, composta por um ponto na posição central e duas linhas,

com angulações que seguem a lógica do relógio com apenas um ponteiro, permitindo a variação cromática de 104 cores. Além disso, havia outra linha fixa na parte inferior. A identificação podia ser usada com adesivos ou costura em relevo em roupas e nos mais diversos objetos.



Figura 4 - Sistema “See Color”. Fonte: <https://seecolor.com.br>

Em relação à fruição estética de obras de arte e cores para cegos, também foram pesquisados estudos em áreas correlacionadas.

No trabalho de Cho (2021), realizou-se um levantamento de iniciativas que oferecem a apreciação de obras com recursos multissensoriais para deficientes visuais. O autor enumerou vários museus que já implantaram réplicas com impressão 3D das obras para serem experimentadas de forma tátil pelos cegos, como o Metropolitan Museum of Art, em Nova Iorque, o The Art Institute of Chicago.

Entre os projetos que trabalham expressões de cores em arte para cegos, Cho *et al.* (2021) desenvolveram o ColorPictogram. O projeto transformava as obras em um pictograma de cores tátil com padrão geométrico em relevo usando diferentes texturas para o cego identificar as cores da obra com as mãos. Foram desenvolvidos três padrões de pictogramas para representar cores primárias, secundárias e terciárias, além indicar a matiz, intensidade e brilho destas cores.

Em outra iniciativa, Cho *et al.* (2020) criaram dois códigos de sons para expressar cores vivas e brilhantes e também escuras, abrangendo vermelho, laranja, amarelo, azul, verde e roxo. As notas rápidas representavam amarelo ou laranja e as notas lentas reproduziam as cores azuis e cinzas.

A distinção entre cores claras e escuras também foi efetuada com uma combinação de tom do instrumento, intensidade e tempo. A forma da obra podia ser explorada de forma tátil pelo cego, enquanto ouvia uma música composta com estas características.

Bartolome *et al.* (2020) desenvolveram uma experiência com temperatura para os deficientes visuais sentirem as cores das obras de Marc Rothko. A partir do efeito

termoelétrico de Peltier (presente em desumidificador e ar-condicionado), o cego ao tocar o dispositivo podia sentir a sensação de quente e frio fazendo uma analogia com as cores.

O dispositivo utilizou uma placa de Arduino Mega para controlar a dissipação endotérmica e de calor do elemento Peltier e um driver de motor para gerenciar as correntes direta e reversa. Inseriu-se doze elementos Peltier em uma matriz 4X3, contendo papel grosso revestido com tina condutora em cada célula.

Na tabela 4 são apresentados os resumos de todos os trabalhos sobre iniciativas na aplicação de arte gráfica, desenhos e representação de cores para DVs, em ordem cronológica, vistos para essa dissertação.

Autores e título do trabalho	Assunto
ANCZUROWSKI, E. (1987). Representation of Color for Blind Persons.	Sistema de cores para DVs
PATHAK, K; PRING, L. (1989). Tactual picture recognition in congenitally blind and sighted children.	Desenho para DVs
MINARDI, M. (1994). Touch Books, Inc., cessionário. Tactile symbols for color recognition.	Sistema de cores para DVs
BORGES, José; JENSEN, Leo (2002). Cegos, computador, desenho.	Desenho para DVs
ABREU, João; GARCIA, Fátima (2005). Construção de um traçador gráfico para pessoas com deficiência visual.	Desenho e inclusão escolar para DVs
LIRIO, Simone. (2006). A tecnologia informática como auxílio no ensino de geometria para deficientes visuais.	Desenho e inclusão escolar para DVs
DUARTE, M. (2009). A importância do desenho para crianças cegas.	Desenho para DVs
VENTORINI, S. (2009). A experiência como fator determinante na representação espacial da pessoa com deficiência visual.	Desenho para DVs
KIRBY, Matthew; D'ANGIULLI,	Desenho para DVs

Amedeo. (2011). From Inclusion to Creativity Through Haptic Drawing: Unleashing the “Untouched” in Educational Contexts.	
PIRES, F. (2011). Código de Cor para Pessoas com Deficiência Visual – caso de estudo com crianças dos oito aos dez anos de idade - FO.CO.	Sistema de cores para DVS
ULIANA, Marcia. (2013). Inclusão de Estudantes Cegos nas Aulas de Matemática: a construção de um kit pedagógico.	Desenho e inclusão escolar para DVs
BAKLANOV, D. (2014). Tactile Relief Films, Decals and Stickers for Indicating Object Characteristics.	Sistema de cores para DVS
KENNEDY, John. (2014). Tactile drawing aesthetics and a blind woman’s drawings of sounds.	Desenho para DVs
NETO, Rivaldo; ALVES, Jefferson. (2016). O ensino do desenho em uma perspectiva inclusiva: o figurativo para além da visão.	Desenho e inclusão escolar para DVs
VANKRINKELVELDT, M. (2016). Hyper Tactile Colour Code ASBL, cessionário. Tactile symbols for colour recognition by blind or visually impaired persons.	Sistema de cores para DVs
BARDOT, S. <i>et al.</i> (2017). Identifying how Visually Impaired People Explore Raised-line Diagrams to Improve the Design of Touch Interfaces.	Desenho para DVs
OLIVEIRA, A. <i>et al.</i> (2017). Sistemas de cores táteis: estudo comparativo de suas vantagens e limitações para pessoas com deficiência.	Sistema de cores para DVs
SHARMA, D. <i>et al.</i> (2017). Color Sensing device for Color Blind and Blind people.	Identificação de cores para DVs
SILVA, Patrícia; VENTORINI, Silvia. (2018). Além do que se vê: o desenho de alunos cegos como forma de	Desenho para DVs

representação de suas imagens mentais.	
VINTER, A. <i>et al.</i> (2018). The severity of the visual impairment and practice matter for drawing ability in children.	Desenho para DVs
MEDEIROS, Ronise; PEREIRA, Josefa. (2019). Cartografia tátil e deficiência visual: um olhar na perspectiva da educação escolar inclusiva.	Desenho e inclusão escolar para DVs
BARTOLOME, J. <i>et al.</i> (2020). Exploring Thermal Interaction for Visual Art Color Appreciation for the Visually Impaired People.	Fruição estética de arte para DVs
CHO, J. (2020). Art Touch: Multi-sensory Visual Art Experience Exhibition for People with Visual Impairment.	Fruição estética de arte para DVs
JEZUS, M. <i>et al.</i> (2020). Materiais didáticos com adaptações eventuais para a possibilidade de inclusão de alunos cegos nas aulas de ciências.	Desenho e inclusão escolar para DVs
CHO, J. (2021). A Study of Multi-Sensory Experience and Color Recognition in Visual Arts Appreciation of People with Visual Impairment.	Fruição estética de arte para DVs
CHO, J. <i>et al.</i> (2021). Tactile colour pictogram to improve artwork appreciation of people with visual impairments.	Fruição estética de arte para DVs
ESPINOSA-CASTAÑEDA, Raquel; MEDELLÍN-CASTILLO, Hugo. (2022) Percepción táctil digital para enseñanza de personas con discapacidad visual.	Desenho e inclusão escolar para DVs
MARCHI, S. <i>et al.</i> (2022). See Color: Desenvolvimento de uma linguagem tátil das cores para pessoas com deficiência visual.	Sistema de cores para DVs

<p>VERAS, Daniele; FERREIRA, Sandra. (2022). Leitura e compreensão de imagens táteis por estudante cego congênito: estudo de caso.</p>	<p>Desenho para DVs</p>
--	-------------------------

Tabela 4 - Resumo de trabalhos sobre iniciativas na aplicação de arte gráfica, desenhos e representação de cores para DVs, em ordem cronológica.

2.4 Base teórica da abordagem educacional

A integração do uso de recursos de tecnologia da informação (TI), utilizando-os na atividade de aprendizado, constitui-se na abordagem da robótica educacional, que está alinhada com a proposição Construcionista de Seymour Papert (Silva *et al.*, 2014; Pazinato *et al.*, 2015). Na Teoria Construcionista, Papert (1986) discorria sobre cinco dimensões que deviam ser trabalhadas em ambientes de aprendizagem.

Estas dimensões eram: a pragmática, na qual o conteúdo deve ter aplicação prática em um período curto de tempo; a sintônica, na qual o conteúdo é contextualizado e está em sintonia com o interesse do aprendiz; a sintática, que permite facilidade ao acesso de elementos do ambiente educativo; a semântica, na qual o aprendiz pode interagir com elementos que tenham significado para ele e a social, cuja atividade desenvolvida se relaciona com a cultura do aprendiz.

Papert desenvolveu sua teoria a partir do Construtivismo de Jean Piaget, cuja ênfase na troca entre professor e aluno deve ser construída de forma dinâmica para incentivar o aprendiz a buscar o conhecimento e a adquirir novos saberes (Ferro; Paixão, 2017). Segundo Piaget (1970), no Construtivismo, também conhecido como Epistemologia Genética, a construção do conhecimento ocorria pela mediação entre objeto e criança que se afetavam mutuamente. Este processo envolvia esquemas de assimilação, acomodação e equilíbrio.

Lev Vygotsky (2001) propôs o Socionteracionismo, ou sócio-construtivismo, que era uma teoria sócio-histórico-cultural que considerava que o desenvolvimento cognitivo ocorria por meio da interação social. Segundo Vygotsky (2001), a criança

nascia com funções psicológicas elementares, como reflexos e atenção involuntária que também eram existentes em animais desenvolvidos.

Com a mediação da linguagem, parte destas capacidades poderiam se desenvolver em funções psicológicas superiores, como consciência e planejamento. Deste modo, a aprendizagem era efetuada pelo processo de internalização, passando do coletivo e intersíquico para o nível individual e intrapsíquico (Silva *et al.*, 2008).

Outro conceito importante no pensamento de Vygotsky foi a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que indicava a diferença entre o desenvolvimento real (conhecimento já consolidado na pessoa) e o desenvolvimento potencial (o que é possível fazer com a ajuda de outra pessoa). A ZDP representava as funções que estão em desenvolvimento no indivíduo, como resultado futuro que será obtido após a internalização do conhecimento (Silva *et al.*, 2020).

Na obra de Vygotsky há alguns estudos que visavam atender às necessidades educacionais de crianças com deficiência mental, auditiva ou visual. Vygotsky fazia a distinção entre deficiência primária, decorrente de problemas orgânicos, e deficiência secundária, que abrange as consequências psicossociais da deficiência.

Nuernberg (2008) destacou a concepção de Vygotsky em relação à deficiência visual, que negava a compensação biológica do tato e da visão. O conhecimento não é construído apenas pelos órgãos sensoriais, é um resultado da apropriação que se consolida pelas interações sociais. Desta forma, a mediação pela linguagem e a mediação social de videntes podem colaborar para a educação dos cegos proporcionando o desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

2.5 Base teórica da proposta do ArtInDV

Conforme identificado nesse capítulo, existem muitos desafios para proporcionar uma educação mais inclusiva para alunos DVs em escolas regulares, como a falta de leitores de tela, escassez de recursos apropriados, material didático com predomínio visual e despreparo docente (Rocha *et al.* 2020; Costa *et al.*, 2007).

Outro problema constatado é o número reduzido de experiências voltadas para a atividade de desenhar ou arte gráfica livre destinadas a DVs, muito devido à forte associação destas atividades com o sentido da visão. Vários pesquisadores já

comprovaram que os DVs são capazes de desenhar, se forem estimulados desde a infância (Wiesel, Aharoni e Bar-David, 2002; Kirby e D`Angiulli, 2011).

Destaca-se que na maioria das instituições voltadas para auxílio e ensino específico de DVs, não há nem disciplinas de artes visuais para os estudantes, nem recursos voltados para artes gráficas livres. De um modo geral, o foco para deficientes visuais tem sido o aprendizado de música, como ocorre no Instituto Benjamin Constant.

De um modo geral, quando a atividade de desenho é oferecida aos deficientes visuais, são usadas ferramentas de feedback háptico ou tátil, que propiciam algum tipo de traço em relevo (Neto; Alves, 2016; Vinter *et al.*, 2018; Kennedy, 2014). Entre os recursos (em forma de kits) para desenho (voltados para ênfase no relevo e uso do sentido tátil), usados também como ferramentas pedagógicas, existem os listados nos trabalhos de Scott Baltisberger (2016), da Texas School for the Blind & Visually Impaired. Estes podem ser vistos nas Figuras 5, 6, 7 e 8.



Figura 5 - Kit de desenho em relevo para deficientes visuais Draftsman Tactile Drawing Board, que faz uso de folhas de plástico.

Fonte: <https://www.aph.org/product/draftsman-tactile-drawing-board/>



Figura 6 - Kit inTACT Sketchpad para deficientes visuais, também usando folhas de plástico.

Fonte: <https://www.easytactilegraphics.com/product/intact-sketchpad/>



Figura 7 - Kit Raised Line Drawing Kit, que funciona como um touchpad especial. Fonte <https://www.maxiaids.com/raised-line-drawing-kit>

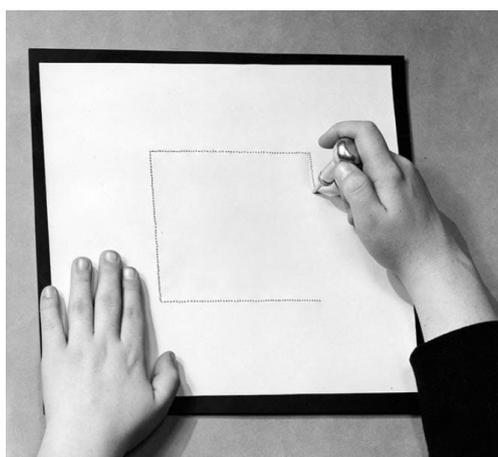


Figura 8 - Kit de desenho Swail Dot Inverter, que usa folhas de Braille.

Fonte: <https://www.aph.org/product/swail-dot-inverter/>

Em relação a usar pontos perfurados para representar desenhos, tal como Braille para escrever, há o uso de carretilha de costura (Lirio, 2006) como um instrumento de baixo custo em algumas experiências no Brasil. Como pode ser observado, em todas as opções de desenhos para cegos pesquisadas, não existe o foco na associação com o uso das cores.

Com relação ao uso da robótica, tem crescido o uso de recursos baseados em microcontroladores e robótica para ensino lúdico, com ênfase na participação ativa dos estudantes. Entre esses, há os trabalhos de Monsorens *et al.* (2020), Atilgan e Gurman, (2020) e Silveira e Girardi (2017) que focam em recursos didáticos e lúdicos para ensino de diversas disciplinas diferentes.

Há também iniciativas de robótica destinadas à inclusão escolar de deficientes visuais, em diferentes áreas, como programação (Howard *et al.*, 2012; Kakehashi *et al.*, 2014; Barros *et al.*, 2017; Oliveira, 2017) e física (Silveira *et al.*, 2018; Almeida *et al.*, 2020; Benites; Silveira, 2020).

Diante deste cenário, existe a oportunidade do ArtInDV de oferecer uma plataforma robótica que proporcione recursos para o DV desenhar livremente, contribuindo para inclusão escolar de alunos cegos nas escolas regulares e em instituições de ensino especializadas, conforme proposta descrita no capítulo 3 dessa dissertação.

3. Proposta do ArtInDV

3.1 Motivação

A proposta do ArtInDV tem como objetivo proporcionar ao DV a experiência de desenhar ou produzir arte gráfica livre, de forma lúdica e sensorial. Como diferencial, o ArtInDV permitir ao cego usar cores no desenho, com o auxílio de uma ferramenta robótica para a vocalização das diferentes tonalidades, usando uma plataforma de hardware (Arduino/Computador) e software (Ide Arduino/Processing).

O ArtInDV pode também ser aplicado de diversas maneiras diferentes, como ferramenta que colabora para educação inclusiva de crianças e adolescentes, atuando desde o estudo específico de educação artística, com uso de desenho com cores, até como complemento em outras disciplinas do currículo escolar. Um exemplo é, no ensino de história sobre a Revolução Francesa, no qual podem ser usados moldes para desenho com ícones do país, como a Torre Eiffel, e trabalhar as cores vermelha e azul da bandeira.

Outro elemento importante do ArtInDV é a possibilidade de ajudar no desenvolvimento da coordenação motora fina do DV, que não está acostumado a desenhar, de um modo geral. Desta forma, segurar e utilizar ferramentas de desenho, como lápis, caneta hidrocor e giz de cera, são oportunidades de aperfeiçoar esta habilidade motora com as mãos, que é imprescindível ao longo da vida.

