



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES, COMUNICAÇÃO E DESIGN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

DESIGN E MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL:
DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE SISTEMA VESTÍVEL
PARA DETECÇÃO E COMUNICAÇÃO DE OBSTÁCULOS

ALINE DARC PICULO DOS SANTOS

BAURU – 2023

Aline Darc Piculo dos Santos

**DESIGN E MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL:
DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE SISTEMA VESTÍVEL
PARA DETECÇÃO E COMUNICAÇÃO DE OBSTÁCULOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Design da Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design da UNESP – Câmpus de Bauru, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutorado em Design.

Orientador: Prof. Dr. Fausto Orsi Medola (UNESP)
Coorientador: Prof. Dr. Anselmo Frizera Neto (UFES)

Bauru – 2023

Santos, Aline Darc Piculo dos.

Design e mobilidade de pessoas com
deficiência visual: Desenvolvimento e
avaliação de sistema vestível para detecção e
comunicação de obstáculos / Aline Darc Piculo
dos Santos, 2023

177 f. : il.

Orientador: Fausto Orsi Medola

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual
Paulista (Unesp). Faculdade de Arquitetura,
Artes, Comunicação e Design, Bauru, 2023

1. Design. 2. Ergonomia. 3. Deficiência
visual. 4. Detecção de obstáculos. 5.
Tecnologia vestível. I. Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes,
Comunicação e Design. II. Título.

Comissão examinadora

PRESIDENTE

Professor Doutor Fausto Orsi Medola

PPG Design | Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Orientador

MEMBROS TITULARES

Professora Doutora Cristina Portugal

PPG Design | Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Professor Doutor Eduardo Rocon

Centro de Automática y Robótica | Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Professora Doutora Giselle Schmidt Alves Merino

PPG Design | Universidade Federal de Santa Catarina

Professor Doutor Márcio James Soares Guimarães

Universidade Federal do Maranhão



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Bauru



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE ALINE DARC PÍCULO DOS SANTOS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN, DA FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES, COMUNICAÇÃO E DESIGN - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 12 dias do mês de julho do ano de 2023, às 08:30 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de ALINE DARC PÍCULO DOS SANTOS, intitulada **DESIGN E MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE SISTEMA VESTÍVEL PARA DETECÇÃO E COMUNICAÇÃO DE OBSTÁCULOS..** A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Professor Associado FAUSTO ORSI MEDOLA (Orientador(a) - Participação Presencial) do(a) Programa de Pós-graduação em Design / Faculdade de Arquitetura Artes e Comunicação Campus de Bauru - Unesp, Professora Doutora CRISTINA PORTUGAL (Participação Virtual) do(a) Departamento de Arte e Design / PONTIFICA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO, Professor Doutor MARCIO JAMES SOARES GUIMARÃES (Participação Virtual) do(a) Departamento de Desenho e Tecnologia / UFMA, Professora Adjunta GISELLE SCHMIDT ALVES DIAZ MERINO (Participação Virtual) do(a) Programa de Pós-graduação em Design / UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, Professor de Investigación EDUARDO ROCON DE LIMA (Participação Virtual) do(a) Centro de Automática y Robótica / Consejo Superior de Investigaciones Científicas - CSIC. Após a exposição pela doutoranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: Aprovado. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Professor Associado FAUSTO ORSI MEDOLA

Dedico este trabalho aos meus pais, Dalva Darc e José Carlos.

Agradecimentos

Aos meus pais, Dalva e José, que sempre incentivaram os meus estudos e nunca mediram esforços pela minha educação, bem-estar e felicidade.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fausto Orsi Medola, pela mentoria e apoio nesta jornada.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Anselmo Frizera Neto, por todos os ensinamentos e por sempre me receber muito bem em Vitória.

Aos membros das bancas do Exame de Qualificação e Exame de Defesa pela disposição e por todas as contribuições.

Ao Prof. Dr. Luis Carlos Paschoarelli por despertar o meu interesse pela Ergonomia e por ter me dado a primeira oportunidade na área acadêmica através do projeto de iniciação científica.

Ao Prof. Frode Sandnes, da Oslo Metropolitan University, e à Profa. Atiyeh Vaezipour, da University of Queensland, pela parceria e ensinamentos.

Às colegas do Laboratório de Ergonomia e Interfaces (LEI-UNESP) por todas as conversas e aprendizado compartilhado nesses anos, tanto academicamente como pessoalmente.

Aos colegas do Centro Avançado de Desenvolvimento de Produtos (CADEP-UNESP) pelo suporte ao longo deste projeto.

Aos colegas do Núcleo de Tecnologia Assistiva (NTA-UFES), em especial ao Matheus e a Fabiana, pela receptividade e colaboração em todas as minhas visitas.

Ao Lar Escola Santa Luzia para Cegos, de Bauru-SP, em especial ao Jorge e à Fernanda, pela disponibilidade e contribuições.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-graduação em Design e aos servidores do STAEPE e ERAPI por todo suporte ao longo desses anos.

Aos voluntários e voluntárias que participaram deste estudo.

Às minhas amigas Amanda Marcolino, Larissa Blanco, Livia Ferrari e Marcela Scota, por tornarem a minha vida mais leve e divertida.

Aos meus amigos Carlos Fernandes e Guilherme Bertolaccini, por sempre estarem dispostos a ajudar.

À minha grande amiga, Ana Lya Moya Ferrari, por compartilhar os momentos bons e difíceis durante esses anos e por todas as conversas com café.

Por fim, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (Processo n. 2019/14438-4) pelo financiamento desta pesquisa.

Resumo

Dispositivos eletrônicos têm sido desenvolvidos para promover a segurança, independência e autonomia na mobilidade de pessoas com deficiência visual. Entretanto, a maioria dos estudos abordam os aspectos funcionais e poucos consideram os aspectos relacionados à interação entre usuário e dispositivo, os quais podem influenciar a aceitação e a satisfação com a Tecnologia Assistiva e, conseqüentemente, o seu uso. A interação 'usuário-dispositivo' é um tema de grande interesse para o Design e a Ergonomia, que podem contribuir para atender às necessidades e desejos do usuário, promovendo o bem-estar, segurança e satisfação. Visando contribuir para a segurança e a satisfação na mobilidade de pessoas com deficiência visual, este estudo teve como objetivo desenvolver e avaliar um sistema vestível para detecção e comunicação de obstáculos em ambientes externos. O desenvolvimento do protótipo foi fundamentado em estudos com 8 usuários com deficiência visual e uma profissional de Orientação e Mobilidade, os quais possibilitaram compreender as demandas específicas de mobilidade deste público alvo. A avaliação foi realizada através de dois estudos - usabilidade e percepção sobre o usuário - envolvendo 10 sujeitos vendados e 108 sujeitos, respectivamente, comparando três condições: o protótipo desenvolvido, a bengala branca e ambas tecnologias combinadas. Os resultados indicam que o uso das duas tecnologias combinadas pode contribuir para a mobilidade externa de pessoas com deficiência visual. O uso do protótipo em conjunto com a bengala branca resultou em menos colisões e significativamente menor frustração e maior percepção de segurança. Por outro lado, também resultou em maior tempo e carga cognitiva para realizar o experimento, o que pode sugerir que mais tempo para treinamento seja necessário para aprendizagem e adaptação. Os resultados também sugerem que adicionar o sistema vestível ao usuário da bengala não aumentou o julgamento associado ao mesmo. Portanto, com base nesses resultados, o presente estudo contribui para as áreas de Design, Ergonomia e Tecnologia Assistiva com diretrizes para o design e avaliação de tecnologias vestíveis para mobilidade de pessoas com deficiência visual.

Palavras-chave: Design, Ergonomia, Deficiência Visual, Detecção de Obstáculos, Tecnologia Vestível

Abstract

Electronic devices have been developed to promote safety, independence, and autonomy in the mobility of visually impaired people. However, most of the studies address the functional aspects, and few studies consider the aspects related to the user-device interaction, which may influence the acceptance and satisfaction with Assistive Technology and, consequently, its usage. The 'user-device' interaction is a subject of great interest for Design and Ergonomics, which can contribute to meeting the user's needs and desires, promoting well-being, safety, and satisfaction. In order to contribute to the safety and satisfaction in the mobility of visually impaired people, this study aimed to develop and evaluate a wearable system for obstacle detection and communication, to contribute to the outdoor mobility of visually impaired people. The development of the prototype was based on studies with 8 users with visual impairment and an Orientation and Mobility professional, which enabled the understanding of specific demands for mobility of this target group. The evaluation was done through two experiments – usability and perception about the user – involving 10 blindfolded subjects and 108 subjects, respectively, comparing three conditions: the developed prototype, the white cane, and both technologies combined. The results indicate that the use of both technologies may contribute to the outdoor mobility of visually impaired people. The prototype used with the white cane resulted in fewer collisions and significantly less frustration and a higher perception of safety. On the other hand, it also resulted in a higher time and cognitive load to perform the experiment, which may suggest that more training time may be required for learning and adaptation. The results also suggest that adding the wearable system to the white cane user did not increase the judgment associated to the user. Therefore, based on these findings, this study contributes to the areas of Design, Ergonomics, and Assistive Technology with guidelines for the design and evaluation of wearable technologies for the mobility of visually impaired people.

Keywords: Design, Ergonomics, Visual Impairment, Obstacle Detection, Wearable Technology

Lista de figuras

Figura 1 - Trajetória acadêmica	21
Figura 2 - Fases do projeto de pesquisa	23
Figura 3 - Anatomia do olho humano.....	25
Figura 4 - Bengala branca (a) dobrada e (b) aberta	32
Figura 5 - Ponteiras (a) Fixa (b) <i>Roller</i>	33
Figura 6 – Diagrama das propriedades dos dispositivos eletrônicos para navegação ..	35
Figura 7 - ActiGraph GTX9-Link.....	45
Figura 8 - (a) Pesquisadora demonstrando ao participante como colocar o monitor (b) Participante colocando o monitor.....	45
Figura 9 - Tempo (min/dia) gasto em diferentes intensidades de atividade física ...	49
Figura 10 - Distribuição das pontuações de avaliação de satisfação (QUEST)	53
Figura 11 - Itens considerados mais importantes em uma TA (N = 11).....	54
Figura 12 - Frequência com que os participantes se preocupam com determinadas situações (N = 11)	55
Figura 13 - Frequência de interferência da deficiência visual na realização de determinadas atividades diárias (N = 11)	56
Figura 14 - Fluxograma PRISMA do processo de busca e seleção de estudos	61
Figura 15 - Mapa mental.....	68
Figura 16 - Componentes utilizados no sistema.....	69
Figura 17 - Configuração esquemática do circuito	70
Figura 18 - Diagrama simplificado do sistema de detecção e comunicação de obstáculos.....	71
Figura 19 - Segmentação realizada pela (a) Câmera RGB (b) Câmera de profundidade	72
Figura 20 - Distâncias de detecção da câmera	72
Figura 21 - <i>Sketches</i> iniciais	73
Figura 22 - <i>Sketches</i> iniciais	74
Figura 23 - <i>Sketches</i> iniciais	74
Figura 24 - <i>Sketches</i> iniciais	75
Figura 25 - Solução proposta	76

Figura 26 - Modelos de mochila.....	78
Figura 27 - Medida da altura dos ombros em posição sentada	79
Figura 28 - Medida da largura dos ombros.....	80
Figura 29 - Vértex da coluna do corpo humano.....	81
Figura 30 - <i>Sketch</i> final com vistas da mochila	82
Figura 31 - Modelo virtual de caixa para componentes (a) aberta (b) fechada	83
Figura 32 - Modelo virtual de nova versão de caixa para componentes (a) aberta (b) fechada.....	84
Figura 33 - Modelos volumétricos dos componentes do sistema impressos tridimensionalmente	84
Figura 34 - Peças cortadas em algodão cru a partir dos moldes criados	85
Figura 35 - <i>Mockup</i> confeccionado em algodão cru (a) Visão frontal (b) Visão posterior	86
Figura 36 - Voluntário utilizando o <i>mockup</i> (a) Visão frontal (b) Visão lateral	86
Figura 37 - Voluntária utilizando o <i>mockup</i> (a) Visão frontal (b) Visão lateral	87
Figura 38 - Voluntário utilizando o <i>mockup</i> com novo formato de alça (a) Visão frontal (b) Visão lateral	87
Figura 39 – Protótipo	90
Figura 40 – Protótipo (a) Vista lateral (b) Vista frontal.....	90
Figura 41 – Protótipo (a) Vista posterior (b) Detalhe fecho frontal	91
Figura 42 - Protótipo final	91
Figura 43 – Protótipo – Vista frontal	92
Figura 44 – Protótipo – (a) Vista lateral (b) Vista posterior.....	92
Figura 45 – Detalhe do fecho de engate rápido (a) fechado (b) aberto	93
Figura 46 - Clipe para fixação da câmera.....	93
Figura 47 - Integração do sistema de detecção e comunicação ao dispositivo vestível.....	95
Figura 48 - Componentes utilizados para avaliação do sistema de detecção	95
Figura 49 - <i>Layouts</i> do Protocolo de Mobilidade	96
Figura 50 - Procedimentos de coleta - participantes durante o experimento utilizando (a) NavWear (b) Bengala (c) NavWear e bengala.....	99
Figura 51 - Comparação do tempo médio para execução do Protocolo de Mobilidade	101

Figura 52 - Comparação do total de colisões com cada tipo de obstáculo.....	102
Figura 53 - Comparação das pontuações do SUS por afirmação	106
Figura 54 – Comparação das pontuações do NASA TLX em cada dimensão	109
Figura 55 – Comparação da percepção de segurança.....	110
Figura 56 - Comparação da percepção de dificuldade	111
Figura 57 – Imagens utilizadas no DS dos dispositivos em uso	114
Figura 58 – Comparação das pontuações dos pares adjetivos do DS	116
Figura 59 – Comparação da distribuição das notas por pares adjetivos do DS	120

Lista de tabelas

Tabela 1 - Classificação do grau de deficiência visual baseado na acuidade visual apresentada	27
Tabela 2 - Causas mais frequentes da deficiência visual	29
Tabela 3 - Descrição da amostra (N = 8)	48
Tabela 4 - Distribuição diária de tempo de uso e intensidades de atividade física relacionadas às características da amostra (N = 8)	51
Tabela 5 - Lista de componentes utilizados no sistema	69
Tabela 6 - Diretrizes para escolha de material do protótipo	88
Tabela 7 - Lista de materiais utilizados na confecção do protótipo.....	89
Tabela 8 – Número de colisões distribuídas por dispositivo, <i>layout</i> e tipo de obstáculo.....	102
Tabela 9 – Comparação das pontuações do SUS	105
Tabela 10 – Comparação das pontuações do NASA-TLX em cada dimensão	108
Tabela 11 – Caracterização da amostra (N = 108).....	115
Tabela 12 – Comparação das pontuações dos pares adjetivos do DS	117

Lista de siglas e abreviaturas

AF	Atividade Física
AFM	Atividade Física Moderada
AFMI	Atividade Física Moderada à Intensa
AV	Acuidade Visual
ANOVA	Análise de variância
AioT	<i>Artificial Intelligence of Things</i>
CBO	Conselho Brasileiro de Oftalmologia
CIF	Classificação Internacional de Funcionalidade, Deficiência e Saúde
DCU	Design Centrado no Usuário
DP	Desvio Padrão
DS	Diferencial Semântico
ETA	<i>Electronic Travel Aids</i>
FAAC	Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design
FPS	<i>Frame per seconds</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i> (Sistema de Posicionamento Global)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMC	Índice de Massa Corporal
IMU	<i>Inertial Measurement Unit</i> (Unidade de Medição Inercial)
IoT	<i>Internet of Things</i>
ISO	<i>Internation Organization for Standardization</i>
LEI	Laboratório de Ergonomia e Interfaces
MeSH	<i>Medical Subject Headings</i>
NASA-TLX	<i>Nasa Task Load Index</i>
NavWear	<i>Navigation Wearable System</i>
NTA	Núcleo de Tecnologia Assistiva
OMS	Organização Mundial da Saúde
PcD	Pessoa com Deficiência
PcDV	Pessoa com Deficiência Visual
PET	Polietileno tereftalano
PLA	<i>Polylactic acid</i> (Ácido Polilático)

PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis</i>
PVC	<i>Polyvinyl chloride</i> (Policloreto de Vinilo)
QUEST	<i>Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i> (Identificação por Radiofrequência)
RGB	<i>Red Green Blue</i>
RGB-D	<i>Red Green Blue – depth</i>
SUS	<i>System Usability Scale</i>
TA	Tecnologia Assistiva
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
ToF	<i>Time-of-flight</i>
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
USB	<i>Universal Serial Bus</i> (Porta Serial Universal)
WHO	<i>World Health Organization</i>

Sumário

Resumo	VII
Abstract	VIII
Lista de figuras	IX
Lista de tabelas	XII
Lista de siglas e abreviaturas	XIII
Sumário	XV
1 Introdução	19
1.1 Justificativa	19
1.2 Motivação	20
1.3 Questão de pesquisa	21
1.4 Hipóteses	21
1.5 Objetivos	22
1.6 Procedimentos metodológicos	22
1.7 Contribuições	24
1.8 Estrutura da tese	24
2 Referencial teórico	25
2.1 A deficiência visual	25
2.1.1 Definição	25
2.1.2 Panorama nacional e global	27
2.2 A mobilidade da pessoa com deficiência visual	29
2.3 Tecnologias Assistivas para mobilidade pessoal	30
2.3.1 Dispositivos vestíveis para mobilidade	36
2.4 Design, Ergonomia e Tecnologia Assistiva	39
2.4.1 Design centrado no usuário	41