A expressão artística e a ludicidade também representam fatores de destaque no ArtInDV. Com o dispositivo, o cego pode desenhar livremente, sentindo a textura e o som dos materiais de desenho no papel. Não há compromisso com a estética ou julgamento de valor nos desenhos. Também não é necessário que ocorra continuidade com linhas traçadas ou acertos em formas.

Além disso, orientação espacial e noções de tridimensionalidade são trabalhadas no ArtInDV, já que o DV precisa identificar os limites do papel na prancha de desenho, a localização dos botões de vocalização de cores e a devolução dos materiais de desenho nos seus respectivos recipientes. Como a orientação espacial é fundamental para o deslocamento autônomo dos cegos, incentivar a percepção de crianças e adolescentes com atividades lúdicas pode contribuir para potencializar estas habilidades.

A proposta da plataforma/recurso ArtInDV se encontra em sintonia com as abordagens educacionais citadas, conjugando elementos do Construcionismo, Construtivismo e Sociointeracionismo. O uso da robótica na atividade reforça a relação entre professor e aluno. Além disso, ao proporcionar experiência de desenhar, as interações sociais entre os alunos também são intensificadas.

3.2 Descrição da Plataforma

O dispositivo ArtInDV foi projetado como uma plataforma de três módulos, que funcionam de forma integrada, conforme mostra a Figura 9.

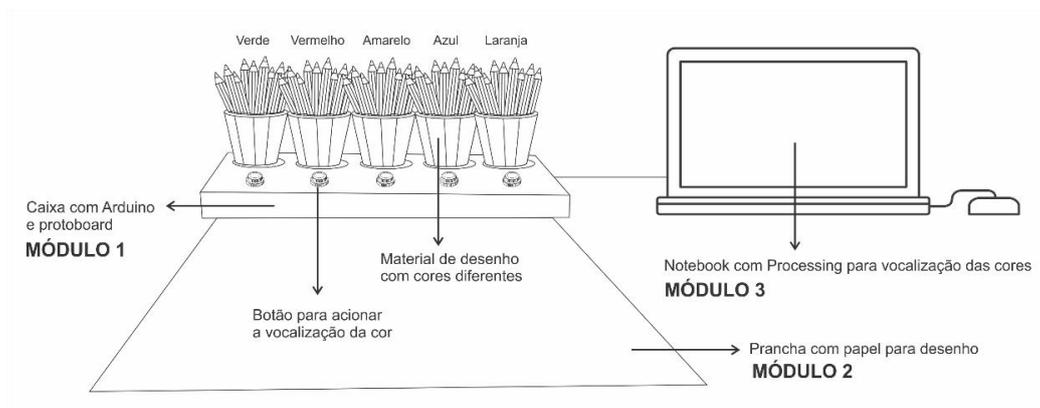


Figura 9 - Módulos do ArtInDV. Fonte: autora.

Na experiência, o deficiente visual se senta à mesa, em frente à prancha com papel de desenho. Este usuário pode acionar os botões de cada cor na caixa, que permitem vocalizar o seu nome correspondente. Desta forma, é possível identificar o material de desenho de cada cor. São cinco opções diferentes de cores: verde, vermelho, azul, amarelo e laranja.

A Figura 10 apresenta a lógica básica de programação do software embarcado no microcontrolador do Arduino Uno do ArtInDV (módulo 1). O fluxograma mostra desde a conexão do mecanismo ao PC, via porta USB, até a confirmação do funcionamento da comunicação serial.

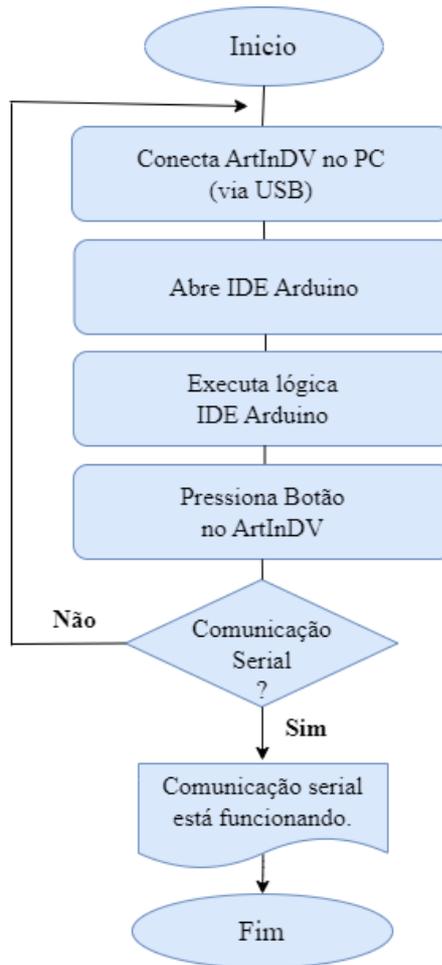


Figura 10 – Fluxograma com a lógica do software embarcado do ArtInDV.

Fonte: autora.

Dando continuidade ao processo, o cego pode desenhar livremente, usando as cores como quiser. Para devolver o material de desenho ao recipiente, o usuário aciona novamente o botão para a vocalização da cor. Este procedimento pode ser realizado inúmeras vezes, conforme visto na Figura 11.

O fluxograma apresenta o mecanismo com o funcionamento da vocalização da cor, demonstrando a interação entre o usuário DV e o mediador da experiência. Dessa forma, a sequência de passos mostra a execução da lógica desde a entrada de dados, via pressionamento do botão na caixa de madeira e as estruturas condicionais, até o usuário escolher o material de desenho para a experiência.

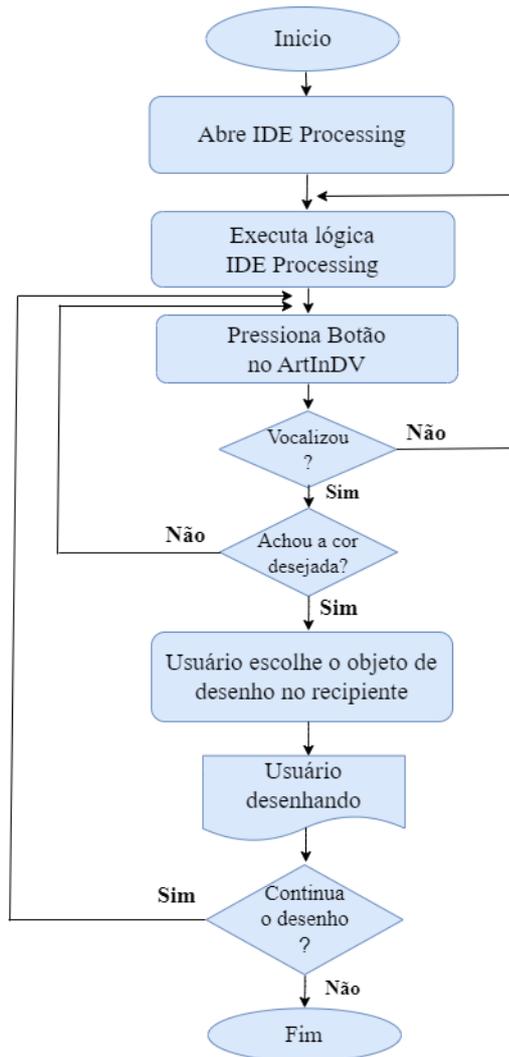


Figura 11 - Fluxograma com a lógica para a vocalização da cor. Fonte: autora.

É importante destacar que a experiência deve ser conduzida por um adulto vidente. Como o dispositivo foi elaborado com foco na educação inclusiva, o ideal é que a experiência seja liderada por um professor responsável. Este profissional deve fazer a operação do aplicativo do ArtInDV.

A duração da experiência pode ser estabelecida pelo professor, de acordo com o número de alunos na turma ou do tempo total disponível para a atividade. Como recomendação, o ideal é que a experiência ofereça, como tempo mínimo, cerca de **cinco minutos** de utilização do dispositivo. Deste modo, o deficiente visual poderá usufruir melhor das percepções sensoriais mobilizadas durante o uso do ArtInDV.

Conforme mencionado, a plataforma ArtInDV possui uma arquitetura separada em três módulos básicos, que serão descritos a seguir.

3.2.1 Módulo 1: Caixa com Arduino e protoboard

A parte principal do dispositivo é a caixa com Arduino e protoboard, que comporta todos os componentes de robótica e eletrônica do ArtInDV. A placa escolhida para o projeto foi a Arduino UNO R3 com o microcontrolador ATmega 328p (Banzi; Shiloh, 2014), por oferecer, além de baixo custo, facilidade de manipulação e ambiente de programação descomplicado.

As conexões (jumpers e resistores) entre a placa Arduino e a protoboard são mais fáceis de serem trabalhadas e permitem ao usuário acionar os botões do dispositivo para a vocalização das cores.

No protótipo conceitual, a caixa concebida foi de papelão simples e apresentava um espaço menor entre os recipientes com os dispositivos de desenho (lápiz etc), como mostrado na **Figura 12**. Na fase de pré-teste deste protótipo, o dispositivo foi utilizado por videntes vendados.

Durante este período, foi possível observar que o papelão afundava na parte dos botões, devido à pressão exercida no acionamento. Por este motivo, foi necessário efetuar a mudança da caixa para um material mais resistente.

A caixa final, apresentada na **Figura 13**, é constituída de MDF com duas partes articuladas com dobradiças e furações para aplicação dos botões e dos recipientes para o material de desenho.

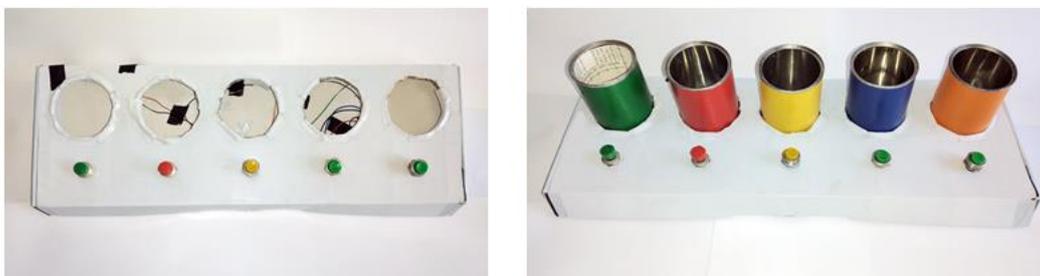


Figura 12 - Protótipo conceitual do ArtInDV de papelão. Fonte: autora.

Outra alteração na caixa foi o espaçamento maior entre os recipientes, já que no pré-teste os videtes vendados esbarravam a mão entre dois frascos próximos, o que ocasionava uma confusão em acertar o material correspondente à cor vocalizada com o botão. Ao colocar a furação mais distante para o posicionamento dos recipientes, foi possível identificar uma maior facilidade neste processo.



Figura 13 – Versão final da caixa do ArtInDV de madeira com maior espaçamento entres os recipientes e maior profundidade. Fonte: autora.

Também nesta fase de pré-teste, alguns usuários relataram incômodo ao espetar as mãos nas pontas de lápis coloridos que estavam dispostos nos recipientes. Esta observação também contribuiu para dispor os lápis com as pontas para baixo nos recipientes da experiência final do ArtInDV.

Além destas modificações, a profundidade da caixa também foi ampliada. Ao criar uma área após a furação dos recipientes de desenho, foi possível organizar melhor a colocação da placa de Arduino, da protoboard e da fixação dos fios.

A definição do esquema de conexões eletrônicas, com todos os componentes utilizados do ArtInDV, é apresentada na **Figura 14**. A **Figura 15** apresenta a caixa do protótipo final, utilizado nos testes.

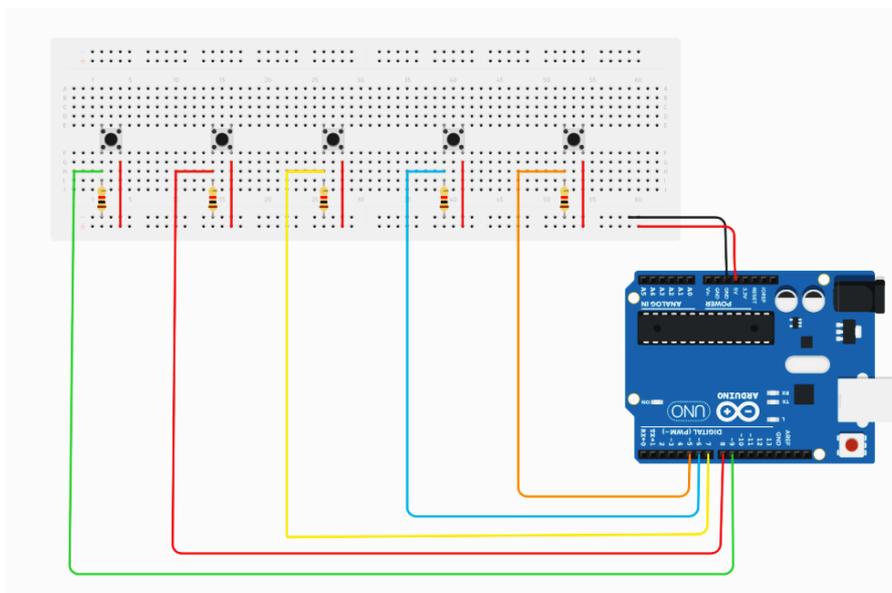


Figura 14 - Esquema de conexões dos componentes do ArtInDV.
Fonte: autora.

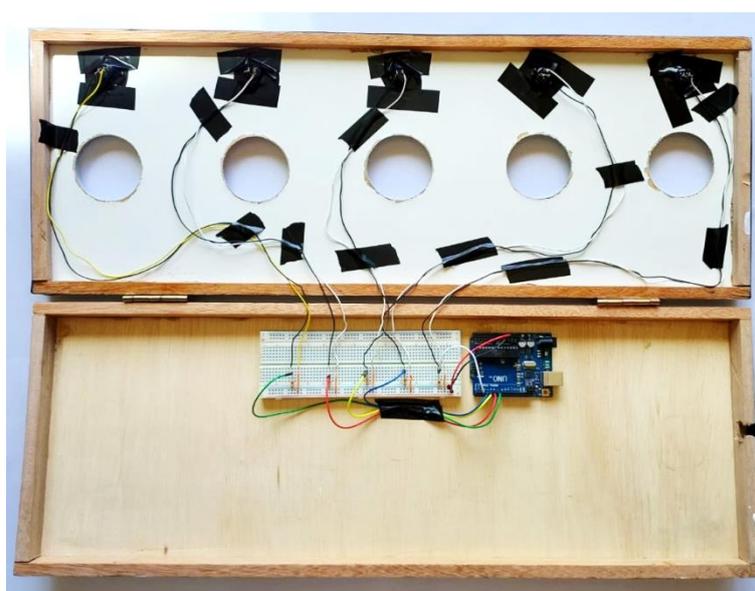


Figura 15 - Placa de Arduino UNO R3 e comunicação com a protoboard através dos jumpers para conexões com os botões usados para o acionamento da vocalização de cores. Fonte: autora.

3.2.2 Módulo 2: Prancha com papel para desenho

A **Figura 16** apresenta o segundo módulo que é a Prancha com papel para desenho, sendo a área na qual o deficiente visual poderá criar suas artes gráficas livres, utilizando os materiais de diferentes cores. O formato escolhido para papel foi A3 (42cm x 29,7cm) por permitir um espaço considerável para o usuário explorar o tamanho da prancha de forma tátil.



Figura 16 - Prancha com papel A3 e caixa com Arduino e protoboard.

Fonte: autora.

O usuário, preferencialmente um DV, poderá escolher os distintos tipos de materiais de desenho (lápiz, caneta hidrocor, giz de cera) que fazem parte das cinco opções de cores. Conforme citado no módulo anterior, não há uma limitação do número de vezes em que o usuário pode trocar de cores mediante o acionamento dos botões de vocalização dos nomes correspondentes. O período de duração da experiência será estabelecido pelo professor responsável pela utilização do ArtInDV.

Tendo em vista facilitar a elaboração dos desenhos livres, também podem ser oferecidos moldes em relevo com forma predefinidas, desde figuras geométricas (triângulo, quadrado, círculo, trapézio) até elementos mais livres (árvore, nuvem, estrela), conforme apresenta a **Figura 17**. Esses moldes servem para ser circundados pelos materiais de desenho e, com isso, auxiliarão os deficientes visuais, pois os mesmos não estão acostumados a desenhar.

Tais moldes podem ser criados com diversos tipos de materiais, de preferência materiais obtidos de fontes recicláveis, como papelão, cartolina e borracha (EVA), ou

também podem ser usados objetos já existentes, como porta-copos, tampas, entre outros. Novos tipos de moldes podem ser acrescentados de acordo com o objetivo do professor responsável pela experiência.