2.4.2 A relação entre usuário e Tecnologia Assistiva	41
3 Estudos de caracterização do público alvo (Fase 1)	44
3.1 Caracterização da mobilidade de pessoas com deficiência visual	44
3.1.1 Materiais e Métodos	44
3.1.2 Análise de dados	46
3.1.3 Resultados e Discussão	47
3.2 Avaliação da satisfação do usuário com seu atual dispositivo para mobilidade pessoal	52
3.2.1 Materiais e Métodos	52
3.2.2 Resultados e Discussão	52
3.3 Perfil do Impacto da Deficiência Visual	54
3.3.1 Materiais e Métodos	54
3.3.2 Resultados e Discussão	55
3.4 Entrevista com profissional	57
3.4.1 Materiais e Métodos	57
3.4.2 Resultados e Discussão	57
4 Desenvolvimento (Fase 2)	59
4.1 Revisão sistemática de dispositivos vestíveis para mobilidade de pessoas com deficiência visual	59
4.1.1 Materiais e Métodos	59
4.1.1.1 Estratégia de busca	59
4.1.1.2 Critérios de elegibilidade	59
4.1.1.3 Seleção de estudos	60
4.1.1.4 Extração de dados	60
4.1.2 Resultados e Discussão	60
4.1.2.1 Tecnologias para detecção de obstáculos	61
4.1.2.2 Canais de comunicação com o usuário	63
4.1.2.3 Métodos de avaliação	64
4.1.2.4 Dimensões do dispositivo vestível	65

4.1.2.5 Custo de desenvolvimento do dispositivo vestível	65
4.1.2.6 Recomendações para o design e avaliação de dispositivos vestíveis para orientação e mobilidade de adultos com deficiência visual	66
4.2 Diretrizes de projeto	67
4.3 Sistema para detecção e comunicação de obstáculos	68
4.4 Confeção do protótipo	73
4.4.1 <i>Sketches</i> iniciais	73
4.4.2 <i>Mockups</i>	78
4.4.3 Protótipo	88
5 Avaliação (Fase 3)	94
5.1 Avaliação do protótipo em ambiente controlado	94
5.1.1 Materiais e Métodos	94
5.1.2 Análise de dados	100
5.1.3 Resultados e Discussão	100
5.1.3.1 Caracterização da amostra	100
5.1.3.2 Tempo	100
5.1.3.3 Colisões	101
5.1.3.4 Usabilidade	104
5.1.3.5 Carga de tarefa	108
5.1.3.6 Percepção de segurança	109
5.1.3.7 Percepção da dificuldade para realizar a tarefa	110
5.2 Avaliação da percepção de observadores sobre o usuário	112
5.2.1 Materiais e Métodos	112
5.2.2 Análise de dados	114
5.2.3 Resultados e Discussão	115
6 Conclusões	122
Referências	124
Apêndices	135
Apêndice A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	135

Apêndice B - Autorização para realização dos estudos na instituição	136
Apêndice C - Protocolo de caracterização da amostra – estudo 1	137
Apêndice D - Protocolo Perfil do Impacto da Deficiência Visual	141
Apêndice E - Roteiro de entrevista com profissional de Orientação & Mobilidade	143
Apêndice F - Estratégia de busca utilizada no PubMed	144
Apêndice G – Desenho técnico de clipe para fixação da câmera	145
Apêndice H – Caixa para componentes – versão final	147
Apêndice I – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – estudo 2	150
Apêndice J - Termo de Autorização de Uso de Imagem	151
Apêndice K - Protocolo de caracterização da amostra – estudo 2	152
Apêndice L - Ordem dos dispositivos e dos layouts utilizada nos experimentos	153
Apêndice M - <i>System Usability Scale (SUS)</i> adaptado	154
Apêndice N - <i>NASA Task Load Index (TLX)</i> adaptado	155
Apêndice O – Instruções para realização dos experimentos	156
Apêndice P – Análise estatística – Avaliação do protótipo	157
Apêndice Q – Protocolo de Diferencial Semântico Bengala + NavWear	163
Apêndice R – QR Codes	167
Apêndice S – Análise estatística – Avaliação sobre o usuário	168
Anexos	170
Anexo A - Parecer Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da UNESP-Bauru	170
Anexo B - Protocolo de avaliação da satisfação do usuário com a Tecnologia Assistiva de Quebec B-QUEST (2.0)	176

1 Introdução

1.1 Justificativa

A deficiência visual é resultado de uma condição ocular, presente em milhares de pessoas no mundo, que dificulta a realização de diversas atividades de vida diária, como a mobilidade, influenciando a saúde, participação social e a qualidade de vida do indivíduo.

As Tecnologias Assistivas (TA) são instrumentos utilizados para compensar alguma funcionalidade reduzida, contribuindo para a inclusão social de seus usuários (BERSCH, 2017). A bengala longa é um dispositivo para mobilidade pessoal, com custo acessível e interface simples, que fornece informações sobre o terreno, detectando obstáculos no caminho do usuário. Entretanto, a bengala não é capaz de identificar obstáculos localizados acima da cintura do usuário, não oferecendo proteção contra potenciais colisões e acidentes. Além disso, a estética da bengala longa é estigmatizada, visto que o dispositivo é um elemento identificador da deficiência de seu usuário. Tais fatores podem influenciar o uso da TA e levar ao seu abandono.

Com o envelhecimento populacional e o aumento da população cega, pesquisas na área de TA para pessoas com deficiência visual (PcDV) apresentam um relevante impacto social. Observa-se um crescente interesse na produção de TA para mobilidade de PcDV (BHOWMICK; HAZARIKA; 2017, SANTOS et al., 2018; SANTOS et al., 2021b). Os dispositivos eletrônicos para navegação são desenvolvidos para oferecer benefícios à mobilidade diária e empregam diversas tecnologias e interfaces de comunicação com o usuário. Apesar das diversas vantagens tecnológicas reportadas, poucos usuários utilizam esses dispositivos (BALL, 2008; ADEBIYI et al., 2017).

A evolução e popularização das tecnologias vestíveis podem contribuir para a aceitação da TA e de seu usuário (SHINOHARA; WOBBROCK, 2011; SANTOS et al., 2022). Contudo, até o presente momento, a maioria dos estudos de desenvolvimento e avaliação abordam os aspectos funcionais, negligenciando os aspectos psicológicos, ergonômicos e sociais, os quais estão relacionados à aceitação e à satisfação do usuário. Lanutti (2019) destaca que as TAs são produtos com boa qualidade funcional, mas com pouca inovação nos aspectos estéticos e simbólicos, os quais influenciam a aceitação social desses objetos e de seus usuários.

A aceitação do usuário é um fator fortemente relacionado à satisfação, uso e abandono da TA. Diversos fatores influenciam a aceitação da TA como, por exemplo, a usabilidade e a estética, que estão relacionadas à interação entre usuário e TA. A usabilidade analisa aspectos funcionais e perceptivos da interface (IIDA, 2016). A estética da TA, por sua vez, tem grande influência em como essa e seus usuários são vistos (SANTOS et al., 2022). Segundo Shinohara e Wobbrock (2011), a estética da TA pode fazer com que seus usuários se sintam estigmatizados e, conseqüentemente, influenciar a aceitação social.

O Design e a Ergonomia podem contribuir no desenvolvimento de TA, melhorando aspectos da interface com o usuário, como facilidade de uso e conforto, influenciando a satisfação e usabilidade, e aspectos estéticos e simbólicos, influenciando a percepção de estigma. Desta forma, ao desenvolver uma TA, designers devem considerar tanto os aspectos funcionais como psicológicos, ergonômicos e sociais para garantir que as necessidades dos usuários sejam atendidas e ao mesmo tempo minimizar a ocorrência de simbolismos negativos, contribuindo, assim, para a aceitação de seus usuários (SANTOS et al., 2022).

1.2 Motivação

Além do impacto social, destaca-se como motivação para esta pesquisa o interesse pelo tema. O Design e a Ergonomia têm o potencial de contribuir para a inclusão social e qualidade de vida das pessoas. Visando explorar esse potencial, foram desenvolvidos estudos para o público com deficiência visual (Figura 1). O primeiro estudo foi o desenvolvimento de um brinquedo para crianças com deficiência visual (SANTOS, 2016). Em seguida, os estudos foram direcionados para o público adulto com deficiência visual, focando nas dificuldades enfrentadas na mobilidade pessoal, com destaque para a detecção de obstáculos. Através de uma avaliação de uma bengala eletrônica, foi possível identificar os pontos positivos, como o uso de tecnologias para exploração do ambiente e comunicação em tempo real com o usuário, assim como pontos que poderiam ser melhorados, como a interface usuário-tecnologia (SANTOS, 2019; SANTOS et al., 2021a). A partir dos resultados observados em estudo anterior, estruturou-se o tema de pesquisa deste projeto.

Figura 1 - Trajetória acadêmica



Fonte: elaborada pela autora.

1.3 Questão de pesquisa

Os dispositivos eletrônicos para navegação oferecem diversos benefícios à mobilidade de pessoas com deficiência visual. Contudo, a maioria dos estudos relatam o desenvolvimento e a avaliação de aspectos funcionais, não explorando os aspectos subjetivos de interação entre usuário e TA. Usuários interagem com a TA para realizar tarefas dentro de um contexto social e isso deve ser levado em consideração ao desenvolver e avaliar TAs (BALL, 2008). Dessa forma, definiu-se a seguinte questão de pesquisa:

Uma nova proposta de dispositivo vestível para mobilidade, que utilize tecnologias para exploração do ambiente para detecção e comunicação de obstáculos, irá influenciar a usabilidade e a forma como observadores percebem o usuário?

1.4 Hipóteses

A partir da questão de pesquisa, foram formuladas duas hipóteses:

H1. Um novo dispositivo vestível para mobilidade de pessoas com deficiência visual, que utilize tecnologias para exploração do ambiente, influenciará a usabilidade.

H2. O dispositivo vestível para mobilidade de pessoas com deficiência visual irá influenciar a percepção de observadores sobre seu usuário.

Como o dispositivo teve como objetivo complementar a funcionalidade da bengala longa, foram estabelecidas as seguintes sub-hipóteses com base nas duas hipóteses principais:

H1.1 O uso do dispositivo desenvolvido com a bengala irá promover a usabilidade durante a mobilidade.

H2.1 O uso do dispositivo com a bengala não aumentará o estigma associado ao usuário da bengala longa.

1.5 Objetivos

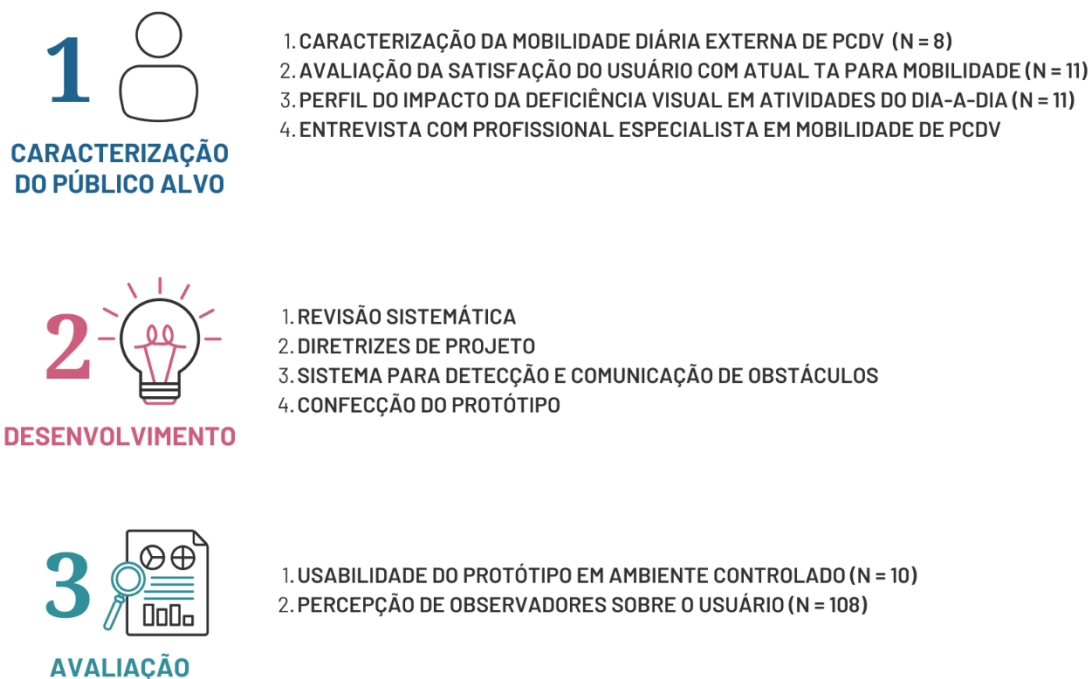
O objetivo principal deste projeto de pesquisa foi desenvolver e avaliar um dispositivo vestível para mobilidade de pessoas com deficiência visual, visando promover a usabilidade (eficácia, eficiência e satisfação) ao mesmo tempo que não aumentar o estigma associado ao seu usuário. Para o cumprimento do objetivo principal, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Conhecer as características, necessidades e desejos do público alvo no que se refere à mobilidade diária e Tecnologia Assistiva;
- Realizar um levantamento, a partir de uma revisão sistemática, para identificar as tecnologias e interfaces utilizadas em dispositivos vestíveis para mobilidade de pessoas com deficiência visual que oferecem maior segurança, independência e autonomia;
- Desenvolver um protótipo de dispositivo vestível para a mobilidade do usuário com deficiência visual a partir das diretrizes definidas com base nos estudos;
- Avaliar a usabilidade do protótipo desenvolvido em ambiente controlado e a percepção de observadores sobre o usuário.

1.6 Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos foram fundamentados em raciocínio indutivo, caracterizados por estudo transversal com experimentação laboratorial e aplicação de método misto (coleta de dados qualitativos e quantitativos). O projeto foi dividido em três fases (Figura 2) que contemplam o embasamento para desenvolvimento do protótipo até a avaliação do mesmo.

Figura 2 - Fases do projeto de pesquisa



Fonte: elaborada pela autora.

A primeira fase teve como objetivo conhecer e compreender as necessidades e preferências do usuário. Nesta fase foram realizados os estudos (i) caracterização da mobilidade diária, (ii) avaliação da satisfação do usuário com sua tecnologia assistiva de uso, (iii) perfil do impacto da deficiência visual e (iv) entrevista com profissional de mobilidade. A participação nestes estudos foi voluntária e todos os participantes foram esclarecidos sobre os procedimentos, objetivos, potenciais riscos e contribuições do estudo - os quais foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da UNESP-Bauru (ANEXO A). Foram recrutados 11 adultos com deficiência visual para participar dos estudos i, ii e iii. Todos os participantes consentiram sua participação nos estudos através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A) registrado em forma de gravação de vídeo conforme Resolução 510/2016, Capítulo I, Art. 2º, XXII. Com base nos resultados, foi possível identificar os principais problemas enfrentados pelas pessoas com deficiência visual na mobilidade diária e, desta forma, foram definidas diretrizes para solucioná-los.

A segunda fase compreendeu o desenvolvimento do protótipo, que consiste em um sistema vestível, baseado em visão computacional, que detecta obstáculos

não detectados pela bengala tradicional. Esta fase foi realizada em parceria com o Núcleo de Tecnologia Assistiva - NTA, da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Nessa fase também foi realizada uma revisão sistemática com o objetivo de identificar as principais tecnologias utilizadas para proporcionar mobilidade segura e independente em dispositivos vestíveis para pessoas com deficiência visual.

A terceira fase envolveu a avaliação do protótipo desenvolvido, que foi dividida em dois estudos: validação técnica e avaliação da usabilidade em ambiente controlado com 10 sujeitos vendados; e avaliação da percepção de observadores sobre o usuário do protótipo e da bengala longa com 108 sujeitos.

1.7 Contribuições

As contribuições deste projeto incluem o desenvolvimento de um sistema vestível para detecção e comunicação de obstáculos para pessoas com deficiência visual, que não influencie a marcha e não adicione simbolismo negativo ao usuário. O sistema é baseado em uma câmera RGB de profundidade, comunicação tátil e diretrizes definidas através de estudos com usuários. Este projeto também inclui diretrizes para o desenvolvimento de sistemas vestíveis para mobilidade de pessoas com deficiência visual e uma metodologia simples e reprodutível para avaliação de dispositivos para mobilidade de pessoas com deficiência visual.

1.8 Estrutura da tese

A presente tese encontra-se estruturada em seis capítulos. O Capítulo 1 apresenta uma contextualização sobre a problemática investigada. O Capítulo 2 descreve uma revisão de literatura sobre os principais temas abordados neste projeto. O Capítulo 3 apresenta os estudos preliminares realizados com usuários para conhecer suas principais demandas no que se refere à mobilidade diária externa. O Capítulo 4 descreve o desenvolvimento do protótipo a partir das diretrizes definidas com base nos resultados dos estudos com usuários e de revisão sistemática da literatura sobre dispositivos similares desenvolvidos pela comunidade científica. O Capítulo 5 apresenta as avaliações realizadas com o protótipo. O Capítulo 6 conclui a tese, apresentando as contribuições deste estudo e as recomendações para estudos futuros.

2 Referencial teórico

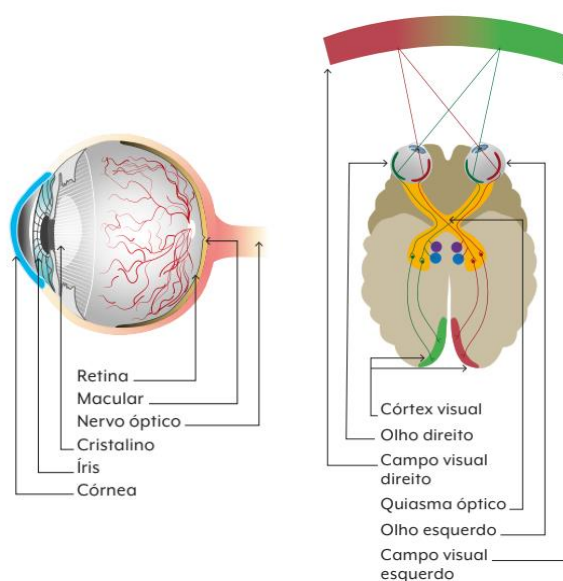
2.1 A deficiência visual

2.1.1 Definição

A Classificação Internacional de Funcionalidade, Deficiência e Saúde (CIF) define deficiência como um termo utilizado para descrever um problema na função ou estrutura do corpo de uma pessoa, com desvio significativo ou perda, devido a uma condição de saúde. Segundo o Relatório Mundial sobre a Visão (2019), a deficiência visual é um resultado de uma condição ocular que afeta o sistema visual e uma ou mais funções visuais.

O sistema visual é composto pelos olhos, nervos ópticos e ligações entre diferentes estruturas cerebrais (Figura 3). A parte frontal do olho, composta pela córnea e o cristalino, focalizam a luz recebida pelo olho na retina, que a converte em impulsos nervosos, os quais são transmitidos até o córtex visual através dos nervos ópticos. Esses impulsos são integrados com as informações recebidas por outros canais, como audição por exemplo, e são traduzidos em imagens, permitindo que o indivíduo entenda o ambiente em que está e responda de acordo (WHO, 2019).

Figura 3 - Anatomia do olho humano



Fonte: Relatório Mundial sobre a Visão (WHO, 2019), p. 5.

A deficiência visual pode ser categorizada como leve, moderada e grave (baixa visão) e cegueira, sendo classificada com base no grau de comprometimento das funções visuais acuidade visual e campo visual.

A acuidade visual é o parâmetro mais utilizado para classificar o grau de deficiência visual e corresponde à capacidade do sistema visual de discernir detalhes, como forma e contorno, em um espaço de forma clara e independentemente da distância. A acuidade visual pode ser medida utilizando a Escala Optométrica de Snellen, uma tabela com símbolos ou letras, de diferentes tamanhos, dispostos em linhas e colunas, posicionado a uma distância fixa (geralmente seis metros). Cada linha corresponde a uma fração, na qual o numerador refere-se à distância em que o gráfico é exibido e o denominador corresponde à distância em que um olho “saudável” é capaz de ler essa linha.

As categorias de deficiência visual foram criadas pela Organização Mundial da Saúde (OMS), em 1972, para facilitar a coleta de dados entre a população. Na época, a avaliação era realizada com base no melhor olho, e os valores de referência utilizados para baixa visão e cegueira eram a acuidade visual inferior, mesmo após correção ou tratamento, a 6/18 e 3/60, respectivamente. Em 2010, a classificação com base na acuidade visual foi atualizada devido ao fato da expressão “no melhor olho corrigido” não considerar uma parcela da população com deficiência visual em decorrência de erros de refração não corrigidos, além de não existir distinção entre os diferentes níveis de cegueira (com ou sem percepção luminosa). Portanto, a expressão “acuidade visual no melhor olho corrigido” foi substituída por “acuidade visual apresentada” e a cegueira foi subdividida em três graus (WHO, 2019).

Atualmente, o valor utilizado para categorizar a deficiência visual é a acuidade visual inferior a 6/12, conforme pode ser observada na Tabela 1 (WHO, 2019). Com base nos parâmetros atuais, uma pessoa é considerada com baixa visão (deficiência visual moderada e grave) se apresenta acuidade visual entre 6/18 e 3/60, enquanto uma pessoa cega apresenta acuidade visual inferior a 3/60 (0,05).

Tabela 1 - Classificação do grau de deficiência visual baseado na acuidade visual apresentada

Categoria	Acuidade visual (AV)	
	Pior que	Igual ou melhor que
Leve	6/12	6/18
Moderada	6/18	6/60
Grave	6/60	3/60
Cegueira	3/60	

Fonte: Relatório Mundial sobre a Visão (WHO, 2019).

A baixa visão e a cegueira também podem ser classificadas de acordo com o grau de constrição do campo visual do melhor olho, isto é, amplitude da área alcançada pela visão, que corresponde a 20° ou 10°, respectivamente.

2.1.2 Panorama nacional e global

De acordo com último censo demográfico, realizado em 2010, 18,8% da população brasileira vive com algum grau de deficiência visual, entre os quais 3,4% apresentam grande dificuldade ou não conseguem enxergar de forma permanente (IBGE, 2011).

Globalmente, estima-se que existam cerca de 2,2 bilhões de pessoas com algum grau de deficiência visual (WHO, 2019). E este número tende a aumentar nos próximos anos devido ao envelhecimento populacional (ADEBIYI et al., 2017; FERNANDES et al., 2019, WHO, 2019). Segundo estimativas do IBGE (2019), o número de idosos (acima de 60 anos) no Brasil deve dobrar até 2042, em comparação aos números de 2017 (28 milhões). As estimativas também indicam que a população idosa em 2031 (43,2 milhões) irá superar o número de crianças e adolescentes (42,3 milhões) e que até o ano de 2050, os idosos irão ultrapassar a população adulta com idade entre 40 e 59 anos (CBO, 2019).

Segundo a OMS (2019), diversos fatores aumentam a probabilidade de desenvolvimento de uma condição ocular e o envelhecimento é o principal fator de risco. Doenças como presbiopia (dificuldade em ver objetos próximos com o avançar da idade), catarata, glaucoma e degeneração macular têm maior probabilidade de ocorrer com a idade avançada.

Outros fatores de risco incluem genética, estilo de vida, infecções e diversas condições de saúde. A genética influencia no desenvolvimento de condições como glaucoma, erros de refração e degenerações da retina, como retinose pigmentar. O estilo de vida também está relacionado à ocorrência de muitas condições oculares. O tabagismo, por exemplo, é o principal fator de risco para a degeneração macular relacionada à idade e aumenta os riscos de desenvolvimento da catarata. Condições de saúde como diabetes, artrite reumatoide, esclerose múltipla e parto prematuro, também podem levar ao desenvolvimento de condições oculares. A duração do diabetes e a pressão arterial elevada, por exemplo, são fatores de risco para a retinopatia diabética (WHO, 2019; CBO, 2019). Segundo estimativas do Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO), cerca de 4,8% dos pacientes diabéticos são cegos. Isso porque uma pessoa com diabetes tem cerca de 30 vezes mais chances de desenvolver a cegueira (CBO, 2019).

Condições socioeconômicas também figuram como fatores de risco para deficiência visual. Estudos indicam que a maioria das pessoas com deficiência visual vive em países em desenvolvimento ou com baixa renda e têm mais de 50 anos (WHO, 2014; PATIL; JAWADWALA; SHU, 2018; RAMADHAN, 2018; CBO, 2019). Segundo estimativas do CBO, mais de 1 milhão e meio de brasileiros são cegos. Desse número, 543 mil pertencem às classes sociais¹ mais pobres (D e E) e 859 mil às classes médias (B e C) (CBO, 2019).

Entre as causas mais frequentes de deficiência visual estão: catarata, glaucoma, erros de refração não corrigidos e doenças como diabetes, descolamento da retina e traumatismos oculares, conforme descrito na Tabela 2.

¹ Classes sociais com base na renda mensal domiciliar: A: superior a R\$ 22 mil; B: entre R\$ 7,1 mil e R\$ 22 mil; C: entre R\$ 2,9 mil e R\$ 7,1; D/E: até R\$ 2,9 mil - Fonte: InfoMoney (2022).

Tabela 2 - Causas mais frequentes da deficiência visual

Degeneração macular relacionada à idade		Danos na região central da retina, resultando em manchas escuras, sombras ou distorção da visão central
Catarata		Opacidade do cristalino, resultando em uma visão cada vez mais desfocada
Retinopatia diabética		Danos nos vasos sanguíneos da retina, resultando em vazamento ou bloqueio
Glaucoma		Danos progressivos do nervo óptico. Inicialmente, ocorre na região periférica e pode progredir para glaucoma de ângulo aberto, o tipo mais comum
Erros de refração		Forma ou comprimento anormal do globo ocular, resultando em visão desfocada. Os tipos mais comuns são: miopia e presbiopia

Fonte: Relatório Mundial sobre a Visão (WHO, 2019).

2.2 A mobilidade da pessoa com deficiência visual

Com a deficiência visual, a navegação independente e segura se torna uma tarefa de baixa eficiência, com grandes riscos de ocorrência de acidentes e quedas. Além de danos à saúde física, a ocorrência de acidentes também pode afetar a saúde psicológica, aumentando a insegurança, frustração e o medo, além de influenciar a autoconfiança e autoestima da pessoa com deficiência visual (PcDV).

O comprometimento da visão influencia a realização de diversas atividades de vida diária, como lazer, trabalho e automanutenção, podendo afetar as relações interpessoais, e aumentando os sentimentos de insegurança e dependência social (ROENTGEN et al., 2009; LONG et al. 2016). Entre os diversos desafios enfrentados diariamente pela PcDV, destaca-se a mobilidade. A mobilidade é um aspecto essencial para a qualidade de vida e sua restrição tem sido associada ao comprometimento da saúde e à menor participação social (WARMS et al., 2007; JOHNSON et al., 2008; ROENTGEN et al., 2009).

A visão é um dos principais sentidos utilizados durante a mobilidade eficiente e segura, pois permite adaptações proativas, evitando colisões com obstáculos, ajustando a direção e garantindo uma orientação precisa para o destino desejado (HALLEMANS et al., 2010; REYNARD; TERRIER, 2015). Estudos indicam que a deficiência visual influencia a capacidade de navegação no espaço com segurança, independência e eficiência, resultando em adaptações no padrão da marcha e na

estabilidade postural (GIL, 2000; HALLEMANS et al., 2010; CUTURI et al., 2016). Wong (2018) explica que pessoas com deficiência visual podem apresentar menor velocidade de caminhada devido aos baixos níveis de equilíbrio e ao medo de quedas, resultando na restrição de atividades e na redução da independência e da qualidade de vida.

Slade, Tambe e Kochenderfer (2021) identificaram três principais desafios durante a navegação da PcDV: detecção e desvio de obstáculos, orientação em ambientes internos e externos, e localização e reconhecimento de objetos. Para Maidenbaum et al. (2014), os principais desafios da mobilidade diária da PcDV estão relacionados à estimativa de distâncias, identificação de obstáculos complexos e navegação com segurança. Um estudo realizado com 44 cegos, na cidade de Bauru, indicou que o principal desafio enfrentado por eles se relaciona à navegação com independência (GERMANO et al., 2019).

Para receber informações sobre o ambiente e obter uma navegação eficiente e segura, a PcDV necessita utilizar alguma forma de auxílio e desenvolver estratégias compensatórias para orientação espacial e identificação de obstáculos. Essas estratégias são ensinadas por profissionais da educação especial em um treinamento voltado para reabilitação da PcDV conhecido como Orientação e Mobilidade. Este treinamento visa ensinar habilidades relacionadas à percepção do ambiente, presença de objetos e pessoas, resultando em uma mobilidade segura, eficiente e independente (CUTURI et al., 2016; LUGLI et al., 2016). A orientação em ambientes desconhecidos é especialmente difícil, principalmente no que se refere à localização de um ponto de ônibus ou de uma faixa de pedestres para atravessar a rua com segurança (SLADE; TAMBE; KOCHENDERFER, 2021).

2.3 Tecnologias Assistivas para mobilidade pessoal

Tecnologias Assistivas (TA) são produtos, recursos, serviços ou práticas que proporcionam ao seu usuário maior funcionalidade, participação social e superação de barreiras, visando sua autonomia, independência, produtividade, inclusão social e qualidade de vida (BRASIL, 2015; BHOWMICK; HAZARIKA, 2017). Entre os principais recursos de auxílio para mobilidade independente da PcDV estão os cães

guias, as bengalas longas e os dispositivos eletrônicos para navegação (ROENTGEN et al., 2009).

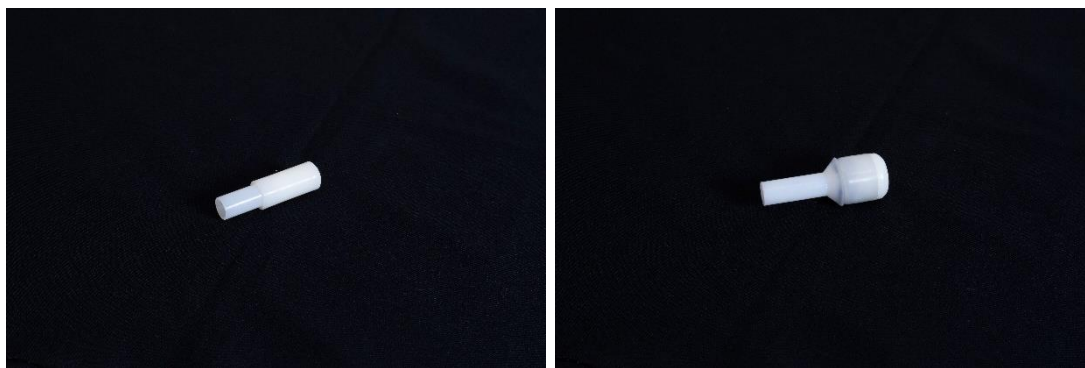
O uso de cão guia requer treinamento e manutenção com custos elevados, além de tempo limitado para uso (entre 6 e 8 anos) e, em alguns casos, difícil adaptação (GAO et al., 2014, ADEBIYI et al., 2017, PATIL; JAWADWALA; SHU, 2018; FERNANDES et al., 2019, SLADE; TAMBE; KOCHENDERFER, 2021).

A bengala longa pode ser considerada a TA para mobilidade mais popular entre as PcDV. É um instrumento básico de orientação, que transmite informações sobre o terreno (superfície e mudanças de elevação) e sobre obstáculos ao redor do usuário, garantindo o direito de ir e vir em ambientes familiares e desconhecidos, com segurança e autonomia, possibilitando deslocamentos sem a necessidade de um acompanhante (LUGLI et al., 2016, SLADE; TAMBE; KOCHENDERFER, 2021). O modelo mais comum de bengala longa disponível comercialmente é dobrável, confeccionado em alumínio, com elástico interno e ponteiros, que ficam em contato com o chão e oferecem diferentes *feedbacks* sobre o terreno (Figura 4). Os tipos mais comuns de ponteiros são a fixa (Figura 5a) e a *roller* (Figura 5b). A bengala longa é disponibilizada em três cores que correspondem aos graus de deficiência visual. Convencionalmente, a bengala branca, mais conhecida, sinaliza as pessoas com cegueira, a verde sinaliza as pessoas com baixa visão e a bengala vermelha é utilizada por pessoas com deficiência auditiva e visual. Embora existam diferentes cores para identificação das bengalas, é comum encontrar pessoas com baixa visão utilizando bengalas brancas, pois não há nenhuma lei, até o presente momento, que regulamenta a padronização das cores da bengala (ALDESCO, 2021). O Projeto de Lei nº 4.189/2019, que visa regulamentar as cores da bengala longa para “identificação da condição de seu usuário”, está em tramitação na Câmara dos Deputados, em Brasília.

Figura 4 - Bengala branca (a) dobrada e (b) aberta



Fonte: da autora.

Figura 5 - Ponteiros (a) Fixa (b) *Roller*

Fonte: da autora.

Embora os cães guia e a bengala longa sejam as TAs para mobilidade mais populares, elas apresentam limitações no que se refere à mobilidade com segurança e independência (DAKOPOULOS; BOURBAKIS, 2010; PETSUK; PEARCE, 2019).

A bengala longa oferece uso simples e intuitivo, atendendo às necessidades básicas da PcDV. Entretanto, ela apresenta limitações no alcance, que corresponde a cerca de 1 metro - ou dois passos - de distância entre o usuário e o objeto, além de não detectar obstáculos que estejam localizados acima da linha da cintura, como placas de sinalização, caixas de correios, lixeiras e cabines telefônicas, o que pode ocasionar acidentes graves, colocando em risco a saúde e a segurança de seus usuários (KIM; CHO, 2013; GAO et al., 2014; PATIL; JAWADWALA; SHU, 2018). Além disso, é necessário tocar nos obstáculos para a detecção com a bengala, o que pode ser indesejável ao encontrar pessoas ou objetos frágeis (JAFRI; KHAN, 2018). Kim e Cho (2013) explicam que o baixo alcance também influencia a velocidade de caminhada de seus usuários, que devem permanecer atentos à presença de obstáculos, além de não oferecer tempo de reação suficiente, o que pode ocasionar acidentes ou colisões.

Dispositivos eletrônicos para navegação, do inglês *electronic travel aids (ETA)*, utilizam tecnologias para exploração do ambiente em busca de um caminho seguro e sem obstáculos para o usuário, transmitindo informações em tempo real através de alertas táteis e/ou sonoros (ELMANNI; ELLEITHY, 2017; KIURU et al. 2018; TAPU; MOCANU; ZAHARIA, 2020).