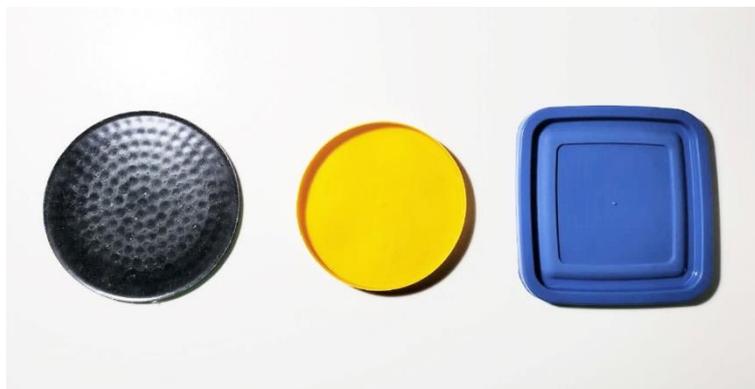


Figura 17 - Moldes em relevo com objetos de materiais variados.

Fonte: autora.

Na experiência do ArtInDV, é importante destacar que o DV pode desenhar e se expressar livremente com cores, sem a obrigatoriedade de executar figuras inteligíveis ou de ter juízo de valor estético nos grafismos. O objetivo é proporcionar a vivência de diferentes percepções sensoriais, como a textura e o som dos materiais no contato com o papel durante a atividade.

3.2.3 Módulo 3: Softwares Integrados

Os softwares desenvolvidos para o ArtInDV podem ser divididos em dois tipos: o primeiro é o sistema com a lógica de programação referente ao carregamento no microcontrolador, que é software de controle do ambiente como um todo e trabalha associado aos sensores. O segundo é o aplicativo desenvolvido para criar um ambiente de interação, com vocalização das cores, de modo que o usuário deficiente visual possa trabalhar com as características lúdicas e pedagógicas do ArtInDV.

O primeiro software, como dito, compõe o kernel de operação do dispositivo, com o objetivo de tratar do valor associado à ação de pressionamento do botão de cada cor. Tal procedimento também verifica se as conexões de hardware estão corretas. A

Figura 18 apresenta um trecho de código fonte criado no Arduino IDE e carregado no microcontrolador.

```
if (btEstado1) {Serial.print (1);}  
if (btEstado2) {Serial.print (2);}  
if (btEstado3) {Serial.print (3);}  
if (btEstado4) {Serial.print (4);}  
if (btEstado5) {Serial.print (5);}
```

Figura 18 - Trecho de código fonte no Arduino IDE. Fonte: autora.

Na **Figura 19**, é apresentado um exemplo de execução, em tempo real, deste código, visualizado através da ferramenta do IDE Arduino denominada Monitor Serial, que simula a saída serial de um programa executado no microcontrolador. A saída mostrada na figura apresenta os números correspondentes aos botões que foram pressionados.

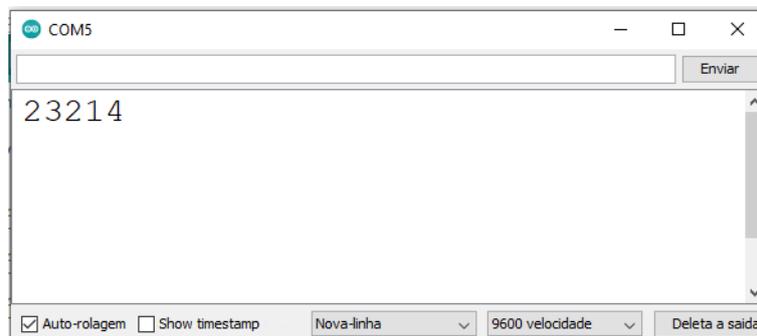


Figura 19 - Saída de dados no Monitor Serial. Fonte: autora.

3.3 Diagrama de classes

Para auxiliar no entendimento de como o software interage com os demais módulos, é ilustrado um diagrama de classes completo do que seria o ArtInDV, com sua estrutura de sistemas, na **Figura 20**, que mostra os módulos do dispositivo ArtInDV.

São apresentadas as interações entre o módulo de software e o módulo de Caixa, com a interface Arduino Uno, botões, resistores, protoboard, jumpers e o Módulo Prancha, com o suporte para papel A3.

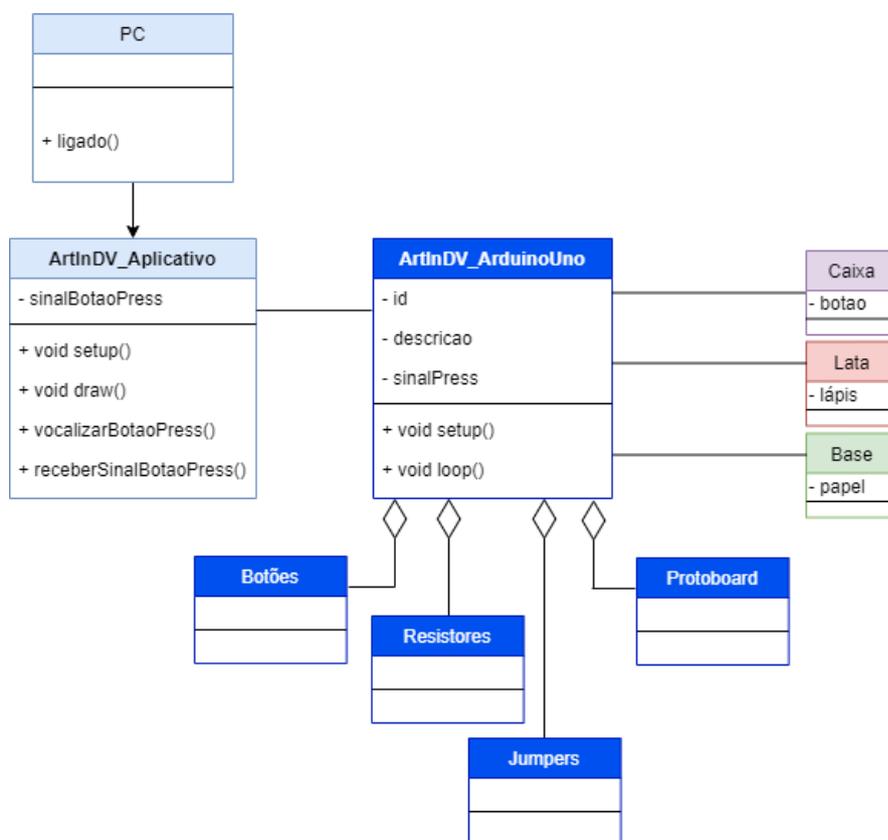


Figura 20 - Diagrama de classe do ArtInDV. Fonte: autora.

3.3.1 Função de vocalização do Aplicativo

A função de vocalização do aplicativo foi implementada na linguagem de programação Processing, usando ambiente de programação próprio da linguagem. O objetivo principal dessa função é possibilitar o recurso de áudio que reproduz a vocalização da cor quando o usuário aciona o botão na caixa de madeira. Desta forma, o deficiente visual pode identificar a cor do material de desenho para a utilização na experiência.

A função trabalha associada a uma interface gráfica que destaca o uso das cores para o professor aplicador acompanhar a experiência do DV ao desenhar, conforme é apresentado na **Figura 21**. Por este motivo, além da vocalização da cor correspondente ao botão acionado pelo usuário, a representação gráfica desta tonalidade pisca na interface, garantindo a confiabilidade do funcionamento do dispositivo.

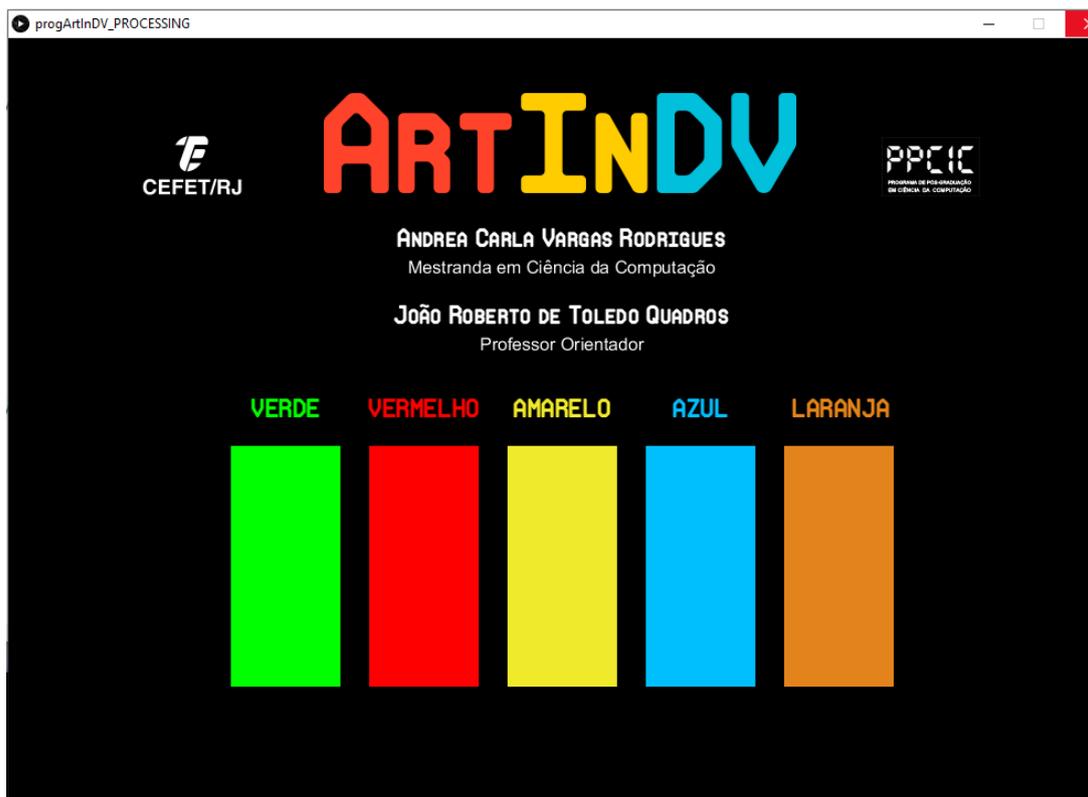


Figura 20 - Interface gráfica do aplicativo ArtInDV desenvolvido na linguagem de programação Processing. Fonte: autora.

3.3.2 Funcionamento geral do Aplicativo

O aplicativo ArtInDV foi desenvolvido de modo que ele recebe, via porta serial do Arduino, o valor do botão pressionado e vocaliza a cor correspondente ao botão escolhido pelo usuário. Para a reprodução do áudio de cada cor, foi utilizada na codificação a biblioteca Minim. A **Figura 22** mostra a instalação da biblioteca no ambiente do Processing.

Para tornar a experiência mais amigável, em vez de uma vocalização robotizada, a reprodução dos nomes das cores foi efetuada por meio da gravação da voz de uma deficiente visual que participou da testagem do protótipo e aceitou contribuir com a experiência.

O código do aplicativo implementa tanto a recepção do sinal da porta serial do Arduino, quanto a reprodução dos áudios das cores e a montagem da interface gráfica. A **Figura 23** ilustra um trecho de código fonte desenvolvido em Processing.

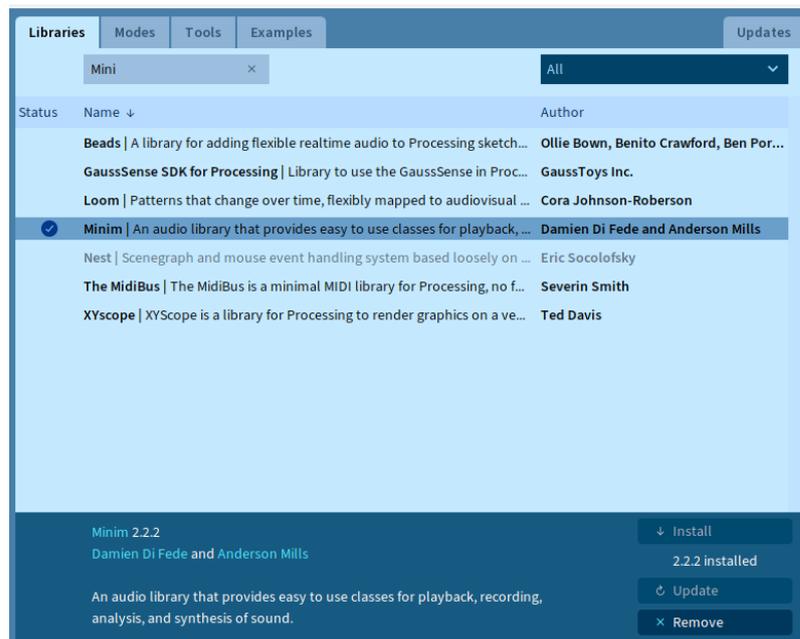


Figura 21 - Seção da interface gráfica do ambiente de desenvolvimento do Processing que mostra o momento da instalação da biblioteca Minim (versão 2.2.2) para importação via código. Fonte: autora.

```

if (portaSERIAL.read() == '1') {
  falaVerde.rewind();
  falaVerde.play();
  fill(0,160,0);
  rect(200,370,100,220);
}
else {
  fill(0,255,0);
}

if (portaSERIAL.read() == '2') {
  falaVermelho.rewind();
  falaVermelho.play();
  fill(160,0,0);
  rect(325,370,100,220);
}
else {
  fill(255,0,0);
}

```

Figura 22 - Trecho de código fonte da interface do aplicativo ArtInDV desenvolvido na linguagem de programação Processing. Fonte: autora.

As duas estruturas de seleção mostradas, na **Figura 23**, apresentam o código que corresponde ao botão pressionado pelo usuário no momento da experiência com o software ArtInDV. O número 1 é o código recebido pela porta serial do Arduino ao ser pressionado o primeiro botão. Da mesma forma, ao ser pressionado o segundo botão, o código em questão é o número 2 e assim sucessivamente. Com as cinco cores utilizadas no mecanismo, a sequência de codificação funciona na ordem: 1, 2, 3, 4 e 5.

Com a finalidade de efetuar o feedback visual para o professor mediador da experiência, a **Figura 23** ilustra os trechos de programação com as funções “fill()” e “rect()” que possibilitam a interface gráfica do ArtInDV piscar a imagem correspondente à cor do botão pressionado. Desta forma, caso o deficiente visual esteja utilizando fones de ouvido ao longo da experiência, o mediador poderá identificar o botão pressionado mesmo sem escutar a vocalização da cor.

4. Definição e aplicação dos testes

4.1 Parâmetros utilizados

A experiência do ArtInDV se baseia em aspectos subjetivos. Para melhor analisar a performance deste recurso, foram definidos parâmetros para ajudar a detectar aspectos quantitativos, para identificar a eficiência no uso do dispositivo, e aspectos qualitativos, composto das impressões coletadas com os deficientes visuais que participaram da testagem.

Dados quantitativos analisados, adotados como parâmetros:

- Tempo de uso do dispositivo: como o ArtInDV não exige performance com acertos ou erros e nem julgamento estético do desenho, o período de utilização foi utilizado para demonstrar se o deficiente visual usufruiu de forma satisfatória a experiência lúdica e sensorial.
- Grau de dificuldade ao desenhar: com esse dado foi possível descrever as dificuldades do participante no uso do dispositivo, permitindo que se pudesse captar a interação entre o participante e o dispositivo.
- Facilidade de devolução do material de desenho no recipiente correto: esta verificação foi usada para observar ocorrências de erro no reposicionamento do material de desenho, que segue a identificação vocalizada pelo botão acionado, sendo que cada botão vocaliza uma cor e, ao final, o participante aperta os botões para recolocar o lápis ou giz usado para desenhar.

Um parâmetro extra examinado foi o uso de moldes, com diferentes formatos, já que esta informação pode demonstrar a necessidade de produzir mais moldes para viabilizar a elaboração de desenhos pelos usuários, que não estão acostumados a exercer este tipo de atividade no cotidiano.

Além disso, o tamanho da prancha de desenho também foi considerado como um parâmetro extra, pois seu exame possibilita averiguar se o espaço foi suficiente para o deficiente visual fazer o desenho, além de captar sugestões que podem contribuir para facilitar novas composições dos módulos futuros.

Em relação à atividade de desenho, três indicadores foram estabelecidos para quantificar se o participante identificou um ambiente adequado de utilização do dispositivo, com base em três questões vistas:

- Esse dispositivo pode ser útil de ser aplicado em ambiente escolar?
- Quanto mais jovem o dispositivo for utilizado, melhor será a influência do desenho na vida de deficientes visuais?
- Ter alguma experiência anterior de desenho ajudou no uso do dispositivo?