As tecnologias utilizadas para detecção de obstáculos podem ser baseadas em sensores e/ou visão computacional. As tecnologias baseadas em sensores detectam um obstáculo calculando a velocidade do objeto e a distância entre ele e o usuário

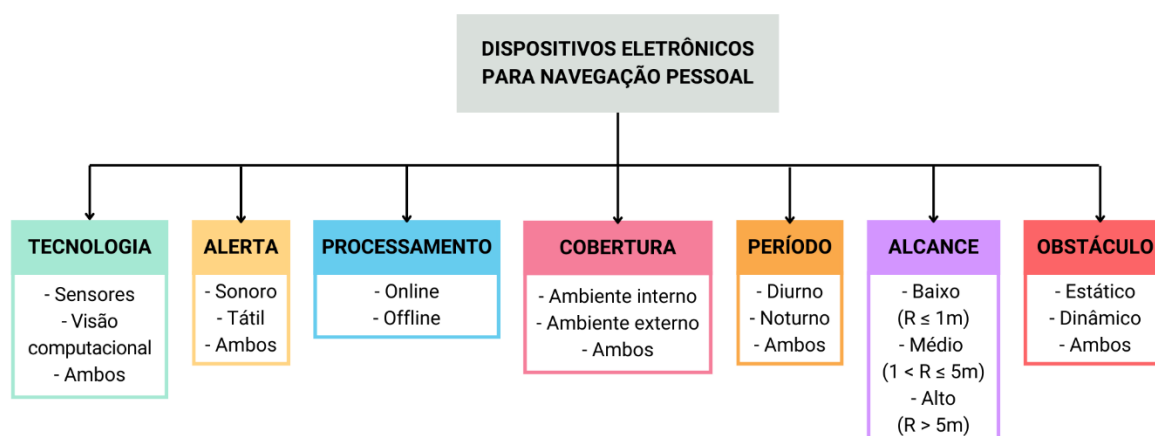
(ELMANNAI; ELLEITHY, 2017). Entre os principais sensores de distância destacam-se o sensor ultrassônico - mais utilizado - infravermelho e laser (ELMANNAI; ELLEITHY, 2017; ISLAM et al., 2019). Uma bengala eletrônica baseada em sensor ultrassônico demonstrou resultados satisfatórios na detecção de objetos localizados acima da linha da cintura do usuário (SANTOS, 2019, SANTOS et al. 2021a).

Tecnologias baseadas em visão computacional utilizam câmeras como principal fonte de informação sobre o ambiente e algoritmos para detecção de obstáculos (ISLAM et al., 2019). Entre os principais tipos de câmera destacam-se as câmeras estereoscópicas (*stereo cameras*), com duas ou mais lentes que capturam imagens tridimensionais, e as câmeras RGB², que capturam imagens coloridas (vermelho, verde e azul) e de profundidade do ambiente. Outras tecnologias utilizadas em dispositivos eletrônicos de navegação para identificação de objetos e localização do usuário incluem radiofrequência (*Radio Frequency Identification - RFID*) e sistema de posicionamento global (*Global Positioning System - GPS*) (FERNANDES et al., 2019).

Além das tecnologias utilizadas e formato de emissão de alertas, os dispositivos eletrônicos para navegação podem ser classificados segundo as propriedades que apresentam como o tipo de processamento de informações, tipo de cobertura oferecida, período de uso, alcance de detecção e tipo de objeto detectado, conforme descrito na Figura 6 (ELMANNAI; ELLEITHY, 2017).

² RGB corresponde às iniciais das cores primárias vermelho, verde e azul, em inglês (*Red, Green, Blue*). O sistema RGB representa as cores utilizadas em monitores de computador, câmeras, entre outros, a partir da combinação das cores primárias.

Figura 6 – Diagrama das propriedades dos dispositivos eletrônicos para navegação



Fonte: elaborada pela autora, baseada em Elmannai e Elleithy (2017).

Gao et al. (2014) destacam que, embora a bengala seja a TA para mobilidade mais comumente utilizada devido à sua funcionalidade e ao seu baixo custo econômico, os dispositivos eletrônicos de navegação podem proporcionar maior funcionalidade além de benefícios adicionais. A integração entre os dispositivos eletrônicos para navegação e as tecnologias de informação e comunicação - como computação em nuvem, internet das coisas (*internet of things* - IoT) e *smartphone* - pode fornecer informações mais precisas e confiáveis sobre o ambiente, melhorando a mobilidade e, conseqüentemente, a qualidade de vida de seus usuários (MOTTA et al., 2017). A evolução das tecnologias tem contribuído para o desenvolvimento de dispositivos para navegação (DAKOPOULOS; BOURBAKIS, 2010). De fato, observou-se um aumento expressivo no desenvolvimento de TA para PcDV nos últimos anos (BHOWMICK; HAZARIKA; 2017; SANTOS et al., 2021b).

Embora estudos indiquem que esses dispositivos existam há muitas décadas e que seu desenvolvimento tem aumentado expressivamente, seu uso ainda não se difundiu entre as PcDV (ADEBIYI et al., 2017; BHOWMICK; HAZARIKA, 2017). As maiores críticas aos dispositivos eletrônicos relacionam-se à sobrecarga cognitiva do usuário, pois ao mesmo tempo que ele recebe estímulos do ambiente, é necessário compreender os alertas (*feedbacks*) do dispositivo (ADEBIYI et al., 2017). Além disso, tais equipamentos podem apresentar interface complexa, o que demanda treinamento extensivo e, muitas vezes, possuem custo elevado (LONG et al., 2016).

2.3.1 Dispositivos vestíveis para mobilidade

Os dispositivos eletrônicos para navegação estão disponíveis no formato tradicional portátil, como as bengalas eletrônicas, e vestíveis (do inglês, *wearables*). No caso das bengalas eletrônicas, Gao et al. (2014) destacam que elas ainda ocupam uma das mãos do usuário, o que é inconveniente, especialmente durante atividades sociais. Desta forma, Elmannai e Elleithy (2017) recomendam o desenvolvimento de uma TA vestível devido à flexibilidade e ao conforto que proporcionam ao usuário, visto que é mais fácil e prático vestir em vez de carregar.

O termo *wearable* deriva da expressão inglesa *wearable computing* (computação vestível, em tradução livre) e corresponde a um campo de desenvolvimento de dispositivos computacionais e sensoriais em miniatura (MANN, 2014). Os *wearables* podem ser encontrados comercialmente em diversos formatos, sendo os mais comuns: relógios (*smartwatches*), óculos (*smart glasses*), jóias (*smart jewelry*), e peças de vestuário (*smart clothing*) (SENEVIRATNE et al., 2017). Eles oferecem diversas funcionalidades, sendo as mais comuns relacionadas à saúde, como monitores de atividade física e batimentos cardíacos. Entretanto, seus benefícios não se limitam apenas à área da saúde.

Estudos indicam um crescimento significativo de desenvolvimento de dispositivos vestíveis dedicados à melhoria da navegação das PcDV, fornecendo segurança na mobilidade em ambientes conhecidos e desconhecidos, internos e externos (TAPU; MOCANU; ZAHARIA, 2020, SANTOS et al., 2021b). Entre eles, destacam-se os projetos de Ifukube, Sasaki e Peng (1991) e Shoval, Borenstein e Koren (1998) que podem ser considerados como os primeiros sistemas vestíveis para detecção de obstáculos destinados para PcDV. Recentemente, muitos projetos têm apresentado soluções para melhorar a mobilidade diária de PcDV, entre os quais destacam-se Gao et al. (2014), Aladrén et al. (2016), Lee e Medioni (2016), Simões e Lucena (2016), Katzschmann, Araki e Rus (2018), Bai et al. (2018, 2019), Isaksson et al. (2020), Barontini et al. (2021) e Kilian et al. (2022).

Gao et al. (2014) desenvolveram o sistema denominado *Wearable Virtual White Cane* (bengala branca virtual vestível, em tradução livre), que consiste em quatro unidades de sensoriamento (duas nos punhos, uma na cintura e uma no tornozelo), com sensor ultrassônico e alertas táteis e sonoros.

O sistema *Navigation Assistance for Visually Impaired* (assistência de navegação para deficientes visuais, em tradução livre), desenvolvido por Aladrén et al. (2016), utiliza uma câmera de profundidade RGB, pendurada no pescoço, para detectar elementos estruturais em ambientes internos.

Assim como o sistema de Aladrén et al. (2016), o protótipo de Lee e Medioni (2016) também utiliza uma câmera de profundidade RGB e é destinado à navegação interna. O protótipo consiste em uma câmera posicionada na cabeça do usuário, um computador carregado nas costas, um colete com motores de vibração para emissão de alertas táteis e um *smartphone* como interface com o usuário.

Simões e Lucena (2016) desenvolveram um protótipo de baixo custo utilizando uma combinação de tecnologias para identificação de obstáculos: câmera de profundidade RGB, sensor ultrassônico, identificação por radiofrequência, unidade de medição inercial (IMU, sigla em inglês), bússola eletrônica e acelerômetro. Os componentes foram integrados em um óculos e a emissão de alertas sonoros é feita através de um fone de ouvido. O protótipo também realiza processamento *online* e *offline* de ambientes internos.

Katzschmann, Araki e Rus (2018) utilizaram uma abordagem centrada no usuário para desenvolver o sistema *Array of Lidars and Vibrotactile Units*, que permite a PcDV detectar obstáculos de diferentes alturas, calçadas e escadas, em ambientes fechados e abertos. O protótipo é composto de dois módulos: um cinto com um conjunto de sensores de distância infravermelho tempo de voo (*infrared time-of-flight*) usado ao redor da cintura do usuário e uma faixa com motores de vibração utilizada no abdômen superior, sob a camisa, fornecendo alerta tátil.

Bai et al. (2018, 2019) desenvolveram um sistema para detecção e reconhecimento de obstáculos, além de fornecer direções para navegação. Inicialmente, o sistema envolvia a combinação de uma câmera de profundidade RGB com um sensor ultrassônico e sua cobertura focava ambientes internos. Posteriormente, o sistema foi atualizado com um módulo de reconhecimento de objetos e as tecnologias foram substituídas pelas tecnologias de GPS, IMU e Intel RealSense, expandindo sua capacidade de navegação para ambientes externos.

Isaksson et al. (2020) apresentaram um dispositivo para substituição ou complementação sensorial, denominado Audomni, que consiste em uma máscara de

plástico com os componentes sensor ToF³, câmera e IMU. A unidade de processamento é feita em um computador portátil, carregado em uma mochila disponível comercialmente.

Barontini et al. (2021) desenvolveram um sistema utilizando a abordagem de design centrado no usuário, levando em consideração os requisitos e opiniões coletadas de usuários com deficiência visual e profissionais que trabalham na área. O protótipo consiste em três unidades: câmera de profundidade RGB posicionada no peito do usuário, unidade de processamento com computador portátil e bateria nas costas e dispositivo vestível de alerta tátil utilizado no membro superior.

Mais recentemente, Kilian et al. (2022) desenvolveram e avaliaram uma luva para detecção de obstáculos, que consiste em uma câmera ToF, localizada no dorso da mão, unidade de processamento e motores para emissão de sinais táteis. A luva é conectada a uma bateria de 5V posicionada no braço. O protótipo proposto por Kilian et al. (2022) visa substituir a bengala, e embora seja um vestível discreto e os autores tenham avaliado, além da funcionalidade, a usabilidade e aceitação com usuários e não usuários, o uso do sistema pode ser desconfortável durante longos períodos (como observado por alguns participantes), visto que é necessário que o usuário balance a mão na frente do corpo para detecção dos obstáculos. Além disso, também pode trazer atenção indesejada aos usuários.

Entre os dispositivos vestíveis disponíveis no mercado, destaca-se o BrainPort® (Wicab, Inc). O BrainPort Vision Pro é um dispositivo eletrônico oral que pode ser utilizado em conjunto com a bengala branca ou cão-guia para auxiliar na orientação, mobilidade e reconhecimento de objetos. O dispositivo consiste em uma câmera vestível posicionada na cabeça, que fornece padrões de estímulos elétricos na superfície da língua (GRANT et al., 2018). Segundo a fabricante, os usuários sentem padrões vibratórios, com os quais conseguem interpretar formas, tamanhos e localização de objetos (WICAB). Apesar dos benefícios à mobilidade reportados, a interface entre usuário e dispositivo pode causar estranhamento a observadores e levar à estigmatização de seus usuários.

Os sistemas listados acima visam oferecer maior segurança e independência aos usuários com deficiência visual durante a mobilidade diária e, para isso, utilizam

³ ToF, sigla em inglês para *Time of Flight*, ou “tempo de voo” em português, é uma tecnologia capaz de determinar a distância entre objetos a partir da emissão de luz.

diferentes tecnologias de exploração, formas de comunicação com o usuário, tipo de cobertura de ambiente e configurações de uso.

Os sistemas propostos por Aladrén et al. (2016), Lee e Medioni (2016), Simões e Lucena (2016) e Barontini et al. (2021) são destinados apenas à navegação em ambientes internos, não fornecendo cobertura em ambientes externos, os quais apresentam maiores riscos de segurança aos usuários durante a mobilidade diária.

Apesar dos benefícios à mobilidade observados nos estudos, principalmente no que se refere ao desempenho, observa-se uma lacuna no desenvolvimento no design e ergonomia dos protótipos. Os dispositivos vestíveis, além da qualidade funcional, também oferecem vantagens pelo seu design. Entretanto, esse aspecto não tem sido muito explorado. A maioria dos estudos focam no desenvolvimento e avaliação dos aspectos funcionais, não dispensando a mesma atenção aos aspectos estéticos, simbólicos e ergonômicos desses dispositivos, os quais influenciam a interação e satisfação do usuário e, conseqüentemente, o uso e abandono dos dispositivos. Um sistema pode oferecer excelente qualidade funcional, mas pode não ser utilizado se o usuário não aceitá-lo.

Com relação ao Design e à Ergonomia, tem-se observado um crescimento no desenvolvimento de protótipos localizados na cabeça do usuário, geralmente no formato de óculos, como Lee e Medioni (2016), Simões e Lucena (2016), Bai et al. (2018, 2019) e Isaksson et al. (2020). Além de trazer visibilidade indesejada, essas configurações podem ser desconfortáveis durante uso prolongado, o que pode levar à rejeição do dispositivo. O formato, tamanho e a interface de uso de um dispositivo influenciam o conforto e a satisfação do usuário. Tais aspectos estão relacionados à usabilidade e à agradabilidade e podem contribuir para a adoção dos dispositivos.

2.4 Design, Ergonomia e Tecnologia Assistiva

O Design é uma área do conhecimento que visa a resolução de problemas com foco na interação entre o ser humano e o ambiente (LÖBACH, 2001). Desenvolver produtos que atendam às necessidades e preferências dos usuários é uma questão fundamental no Design de Produto. Para atrair um usuário, um produto não deve apenas satisfazer os requisitos funcionais, mas também satisfazer as necessidades psicológicas do usuário que são, por essência, subjetivas (PETIOT; YANNOU, 2004).

A Ergonomia, assim como a Tecnologia Assistiva, é uma área interdisciplinar, que tem "contribuído para melhorar a vida cotidiana" (IIDA, 2016, p. 22). Historicamente, a Ergonomia tem sido frequentemente aplicada nos setores industriais e nas forças armadas, visando melhorar as condições de trabalho. Com a evolução das tecnologias e demandas da sociedade, o uso da Ergonomia se difundiu para diversas áreas do conhecimento. Recentemente, tem-se observado a aplicação da Ergonomia em projetos para minorias populacionais, que apresentam características e demandas específicas (IIDA, 2016).

Para Iida (2016), a Ergonomia estuda as características do usuário (capacidades e limitações) para projetar atividades que ele possa executar de maneira eficiente, sempre prezando pela sua saúde, bem-estar, segurança e satisfação. Para que os objetivos da Ergonomia sejam atendidos, os produtos devem respeitar características básicas relacionadas à funcionalidade, na qual deve-se considerar a eficiência com a qual este executa determinada função, a facilidade de manuseio, conforto e segurança oferecidos ao usuário (IIDA, 2016).

Ao desenvolver uma TA é importante considerar as três funções de um produto, conforme proposto por Löbach (2001): prática, estética e simbólica. Segundo o autor, as funções dos produtos são essenciais nas relações entre usuários e produtos e possibilitam a satisfação de determinadas necessidades. A função prática atende as necessidades fisiológicas do usuário. A função estética é relacionada à percepção sensorial do usuário durante o uso do produto, promovendo a sensação de bem-estar e atendendo às necessidades psíquicas do usuário. A função simbólica é derivada dos aspectos estéticos, estimulada por experiências anteriores do usuário e determinada por aspectos psíquicos e sociais de uso. As funções estética e simbólica são interdependentes e referem-se aos aspectos psíquicos de interação do usuário com o produto, enquanto a função prática relaciona-se com os aspectos físicos como a funcionalidade, considerando fatores como eficiência, resistência, facilidade de uso e manutenção. A importância dos aspectos funcionais das TAs é reconhecida em diversos estudos; entretanto, nota-se uma abordagem insuficiente de estudos relacionados às propriedades psicológicas. Estudos envolvendo TAs e percepção destacam a importância de considerar os aspectos estéticos visto que são características que influenciam o estigma (LANUTTI et al., 2015; VASQUEZ, 2016). Compreender as características que influenciam o estigma percebido pelos usuários e não usuários pode contribuir na redução do índice de abandono de TAs.

Lanutti (2019) destaca que o Design visa atender as necessidades físicas e psíquicas dos usuários. Para Lida (2016), o Design pode contribuir na usabilidade de um produto, com a alteração de algumas características físicas, como dimensões, peso, formas e resistência, as quais podem influenciar a experiência de uso do usuário. Para Medola e Paschoarelli (2014), o Design pode contribuir no desenvolvimento e aprimoramento de produtos, serviços e ambientes para PcD, proporcionando maior funcionalidade, independência e participação social do indivíduo.

2.4.1 Design centrado no usuário

O Design Centrado no Usuário (DCU) é uma abordagem que visa garantir que as necessidades desse sejam atendidas, resultando em um produto fácil de utilizar, oferecendo uma experiência positiva e agradável (NORMAN, 2013; ISO 9241-210:2019). O DCU trabalha com conceitos da ergonomia e usabilidade, considerando as características do usuário, do ambiente e as tarefas a serem executadas, aumentando a eficácia, eficiência e promovendo o bem-estar, acessibilidade e satisfação do usuário (ISO 9241-210:2019). Essa abordagem inclui o usuário no processo de desenvolvimento de um produto ou serviço a fim de compreender a sua experiência de uso, analisando suas características, necessidades e desejos (MIASKIEWICZ; KOZAR, 2011).

Em projetos para pessoas com deficiência é especialmente importante incluir o usuário no processo de design, para compreender as suas características e habilidades, garantindo que as suas necessidades e objetivos sejam atendidos.

O DCU é uma abordagem eficiente e tem sido reportada no desenvolvimento de Tecnologias Assistivas (NTAKOLIA; DIMAS; IAKOVIDIS, 2022). Estudos como Katzschnmann, Araki e Rus (2018), Zhang et al. (2019b), Barontini et al. (2021) e Ntakolia, Dimas e Iakovidis (2022) relataram o uso de DCU no desenvolvimento de dispositivos vestíveis para PcDV.

2.4.2 A relação entre usuário e Tecnologia Assistiva

As pessoas com deficiência frequentemente enfrentam barreiras que limitam sua participação social. O processo de aceitação da pessoa com a sua deficiência

depende de diversos fatores, tanto socioculturais como pessoais (idade, gênero, condições psicológicas e emocionais) (PAPE; KIM; WEINER, 2002). Além do processo de aceitação da deficiência, a pessoa também passa pelo processo de aceitação da Tecnologia Assistiva (TA). A aceitação da TA é um fator importante que contribui para a satisfação e uso, e que pode reduzir os riscos de abandono do produto (SANTOS et al., 2022). Alguns fatores influenciam o processo de aceitação e uso da TA como a usabilidade e o estigma associado ao seu usuário.

A usabilidade está diretamente relacionada à interface entre produto e usuário em um determinado ambiente, e caracteriza-se pelo atendimento dos objetivos do usuário, oferecendo qualidade funcional e uso amigável (IIDA, 2016). A norma ISO 9241-11 define a usabilidade como uma medida em que um produto, sistema ou serviço pode ser utilizado para alcançar determinados objetivos com eficácia, eficiência e satisfação. A eficácia e eficiência estão relacionadas ao desempenho, enquanto a satisfação está associada à experiência. Enquanto as primeiras são, geralmente, avaliadas através de medidas objetivas, a satisfação é considerada uma medida subjetiva, tipicamente avaliada através de escalas de percepção (BONFIM, 2019). Dessa forma, uma avaliação com medidas objetivas e subjetivas oferece uma visão mais abrangente da interação entre usuário e produto. Para Bonfim (2019), a avaliação da usabilidade é uma ferramenta importante e recomenda-se que seja feita através de simulações de uso sob condições controladas.

O estigma, por sua vez, está relacionado à percepção de observadores sobre um produto e/ou seu usuário. Segundo Asghar et al. (2020), estigma é um termo utilizado para descrever um forte sentimento ou opinião negativa sobre algo ou alguém, o qual provoca sentimentos de vergonha, isolamento, exclusão e constrangimento ao indivíduo (CUNHA, 2020). Shinohara e Wobbrock (2016) explicam que o estigma, assim como a deficiência, é um fenômeno construído em um contexto sociocultural decorrente das barreiras e discriminações resultantes do ambiente e dos comportamentos da sociedade.

De acordo com Fellinghauer et al. (2011) e Banks (2015), as interpretações e respostas sociais a algum comprometimento físico ou intelectual, baseadas em estereótipos, dão origem à estigmatização e podem levar à discriminação inconsciente contra as pessoas com deficiência. Esse comportamento também é observado quando um indivíduo utiliza uma TA. Isso porque as TAs atuam como símbolos identificadores da deficiência de seus usuários. Segundo Shinohara e

Wobbrock (2016), historicamente, as TAs têm sido estigmatizadas ao sinalizar os usuários como indivíduos que “destoam” da sociedade.

Faucett et al. (2017) destacam que o estigma associado à TA pode ameaçar o estilo de vida de seus usuários, pois eles podem sentir-se expostos ou temer enfrentar barreiras, levando ao abandono das TAs. Norman (2013) explica que as TAs, ainda que funcionais, são muitas vezes rejeitadas por seus potenciais usuários, mesmo sendo necessárias, devido à imagem negativa, isto é, estigma, que esses dispositivos carregam. Isso ocorre porque as pessoas não desejam anunciar as suas deficiências para a sociedade, e em alguns casos, até mesmo para elas próprias.

No caso da deficiência visual, a bengala longa é considerada um elemento identificador da deficiência e esse é um fator que pode influenciar o seu uso. Segundo Southwell (2012), as pessoas com deficiência visual costumam evitar utilizar a bengala para evitar serem estigmatizados. Sivakumar et al. (2020) realizaram um estudo com 235 pacientes com baixa visão que, mesmo cientes das melhorias proporcionadas pelas TAs, ainda eram relutantes em utilizá-las. O estudo indicou que o estigma foi a causa mais comum de rejeição das TAs (32,3%), principalmente entre os pacientes com idade entre 16 até 40 anos (50,9%).

O estigma associado às TAs pode levar ao abandono do dispositivo; contudo, com as TAs se tornando cada vez mais discretas, Fernandes et al. (2019) acreditam que isto pode contribuir para redução do estigma associado.

3 Estudos de caracterização do público alvo (Fase 1)

Os estudos de caracterização do público alvo foram realizados com alunos, ex-alunos e uma profissional de uma entidade social de atendimento e apoio às pessoas com deficiência visual, da cidade de Bauru-SP. A pesquisadora entrou em contato com a responsável pela instituição previamente e obteve autorização para realizar os estudos (APÊNDICE B). Um total de 11 adultos com deficiência visual foram recrutados, entre outubro de 2019 e março de 2020, através de amostra por conveniência. A coleta de dados precisou ser interrompida em março de 2020 devido à pandemia de COVID-19.

3.1 Caracterização da mobilidade de pessoas com deficiência visual

3.1.1 Materiais e Métodos

Protocolo de caracterização

Para caracterização da amostra foi elaborado um questionário com perguntas relacionadas às características antropométricas, saúde, estilo de vida e diagnóstico da deficiência visual (APÊNDICE C).

Sistema ActiGraph GT9X Link

Para monitoramento da atividade física dos participantes foi utilizado o monitor de atividade ActiGraph (ActiGraph Corporation, Pensacola, FL, EUA), modelo GT9X Link (dimensões 35 x 35 x 10 mm, 14 g, memória 4GB), disponível no Laboratório de Ergonomia e Interfaces - LEI-UNESP (Figura 7). O ActiGraph é composto de um acelerômetro triaxial que fornece informações sobre a intensidade de atividade física, e é frequentemente utilizado em estudos por ser considerado um instrumento padrão-ouro (BAJAJ et al., 2018; COLLINS et al., 2019).

Figura 7 - ActiGraph GTX9-Link

Fonte: <https://actigraphcorp.com/actigraph-link/>

Procedimentos

A coleta de dados foi realizada com cada participante durante um período de uma semana. No primeiro dia, após serem informados sobre os procedimentos e objetivos do estudo através do TCLE e darem o seu consentimento através de vídeo, os participantes preencheram, em forma de entrevista, o protocolo de caracterização e receberam instruções de como colocar o monitor de atividade no punho (Figura 8), sendo orientados a manterem suas atividades diárias, retirando o monitor para dormir e para atividades que envolvessem água, como banho ou natação, por exemplo. Os participantes foram instruídos a utilizar o monitor no punho durante sete dias.

Figura 8 - (a) Pesquisadora demonstrando ao participante como colocar o monitor
(b) Participante colocando o monitor



Fonte: autora.

Para acompanhar a rotina dos participantes foi realizado um diário falado através de contato por telefone no qual perguntava-se sobre os períodos de não uso e quais atividades foram realizadas durante o dia.

3.1.2 Análise de dados

Os dados foram coletados em uma frequência de 100Hz e analisados em episódios de 60s através do *software* Actilife v6. Períodos de 60 minutos consecutivos de atividades com intensidade zero foram considerados como períodos de não uso e retirados da análise, com tolerância entre 1 e 2 minutos de atividades com intensidade entre 0 e 100, conforme proposto por Troiano et al. (2008). O algoritmo de Troiano foi escolhido por apresentar os valores que mais se aproximavam aos descritos pelos participantes nos diários.

O primeiro e o último dia (inicialização e devolução) foram removidos da análise. Dois participantes relataram que dormiram com o monitor. Nesses casos foram aplicados filtros, com base nos horários relatados pelos próprios participantes, para excluir o período de sono. Alguns participantes esqueceram de utilizar o monitor algum dia ou em algum período do dia. Estes dias também foram excluídos da análise por não caracterizarem um dia regular da rotina do participante.

O tempo (min/dia) gasto em atividades de diferentes intensidades foi calculado usando o algoritmo de Troiano et al. (2008) com base nas contagens (*counts*) por minuto: 0-99 para atividades sedentárias, 100-2019 para atividades leves, 2020-5998 para atividades moderadas e acima de 5999 para atividades intensas.

A análise descritiva dos dados foi realizada no *software* JASP (versão 0.12.2, 2020, *University of Amsterdam*). Para a análise dos dados, foram utilizados os seguintes critérios de exclusão: participantes que (i) apresentaram dificuldades de mobilidade ou alguma condição de saúde que poderiam influenciar a mobilidade diária, e/ou (ii) registraram menos de três dias válidos utilizando o ActiGraph (incluindo, no mínimo, um dia do final de semana) tiveram seus dados removidos. O dia foi considerado como válido com um registro mínimo de 480 minutos de atividade (SILVA; MARQUES; REICHERT, 2018). Três participantes tiveram seus dados removidos da análise devido a problemas de saúde e mobilidade ($n = 2$) e por não atenderem aos requisitos de uso do monitor ($n = 1$).

3.1.3 Resultados e Discussão

A amostra final deste estudo foi composta por 8 adultos com deficiência visual, com idade entre 30 e 70 anos, moradores de Bauru-SP, 5 homens e 3 mulheres, 50% autodeclarados com cegueira total ($n = 4$), 37,50% cegueira parcial ($n = 3$) e 12,50% com baixa visão ($n = 1$). A maioria da amostra era composta por indivíduos destros (87,50%, $n = 7$), entretanto, todos utilizaram o monitor no punho esquerdo por escolha própria. A maioria da amostra era casada ou vivendo com um(a) companheiro(a) (87,50%, $n = 7$) e morava com familiares (100%). Todos os participantes da amostra completaram o curso de Orientação e Mobilidade e utilizavam um dispositivo para auxiliar na locomoção diária. A maioria dos participantes (87,50%, $n = 7$) eram usuários de bengala branca e apenas um participante (12,50%) utilizava um bastão para caminhada (*camping*) como dispositivo de auxílio à locomoção. A amostra apresentou uma média de índice de massa corporal (IMC) de $31,47 \text{ kg/m}^2$ ($DP = 6,47$). Também foi observado que nenhum participante estava com IMC considerado normal, segundo a classificação da Organização Mundial da Saúde (OMS). Resultados semelhantes também foram encontrados por Holbrook et al. (2009).

Tabela 3 - Descrição da amostra (N = 8)

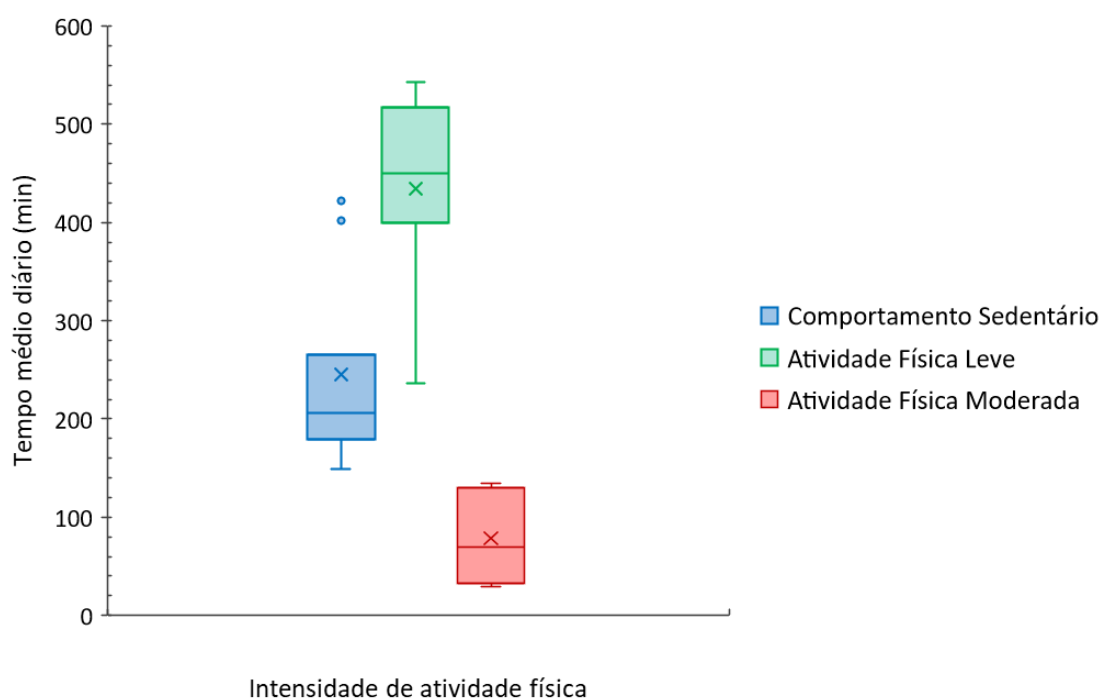
Características	N (%)
Idade, anos	30 - 70 (<i>M</i> = 52,13; <i>DP</i> = 12,78)
IMC (kg/m ²)	25,26 - 45,17 (<i>M</i> = 31,47; <i>DP</i> = 6,47)
Sobrepeso	4 (50,00%)
Obesidade I	2 (25,00%)
Obesidade II	1 (12,50%)
Obesidade II	1 (12,50%)
Gênero	
Feminino	3 (37,50%)
Masculino	5 (62,50%)
Lateralidade	
Canhoto	1 (12,50%)
Destro	7 (87,50%)
Estado civil	
Solteiro	1 (12,50%)
Casado/Vive com companheiro	7 (87,50%)
Escolaridade	
Ensino fundamental incompleto	2 (25,00%)
Ensino médio incompleto	2 (25,00%)
Ensino médio completo	3 (37,50%)
Cursando ensino superior	1 (12,50%)
Grau de visão	
Baixa visão	1 (12,50%)
Cegueira parcial	3 (37,50%)
Cegueira total	4 (50,00%)
Diagnóstico ^a	
Retinose pigmentar	3 (37,50%)
Glaucoma	3 (37,50%)
Acidente	1 (12,50%)
Atrofia do nervo óptico	1 (12,50%)
Malformação (ausência do nervo óptico)	1 (12,50%)
Degeneração macular	1 (12,50%)
Tempo vivendo com a deficiência	
Congênita	3 (37,50%)
Adquirida	5 (62,50%)
Histórico médico	
Diabetes	3 (37,50%)
Hipertensão	3 (37,50%)
Problemas cardíacos	2 (25,00%)
Tireoide	2 (25,00%)
Anos usando dispositivo para mobilidade	
1-10	3 (37,50%)
≥ 11	5 (62,50%)

^a Dois participantes apresentam dois diagnósticos distintos e um participante não apresenta diagnóstico.

Fonte: elaborada pela autora.

O ActiGraph foi utilizado, em média, por 4 dias válidos ($DP = 1,13$), por aproximadamente 759 min/dia ($DP = 152$). No geral, a maior parte do dia dos participantes compreendeu atividades sedentárias ($M = 245$ min, $DP = 106$, 32%) e leves ($M = 435$ min, $DP = 104$, 57%). Atividades físicas moderadas corresponderam a 10% do dia ($M = 79$ min; $DP = 47$) e atividades físicas intensas não foram observadas nesta amostra, como pode ser observado na Figura 9. A maioria dos participantes (87,50%, $n = 7$) atendeu à recomendação mínima de atividade física moderada à intensa (AFMI) da OMS e, portanto, foram considerados fisicamente ativos (≥ 30 min/dia). Apenas uma pessoa (12,50%) não atendeu às recomendações de atividade física da OMS (AFMI = 29 min/dia). Resultados similares foram encontrados por Silva, Marques e Reichert (2018).

Figura 9 - Tempo (min/dia) gasto em diferentes intensidades de atividade física



Fonte: elaborada pela autora.

Com relação à associação entre atividade física e às variáveis independentes, foram observadas diferenças no tempo gasto em atividades físicas moderadas (AFM). A Tabela 4 apresenta a distribuição do tempo gasto em atividades físicas com diferentes intensidades.

As mulheres exibiram maiores níveis de AFM, os quais foram correlacionados, com base nos diários, com a execução de atividades domésticas. Resultados similares foram encontrados por Espinel et al. (2015), que observaram que atividades domésticas corresponderam à principal fonte de atividades físicas leves e moderadas em idosos australianos.

Os participantes mais jovens (entre 30 e 55 anos) apresentaram maiores níveis de AFM, o que corrobora os resultados encontrados por Silva, Marques e Reichert (2018), que indicou que idosos são mais propensos a serem inativos fisicamente. Levando em consideração o envelhecimento da população mundial e a relação entre envelhecimento e deficiência visual, esse resultado pode sugerir a necessidade da criação de iniciativas que promovam a prática de atividade física (SANTOS et al., 2021c).

Os participantes com obesidade apresentaram menores níveis de AFM. Dada a associação da obesidade com a redução da saúde psicossocial e os benefícios que a prática de AF regularmente tem sobre comorbidades, incluindo a obesidade, a AF deve ser incentivada (SARIS et al., 2003). A Associação Internacional para o Estudo da Obesidade (*International Association for the Study of Obesity - IASO*) sugere no mínimo 45 minutos de AFMI para prevenir a transição do sobrepeso para obesidade (SARIS et al., 2003).

Os participantes com cegueira total apresentaram, em média, menor tempo diário de AFM em comparação aos participantes com baixa visão e cegueira parcial; entretanto, o tempo vivendo com deficiência visual (congenita ou adquirida) não revelou nenhuma diferença.