4.2 Questionário de avaliação

A partir da definição dos parâmetros, foi criado um questionário com dez perguntas para ser aplicado aos participantes, logo após a experiência com o dispositivo. As perguntas foram formuladas para coletar impressões qualitativas e quantitativas.

Para auxiliar na formulação do questionário e na análise das respostas dos voluntários DVs, foi utilizado como base o Technology Acceptance Model (TAM), oriundo de uma adequação da teoria da atuação racional da psicologia e modificada para modelos de aceitação de tecnologia da informação. Segundo Davis (1989), o TAM permite conhecer os determinantes no uso de computadores e considerar o comportamento dos usuários.

O modelo foi elaborado para contribuir no conhecimento entre variáveis externas de aceitação dos usuários e o uso real da tecnologia, de modo a compreender o comportamento deste público por meio do entendimento da utilidade e da facilidade de uso percebida por estes indivíduos. Davis (1989) esclarece os principais elementos do TAM: variáveis externas, utilidade percebida, facilidade de uso percebida, atitude em relação ao uso, intenção comportamental de uso e uso real da tecnologia.

A partir das categorias do TAM, foram consideradas três elementos no questionário: utilidade percebida, facilidade de uso percebida e uso real da tecnologia. Além disso, foi criada a categoria relação com as cores, como forma de ajudar a compreender como os DVs se relacionam com este tema. A Tabela 5 apresenta o questionário e as categorias correspondentes para análise das respostas.

Perguntas	Categorias avaliadas (adaptadas de TAM)
1) O que você achou da experiência? Como se sentiu?	Utilidade percebida
2) Você teve dificuldade ao desenhar? Quais?	Facilidade de uso percebida
3) O que pode melhorar?	Utilidade percebida
4) Foi fácil devolver o material de desenho no recipiente da cor escolhida?	Facilidade de uso percebida
5) Foi importante usar os moldes no desenho?	Facilidade de uso percebida
6) Achou bom o tamanho da área para desenhar? Caso não, qual o tamanho ideal ou que recurso pode ajudar?	Facilidade de uso percebida
7) Você gostaria de repetir essa experiência na escola?	Uso real da tecnologia
8) Você se lembra de ter desenhado com cores antes?	Relação com as cores
9) Você acha que desenhar assim mais vezes, quando era mais novo, teria feito diferença hoje?	Uso real da tecnologia
10) O que significa as cores para você?	Relação com as cores

Tabela 5 – Questionário de avaliação da experiência e categorias consideradas na análise. Fonte: autora.

4.3 Perfil dos Participantes

O perfil inicial para a etapa de testes do protótipo era alunos do Instituto Benjamin Constant, um importante centro de referência nacional de educação para deficientes visuais. No entanto, devido às restrições sanitárias impostas pela pandemia

do coronavírus, o instituto não abriu a possibilidade de pesquisas externas para realizar a testagem. Apenas recentemente, foi iniciada a inscrição de pesquisadores externos para interação com alunos, o que impossibilitou a realização da testagem para este trabalho.

Diante desta situação, foi necessária buscar uma alternativa para testar o protótipo com deficientes visuais, com faixa etária diferente do escopo inicial da pesquisa. A partir do contato com a primeira pessoa, houve indicação de novos voluntários, que aceitaram participar do teste.

Como a experiência abrange aspectos qualitativos e quantitativos, foi definido o número de 10 participantes, com perguntas que permitissem investigar os dois âmbitos. De forma a assegurar o sigilo das informações dos voluntários, foi adotada a numeração de 1 a 10 para facilitar a análise das repostas na pesquisa, conforme as **tabelas 6 e 7** abaixo.

Pessoa	Sexo	Idade	Mão dominante	Escolaridade	Cegueira	Bairro
P1	feminino	24 anos	direita	fundamental incompleto	congênita	Campo Grande
P2	masculino	26 anos	direita	Ensino médio completo	congênita	Glória
P3	feminino	32 anos	direita	Superior completo	congênita	Taquara
P4	feminino	22 anos	esquerda	Ensino médio incompleto	congênita	Tijuca
P5	masculino	19 anos	direita	Ensino médio completo	adquirida	Engenho Novo
P6	feminino	23 anos	direita	Graduanda Pedagogia	congênita	Barra da Tijuca
P7	masculino	23 anos	direita	Ensino médio incompleto	adquirida	Caxias
P8	feminino	19 anos	direita	Cursando o ensino médio	congênita	Bento Ribeiro
P9	feminino	20 anos	esquerda	Fundamental completo	congênita	Madureira
P10	masculino	21 anos	direita	Ensino médio incompleto	adquirida	Lapa

Tabela 6 - Dados dos perfis dos participantes

Participante	Resumo biografia
P1	Frequentou escola pública, mas parou os estudos. Teve que ajudar nos trabalhos domésticos, já que possuía 3 irmãos. Mora com um dos irmãos e ajuda a cuidar da casa.
P2	Após completar o ensino médio, em escola pública, P2 começou a buscar oportunidades de emprego. Atualmente, exerce trabalho administrativo em uma empresa, que abriu uma vaga específica para deficientes.
P3	P3 cursou informática, em uma faculdade particular, e exerce a profissão, atuando na parte de desenvolvimento de sistemas em um banco, de forma remota. Ela é casada e possui dois filhos.
P4	P4 abandonou o segundo grau técnico. É casada e vive com o marido e a irmã. Ela ajuda na administração de um negócio da família de confecção de roupas.
P5	P5 mora com os pais e completou o ensino médio, em uma escola particular, em 2021. Ele está se preparando para tentar o Enem, em um curso preparatório à distância. Sua aspiração é ser professor. P5 perdeu a visão ainda na infância.
P6	P6 mora com os pais e está cursando graduação em Pedagogia, em faculdade particular. Seu sonho é poder oferecer apoio a outros deficientes, com uma educação realmente inclusiva.
P7	P7 não conseguiu completar o ensino médio. Ele vive com a irmã, o cunhado e o sobrinho. Ele perdeu a visão por volta dos 7 anos de idade.
P8	P8 mora com a mãe e duas irmãs. Ela está no último ano do ensino médio, em escola pública. Ela pretende fazer Enem para cursar Direito.
P9	P9 mora com os pais e três irmãos e ajuda em trabalhos domésticos. Gosta de ouvir audiobooks e tem desejo de continuar os estudos.
P10	P10 pratica natação e pretende retomar os estudos. Ele foi criado pelos avós maternos e mora com eles até hoje.

Tabela 7 - Resumo da biografia dos participantes

4.4 Metodologia de aplicação dos testes

O ambiente escolhido para as experiências foi a residência de cada um dos participantes. Esta escolha deveu-se, além das dificuldades inerentes ao preparo de um laboratório específico e acessível para as deficiências dos envolvidos, ao fato do ambiente residencial ser mais acolhedor e confortável, já que os participantes, que tem deficiência visual, já conheciam bem os obstáculos e os caminhos de acesso.

Para esse fim, foi necessário levar a cada uma das residências dos participantes envolvidos toda a estrutura necessária para os testes, que resultou no transporte dos módulos componentes do ArtInDV (material e prancha de desenho e notebook).

Para o início dos procedimentos dos testes, foi necessária a aprovação por cada participante do termo de consentimento de pesquisa, que foi lido a cada um. Somente os que voluntariamente e de livre vontade concordaram com os termos puderam participar dos testes. No caso desta experiência, todos os participantes consultados sinalizaram concordância com os termos. Esse termo permite a utilização dos resultados na pesquisa, preservando-se o total anonimato dos participantes.

Na metodologia em si, o primeiro passo foi uma conversa inicial, não formatada, no qual cada participante voluntário apresentou sua trajetória de vida, grau de escolaridade e os constantes desafios enfrentados diante da deficiência visual.

O segundo passo foi explicar aos participantes sobre todos as facilidades inseridas na ideia do ArtInDV, incluindo seus objetivos, as motivações de seu desenvolvimento, a importância social deste recurso e o modus operandi de cada um dos módulos componentes.

Também foi explicada a dinâmica dos testes, na qual o participante escolheria uma cor (tocando no botão e ouvindo o som desta cor) e desenhar de forma livre na prancha, repetindo esse procedimento quantas vezes quisesse.

O terceiro passo foi ajustar o ArtInDV, junto com o notebook Core I5 (com 4GB RAM, e 500GB HD), ao ambiente existente na casa do participante. Este indicou o espaço no qual os módulos do ArtInDV e o notebook puderam ser acomodados. No caso, uma mesa ou similar que foi a escolhida pelo próprio participante.

Após a montagem da estrutura, foi iniciada a experiência, que teve a atuação do mediador/pesquisador. Cada participante sentou em uma cadeira, em frente à mesa e à

prancha de desenho e experimentou apertar os botões antes do começo do teste, como forma de se familiarizar com o dispositivo e verificar se o som emitido estava audível.

A atividade consistiu na aplicação de desenho livre, no qual o usuário podia escolher qualquer cor, pressionando o botão de vocalização, e selecionava um material de desenho (lápiz ou giz) dentro do respectivo recipiente. Esta operação podia ser repetida quantas vezes o participante quisesse. Em todas essas ações de desenho, também foram disponibilizados moldes geométricos (Figura 17), que ficavam situados ao lado da prancha de desenho.

Como foi escolhida a liberdade como âncora da experiência, não ocorreu nenhum controle ou limite de tempo para a mesma. A duração foi de acordo com a vontade do participante, que poderia desenhar à vontade com os recursos do dispositivo.

A etapa final do teste envolveu, a observação dos desenhos praticados pelo participante, a observação da interação do participante com o recurso ArtInDV, sendo que, ao final, foi confeccionado um relatório com a descrição da experiência de cada voluntário.

Este relatório foi formatado com a descrição da experiência e dos desenhos desenvolvidos, que procurou captar as percepções dos participantes nos testes. Ao final da experiência, foi aplicado o questionário, apresentado no item 4.2, que serviu de base para as análises dos testes.

Tudo isso, junto com as observações sobre a interação com o dispositivo, os desenhos individuais gerados, além dos dados obtidos dos questionários, foram utilizados como parte dos resultados.

5. Análise dos Resultados

Com a realização das experiências pelos voluntários na pesquisa, foi possível quantificar algumas informações importantes. Em relação ao sexo dos participantes, foram seis mulheres e quatro homens. A faixa etária variou entre 18 a 32 anos. Sobre a cegueira dos respondentes, sete eram congênitas e três adquiridas.

A escolaridade apresentou uma variação maior: um fundamental incompleto, um fundamental completo, três ensino médio incompleto, dois ensino médio completo, um cursando o ensino médio, um cursando graduação, um superior completo. Na questão da escolaridade, a maior parte relatou dificuldades para continuar os estudos, seja por falta de inclusão, com materiais didáticos adaptados, até a dificuldade de deslocamento para as instituições de ensino. **Somente P3 possui graduação completa e P6 está cursando a graduação, conforme apresenta a Figura 24.**

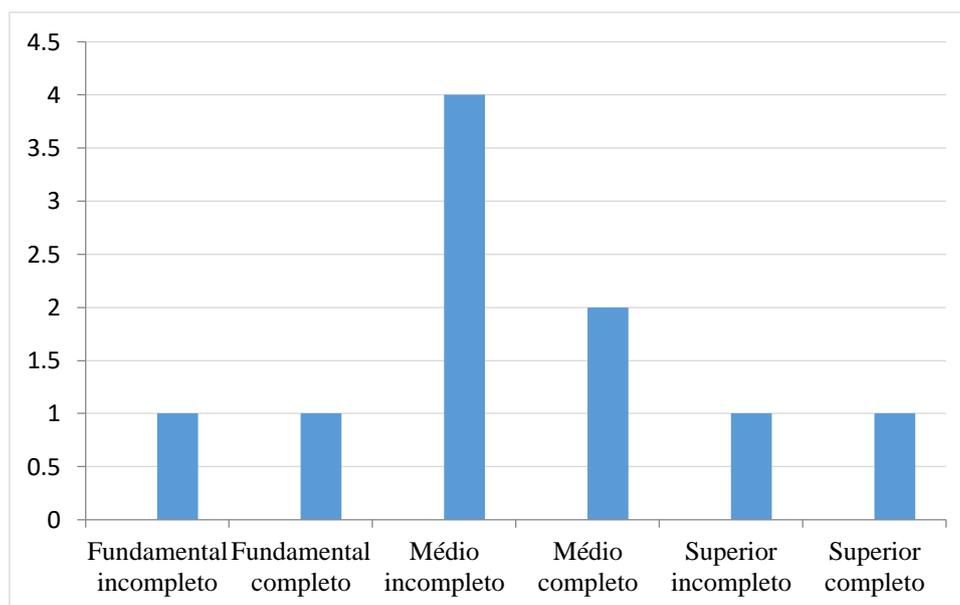


Figura 23 – Escolaridade dos participantes da pesquisa. Fonte: autora.

Entre os respondentes, a mão dominante do DV para tatear os objetos foram sete direita e três esquerda. A duração da experiência foi de oito a quinze minutos. Não houve uma grande diferença entre o número de homens e mulheres e também isso pareceu não influenciar na forma de desenhar ou de usufruir a experiência.

Em relação à cegueira, os três participantes que perderam a visão na infância (P5, P7 e P10) relataram ter algum tipo de memória em relação às cores, mesmo que de maneira vaga. Além disso, estes participantes demonstraram uma certa noção da aplicação das cores e/ou de posicionamento dos elementos no papel. Especialmente no desenho de P10, em que predominou a cor azul para representar o mar, esta percepção se destaca. Como o universo de participantes foi reduzido, esta tendência teria que ser confirmada em uma pesquisa com amplo espectro de voluntários.

Como o uso das mãos é muito importante para o deficiente visual, pela identificação tátil de objetos no cotidiano, foi considerado se o participante era destro ou canhoto, mas esta particularidade não demonstrou fazer diferença durante a experiência.

A média de duração das experiências variou entre oito minutos (P2) como tempo mínimo e quinze minutos (P3) como tempo máximo. Os outros voluntários gastaram respectivamente: nove minutos (P9), dez minutos (P8), 11 minutos (P1, P7, P10), 12 minutos (P5) e 13 minutos (P4, P6), como mostra a **Figura 25**. A observação sobre essa duração indicou, a ideia de que os participantes usufruíram de modo satisfatório a atividade de desenhar de forma livre. O tempo de duração mínima ultrapassou a expectativa inicial de recomendação de uso, pelo menos, cinco minutos, conforme citado no **item XX** deste trabalho.

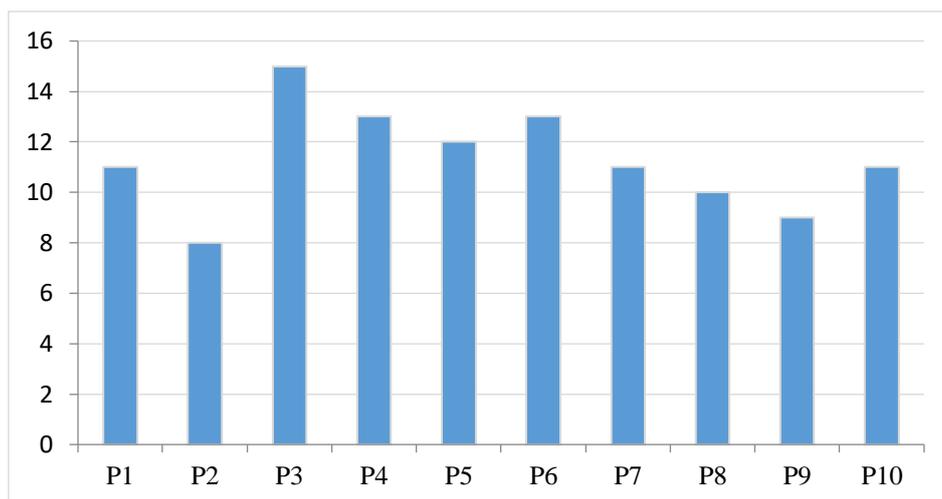


Figura 24 – Tempo de duração da experiência dos voluntários. Fonte: autora.

Após a realização das experiências com os voluntários, foi possível observar os materiais que mais foram utilizados pelos DVs, conforme mostra a **Figura 26**, o que pode indicar uma certa preferência deste público: dez vezes giz de cera, cinco vezes lápis de cor, seis vezes caneta esferográfica e duas vezes hidrocor (modelo *canetinha*).