Tabela 4 - Distribuição diária de tempo de uso e intensidades de atividade física relacionadas às características da amostra (N = 8)

Características (N)	Uso diário	Comportamento sedentário	Atividades leves	Atividades moderadas
Total (8)	759 (DP = 152)	245 (DP = 106, 32%)	435 (DP = 104, 57%)	79 (DP = 47, 10%)
Gênero				
Feminino (3)	680 (DP = 124)	192 (DP = 24, 28%)	375 (DP = 123, 55%)	113 (DP = 36, 17%)
Masculino (5)	805 (DP = 159)	277 (DP = 126, 34%)	470 (DP = 85, 58%)	58 (DP = 43, 7%)
Faixa etária				
30-55 (4)	746 (DP = 227)	230 (DP = 116, 31%)	426 (DP = 134, 57%)	91 (DP = 49, 12%)
> 55 (4)	771 (DP = 39)	261 (DP = 109, 34%)	443 (DP = 85, 57%)	67 (DP = 49, 9%)
Classificação IMC				
Sobrepeso (4)	729 (DP = 123)	249 (DP = 117, 34%)	397 (DP = 136, 55%)	83 (DP = 60, 11%)
Obesidade (4)	788 (DP = 190)	241 (DP = 111, 31%)	472 (DP = 55, 60%)	75 (DP = 40, 9%)
Grau de visão				
Baixa visão (1)	1054	402 (38%)	523 (50%)	129 (12%)
Ceg. parcial (2)	680 (DP = 124)	192 (DP = 24, 28%)	375 (DP = 123, 55%)	113 (DP = 36, 17%)
Ceg. total (4)	743 (DP = 89)	246 (DP = 121, 33%)	457 (DP = 92, 61%)	41 (DP = 19, 6%)
Adquirida (5)	840 (DP = 120)	283 (DP = 118, 34%)	478 (DP = 82, 57%)	79 (DP = 51, 9%)
Congênita (3)	622 (DP = 85)	181 (DP = 36, 29%)	362 (DP = 109, 58%)	79 (DP = 51, 13%)

Dados estão apresentados como média (min), desvio padrão, e porcentagem (%).

Fonte: elaborada pela autora.

3.2 Avaliação da satisfação do usuário com seu atual dispositivo para mobilidade pessoal

3.2.1 Materiais e Métodos

Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (B-QUEST 2.0)

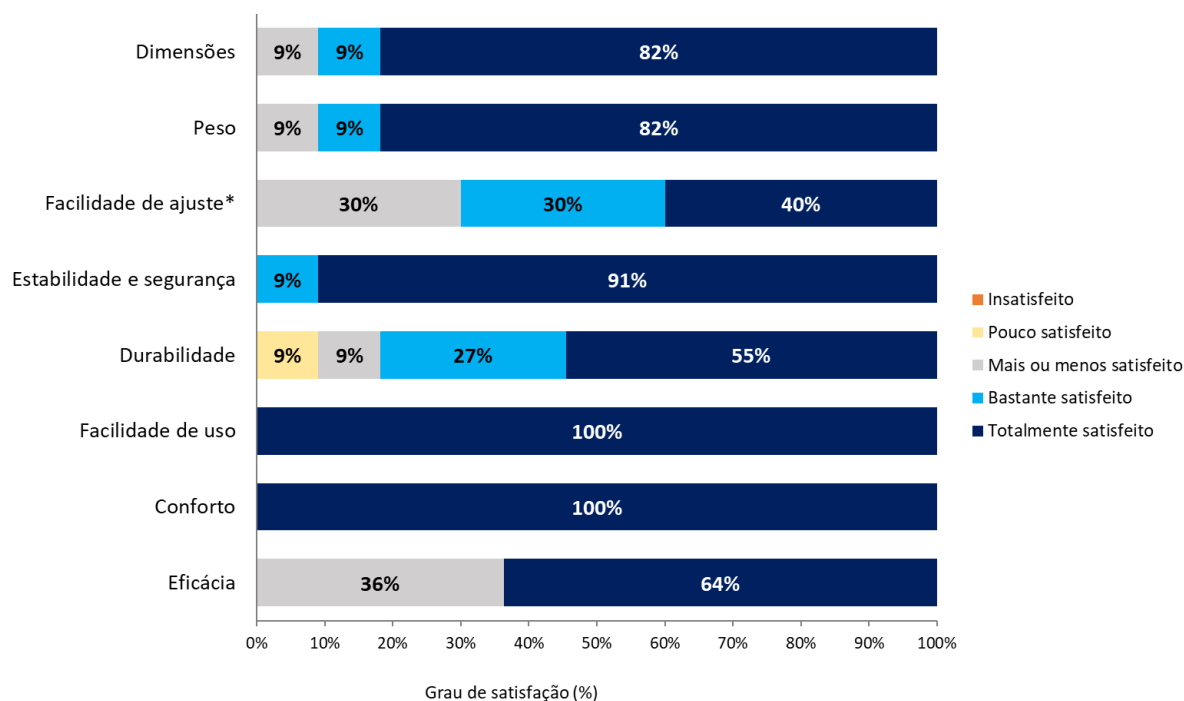
Protocolo, traduzido e validado por Carvalho, Góis e Sá (2014), para avaliação da satisfação do usuário com os recursos (dimensões, peso, facilidade de ajustes e uso, segurança e estabilidade, durabilidade, conforto e eficácia) e serviços relacionados à Tecnologia Assistiva atualmente utilizada. Composto de 12 questões com escala Likert de 5 pontos, que indicam o nível de satisfação, sendo 1 “totalmente insatisfeito” e 5 “totalmente satisfeito” (ANEXO B).

3.2.2 Resultados e Discussão

Entre os onze voluntários que participaram deste estudo, dez utilizavam a bengala longa com a ponteira *roller* como dispositivo de auxílio à mobilidade. Apenas um participante utilizava um dispositivo diferente (bastão para caminhada, que foi recebido por doação).

Os resultados indicam que os participantes, no geral, estão satisfeitos com os seus recursos de TA ($M = 4,63$; $DP = 0,20$). Isso pode ser observado pela maior porcentagem de “totalmente satisfeito” descrita na Figura 10. Os quesitos “facilidade de uso” e “conforto” foram unânimes entre os participantes (100%). Este resultado é esperado visto que a bengala e o bastão são fáceis de utilizar, não sendo necessária nenhuma instrução específica para o seu uso.

A facilidade de ajuste foi o recurso com menor média de satisfação ($M = 4,10$; $DP = 0,88$). Os participantes mencionaram a dificuldade no processo de troca do elástico, fazendo-se necessário o auxílio de outra pessoa. Além disso, outros recursos com menores médias de satisfação foram a durabilidade e a eficácia da TA ($M = 4,27$; $DP = 1,01$).

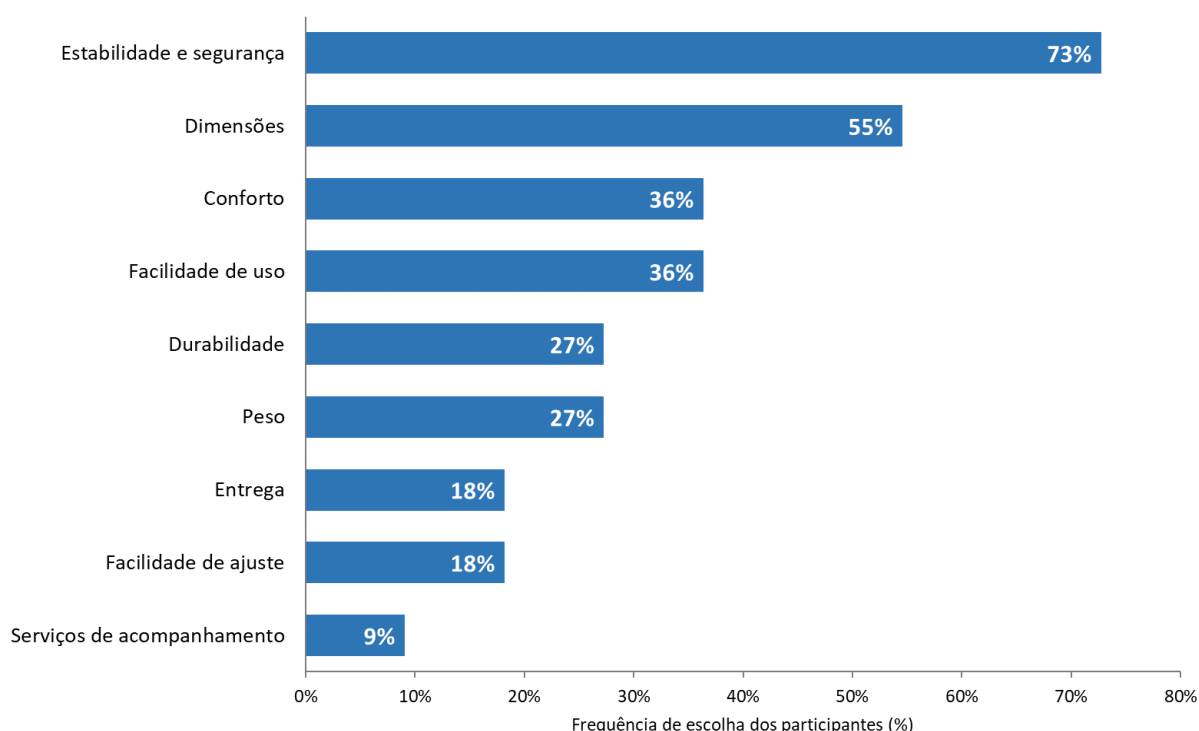
Figura 10 - Distribuição das pontuações de avaliação de satisfação (QUEST)

* Um participante não respondeu

Fonte: elaborada pela autora.

A maioria dos participantes não respondeu a seção relacionada aos serviços recebidos afirmando que eles próprios, ou amigos e familiares, realizam os serviços de assistência técnica. Eles também declararam não ter recebido qualquer tipo de acompanhamento das empresas que comercializam a bengala, principalmente por não existir nenhuma assistência técnica em Bauru, apenas em São Paulo, o que dificulta o acesso para eles. Além disso, alguns participantes declararam ter recebido o dispositivo como doação.

Os participantes também foram solicitados a eleger três itens que consideram mais importantes em uma TA. A maioria elegeu a segurança (73%, $n = 8$), seguido pelas dimensões (55%, $n = 6$), facilidade de uso e conforto do dispositivo (36%, $n = 4$), conforme pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 - Itens considerados mais importantes em uma TA (N = 11)

Fonte: elaborada pela autora.

3.3 Perfil do Impacto da Deficiência Visual

3.3.1 Materiais e Métodos

Questionário Perfil do Impacto da Deficiência Visual

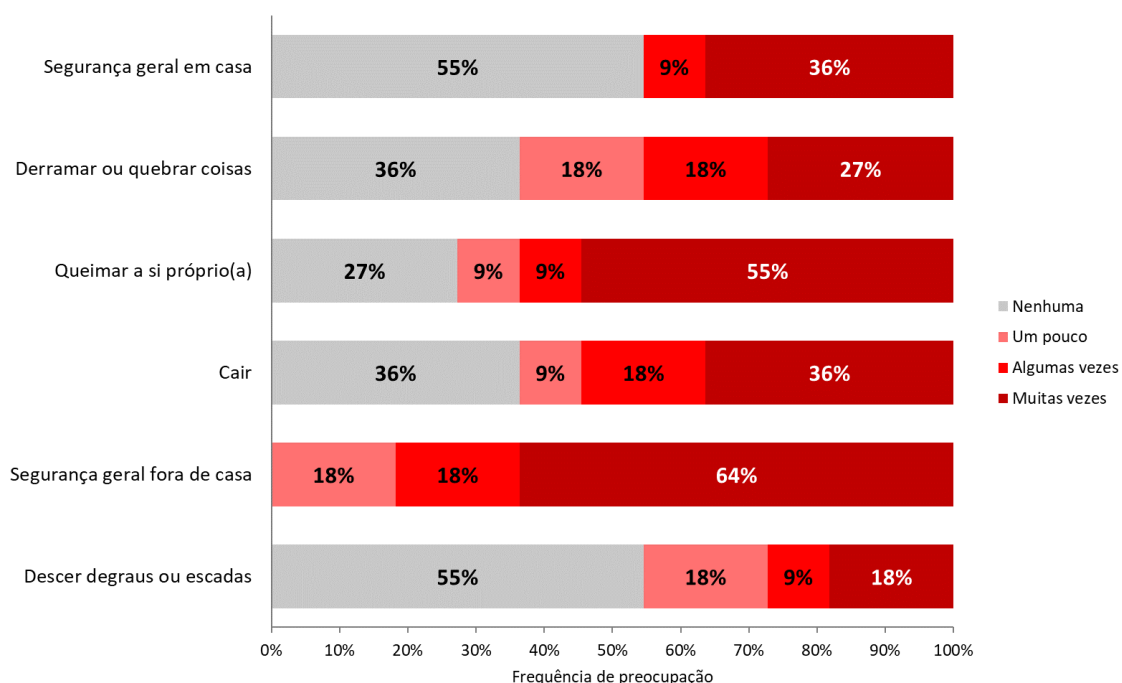
Questionário baseado em *Impact of Vision Impairment Profile* - versão *Very Low Vision*, desenvolvido pelo *Centre for Eye Research Australia* (CERA), por Finger et al. (2014), com o objetivo de avaliar o impacto da deficiência visual na realização de atividades de vida diária, mobilidade e segurança e bem-estar emocional (APÊNDICE D). O questionário é originalmente na língua inglesa, composto por 28 questões. Neste estudo, entretanto, o protocolo foi adaptado e composto por 16 questões relacionadas à vida diária, mobilidade e segurança e 3 relacionadas ao bem estar emocional, as quais foram traduzidas livremente pela pesquisadora. O questionário apresenta uma escala de 4 pontos, de 0 a 3, que indica o quanto a deficiência visual interfere na realização de determinada atividade. Quanto mais próximo de 3, menor a preocupação/interferência e quanto mais próximo de 0, maior

a preocupação/interferência da deficiência visual em determinada atividade. Além disso, o protocolo apresenta a opção “não faço isso por outros motivos”.

3.3.2 Resultados e Discussão

Os resultados indicaram que a deficiência visual interfere, principalmente, em atividades relacionadas à mobilidade externa. A maior preocupação relatada pelos participantes foi a segurança geral fora de casa, com 64% da amostra ($n = 7$) indicando muita preocupação e 36% reportando entre pouca ($n = 2$) e alguma preocupação ($n = 2$), conforme pode ser observado na Figura 12. Outra preocupação foi o medo de cair, com 36% ($n = 4$) relatando muita preocupação e 18% ($n = 2$) alguma preocupação. Esses resultados são esperados visto que essas situações apresentam riscos à saúde e segurança das pessoas com deficiência visual.

Figura 12 - Frequência com que os participantes se preocupam com determinadas situações (N = 11)

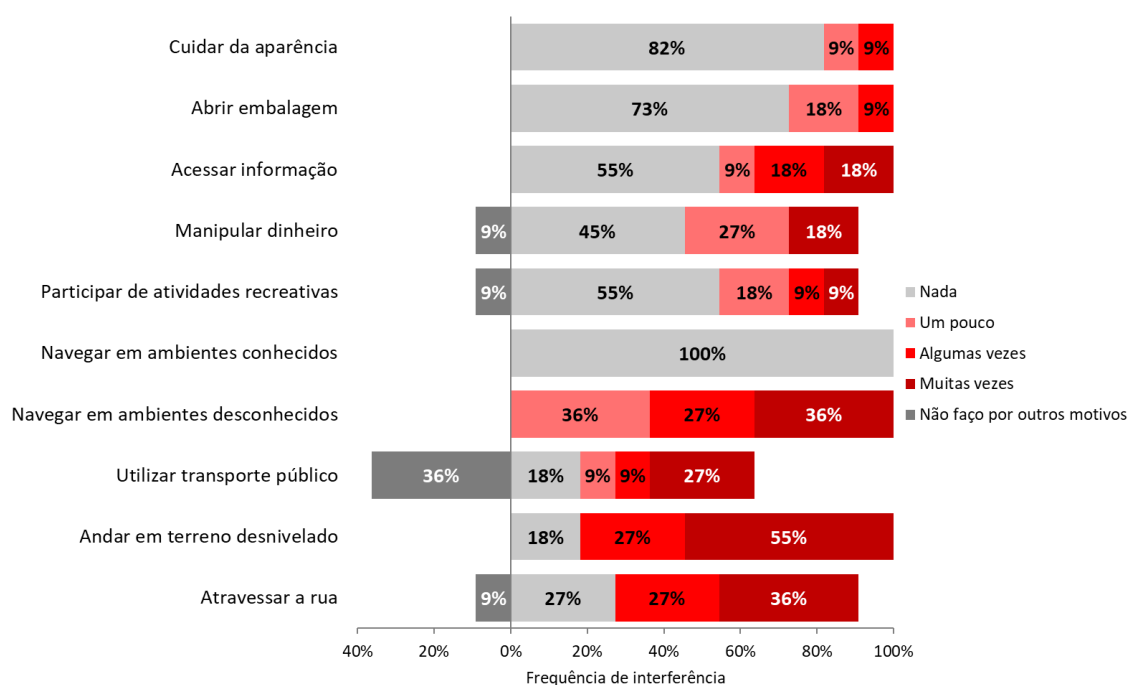


Fonte: elaborada pela autora.