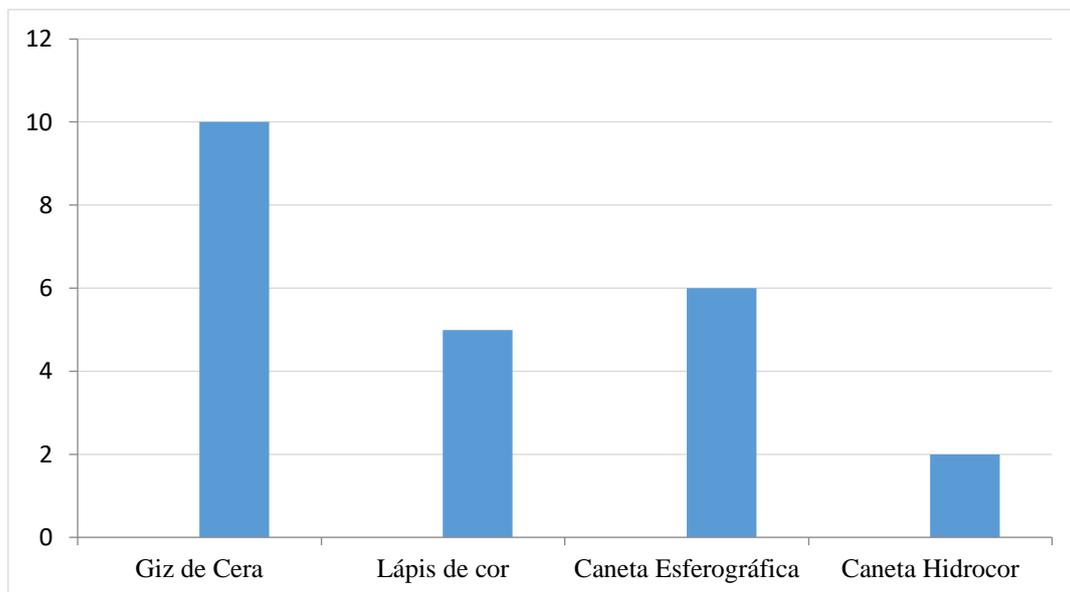


Figura 25 – Materiais de desenho mais usados na experiência. Fonte: autora.

Em relação ao comportamento do participante na experiência, foram realizadas anotações pela pesquisadora para auxiliar na análise. P1 escolheu desenhar com lápis de cor verde. Fez vários desenhos na folha A3 com o mesmo lápis, misturando traços em várias direções e movimentos. Usou o molde em forma de círculo e contornou com a caneta hidrocor vermelha, do lado direito da folha. Sempre que começava um desenho, colocava a mão para ter noção do espaço que estava usando para saber o que sobrou e poder fazer outro desenho.

Porém, P1 sentiu insegurança sobre os espaços que estavam vazios e pediu ajuda para confirmar se não estava desenhando em cima do que já estava no papel. Em seguida, escolheu um lápis da cor vermelha para pintar as bordas da folha. Ele disse que a ideia era desenhar uma moldura para envolver o desenho. Para finalizar, trocou novamente de cor e passou um giz de cera amarelo por cima da maior parte da folha. A duração do teste foi de 11 minutos.

Antes de iniciar, P2 pediu para manusear cada material de desenho e sentir a textura. Após as análises, iniciou a experiência. Resolveu desenhar o contorno da sua mão. Escolheu um lápis da cor vermelha, colocou a mão esquerda na base A3 e foi desenhando o contorno bem devagar até traçar a mão inteira. Ao terminar, perguntou se estava muito torto e pintou o interior com giz de cera azul, ultrapassando os traços do desenho. Usou também um molde no formato de círculo, na lateral esquerda da folha, usando uma caneta azul. O teste teve duração de oito minutos.

A primeira coisa que a P3 fez foi pegar uma caneta esferográfica para desenhar um contorno de um círculo irregular, marcando bem o desenho no papel. Em seguida, virou a folha de papel, tateou este contorno e usou duas cores diferentes de lápis de cera (vermelho e amarelo) para pintar o seu interior (**Figura 27**). Além desta dinâmica diferenciada com relevo, é importante ressaltar que a P3 conseguiu sentir a textura do desenho realizado com os lápis de cera.

Ao final da experiência, o pesquisador perguntou sobre a técnica de usar o verso da folha para sentir o contorno, feito com caneta. P3 informou que teve oportunidade de desenhar com professores na escola e aprendeu este recurso. A duração do teste foi de quinze minutos.



Figura 26 - Sequência de desenho de P3 para exemplificar a experiência no ArtInDV, com cortes para preservar a identidade do participante.

Antes de começar a desenhar, P4 bateu os moldes disponíveis. Usou duas vezes o molde no formato de círculo, cada um em uma das laterais, próximo à borda do papel. Preferiu utilizar as canetas esferográficas nas cores azul e vermelho. Para ligar os dois círculos, usou giz de cera nas cores amarelo, laranja e azul, com riscos longos. O período da experiência foi de treze minutos.

P5 começou o desenho usando giz de cera verde, com riscos irregulares que cobriam toda a parte inferior do papel. Em seguida, usou lápis da cor vermelha para fazer traços verticais, que partiam da base verde, com espaços irregulares entre eles. Com lápis laranja, bateu com a mão esquerda, até cerca de metade da folha, na posição horizontal. Nesta altura, fez traços horizontais, criando uma espécie de linha grossa que atravessava todo o papel. Para encerrar, usou o giz de cera azul, para fazer traços grossos, com o giz deitado, em movimento circulares, na parte superior do papel. O teste durou doze minutos.

P6 usou o molde circular e fez o contorno com caneta vermelha, no canto esquerdo, na parte inferior da folha. Mantendo a mão esquerda sobre esta área, selecionou o giz de cera na cor laranja para preencher o interior. Depois, pegou o molde retangular e usou a caneta azul para contorná-lo, mais ou menos, no centro da folha. Usou a mesma técnica com a mão esquerda e usou giz de cera vermelho para pintar essa área.

Em seguida, P6 escolheu o terceiro molde, no formato triangular, e pegou o lápis da cor laranja. Repetindo os procedimentos anteriores, utilizou o giz de cera verde para preencher a figura. No final, pegou o giz de cera amarelo, na horizontal, para cobrir toda a folha. P6 expressou que queria aproveitar o espaço da prancha e testar as possibilidades de recursos do dispositivo. O período da experiência foi de treze minutos.

P7 começou o desenho com giz de cera azul, pintando a parte superior da folha, em toda a sua extensão, executando diversos tipos de movimentos. Depois, usou o molde de círculo, mais ou menos no centro da folha, fazendo o contorno com caneta hidrocor laranja. Ao tirar o molde, manteve os dedos da mão esquerda na mesma área. Logo após, optou por pegar o giz de cera amarelo e aplicou a cor nesta área. A partir deste centro, P7 puxou linhas em diversas direções, circundando o círculo, como se fossem raios.

P7 escolheu ainda o giz de cera verde e fez rabiscos em forma de zigue-zague, na parte de baixo da folha de papel. Ao terminar o desenho, expressou espontaneamente que tentou fazer uma paisagem. Já que não desenhava há muito tempo, a atividade remeteu à uma lembrança afetiva, quando ainda enxergava na infância. A testagem teve onze minutos de duração.

Antes de começar, P8 experimentou todos os botões de cores, reconhecendo os recursos do dispositivo. Escolheu a caneta vermelha e fez movimentos espirais, em várias partes do papel. Depois, pegou o giz de cera verde e rabiscou na vertical, com traços largos, do lado direito da folha. Com o molde triangular, fez o contorno com a cor azul, na parte superior da prancha. Finalizou com o giz de cera vermelho na parte de baixo, ocupando cerca de um terço da folha. A duração do teste foi dez minutos.

P9 selecionou o giz de cera amarelo e rabiscou quase metade da folha, com traços longos. Em seguida, pegou o lápis vermelho e fez o contorno do molde de círculo. Depois, escolheu a cor verde e usou o lápis para fazer rabiscos em várias áreas do papel. P9 chegou a clicar duas vezes em outras cores (laranja e vermelho), mas hesitou e não escolheu nenhum material. Com a cor azul, pegou o giz de cera e fez movimento semicirculares na parte inferior direita da prancha. A experiência durou nove minutos.

Inicialmente, P10 perguntou se era obrigatório usar todas as cores no desenho. Ao receber a resposta de que a atividade era totalmente livre, escolheu o giz de cera azul e desenhou uma longa faixa, com traços extensos, que pegou quase toda a largura do papel. Com auxílio da mãe esquerda, sentiu a largura da faixa e aumentou a área desenhada em azul. Ele voltou a pegar da mesma cor, um lápis e fez rabiscos, em várias direções, saindo da parte de cima da faixa azul.

Mais uma vez, P10 escolheu azul e pegou uma caneta para fazer traços, na horizontal, em várias partes da faixa feita com giz de cera. Ao terminar, P10 verbalizou que queria desenhar o mar e perguntou se estava parecido com o que realmente é. Ele completou que tem vontade de nadar em mar aberto, mas sua família tem receio do que pode acontecer com ele. A experiência teve onze minutos de duração.

Após a descrição das experiências dos participantes, será apresentada a análise com resultados obtidos a partir da aplicação dos questionários e das observações coletadas durante as experiências.

5.1 Análise dos dados obtidos nos questionários

As respostas do questionário, aplicado logo após a experiência dos participantes, permitiu realizar uma análise quantitativa em relação aos parâmetros estabelecidos para a pesquisa.

Na primeira pergunta, “O que você achou da experiência? Como se sentiu?”, todos os participantes responderam positivamente, destacando que a atividade de desenhar geralmente não é corriqueira para o deficiente visual.

Na segunda questão, se o usuário teve dificuldade de desenhar, quatro responderam que sim, três relataram que no início de sim, mas depois se ambientaram, e três não tiveram. As respostas (quatro sim e três inicialmente sim) reforçam a ideia de que os deficientes visuais não estão acostumados a desenhar normalmente, o que se reflete na dificuldade de como pensar no desenho mentalmente e também como agir no procedimento prático.

Em relação ao que pode melhorar, na terceira pergunta, os voluntários apontaram (Figura 28) dois mais moldes, um relevo no desenho, dois materiais que permitem textura tátil (como giz de cera), uma moldura nas bordas do papel, dois mais materiais e mais cores, um papel mais grosso para deixar “sulco” nos traços e um não sabe opinar. Como a pergunta era aberta, as sugestões surgiram espontaneamente. De certa forma, é possível agrupar quatro itens (mais moldes, relevo no desenho, materiais com texturas e papel mais grosso) que ressaltam tanto a falta de experiência em desenhar do deficiente visual como a concentração do sentido do tato para exercer as atividades.

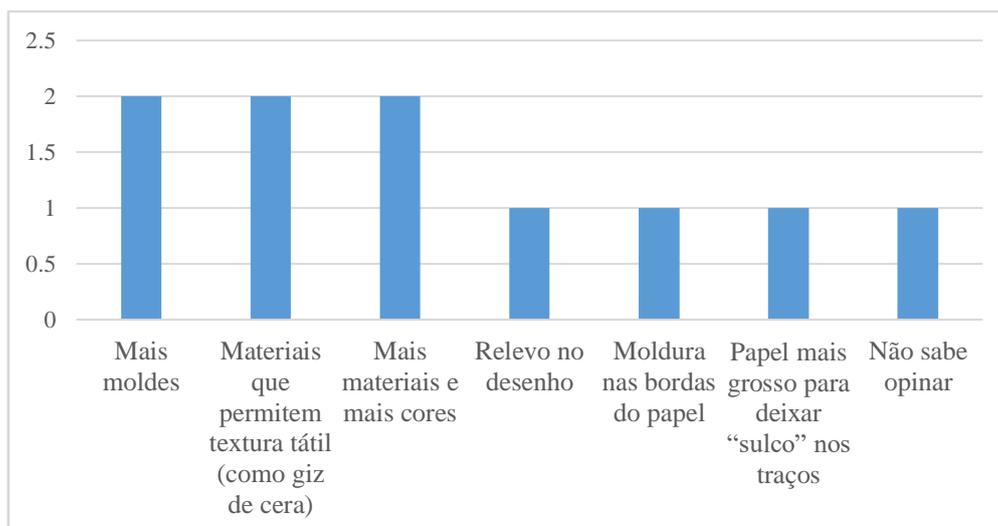


Figura 27 - Sugestões de melhorias do dispositivo ArtInDV pelos participantes.

Sobre a devolução das cores no recipiente correto, na quarta questão, oito disseram que foi fácil a tarefa e dois acharam difícil. Desta forma, as respostas apontam que o mecanismo de vocalização funcionou bem na experiência.

Na quinta pergunta, foi verificado a importância de utilizar os moldes. Entre os voluntários, nove afirmaram que os moldes são importantes, mesmo somente seis tendo usado efetivamente os moldes durante a experiência. Ou seja, mesmo quem optou por não usar este recurso no desenho reconhece a relevância dos moldes no processo de criação dos desenhos.

Nas questões 6 (se o tamanho da prancha de desenho era bom) e 7 (se desejaria fazer esta experiência na escola), todos responderam positivamente, aprovando tanto o formato A3 do papel quanto a vontade de desenhar do mesmo jeito na escola.

No oitavo item do questionário, era perguntado se o voluntário havia desenhado com cores anteriormente. Nas respostas, quatro disseram que não tinha feito isso antes e seis já haviam desenhado com cores, porém, deste total, três dos participantes afirmaram que só lembravam de ter desenhado com cores antes de perderem totalmente a visão e um usou cores em uma oficina de arte fora da escola. Mais uma vez, o resultado corrobora que o deficiente visual tem poucas oportunidades de desenhar com cores, já que os participantes relataram uma ou nenhuma experiência anterior.

A pergunta 9 verificava a opinião dos participantes se ter desenhado quando criança teria feito diferença. Todos responderam que sim, ter praticado na infância poderia ter impactado positivamente na idade adulta.

Em termos de uma visão qualitativa dos testes, utilizou-se a pergunta 10, “O que significa as cores para você?”, na qual foi possível qualificar como os voluntários se relacionam com as cores.

De um modo geral, os deficientes visuais disseram que as ideias de cores são abstratas, conceitos que são apreendidos ao longo da vida, pelo o que ouvem da interação com os videntes.

Os três participantes (P5, P7 e P10), que perderam a visão na infância, mencionaram uma vaga lembrança das cores, que podem ser úteis para identificação de objetos e roupas. De qualquer forma, para estes indivíduos, os conceitos associados às cores também são culturalmente assimilados.

Outro ponto interessante identificado nas respostas dos questionários foi a boa receptividade dos participantes na experiência com o dispositivo. Mesmo com a faixa etária dos participantes sendo acima do público mais jovem, que seria um dos alvos propostos para esse recurso, foi constatado existir um bom indício de que o ArtInDV pode ser aceito também por deficientes visuais mais jovens.

Considerações finais

Neste trabalho, foi apresentado o dispositivo ArtInDV que oferece uma plataforma robótica com recursos de vocalização de cores para auxiliar os DVs na atividade de desenhar livremente, de forma lúdica e sensorial. A proposta é contribuir para inclusão escolar dos DVs em escolas regulares e em instituições de ensino voltadas aos cegos.

Segundo as respostas dos participantes, o dispositivo ArtInDV obteve uma boa receptividade nos testes com DVs. Mesmo com respondentes em uma faixa etária diferente do público inicial da pesquisa, este resultado corrobora a importância do desenvolvimento de ferramentas tecnológicas para facilitar a inclusão escolar de DVs.

De acordo com as sugestões de melhorias citadas pelos respondentes da pesquisa, a proposta é oferecer no ArtInDV mais materiais de desenho com texturas que permitam identificar a área desenhada, como o giz de cera. Este recurso pode facilitar o processo de localizar o desenho na folha de papel.

Outro elemento que pode colaborar para oferecer relevo no desenho, após o término da experiência, é o mediador passar uma carretilha de costura nos traços feitos pelo usuário. Esta solução é de baixo custo e não impactaria no valor final do dispositivo.

Também como aperfeiçoamento futuro existe a possibilidade de desenvolver o aplicativo do ArtInDV para o sistema Android. Desta forma, seria viável oferecer a experiência com ou sem notebook para a vocalização das cores. Como o smartphone Android é bastante difundido, seria mais fácil para professores usarem seu próprio aparelho para realizar a experiência com alunos DVs.

Ainda como sistema Android, pode haver uma segunda etapa do ArtInDV com gamificação atribuída a acertos na devolução correta de materiais/cores. Os recipientes dos materiais seriam inteligentes, identificando se a cor devolvida estaria correta. As tecnologias utilizadas para esta inovação abrangeriam uma game engine (Unity 3D), módulo Bluetooth e sensores de cor.

Ao longo do desenvolvimento da pesquisa, foi possível observar que há poucas iniciativas que trabalham o incentivo de desenho para cegos, já que esta atividade está relacionada ao sentido da visão. Mesmo em trabalhos relacionados, não foi identificado

projeto com proposta semelhante utilizando microcontrolador AVR e vocalização de cores para desenho.