Com relação à interferência da deficiência visual na realização de algumas atividades, os participantes relataram grande dificuldade em atividades relacionadas à mobilidade em ambientes externos, conforme ilustrado na Figura 13. Navegar em ambientes desconhecidos foi a atividade que todos os participantes indicaram algum

grau de interferência da deficiência visual. A maioria da amostra (82%, n = 9) também indicou alguma (27%, n = 3) ou muita (55%, n = 6) dificuldade para andar em terreno desnivelado, encontrando com frequência obstáculos como buracos na calçada, calçadas irregulares, isto é, de diferentes alturas e com degraus ou rampas, árvores e galhos na altura da cabeça - os quais não são identificados pela bengala tradicional - lixeiras, lixos na rua, caçambas de entulho e carros estacionados irregularmente. Atravessar a rua com segurança também foi uma dificuldade reportada por 63% dos participantes (n = 7), e um participante (9%) relatou não atravessar a rua sozinho. Quatro participantes (36%) declaram não utilizar o transporte público. Entre os participantes que utilizavam, 45% (n = 5) relatou ter algum grau de dificuldade devido à deficiência visual. Esses resultados são esperados visto que a orientação em ambientes desconhecidos, principalmente situações que envolvem a identificação de pontos de ônibus ou faixas de pedestres para atravessar a rua é uma tarefa difícil, conforme explica Slade, Tambe e Kochenderfer (2021).

Figura 13 - Frequência de interferência da deficiência visual na realização de determinadas atividades diárias (N = 11)



Fonte: elaborada pela autora.

Com relação ao bem-estar emocional, 54% dos participantes (n = 6) relataram que a deficiência visual interfere, em algum grau, na vida diária. A maioria (82%, n =

9) respondeu que a deficiência os impede de fazer algo que eles queiram com alguma (45%, n = 5) ou muita frequência (36%, n = 4).

3.4 Entrevista com profissional

Devido à pandemia e à suspensão da coleta de dados com participantes com deficiência visual, realizou-se uma entrevista semiestruturada com uma fisioterapeuta e professora de Orientação e Mobilidade com o objetivo de compreender os principais desafios e dificuldades enfrentadas por pessoas com deficiência visual na mobilidade diária. Este estudo foi importante para obter informações adicionais sobre o cotidiano das pessoas com deficiência visual.

3.4.1 Materiais e Métodos

A entrevista foi realizada por videochamada e a profissional deu o seu consentimento eletrônico após ser explicada sobre os objetivos e procedimentos do estudo. As questões abordaram a rotina dos alunos na instituição, o processo de aprendizagem, o uso da bengala, principais desafios e dificuldades para alcançar a independência na mobilidade, os tipos de obstáculos mais encontrados e a relação das pessoas com deficiência visual e as tecnologias (APÊNDICE E). A entrevista foi transcrita verbalmente e a transcrição foi analisada através de códigos gerados livremente e organizados em uma lista de categorias representando tópicos relevantes.

3.4.2 Resultados e Discussão

Foram identificados dois tópicos principais levantados pela profissional: o medo e a vergonha das pessoas com deficiência ao se locomover sozinhas, e os obstáculos encontrados diariamente.

Na opinião da fisioterapeuta, o medo de andar na rua ou sofrer um assalto, são alguns dos principais desafios para a PcDV alcançar a independência na mobilidade. Além disso, ela destacou que algumas pessoas sentem vergonha da deficiência e/ou de utilizar a bengala, o que também dificulta a mobilidade. Com relação aos principais obstáculos encontrados diariamente, que oferecem riscos e dificultam a mobilidade, destacam-se: toldos de estabelecimentos, galhos de árvores, orelhão (telefone

público), caçambas de lixo com lixos que ultrapassam o limite da caçamba, buracos, pisos táteis colocados incorretamente, postes, lixeiras, calçadas irregulares (com rampas de garagens), bueiros, lixos e entulhos na rua e calçadas.

A fisioterapeuta também destacou a importância da família para estimular o alcance da independência na mobilidade da PcDV. De acordo com o Relatório Mundial sobre a Visão (2019), o estímulo da família e de cuidadores é crucial para o desenvolvimento cognitivo, social e motor. Os familiares, amigos e cuidadores são importantes fontes de apoio físico e emocional para PcDV. Acredita-se que o apoio da família influencia positivamente as PcDV e pode contribuir para adaptação à deficiência, aceitação de serviços de reabilitação e produtos de TA, e qualidade de vida geral.

Por fim, a profissional sugeriu diversas possibilidades de alertas para avisar ao usuário sobre a presença de obstáculos e, assim, melhorar a mobilidade diária das PcDV. Na opinião dela, independente do alerta sonoro, é importante apresentar o alerta tátil. Com relação ao posicionamento dos alertas no corpo, ela destacou que o uso do dispositivo no tornozelo seria difícil para este grupo específico, visto que a maioria são diabéticos e que em alguns casos apresentam comprometimento da sensibilidade nas extremidades. Ela também observou que um objeto discreto, que faça parte do cotidiano da pessoa, poderia aumentar a sua aceitação pelos usuários. Por fim, ela também ressaltou que os alunos gostam e são muito adeptos às tecnologias, acreditando que eles também seriam adeptos ao uso do dispositivo.

4 Desenvolvimento (Fase 2)

4.1 Revisão sistemática de dispositivos vestíveis para mobilidade de pessoas com deficiência visual

Após identificar os principais desafios enfrentados pela PcDV na mobilidade diária, foi realizada uma revisão sistemática com o objetivo de identificar as tecnologias e interfaces utilizadas no desenvolvimento de soluções vestíveis (*wearables*) para auxiliar na orientação e mobilidade de pessoas com deficiência visual. Este estudo resultou na publicação do artigo “*A Systematic Review of Wearable Devices for Orientation and Mobility of Adults With Visual Impairment and Blindness*”, no periódico IEEE Access (SANTOS et al., 2021b).

4.1.1 Materiais e Métodos

Esta revisão focou em artigos científicos publicados em periódicos na língua inglesa ou portuguesa que descreviam o desenvolvimento de dispositivos vestíveis para orientação e mobilidade de adultos com deficiência visual. A revisão sistemática foi baseada na metodologia *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis* (PRISMA 2020) (PAGE et al., 2021).

4.1.1.1 Estratégia de busca

Os estudos foram identificados em seis bases de dados: *PubMed*, *Web of Science*, *Scopus*, *Cochrane Central Register of Controlled Trials* (CENTRAL), *ACM Digital Library* e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), com a função alerta ativada para garantir a inclusão de artigos mais recentes, publicados posteriormente à realização das buscas. A busca utilizou *MeSH headings* e palavras-chave relacionadas à deficiência visual, dispositivos vestíveis e mobilidade, em português na SciELO e em inglês nas demais bases de dados. A estratégia de busca utilizada no PubMed pode ser encontrada no Apêndice F.

4.1.1.2 Critérios de elegibilidade

Estudos foram incluídos se: (i) desenvolvidos para adultos (idade igual ou superior a 18 anos) com deficiência visual (baixa visão ou cegueira); (ii)

desenvolveram dispositivos vestíveis para mobilidade e/ou orientação de pessoas com deficiência visual.

Estudos foram excluídos se: (i) escritos em língua diferente do inglês ou português; (ii) publicados como resumos de eventos, capítulos de livros, dissertações ou teses e artigos de revisão; (iii) os dispositivos não eram vestíveis; ou (iv) os dispositivos não eram desenvolvidos para orientação e/ou mobilidade.

4.1.1.3 Seleção de estudos

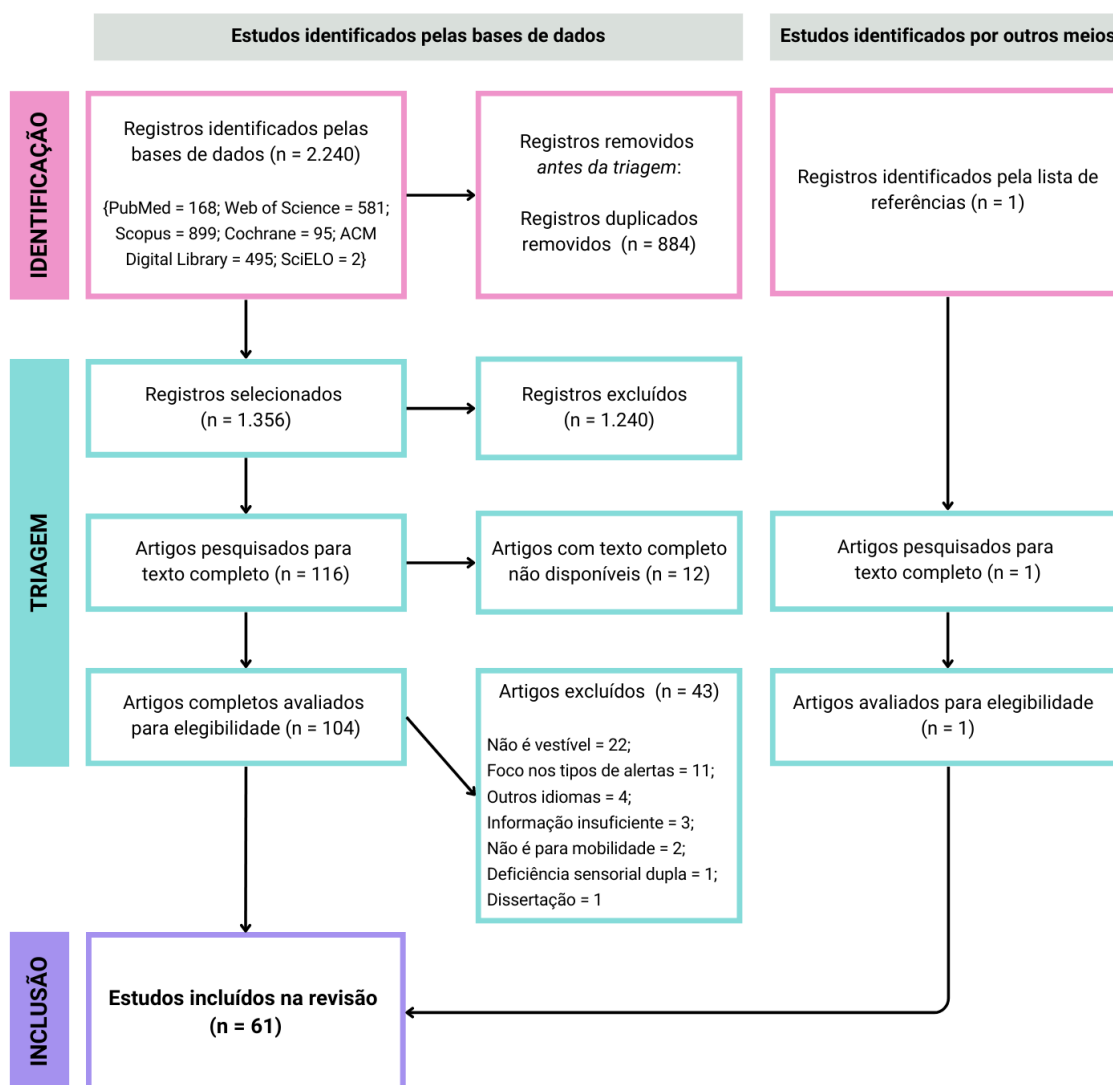
Todos os títulos e resumos foram lidos de forma independente por dois revisores seguindo os critérios de inclusão. Os estudos completos de potenciais artigos foram obtidos e avaliados de acordo com os critérios de elegibilidade. A inclusão ou exclusão de estudos foi discutida por dois revisores até que o consenso fosse alcançado, ou consultado um terceiro e um quarto revisores para uma decisão final.

4.1.1.4 Extração de dados

Os dados foram extraídos de cada artigo elegível por pares, de forma independente, e foram cruzados e organizados em uma planilha. A extração de dados incluiu autores, ano de publicação, país de origem, tecnologias utilizadas e seus objetivos, tipo de interface de alerta, cenário do estudo, características da amostra e métodos usados para avaliações de usuários e resumo dos resultados.

4.1.2 Resultados e Discussão

No total, 2241 estudos foram identificados através de buscas em bases de dados e em listas de referências. Entre eles, 61 estudos (3%) atendiam aos critérios de inclusão. A Figura 14 ilustra o processo de busca e seleção dos estudos de acordo com a metodologia PRISMA.

Figura 14 - Fluxograma PRISMA do processo de busca e seleção de estudos

Fonte: elaborada pela autora.

4.1.2.1 Tecnologias para detecção de obstáculos

Diversas tecnologias foram utilizadas para identificação de um caminho seguro para o usuário. No geral, observou-se que a maioria dos estudos utilizou tecnologias baseadas em visão computacional, de forma isolada ou combinadas com sensores. Isso pode ser explicado pelo alto nível de precisão na detecção de obstáculos, redução do tempo de navegação e do número de colisões que essas tecnologias possibilitam (ALADREN et al., 2016; LEE; MEDIONI, 2016; YANG et al., 2016, 2018; ELMANNAI; ELLEITHY, 2018; PUNDLIK et al., 2018; IKEDA et al., 2019; PLIKYNAS et al., 2020; TAPU; MOCANU; ZAHARIA, 2020). Além disso, Plikynas et al. (2020)

destacam que os avanços tecnológicos nessa área favorecem o desenvolvimento de soluções que podem melhorar a mobilidade e a qualidade de vida de PcDV.

Entre os estudos que utilizaram visão computacional, a tecnologia mais utilizada foi a RGB de profundidade (RGB-Depth ou RGB-D) (21%, $n = 13$), no formato de câmeras, sensores ou a tecnologia RealSense™, desenvolvida pela Intel®, que combina tecnologias de profundidade e rastreamento. Os demais estudos utilizaram câmeras estereoscópicas (13%, $n = 8$), USB (7%, $n = 4$), infravermelhas (5%, $n = 3$), de alta sensibilidade (3%, $n = 2$), microcâmeras (3%, $n = 2$) e câmeras de *smartphone* (3%, $n = 2$). Esses resultados corroboram os resultados apresentados por Lin e Han (2014) e Plikynas et al. (2020), que observaram que câmeras e sensores RGB-D e câmeras estereoscópicas eram os mais populares entre os sistemas baseados em visão computacional. A diferença entre as câmeras estereoscópicas e RGB-D é a forma de captação de imagens. Enquanto as câmeras estereoscópicas capturam imagens de profundidade através de duas ou mais lentes, as câmeras RGB-D capturam as imagens utilizando sensores de cores e infravermelho (TAPU; MOCANU; ZAHARIA, 2020; LIN; HAN, 2014; PLIKYNAS et al., 2020). O uso de tecnologia RGB-D foi identificado em ambientes internos e externos, contrariando estudos anteriores, que observaram o uso dessas tecnologias apenas em ambientes internos (PLIKYNAS et al., 2020).

Entre as tecnologias baseadas em sensores, o sensor ultrassônico foi o mais utilizado (39%, $n = 24$), corroborando os resultados de Elmannai e Elleithy (2018), Kuriakose et al. (2020) e Plikynas et al. (2020). Uma possível explicação pode ser o seu baixo custo ou devido ao fato de que eles não necessitam de luz para operar, ao contrário das câmeras (HOSSAIN; KHAN; ALI, 2011; FOUCAULT et al., 2019). Entretanto, Bhatlawande et al. (2014) e Tapu, Mocanu e Zaharia (2020) destacam que sensores ultrassônicos podem ser afetados pelas condições ambientes e/ou por outros sensores. O uso de sensores ultrassônicos demonstrou diversos benefícios, incluindo redução do tempo de navegação e detecção de escadas e obstáculos em movimento (GAO et al., 2014; PATIL; JAWADWALA; SHU, 2018; PETSIUK; PEARCE, 2019; SILVA; WIMALARATNE, 2019).

Embora os sistemas baseados em sensores apresentem alta precisão na detecção de obstáculos, eles não são capazes de identificar e reconhecer objetos, ao contrário dos sistemas baseados em visão computacional (PLIKYNAS et al., 2020; TAPU; MOCANU; ZAHARIA, 2020). Tais fatores podem explicar o porquê da maioria dos estudos utilizarem uma combinação de tecnologias. Trinta e seis estudos (59%)

utilizaram mais de uma tecnologia para detecção de obstáculos, entre os quais 29 (48%) combinaram tecnologias baseadas em visão computacional com tecnologias baseadas em sensores. A combinação de tecnologias baseadas em visão computacional e sensores pode oferecer maior precisão na detecção de obstáculos, aumentando a segurança e eficiência na mobilidade em ambientes internos e externos (CARDIN et al., 2007; CHENG, 2016; LEE; KIM; SHIN, 2016; MOCANU; TAPU; ZAHARIA, 2016; ELMANNAI; ELLEITHY, 2018; SILVA; WIMALARATNE, 2020; SIMÕES; DE LUCENA, 2016). Esses resultados corroboram os encontrados por Fernandes et al. (2019) e Plikynas et al. (2020), que observaram que a combinação de diferentes tecnologias pode aumentar a funcionalidade e oferecer informações mais confiáveis e disponíveis o tempo todo.

4.1.2.2 Canais de comunicação com o usuário

A interface do usuário e as modalidades de alerta (*feedback*) são recursos essenciais e que devem ser considerados durante o desenvolvimento do sistema, pois podem melhorar a acessibilidade e a usabilidade do mesmo (BARONTINI et al., 2021).

Os resultados demonstram que a informação sonora foi a forma de comunicação mais utilizada (44%, $n = 27$), corroborando os resultados encontrados por Islam et al. (2019) e Kuriakose et al. (2020). Uma possível explicação pode ser a simplicidade e rapidez com que essas informações são recebidas (FERNANDES et al., 2019). Outra explicação pode ser as desvantagens que a interface tátil apresenta, como percepção insuficiente de informações ou a necessidade de contato direto com a pele do usuário, o que pode ser invasivo. Resultados similares foram reportados por Mocanu, Tapu e Zaharia (2016), que optaram por utilizar alertas sonoros porque além da vibração necessitar de contato direto com a pele do usuário, participantes com deficiência visual relataram que a vibração não forneceu informações suficientes sobre o ambiente.