Vários pesquisadores já comprovaram que os cegos são capazes de desenhar desde que sejam incentivados a partir da infância (Wiesel, Aharoni e Bar-David, 2002; Kirby e D`Angiulli, 2011). Este fato corrobora a importância do dispositivo do ArtInDV, que pode contribuir para oferecer um ensino mais inclusivo aos estudantes DVs, que podem desenhar, por meio de uma experiência lúdica e sensorial. Desta forma, os alunos podem ter a oportunidade de desenvolver habilidades cognitivas e espaciais relacionadas à elaboração de desenhos de forma livre.

Outro ponto interessante que pode ser trabalhado no projeto é a percepção das cores, um tema que geralmente não é muito abordado no ensino para DVs. Conforme a necessidade ou desejo da escola em que a experiência será oferecida, podem ser explorados diferentes enfoques em relação às cores. Uma iniciativa que também pode colaborar para facilitar a convivência do cego com cores no dia a dia, como escolha e combinação de roupas, entre outras atividades.

Por ser um dispositivo de baixo custo, a ideia é viabilizar a distribuição do ArtInDV para escolas regulares com alunos DVs e instituições de educação especial voltadas aos cegos. Para atingir este propósito, mesmo após o encerramento da dissertação, serão realizadas novas rodadas de testes e a busca por formas de produzir novas unidades do dispositivo para uso em diferentes escolas. Neste contexto, também será criado um site para apresentação do ArtInDV e para a inscrição de escolas e professores interessados em participar do projeto. Caso ocorra a expansão do projeto, também será elaborado um manual de uso do dispositivo para facilitar a mediação da experiência por professores.

Com o objetivo de assegurar a viabilidade técnica e a propagação do projeto do ArtInDV, há a proposta de confeccionar um depósito de patente no INPI do dispositivo, que nos testes demonstrou portabilidade e facilidade de montagem na conexão dos módulos, de acordo com as condições de cada ambiente.

Além disso, está em andamento o processo na Plataforma Brasil, com anuência do Instituto Benjamin Constant, para aprovação do Comitê de Ética com o objetivo de realizar a testagem do ArtInDV com estudantes da instituição de ensino, especializada na educação especial dos DVs. Desta forma, será possível fazer novos aperfeiçoamentos

no mecanismo e realizar novas publicações acadêmicas, com os resultados obtidos com este público em idade escolar.

Nos anexos da dissertação, estão disponíveis as respostas dos DVs ao questionário aplicado logo após a experiência com o dispositivo, os códigos do sistema embarcado, a codificação do aplicativo ArtInDV e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Referências Bibliográficas

ANDRADE et. al. (2018). A robótica livre e o ensino de física e de programação: desenvolvendo um teclado musical eletrônico. In: **Linguagem e Tecnologia**, Belo Horizonte, v. 11, n. 3, p. 317-330 set.-dez.

ABREU, João; GARCIA, Fátima (2005). Construção de um traçador gráfico para pessoas com deficiência visual. In: **Proceedings of VII Simpósio Internacional de Informática Educativa** – SIIE05 Leiria, Portugal, 16-18, Novembro.

ALMEIDA *et al.* (2020). O ensino de resistores para deficientes visuais, por meio do uso de Arduino. In: **Revista Arquivos do Mudi** - v. 24, n. 3, p. 149-156. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/55713>>

ANCZUROWSKI, E. (1987). Representation of Color for Blind Persons. US patente US 4650421. May. 17. Disponível em: <https://patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/e87b466cb039c01cb7e7/US465042.pdf>.

ATILGAN, Duygu; GÜRMAN, Ümit. (2020). Material design in music education using Arduino platform. In: **Egitimde Nitel Araştırmalar Dergisi – Journal of Qualitative Research in Education**, 8(4), 1377- 1402. DOI: 10.14689/issn.2148-2624.8c.4s.14m

BADAMASI, Y. (2014). The working principle of an Arduino. In: **Electronics, Computer and Computation (ICECCO)**, 2014 11th International Conference on, vol., no., pp.1-4, Sept. 29 2014-Oct., 1, 2014. DOI: 10.1109/ICECCO.2014.6997578

BAKLANOV, D. (2014). **Tactile Relief Films, Decals and Stickers for Indicating Object Characteristics**. US patente US 8672680 B2. Disponível em: <<https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US8672680.pdf>>.

BALLESTERO-ÁLVAREZ, José. (2003). **Multissensorialidade no ensino de desenho a cegos**. São Paulo. 130f. Dissertação (Mestrado em Artes Plásticas) – Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BALTISBERGER, Scott. (2016). Visual Arts for the Visually Impaired: Drawing for Blind Students - Tools and Techniques. In: **Webinar of Texas School for the Blind and Visually Impaired**. Disponível em: <<https://library.tsbvi.edu/Play/13365>>

BANZI, M.; SHILOH, M. (2014). **Getting started with Arduino: the open source electronics prototyping platform**. 3 Ed, Maker Media, USA.

BANZI, M. (2009). **Getting Started with arduino**. O'Reilly Media, Inc.

BARDOT, S. *et al.* (2017). Identifying how Visually Impaired People Explore Raised-line Diagrams to Improve the Design of Touch Interfaces. In: **Proceedings of SIGCHI - Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2017)**, May 2017, Denver, United States. Disponível em: <<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01787424>>

BARROS, R.; BURLAMAQUI, A.; AZEVEDO, S.; SÁ, S.; GONÇALVES, L.; BURLAMAQUI, A. (2017). CardBot: assistive technology for visually impaired in educational robotics: experiments and results. In: **IEEE Latin America Transactions**, v. 15, p. 517-527, 2017. ISSN 1548-0992. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7867603>>. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/tla.2017.7867603>

BARTOLOME, J. *et al.* (2020). Exploring Thermal Interaction for Visual Art Color Appreciation for the Visually Impaired People. In: **Proceedings of the International Conference on Electronics, Information, and Communication, (ICEIC)**, Barcelona, Spain, 19–22, January 2020; pp. 1–5.

BENITES, C.; SILVEIRA, I. (2020). Utilizando robótica para permitir a experiência musical de crianças surdas por meio da vibração: visão prática. In: **Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação**. RISTI, N.º E28, 04.

BORGES, José; JENSEN, Leo (2002). Cegos, computador, desenho. In: **Revista Benjamin Constant**, v 22, n8.

CASTRO, Luis. (2016). **O uso do Arduino e do Processing no ensino de Física**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UNIRIO. Disponível em: <<http://www.repositorio-bc.unirio.br:8080/xmlui/handle/unirio/11996?show=full>>

Censo Demográfico 2010, IBGE (2012). **Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência**. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf>

CHO, J. (2020). Art Touch: Multi-sensory Visual Art Experience Exhibition for People with Visual Impairment. In: **J. Korean Soc. Exhib. Des. Stud.**, 34. Disponível em: <<http://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=3845460>>

CHO, J. (2021). A Study of Multi-Sensory Experience and Color Recognition in Visual Arts Appreciation of People with Visual Impairment. In: **Electronics** 2021, 10, 470. <https://doi.org/10.3390/electronics10040470>

CHO, J. *et al.* (2021). Tactile colour pictogram to improve artwork appreciation of people with visual impairments. In: **Color Res. Appl.** 2021, 46, 103–116.

CORDOVA *et al.* (2018). Audiotermômetro: um termômetro para a inclusão de estudantes com deficiência visual. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 40, nº 2, e2505.

COSTA, Luciano; NEVES, Marcos; BARONE, Dante. (2007). O ensino de Física para deficientes visuais a partir de uma perspectiva fenomenológica. In: **Ciência e Educação**, v.12, n.2, p.143-153.

DAVIS, Fred. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of computer technology. In: **MIS Quarterly**, v. 13, p. 319-340.

DUARTE, M. (2009). A importância do desenho para crianças cegas. In: NOGUEIRA, R. (Org). **Motivações Hodiernas para ensinar Geografia: Representações do espaço para visuais e invisuais**. Florianópolis: Nova Letras.

ESPINOSA-CASTAÑEDA, Raquel; MEDELLÍN-CASTILLO, Hugo. (2022) Percepción táctil digital para enseñanza de personas com discapacidad visual. In: **Prisma Social – Revista De Ciências Sociales**, 1er trimestre, enero 2022, sección temática, p. 195-219. Disponível em: <<https://revistaprismasocial.es/article/view/4583>>

FERNANDES, Solange. (2011). Relações entre o “visto” e o “sabido”: as representações de formas tridimensionais feitas por alunos cegos. In: **Revista Iberoamericana de Educação Matemática**, n.26, p.137-151.

FERRO, M.; PAIXÃO, M (2017). **Psicologia da Aprendizagem Fundamentos Teórico- Metodológicos dos Processos de Construção do Conhecimento**. Ed. Edulpi, Ed. Universidade Federal do Piauí, Teresina.

FIGUEIREDO, Rosana; KATO, Olivia. (2015). Estudos Nacionais Sobre o Ensino para Cegos: uma Revisão Bibliográfica 1. In: **Revista Brasileira de Educação Especial**, Marília, v. 21, n. 4, p. 477-488, Out.-Dez.

“Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017”. (2018). In: **Lancet**. 392 (10159):1789–858.

GROSS, Leila; NOGUEIRA, Monique. (2016). Ensino da Arte e Inclusão: relatos de alunos com deficiência visual em aulas de Artes Visuais no Colégio Pedro II. In: **Revista Educação, Artes e Inclusão**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 33-59, set.-dez.

HOWARD, A. *et al.* (2012). Using Haptic and Auditory Interaction Tools to Engage Students with Visual Impairments in Robot Programming Activities. In: **IEEE Transactions on Learning Technologies**, 5(1):87-95. DOI:[10.1109/TLT.2011.28](https://doi.org/10.1109/TLT.2011.28)

JEZUS, M. *et al.* (2020). Materiais didáticos com adaptações eventuais para a possibilidade de inclusão de alunos cegos nas aulas de ciências. In: **Arquivos do Mudi**, v. 24, n. 3, p. 101-106. <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/55245/751375151302>

KAKEHASHI, S. *et al.* (2014). Improvement of P-CUBE: Algorithm education tool for visually impaired persons. In: **Proceedings of Conference: 2014 IEEE Symposium on Robotic Intelligence in Informationally Structured Space (RiiSS)**. DOI:[10.1109/RIISS.2014.7009180](https://doi.org/10.1109/RIISS.2014.7009180)

KASWAN, K. *et al.* (2020). Role Of Arduino In Real World Applications. In: **International Journal of Scientific & Technology Research**, Volume 9, Issue 01, January 2020. Disponível em: <<http://www.ijstr.org/final-print/jan2020/Role-Of-Arduino-In-Real-World-Applications-.pdf>>

KENNEDY, John. (2014). Tactile drawing aesthetics and a blind woman's drawings of sounds. In: **The British Journal of Visual Impairment**, 4, Vol 32(1) 33 –43. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0264619613512838?journalCode=jvib>>

KIRBY, Matthew; D'ANGIULLI, Amedeo. (2011). From Inclusion to Creativity Through Haptic Drawing: Unleashing the “Untouched” in Educational Contexts. In: **The Open Education Journal**, 4, (Suppl 1: M6) 67-79. Disponível em: <<https://benthamopen.com/contents/pdf/TOEDUJ/TOEDUJ-4-67.pdf>>

KONDAVEETI, H. *et al.* (2021). A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. In: **Computer Science Review**, Volume 40.

LEV-WIESEL, R.; AHARONI, S.; BAR-DAVID, K. (2002). Self-figure drawings of born-blind adults: Stages of artistic development and the expression. In: **The Arts in Psychotherapy**, 29, 253-259.

LIRIO, Simone. (2006). **A tecnologia informática como auxílio no ensino de geometria para deficientes visuais**. Dissertação de Mestrado elaborada junto ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática - Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/91092>>

LOUIS, Leo. (2016). Working Principle of Arduino and Using it as a Tool for Study and Research. In: **International Journal of Control, Automation, Communication and Systems (IJCACS)**, Vol.1, No.2, April. DOI: 10.5121/ijcacs.2016.1203.

LUDI, S. A.; REICHLMAYR, T. (2008). Developing inclusive outreach activities for students with visual impairments. In: **ACM SIGCSE Bulletin**, 40(1), 439–443.

MARCHI, S. *et al.* (2022). See Color: Desenvolvimento de uma linguagem tátil das cores para pessoas com deficiência visual. In: **Estudos em Design| Revista** (online). Rio de Janeiro: v. 30, n. 1. Disponível em: <<https://www.eed.emnuvens.com.br/design/article/view/1386>>

MCROBERTS, Michael. (2011). **Arduino Básico**. São Paulo, Novatec Editora.

MEDEIROS, Ronise; PEREIRA, Josefa. (2019). Cartografia tátil e deficiência visual: um olhar na perspectiva da educação escolar inclusiva. In: **Revista Educação Especial**, vol. 32, pp. 1-16. <https://doi.org/10.5902/1984644424479>.

MELLETI, Silvia; RIBEIRO, Karen (2014). Indicadores educacionais sobre a educação Especial no Brasil. In: **Cad. Cedes**, Campinas, v. 34, n. 93, p. 175-189, maio-ago.

MINARDI, M. (1994). Touch Books, Inc., cessionário. **Tactile symbols for color recognition**. US patente US 5286204 A. Disponível em: <<https://www.google.com/patents/US5286204>>.

MONSORES, Jomar *et al.* (2020). Technology and Gestaltism: A Robotic-Based Learning Aid Tool. In: **IEEE Latin America Transactions**, v. 18, p. 1441-1447.

MONSORES, Jomar; QUADROS, João. (2020). **Ambiente baseado em ferramenta robótica para auxílio educacional de alunos com dislexia**. Dissertação de Mestrado em Ciências da Computação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.

MONSORES, Jomar *et al.* (2022). Applying Gestalt approach as a method for teaching computer science practice in the classroom: A case study in primary schools in Brazil. In: **Education and Information Technologies**, v. 28, p. 200-220.

NETO, Rivaldo; ALVES, Jefferson. (2016). O ensino do desenho em uma perspectiva inclusiva: o figurativo para além da visão. In: **European Review of Artistic Studies**, vol. 7, n. 1, p. 38-66. Disponível em: <<http://www.eras.utad.pt/docs/MAR%202016%20VISUAIS.pdf>>

NUERNBERG, Adriano. (2008). Contribuições de Vygotski para a educação de pessoas com deficiência visual. In: **Revista Psicologia em Estudo**, N°13 (2), junho. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-73722008000200013>>

OLIVEIRA, A. *et al.* (2017). Sistemas de cores táteis: estudo comparativo de suas vantagens e limitações para pessoas com deficiência. In: 16° Ergodesign – Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano Tecnológica, **Blucher**

Design Proceedings, Volume 3, 2017, Pages 1659-1670, ISSN 2318-6968.
<http://dx.doi.org/10.1016/16ergodesign-0170>.

OLIVEIRA, J. *et al.* (2019). GoDonnie: A Robot Programming Language to Improve Orientation and Mobility Skills in People Who are Visually Impaired. In: **Proceedings of The 21st International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility** (ASSETS '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 679–681. <https://doi.org/10.1145/3308561.3354599>

PAPERT, S. (1986). **LOGO: Computadores e Educação**. São Paulo: Brasiliense.

PATHAK, K; PRING, L. (1989). Tactual picture recognition in congenitally blind and sighted children. In: **Appl Cogn Psychol**; 3: 337-50.

PAZINATO, A. *et al.* (2015). Estudo do processo de criatividade no uso da robótica educacional. In: **Rev. de Empreendedorismo, Inovação e Tecnologia**, 2(2): 13-23. DOI: 10.18256/2359-3539/reit-imed.v2n2p13-23.

PIRES, F. (2011). **Código de Cor para Pessoas com Deficiência Visual – caso de estudo com crianças dos oito aos dez anos de idade - FO.CO**. Dissertação (Mestrado em Design do Produto), Faculdade de Arquitectura Universidade Técnica de Lisboa.

QUADROS, João. *et al.* (2016) Desenvolvimento de uma Ferramenta de Ensino Utilizando Conceitos de Robótica e Programação. In: **Proceedings of Iberian Conference on Information Systems and Technologies**, Canária/ES. 11a CISTI.

QUEIROZ, Rubens; SAMPAIO, Fábio. (2016). DuinoBlocks for Kids: um ambiente de programação em blocos para o ensino de conceitos básicos de programação a crianças do Ensino Fundamental I por meio da Robótica Educacional. In: **Anais do WEI - 24º Workshop sobre Educação em Computação. XXXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação**.

ROCHA, Cleane; MORAES, Emerson e REZENDE, Fábio (2020). Utilização do DOSVOX no processo de ensino e aprendizagem em sala com recurso multifuncional. In: **Anais do CIET: EnPED:2020 - Ensino e aprendizagem por meio de/para o uso de TDIC**, Brasil.

SANTOS, Jarles; LIMA, Jefferson. (2018). Robótica Educacional e Construcionismo como proposta metodológica para o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem significativa. In: **Revista Renote – Novas tecnologias na Educação**, V. 16 N° 2, dezembro.

SHARMA, D. *et al.* (2017). Color Sensing device for Color Blind and Blind people. In: **Proceedings of National Conference in Applied Sciences and Humanities: NCASH-2017**, 24th – 25th February 2017. Disponível em: <<https://www.ijsr.net/conf/NCASH2017/NCASH201711.pdf>>

SILVA, Alzira (2008). Utilização da Teoria de Vygotsky em Robótica Educativa. In: **Anais do Congresso Iberoamericano de Informática Educativa**, Universidad Metropolitana, Caracas, Venezuela.

SILVA *et al.* (2014). RecArd: Robô baseado na plataforma Arduino como facilitador no processo de ensino-aprendizagem multidisciplinar. In: **Revista CINTED – Novas Tecnologias na Educação**, V. 12, N° 2, dezembro.

SILVA *et al.* (2020). A produção sobre o sócio-interacionismo de Vygostky em periódicos Qualis A. In: **Anais do Conedu – VII Congresso Nacional de Educação**. Centro de Cultural de Exposições Ruth Cardoso, Maceió.

SILVA, Patrícia; VENTORINI, Silvia. (2018). Além do que se vê: o desenho de alunos cegos como forma de representação de suas imagens mentais. In: **Estudos Geográficos**, Rio Claro, 16(1): 2-23, jan./jun. <https://doi.org/10.1590/S0103-636X2013000300017>

SILVEIRA, M., BARTHEM, R.; SANTOS, A. (2018). Proposta didático experimental para o ensino inclusivo de ondas no ensino médio. In **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 41(1), Epub, setembro.

SILVEIRA, Sérgio; GIRARDI, Mauricio. (2017). Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 39, nº 4, e4502. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0287>

ULIANA, Marcia. (2013). Inclusão de Estudantes Cegos nas Aulas de Matemática: a construção de um kit pedagógico. In: **Revista Bolema**, 27 (46), Ago. <https://doi.org/10.1590/S0103-636X2013000300017>

VALE, Adrielle; OLIVEIRA, Evelyn; SCHEREMETA, Carla (2021). Triagem do desenvolvimento de acuidade visual de crianças em um centro de educação municipal do município de Castro-PR. In: **Experiências e Evidências em Fisioterapia e Saúde**, CESCAGE, v 1, n7.

VANKRINKELVELDT, M. (2016). Hyper Tactile Colour Code ASBL, cessionário. **Tactile symbols for colour recognition by blind or visually impaired persons**. EP patente EP1318494 A1. Disponível em: <<https://www.google.com/patents/EP1318494A1?cl=en&hl=pt-BR>>.

VENTORINI, S. (2009). A experiência como fator determinante na representação espacial da pessoa com deficiência visual. São Paulo: Ed. UNESP.

VERAS, Daniele; FERREIRA, Sandra. (2022). Leitura e compreensão de imagens táteis por estudante cego congênito: estudo de caso. In: **D.E.L.T.A.**, 38-1, 2022 (1-21): 202257183. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/delta/a/jhLrLXVH8zsGCZsq7wWczhL/?lang=pt>>

VINTER, A. *et al.* (2018). The severity of the visual impairment and practice matter for drawing ability in children. In: **Research in Developmental Disabilities**, Volume 78, July 2018, Pages 15-26. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0891422218301033?via%3Dihub>>

VYGOSTKY. L. S. (2001). **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes.

World report on vision. (2019). In: **Geneva: World Health Organization**. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Anexo A – Respostas dos participantes

Pessoa 1

1) O que você achou da experiência? Como se sentiu?

Resposta: Diferente. Nunca tinha tentado desenhar assim antes. Gostaria de ter feito isso quando era mais jovem.

2) Você teve dificuldade ao desenhar? Quais?

Resposta: Sim. Não lembrava as cores que eu tinha escolhido. Quando trocava de cor, tentava localizar a parte que tinha desenhado por último.

3) O que pode melhorar?

Resposta: Acho que mais moldes poderiam ajudar.

4) Foi fácil devolver o material de desenho no recipiente da cor escolhida?

Resposta: Sim. Ao apertar o botão, era só seguir a direção para botar o material da cor.

5) Foi importante usar os moldes no desenho?

Resposta: Ajudou a ter um centro no desenho.

6) Achou bom o tamanho da área para desenhar? Caso não, qual o tamanho ideal ou que recurso pode ajudar?

Resposta: Sim. Tem uma área grande para tatear.

7) Você gostaria de repetir essa experiência na escola?

Resposta: Sim. Eu gostaria de ter feito isso na escola, mais vezes. Como tive muita dificuldade, só fiz o básico da escola.

8) Você se lembra de ter desenhado com cores antes?

Resposta: Não.

9) Você acha que desenhar assim mais vezes, quando era mais novo, teria feito diferença hoje?

Resposta: Sim. Eu ia ter mais noção de como desenhar. Isso poderia ter me ajudado a segurar a caneta, por exemplo.

10) O que significa as cores para você?

Resposta: Eu imagino o que as cores podem ser, já que nunca enxerguei. Aceito o que as pessoas falam sobre azul, verde. No dia a dia, tenho ajuda para combinar roupas e as cores.

Pessoa 2

1) O que você achou da experiência? Como se sentiu?

Resposta: Muito boa. Tive a sensação de pintar em uma tela, tentando reproduzir o desenho que eu estava imaginando.

2) Você teve dificuldade ao desenhar? Quais?

Resposta: Não. Só não sabia se o que estava no papel era o que queria desenhar.

3) O que pode melhorar?

Resposta: Se tivesse mais elementos em relevo, seria mais fácil localizar o desenho. Eu deixei sempre um dedo onde tinha desenhado para continuar com outra cor.

4) Foi fácil devolver o material de desenho no recipiente da cor escolhida?

Resposta: Mais ou menos. Como tentei deixar o dedo no desenho, estava fazendo o movimento só com uma das mãos.

5) Foi importante usar os moldes no desenho?

Resposta: Eu não usei, mas acho importante sim ter essa opção.

6) Achou bom o tamanho da área para desenhar? Caso não, qual o tamanho ideal ou que recurso pode ajudar?

Resposta: Sim. Não vi problema no tamanho.

7) Você gostaria de repetir essa experiência na escola?

Resposta: Sim. Se eu tivesse isso na escola, acho que teria mais incentivo para tentar desenhar.

8) Você se lembra de ter desenhado com cores antes?

Resposta: Sim, mas foi uma vez só com a turma da escola, com pincel e tinha um painel na parede. A professora me deu um pincel e disse que a cor era azul.

9) Você acha que desenhar assim mais vezes, quando era mais novo, teria feito diferença hoje?

Resposta: Acho que sim. Como disse, acho que esse tipo de atividade, pode ajudar a desenvolver a criatividade da criança cega.

10) O que significa as cores para você?

Resposta: Na verdade, as cores são ideias para mim, conceitos. É uma mistura do que as pessoas me falam com a imaginação que tenho de algumas coisas, como o céu e o mar, que são azuis.

Pessoa 3

1) O que você achou da experiência? Como se sentiu?

Resposta: Achei excelente. É difícil ver iniciativas que incentivam o cego a desenhar.

2) Você teve dificuldade ao desenhar? Quais?

Resposta: Não. Eu tive a sorte de encontrar professores de artes que me incentivaram na infância. No fundamental, sentia os quadros de Van Gogh com folha em relevo. Na quinta série, a professora cobria meus desenhos com carretilha de costura, para eu sentir o traçado.

3) O que pode melhorar?

Resposta: Acho que pode usar mais materiais semelhantes ao giz de cera. Assim, o cego pode sentir a área desenhada ou pintada.

4) Foi fácil devolver o material de desenho no recipiente da cor escolhida?

Resposta: Sim. O processo é bem intuitivo. Como tem um bom espaço entre os copos, é fácil perceber a área de cada cor.

5) Foi importante usar os moldes no desenho?

Resposta: Não usei, porque eu já tinha experiência com desenho. Mas, acho bom sim ter moldes.

6) Achou bom o tamanho da área para desenhar? Caso não, qual o tamanho ideal ou que recurso pode ajudar?

Resposta: Sim. Tem bastante espaço para desenhar.

7) Você gostaria de repetir essa experiência na escola?

Resposta: Com certeza! Acho essencial estimular o interesse pela arte desde cedo. Isso fez diferença na minha vida.

8) Você se lembra de ter desenhado com cores antes?

Resposta: Sim. Como disse, tive professoras ótimas. Na quinta série, eu pude desenhar com giz de cera e também em tela com pincel. Com a tinta, foi mais difícil acertar, já que não dá para passar a mão e sentir a textura do desenho.

9) Você acha que desenhar assim mais vezes, quando era mais novo, teria feito diferença hoje?

Resposta: Sim. Para mim, fez muita diferença. Mesmo não seguindo um caminho voltado para as artes, senti vontade de conhecer mais sobre pintura e outras áreas.

10) O que significa as cores para você?

Resposta: Mesmo sendo cega desde muito cedo, sempre tive uma descrição das cores por meio dos professores, colegas. Tenho uma ideia formada das cores pelo o que aprendi ao longo do tempo.

Pessoa 4

1) O que você achou da experiência? Como se sentiu?

Resposta: Foi boa e estranha, ao mesmo tempo. Boa no sentido de fazer algo diferente, mas também foi esquisito fazer algo que eu ainda não tinha feito.

2) Você teve dificuldade ao desenhar? Quais?

Resposta: Sim. Como eu não tenho prática em desenhar, foi difícil pensar por onde começar.

3) O que pode melhorar?

Resposta: Uma moldura mais alta na borda poderia ajudar a saber o limite do papel.

4) Foi fácil devolver o material de desenho no recipiente da cor escolhida?

Resposta: Não. Eu tive que usar as duas mãos. Uma para apertar o botão e a outra para botar o material no copo. Podia ter uma voz que falasse quando a mão estivesse perto da cor para devolver.

5) Foi importante usar os moldes no desenho?

Resposta: Sim. Eu usei duas vezes, ajuda a ter ideia para desenhar.

6) Achou bom o tamanho da área para desenhar? Caso não, qual o tamanho ideal ou que recurso pode ajudar?

Resposta: Sim. Se botar a moldura na borda do papel, acho que vai ficar ainda mais fácil.

7) Você gostaria de repetir essa experiência na escola?

Resposta: Sim, acho que seria bom as crianças cegas desenharem.

8) Você se lembra de ter desenhado com cores antes?

Resposta: Nunca tinha feito isso.

9) Você acha que desenhar assim mais vezes, quando era mais novo, teria feito diferença hoje?

Resposta: Acredito que sim. Com mais prática, seria mais fácil fazer isso.

10) O que significa as cores para você?

Resposta: Imagino que seja muito bom poder ver as cores. Eu tenho uma ideia do que pode ser a cor pelo o que escuto desde pequena das pessoas.

Pessoa 5

1) O que você achou da experiência? Como se sentiu?

Resposta: Divertida. Quase nunca eu pego em caneta ou lápis. Faço tudo com leitor de tela. Então, usar esse material de desenho foi legal.

2) Você teve dificuldade ao desenhar? Quais?

Resposta: Senti um pouco sim. Até pela pouca experiência que tenho nisso. Mas, Gostei bastante.

3) O que pode melhorar?

Resposta: Não sei dizer. Acho que teria que fazer mais vezes isso para ter uma ideia.

4) Foi fácil devolver o material de desenho no recipiente da cor escolhida?

Resposta: Foi sim. Já na primeira vez, deu para perceber que o material de desenho da mesma cor estava logo depois do botão da voz.

5) Foi importante usar os moldes no desenho?

Resposta: Não usei.

6) Achou bom o tamanho da área para desenhar? Caso não, qual o tamanho ideal ou que recurso pode ajudar?

Resposta: Achei a área grande sim.

7) Você gostaria de repetir essa experiência na escola?

Resposta: Sim. Seria legal crescer desenhando.

8) Você se lembra de ter desenhado com cores antes?

Resposta: Sim, mas, na época de pré-escola, sem saber direito a cor que eu estava usando.

9) Você acha que desenhar assim mais vezes, quando era mais novo, teria feito diferença hoje?

Resposta: Com certeza. Eu ia saber melhor o que fazer.

10) O que significa as cores para você?

Resposta: Eu tenho algumas lembranças da infância, antes de perder a visão. Uso essas memórias como referência, principalmente para as roupas.

Pessoa 6

1) O que você achou da experiência? Como se sentiu?

Resposta: Muito gratificante. Como tenho vontade de trabalhar com educação para deficientes, em me senti realmente sendo incluída.

2) Você teve dificuldade ao desenhar? Quais?

Resposta: Não. Foi bom exercitar a imaginação. A dificuldade maior seria em relação às cores. Mas encarei como uma atividade de lazer.

3) O que pode melhorar?

Resposta: Não vi nenhum problema na experiência, mas acho que seria interessante ter os traços em relevo para ele sentir.

4) Foi fácil devolver o material de desenho no recipiente da cor escolhida?

Resposta: Sim, foi fácil seguir a direção da voz.

5) Foi importante usar os moldes no desenho?

Resposta: Sim. Como tenho curiosidade em experimentar os recursos, usei todos.

6) Achou bom o tamanho da área para desenhar? Caso não, qual o tamanho ideal ou que recurso pode ajudar?

Resposta: Sim. O tamanho é bom. Para quem tem dificuldade de orientação no papel, poderia ter uma régua grande, do mesmo formato. Assim, a pessoa poderia usá-la para marcar alguns pontos do desenho.

7) Você gostaria de repetir essa experiência na escola?

Resposta: Com certeza! Isso ajudaria o deficiente visual a desenvolver a noção de espaço e também de coordenação motora.

8) Você se lembra de ter desenhado com cores antes?

Resposta: Na escola, nunca fiz isso. Já participei de atividades de artes, em oficinas, em que pude usar as cores, de forma intuitiva, com outras pessoas me informando qual era a cor da tinta para usar na tela.

9) Você acha que desenhar assim mais vezes, quando era mais novo, teria feito diferença hoje?

Resposta: Sem dúvida, faria muita diferença. A criança cega não é estimulada a desenhar.

10) O que significa as cores para você?

Resposta: Como é algo virtual para mim, a cor é uma abstração cultural. Associo ideias e objetos no dia a dia a partir do que aprendi ao longo da vida.

Pessoa 7

1) O que você achou da experiência? Como se sentiu?

Resposta: Muito boa! Tive a mesma sensação de quando me desloco em um espaço, só que exercitando a imaginação no papel.

2) Você teve dificuldade ao desenhar? Quais?

Resposta: No início, sim. Depois, fui me acostumando.

3) O que pode melhorar?

Resposta: Talvez ter mais cores ou uma maior variedade de materiais de desenho.

4) Foi fácil devolver o material de desenho no recipiente da cor escolhida?

Resposta: Foi tranquilo.

5) Foi importante usar os moldes no desenho?

Resposta: Eu usei círculo. Acho interessante ter essa facilidade.

6) Achou bom o tamanho da área para desenhar? Caso não, qual o tamanho ideal ou que recurso pode ajudar?

Resposta: Gostei do tamanho. Acho que um formato maior seria mais difícil pro cego se localizar.

7) Você gostaria de repetir essa experiência na escola?

Resposta: Eu teria gostado sim.

8) Você se lembra de ter desenhado com cores antes?

Resposta: Só quando eu era bem pequeno e ainda enxergava um pouco. Depois disso, nunca mais.

9) Você acha que desenhar assim mais vezes, quando era mais novo, teria feito diferença hoje?

Resposta: Sim. A pessoa pode ter mais experiência e fazer isso também como lazer.

10) O que significa as cores para você?

Resposta: Como eu enxerguei quando era pequeno, tenho uma ideia das cores. Isso me dá mais facilidade para imaginar as cores em objetos e nas roupas.

Pessoa 8

1) O que você achou da experiência? Como se sentiu?

Resposta: Gostei muito. Achei desafiador fazer uma atividade diferente. A gente não está acostumado nem a pegar a caneta.

2) Você teve dificuldade ao desenhar? Quais?

Resposta: Tive uma certa dificuldade para ter a ideia do desenho. Depois, me soltei e fui seguindo a intuição.

3) O que pode melhorar?

Resposta: Ter materiais de desenho que deixem uma textura mais forte no papel.

4) Foi fácil devolver o material de desenho no recipiente da cor escolhida?

Resposta: Sim. Foi fácil achar o botão para escutar a cor.

5) Foi importante usar os moldes no desenho?

Resposta: Sim. Ajuda a ter um lugar para concentrar o desenho.

6) Achou bom o tamanho da área para desenhar? Caso não, qual o tamanho ideal ou que recurso pode ajudar?

Resposta: Achei suficiente sim.

7) Você gostaria de repetir essa experiência na escola?

Resposta: Claro! Incentivar crianças e adolescentes cegos a fazer algo ligado à arte, é sempre bom.

8) Você se lembra de ter desenhado com cores antes?

Resposta: Não. Só uma vez com relevo, mas eu era bem pequena.

9) Você acha que desenhar assim mais vezes, quando era mais novo, teria feito diferença hoje?

Resposta: Acho que sim. Isso pode ajudar a desenvolver alguma habilidade artística.

10) O que significa as cores para você?

Resposta: Apesar de cor ser algo real e prático na vida das pessoas, para o cego, é algo que nos contam, que está na cultura. Aí, fazemos associações do que podem ser essas cores.

Pessoa 9

1) O que você achou da experiência? Como se sentiu?

Resposta: Adorei. Tive a sensação de voltar a ser criança.

2) Você teve dificuldade ao desenhar? Quais?

Resposta: Sim. Nunca estive assim, em frente à folha, pegando algo para desenhar.

3) O que pode melhorar?

Resposta: Acho que podia ter mais moldes para dar ideia para gente começar o desenho.

4) Foi fácil devolver o material de desenho no recipiente da cor escolhida?

Resposta: Sim. Eu lembrava a cor que peguei e ia clicando até ouvir a cor de novo.

5) Foi importante usar os moldes no desenho?

Resposta: Sim. Acho até que poderia ter mais moldes para ajudar.

6) Achou bom o tamanho da área para desenhar? Caso não, qual o tamanho ideal ou que recurso pode ajudar?

Resposta: É bom sim. Achei até meio grande, porque não estou acostumada a desenhar.

7) Você gostaria de repetir essa experiência na escola?

Resposta: Não tive a oportunidade de seguir os estudos, mas teria adorado fazer isso na escola.

8) Você se lembra de ter desenhado com cores antes?

Resposta: Não. É mesmo a primeira vez que fiz isso.

9) Você acha que desenhar assim mais vezes, quando era mais novo, teria feito diferença hoje?

Resposta: Teria feito diferença sim. Gostei bastante.

10) O que significa as cores para você?

Resposta: Tenho mais ou menos uma ideia do que pode ser as cores. Acredito no que as pessoas me falam. Se a cor é bonita, quente, como está o dia. Coisas assim.

Pessoa 10

1) O que você achou da experiência? Como se sentiu?

Resposta: Achei muito boa. Dá a sensação de você fazer o que quiser. É só imaginar.

2) Você teve dificuldade ao desenhar? Quais?

Resposta: Tive dificuldade de localizar onde eu tinha desenhado por último, fui tentando seguir uma direção.

3) O que pode melhorar?

Resposta: O papel podia ser mais grosso. Aí, se a gente fizer o desenho com força, teria uma diferença na área. Seria mais fácil para continuar o desenho.

4) Foi fácil devolver o material de desenho no recipiente da cor escolhida?

Resposta: Foi sim. O botão estava perto do copo com os lápis e canetas.

5) Foi importante usar os moldes no desenho?

Resposta: Não usei, mas acho legal ter sim.

6) Achou bom o tamanho da área para desenhar? Caso não, qual o tamanho ideal ou que recurso pode ajudar?

Resposta: Achei o tamanho bom. Se o papel for mais grosso, pode ajudar a identificar onde está o desenho na folha.

7) Você gostaria de repetir essa experiência na escola?

Resposta: Eu ia gostar bastante. Sempre gostei de imaginar coisas.

8) Você se lembra de ter desenhado com cores antes?

Resposta: Quando eu ainda enxergava sim. Mas, era bem pequeno. Depois, nem tentei mais.

9) Você acha que desenhar assim mais vezes, quando era mais novo, teria feito diferença hoje?

Resposta: Tenho certeza de que teria feito muita diferença! Como sempre gostei de usar a imaginação, eu poderia ter seguido um caminho nas artes, por exemplo.

10) O que significa as cores para você?

Resposta: Como lembro bem pouco da época em que eu enxergava, tenho mais uma ideia do que é cada cor. Sigo mais pelo que as pessoas falam das cores.

Anexo B – Código embarcado no ArtInDV (IDE Arduino)

O código programável do sistema embarcado do ArtInDV é apresentado abaixo no ambiente de desenvolvimento do Arduino.

Os comandos apresentados compõem a lógica de programação que verifica qual o botão foi pressionado pelo usuário, com saída de dados via monitor serial do Arduino.

```
ArtInDV_ArduinoIDE | Arduino 1.8.15
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

ArtInDV_ArduinoIDE $
// CEFET - PPCIC 2022
// Andrea Carla Vargas Rodrigues
// ArtInDV v1.0
// 1° bloco
int botao_do_verde = 5;
int botao_do_vermelho = 6;
int botao_do_amarelo = 7;
int botao_do_azul = 8;
int botao_do_laranja = 9;
int btEstado1 = 0, btEstado2 = 0;
int btEstado3 = 0, btEstado4 = 0;
int btEstado5 = 0;
// 2° bloco
void setup() {
  pinMode (botao_do_verde, INPUT);
  pinMode (botao_do_vermelho, INPUT);
  pinMode (botao_do_amarelo, INPUT);
  pinMode (botao_do_azul, INPUT);
  pinMode (botao_do_laranja, INPUT);
  Serial.begin (9600);
}

Salvo.
```

```
ArtInDV_ArduinoIDE | Arduino 1.8.15
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

ArtInDV_ArduinoIDE $
  pinMode (botao_do_laranja, INPUT);
  Serial.begin (9600);
}

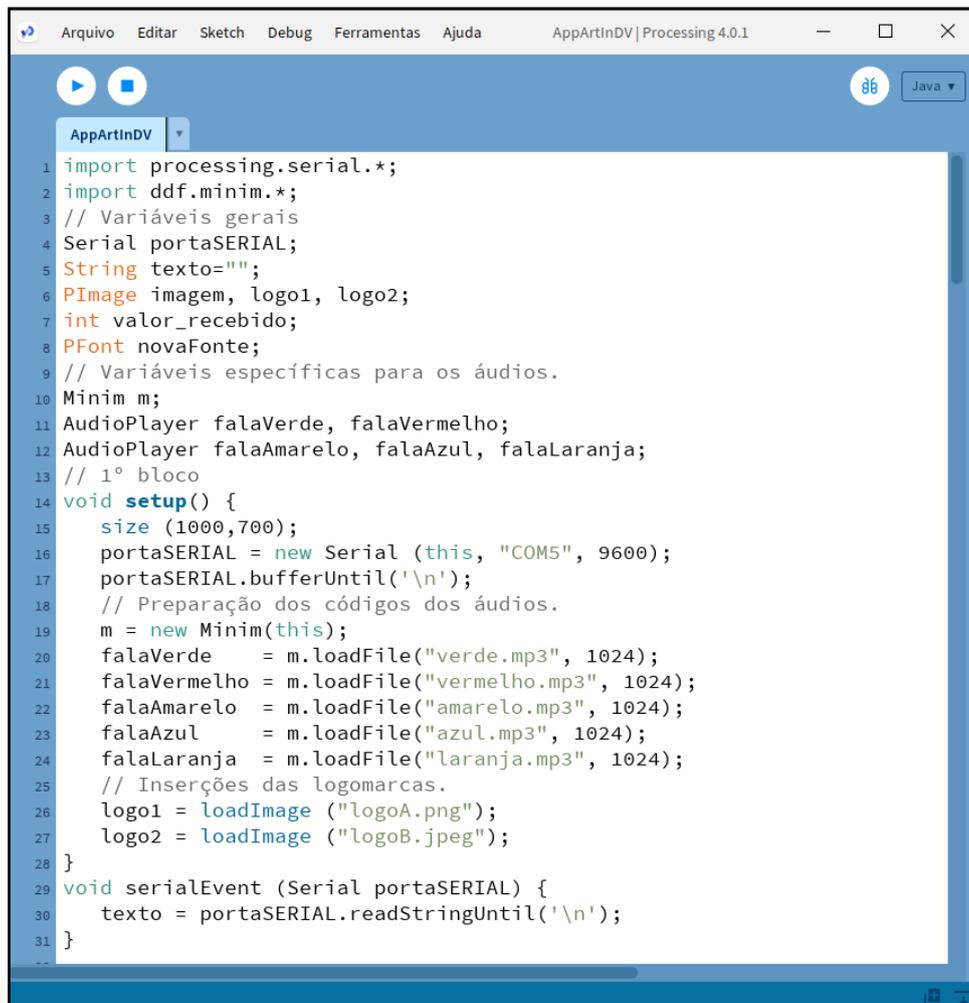
// 3° bloco
void loop() {
  // Entrada de dados - botão verde
  btEstado1 = digitalRead (botao_do_verde);
  // Entrada de dados - botão vermelho
  btEstado2 = digitalRead (botao_do_vermelho);
  // Entrada de dados - botão amarelo
  btEstado3 = digitalRead (botao_do_amarelo);
  // Entrada de dados - botão azul
  btEstado4 = digitalRead (botao_do_azul);
  // Estrutura condicional if
  if (btEstado1) {Serial.print (1);}
  if (btEstado2) {Serial.print (2);}
  if (btEstado3) {Serial.print (3);}
  if (btEstado4) {Serial.print (4);}
  if (btEstado5) {Serial.print (5);}
  delay (55);
}

Salvo.
```

Anexo C – Codificação do App ArtInDV (Processing IDE)

A lógica de programação apresentada abaixo é um trecho do código do App ArtInDV criado no ambiente de desenvolvimento do Processing, versão 4.0.1. No código em questão, são apresentadas as bibliotecas utilizadas, todas as variáveis criadas para o aplicativo, incluindo as direcionadas para o uso dos arquivos sonoros necessários para as reproduções quando o usuário pressionar o botão para a vocalização da cor.

As variáveis do tipo `AudioPlayer` da biblioteca `Minim` são imprescindíveis para o funcionamento aplicativo, pois carregam os arquivos de áudio em formato MP3 via código em Processing.



```
1 import processing.serial.*;
2 import ddf.minim.*;
3 // Variáveis gerais
4 Serial portaSERIAL;
5 String texto="";
6 PImage imagem, logo1, logo2;
7 int valor_recebido;
8 PFont novaFonte;
9 // Variáveis específicas para os áudios.
10 Minim m;
11 AudioPlayer falaVerde, falaVermelho;
12 AudioPlayer falaAmarelo, falaAzul, falaLaranja;
13 // 1º bloco
14 void setup() {
15     size (1000,700);
16     portaSERIAL = new Serial (this, "COM5", 9600);
17     portaSERIAL.bufferUntil('\n');
18     // Preparação dos códigos dos áudios.
19     m = new Minim(this);
20     falaVerde = m.loadFile("verde.mp3", 1024);
21     falaVermelho = m.loadFile("vermelho.mp3", 1024);
22     falaAmarelo = m.loadFile("amarelo.mp3", 1024);
23     falaAzul = m.loadFile("azul.mp3", 1024);
24     falaLaranja = m.loadFile("laranja.mp3", 1024);
25     // Inserções das logomarcas.
26     logo1 = loadImage ("logoA.png");
27     logo2 = loadImage ("logoB.jpeg");
28 }
29 void serialEvent (Serial portaSERIAL) {
30     texto = portaSERIAL.readStringUntil('\n');
31 }
```

Anexo D – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Título da Pesquisa: “Desenvolvimento de um ambiente sensorial-lúdico para deficientes visuais baseado na arquitetura de microcontroladores AVR”

Nome do Pesquisador: Andrea Carla Vargas Rodrigues

Nome do Orientador: João Roberto de Toledo Quadros

Vossa Pessoa está sendo convidada como voluntária a ser participante do presente estudo científico. Sua participação, como dito, é voluntária, contudo, é importante existir a materialidade de sua concordância de forma **EXPLÍCITA**, através da leitura dos termos desse documento e sua assinatura (ou equivalente) dessa concordância.

Aceitando os termos e concordando com todos eles, Vossa Pessoa aceita que os resultados obtidos sejam utilizados para eventual publicação e apresentação em:

- Dissertações associadas;
- Trabalhos de conclusão de curso;
- Artigos científicos para revistas;
- Artigos científicos para congressos e afins;
- Artigos em mídia digital/impressa acadêmica ou profissional;
- Defesas públicas associadas a esses itens.

Para maiores esclarecimentos, **não haverá divulgação de nenhum dado pessoal unívoco dos participantes**, tais como, imagem de rosto (de frente ou perfil), nome, apelido, endereço completo, número de documento (CPF, RG ou equivalentes), telefone ou e-mail de contato.

Contudo serão utilizados, nesta pesquisa, dados quantitativos não personalizáveis, tais como, idade; gênero biológico; grau de instrução; localidade geostacional (bairro ou cidade, sem NENHUMA identificação de endereço completo); imagem de membros (superiores ou inferiores) e tipo de deficiência visual (importante para esse estudo científico).

O pesquisador garante que a identificação pessoal unívoca não será utilizada ou relacionada ao participante sobre nenhuma circunstância, de modo que se **torne inviável** a identificação pessoal unívoca da/o voluntária/o, preservando a sua privacidade.

Vossa Pessoa está livre para não concordar com sua participação ou divulgação de quaisquer resultados associados à Vossa Pessoa, desde que exponha essa decisão de modo explícito. Vossa Pessoa também pode abandonar qualquer experimento ligado a essa pesquisa, sem NENHUM prejuízo legal ou de qualquer natureza.

Devido à natureza das pessoas pesquisadas (deficientes visuais), faz-se importante que o consentimento/não consentimento explícito possa também ser expresso de modo verbalizado (como alternativa), se assim o voluntário quiser, desde que essa verbalização ocorra na presença de duas testemunhas idôneas, que assinarão de modo livre o documento em questão.

A pesquisa também inclui uma entrevista para obtenção de dados qualitativos, sem que haja identificação unívoca do entrevistado, sendo tais dados usados na correspondência associativa aos dados quantitativos já descritos anteriormente.

A participação neste estudo não traz complicações legais, nem há previsão de gerar algum desconforto de ordem emocional, física ou intelectual. Contudo o uso do recurso pode gerar algum desconforto de ordem instrumental, para aqueles que estão desacostumados a esse tipo de recurso (ou equivalente), sendo importante que, caso cause algum desconforto, o participante indique-o imediatamente e possa interromper a experiência quando quiser, sem nenhum dano para si. Não há risco para saúde física nesse experimento, ou qualquer risco à dignidade humana.

Os produtos físicos gerados (desenhos e afins), não serão associados a dados de identificação unívoca dos participantes, mas poderão ser utilizados como resultados qualitativos, associados aos quantitativos. Preservar-se-á os princípios de dignidade, transparência no uso de resultados e de anonimato dos participantes.

Ao participar desta pesquisa, Vossa Pessoa não irá perceber nenhum benefício imediato. Entretanto, espera-se que este estudo traga informações importantes sobre a ferramenta utilizada, que vai contribuir com sua melhoria e sua eventual disponibilidade para centros educacionais que prescindam desse tipo de recurso. Há o compromisso que os resultados obtidos sejam utilizados pelo pesquisador para esse fim específico. Por ser voluntário, Vossa Pessoa não terá nenhum tipo de despesa para participar desta pesquisa, bem como nada será pago por sua participação.

Após estes esclarecimentos, solicita-se o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Portanto preencha, por favor, os itens que se seguem.

Obs: Devido à natureza dos envolvidos, esse termo, e todos os itens nele contidos, deve ser lido em voz alta e clara pelo menos duas vezes e repetido tantas vezes quanto necessário, ao desejo do voluntário/a.

Obs: Não assine esse termo se ainda tiver dúvidas a respeito.

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, manifesto meu consentimento em participar da pesquisa. Declaro que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a realização da pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Local XXXXXX; ___/_____/____

Nome do Participante da Pesquisa

Assinatura ou equivalente do Participante da Pesquisa

Em caso de verbalização explícita

Testemunha 1 da verbalização

Testemunha 2 da verbalização

Assinatura do Pesquisador

Assinatura do Orientador

Dados do pesquisador principal (NOME COMPLETO; TELEFONE-EMAIL; INSTITUIÇÃO):