Em contrapartida, alguns estudos não recomendam o uso exclusivo de informação sonora para alertar os usuários porque pode interferir com o sentido auditivo, que é necessário durante a navegação em um ambiente (ADEBIYI et al., 2017; BHATLAWANDE et al., 2014). Resultados semelhantes também foram observados por Dakopoulos e Bourbakis (2010). Por outro lado, o uso exclusivo de alerta vibrotátil também não é recomendado pois muitas pessoas com deficiência

visual também têm diabetes, o que pode afetar seu sistema nervoso periférico e autônomo e comprometer sua sensibilidade e resposta vibrotátil (FELDMAN et al., 2019; WHO, 2020). Esta pode ser uma possível explicação para a baixa adoção de alerta tátil observada nos estudos (18%, n = 11).

Embora não haja consenso sobre qual canal de interface é o melhor, no geral, os estudos que forneceram interface híbrida (28%, n = 17) relataram mais avaliações positivas referentes ao uso e à interface intuitiva (LEE; KIM; SHIN, 2016; CARAIMAN et al., 2019; CHEN et al., 2019; SILVA; WIMALARATNE, 2020; ZHANG et al., 2019a). Kuriakose et al. (2020) argumentam que um único canal pode não ser a melhor abordagem, pois diferentes usuários podem preferir diferentes formas de *feedback*. Portanto, recomenda-se que, em estudos futuros, o dispositivo forneça as duas formas de *interface* (áudio e vibração) e permita que o usuário escolha o canal que melhor atenda às suas necessidades e preferências, assim como observado em Lee, Kim e Shin (2016) e Kassim et al. (2016).

4.1.2.3 Métodos de avaliação

Diferentes métodos foram utilizados para avaliação da eficácia dos protótipos desenvolvidos, que envolveram métodos observacionais/empíricos (61%, n = 37), análise conceitual do sistema (30%, n = 18) e investigação clínica (2%, n = 1). Três estudos (5%) utilizaram design participativo no desenvolvimento do protótipo e dois estudos não descreveram o método de avaliação utilizado.

A maioria dos estudos (77%, n = 47) apresentou avaliação com usuários, entretanto, observou-se uma falta de padronização nos métodos de avaliação, o que também foi observado por Plikynas et al. (2020). Os demais estudos relataram apenas a viabilidade técnica de seus sistemas ou não apresentaram métodos de avaliação incluindo participantes.

A maioria das avaliações envolveu métodos quantitativos (34%, n = 21) ou mistos (33%, n = 20). Dois estudos utilizaram métodos qualitativos e quatro não descreveram os métodos utilizados para avaliação. Trinta e sete estudos (61%) realizaram avaliações com participantes com deficiência visual, dos quais vinte e seis foram como amostra única e sete em conjunto com participantes videntes. Sete estudos não apresentaram informações sobre a amostra. Vinte e três estudos (38%)

incluíram avaliações qualitativas com usuários através de entrevistas (13%, n = 8) ou questionários (25%, n = 15) sobre a experiência do usuário com o produto.

Sessões de treinamento anteriormente aos experimentos foram realizadas em 28 estudos. O tempo de treinamento variou entre 2 minutos até 30 horas divididas em quatro sessões (HICKS et al., 2013; BHATLAWANDE et al., 2014). Os treinamentos apresentavam instruções sobre o funcionamento do protótipo e procedimentos dos experimentos.

Os resultados demonstram a importância de incluir usuários com deficiência visual no desenvolvimento de tecnologias assistivas (SANTOS et al., 2021b). Diversos estudos relatam as vantagens de utilizar uma abordagem centrada no usuário no desenvolvimento de TA (MAGUIRE, 2001). Kuriakose et al. (2020) destaca que muitas soluções que podem apresentar qualidade funcional não são adotadas porque não atendem aos requisitos dos usuários. Portanto, é essencial conhecer as necessidades e requisitos da PcDV (SANTOS et al., 2021b).

4.1.2.4 Dimensões do dispositivo vestível

O tamanho do dispositivo, mais especificamente a miniaturização, foi uma grande preocupação observada nos estudos (CARDIN et al., 2007; LEE; KIM; SHIN, 2016; SCHWARZE et al., 2016; KATZSCHMANN; ARAKI; RUS, 2018; KIURU et al., 2018; LONG et al., 2019; PETSUK; PEARCE, 2019). Resultados similares foram observados por Kuriakose et al. (2020), que observou uma relação entre o tamanho de um dispositivo e sua adoção. Estima-se que a redução de tamanho e peso do dispositivo, proporcionados pela otimização dos componentes, podem influenciar o conforto e a vestibilidade do dispositivo, o que, por sua vez, pode contribuir para o uso do mesmo (KIURU et al., 2018; KURIAKOSE et al., 2020).

4.1.2.5 Custo de desenvolvimento do dispositivo vestível

Outro resultado interessante relaciona-se ao custo de desenvolvimento do dispositivo que, de acordo com Kuriakose et al. (2020), pode influenciar o uso de tecnologias assistivas. Como a maioria das pessoas com deficiência visual vivem em países de baixa e média renda, o custo é um fator que deve ser levado em consideração (BOURNE et al., 2017).

Diversos estudos reportam sugestões para reduzir o custo dos dispositivos, entre elas destacam-se o uso de tecnologias de manufatura aditiva, programação de código aberto (*open-source*), servidores em nuvem, e tecnologias baseadas em visão computacional (YANG et al., 2016; BAI et al., 2019; CHEN et al., 2019; GUNDEWAR et al., 2020; PETSIUK; PEARCE, 2019; YOUNIS et al., 2019; ZHANG et al., 2019ab). O protótipo desenvolvido por Petsiuk e Pearce (2019) com impressão tridimensional e programação de código aberto resultou em uma economia de 74% a 97% em comparação aos produtos disponíveis comercialmente. Um exemplo de tecnologia baseada em visão computacional é a RGB-D. O aumento do uso da tecnologia RGB-D em dispositivos para pessoas com deficiência visual vem sendo observado na literatura e isso pode ser explicado devido à sua versatilidade, portabilidade e baixo custo (ALADREN et al., 2016; YANG et al., 2016). Reduzir o custo de um dispositivo vestível pode beneficiar principalmente regiões de baixa e média renda visto que pode proporcionar acesso a mais pessoas (SANTOS et al., 2021b).

4.1.2.6 Recomendações para o design e avaliação de dispositivos vestíveis para orientação e mobilidade de adultos com deficiência visual

Com base nos estudos identificados nesta revisão, são sugeridas diretrizes para o desenvolvimento e avaliação de tecnologias vestíveis para mobilidade de pessoas com deficiência visual:

- Reduzir o peso e o tamanho do dispositivo;
- Adicionar função de reconhecimento de imagens e faces;
- Fornecer interface híbrida de alerta (sonora e tátil), à escolha do usuário;
- Introduzir ou substituir o mecanismo de alerta gerado por computador para vozes humanas reais;
- Realizar avaliações experimentais em ambientes internos e externos;
- Realizar avaliações com uma amostra maior de usuários;
- Fornecer protocolo de treinamento intensivo antes da avaliação.

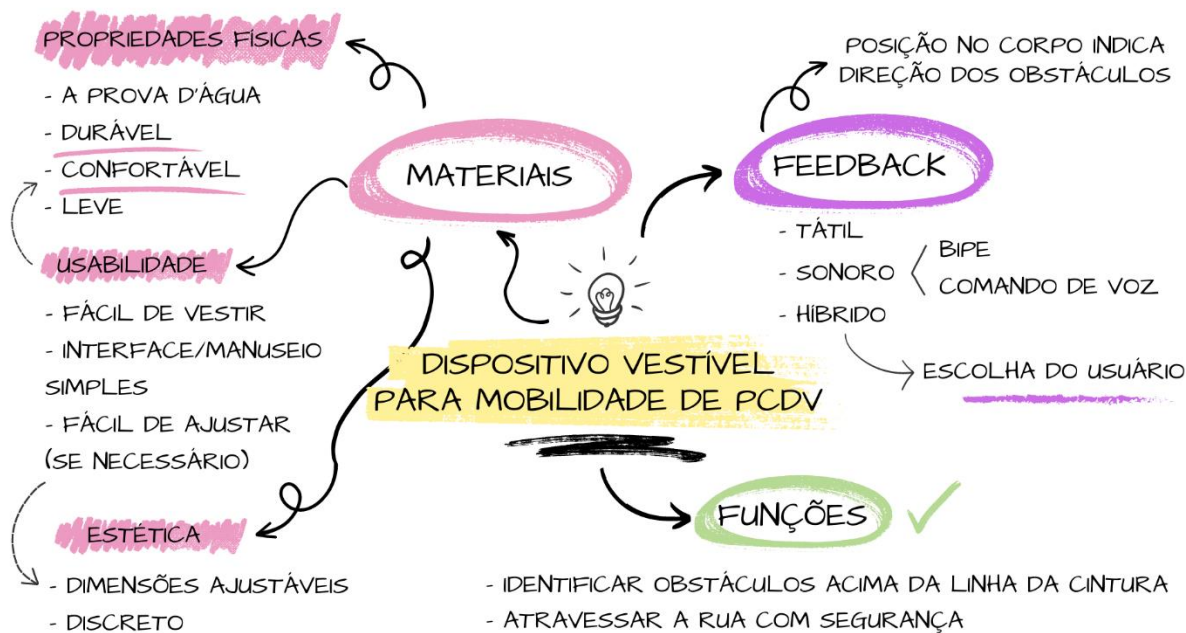
4.2 Diretrizes de projeto

Através dos estudos de caracterização da amostra foi possível identificar as características, estilos de vida, principais necessidades e desafios encontrados diariamente pelo público alvo. Observou-se que o público alvo deste estudo não tem o hábito de se locomover com frequência em ambientes externos, e quando navegam em ambientes desconhecidos, encontram diversas dificuldades para encontrar informações para orientação ou para identificar obstáculos não identificados pela bengala. Os principais motivos que influenciam a mobilidade externa independente estão relacionados à falta de experiência, insegurança, medo e acessibilidade dos espaços.

A partir desses resultados, foi possível definir diretrizes para o desenvolvimento do projeto, que visa solucionar os principais desafios identificados, atendendo às necessidades dos usuários, além de se adequar às suas características e estilo de vida. Essas diretrizes foram reunidas em um mapa mental⁴ (Figura 15), com o qual foi possível identificar características importantes que devem ser aplicadas no desenvolvimento do protótipo, como um material que seja leve, confortável, durável e, preferencialmente, à prova d'água, visto que o dispositivo deverá ser utilizado diariamente em diversas condições ambientais. Além disso, o protótipo deve apresentar uma estética discreta, não chamando atenção indesejada ao usuário. A estrutura do protótipo deve permitir que este seja vestido, manuseado e ajustado facilmente, oferecendo autonomia ao usuário. Características como materiais, formatos e formas de uso são importantes fatores a serem considerados durante o desenvolvimento de uma TA pois podem influenciar a usabilidade do dispositivo.

⁴ Mapa mental é uma técnica utilizada para eliminar bloqueios criativos e estimular a geração de ideias a partir de palavras-chave. O mapa mental consiste em um diagrama, para representar e organizar as ideias.

Figura 15 - Mapa mental



Fonte: elaborado pela autora.

4.3 Sistema para detecção e comunicação de obstáculos

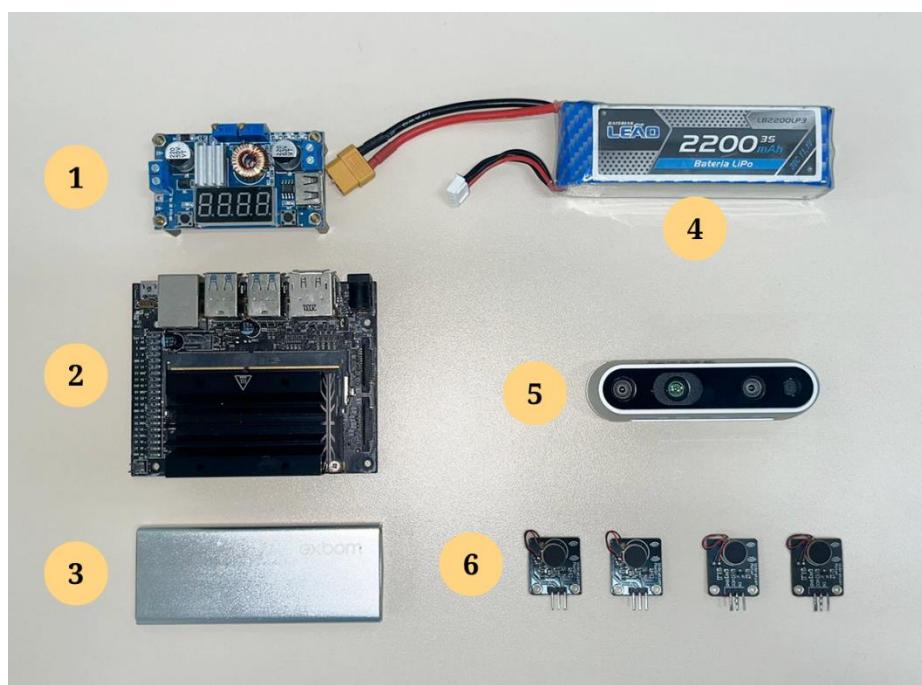
Para solucionar os problemas identificados, foi proposto o uso de tecnologias baseadas em visão computacional. A tecnologia escolhida foi a câmera de profundidade Intel® RealSense™ modelo D435i (dimensões 90 x 25 x 25 mm, resolução RGB 1920 x 1080, RGB frame rate 30 fps - Intel, Santa Clara, CA, EUA), disponível no Núcleo de Tecnologia Assistiva - NTA, da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). A câmera Intel® RealSense™ D435i combina recursos de detecção de profundidade com unidade de medição inercial (IMU) que permite maior percepção de profundidade com o movimento da câmera (INTEL).

Além da câmera, foi utilizada a NVIDIA® Jetson Nano™ (NVIDIA Store, Santa Clara, CA, EUA), que é uma plataforma de computação embarcada que permite o processamento de aplicações de inteligência artificial. Segundo a fabricante, a Jetson é amplamente utilizada em projetos de robótica, agricultura, indústria e inteligência artificial das coisas (*Artificial Intelligence of Things - AIoT*). O Kit de Desenvolvedor Jetson Nano, disponível no NTA-UFES, é um minicomputador, com baixo custo energético, que possibilita o processamento de redes neurais para aplicações como

classificação e processamento de imagens, detecção de objetos, segmentação, processamento de fala e estimativa de posicionamento em tempo real (NVIDIA).

Além da câmera e da Jetson, o protótipo também utiliza uma bateria de 12V para alimentar o sistema e quatro módulos de motores *vibracall* que alertarão o usuário sobre a presença de obstáculos. Todos os componentes utilizados no sistema estão listados na Tabela 5 e podem ser visualizados na Figura 16.

Figura 16 - Componentes utilizados no sistema



Fonte: da autora.

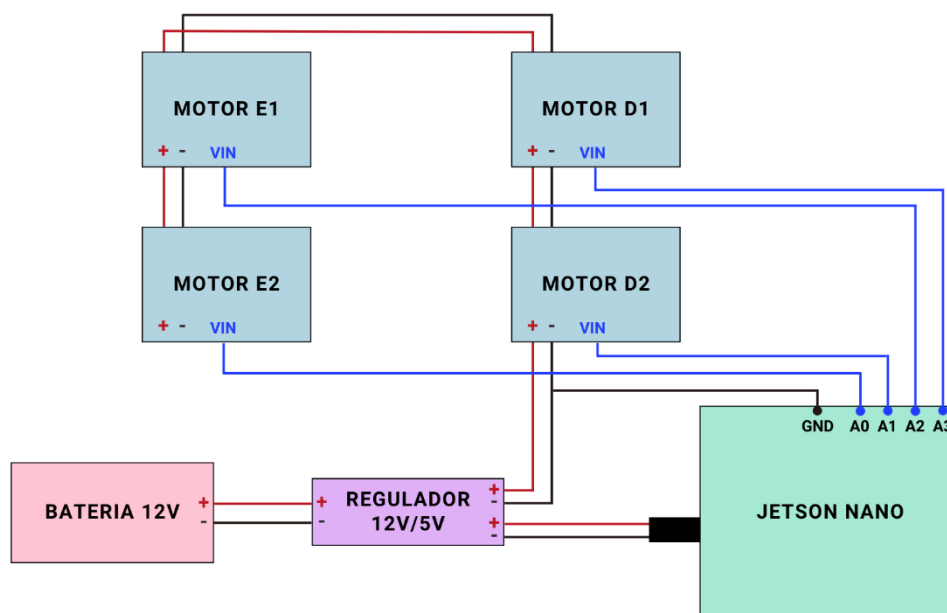
Tabela 5 - Lista de componentes utilizados no sistema

Componente	Dimensões (C x L x E)	Peso (aprox.)
1 - Módulo regulador de tensão Step Down XL4015 5A	68 mm x 39 mm x 15 mm	21g
2 - Jetson Nano™ Developer Kit NVIDIA® - 4 GB	100 mm x 80 mm x 29 mm	75g
3 - HD SSD Exbom	96 mm x 40 mm x 10 mm	120g
4 - Bateria LiPo Leão 12V 2200 mAh	105 mm x 34 mm x 27 mm	124g
5 - Câmera Intel® RealSense™ D435i	90mm x 25mm x 25mm	75g
6 - Motores <i>vibracall</i>	23 mm x 21 mm x 5 mm	3g

Fonte: elaborado pela autora.

Como a Jetson e os motores *vibracall* não suportam a tensão de 12V, adicionou-se um módulo regulador de tensão, que é alimentado pela bateria e que gera duas saídas de 5V: uma para alimentação da Jetson e outra para alimentação dos motores em paralelo, conforme pode ser observado na Figura 17.

Figura 17 - Configuração esquemática do circuito

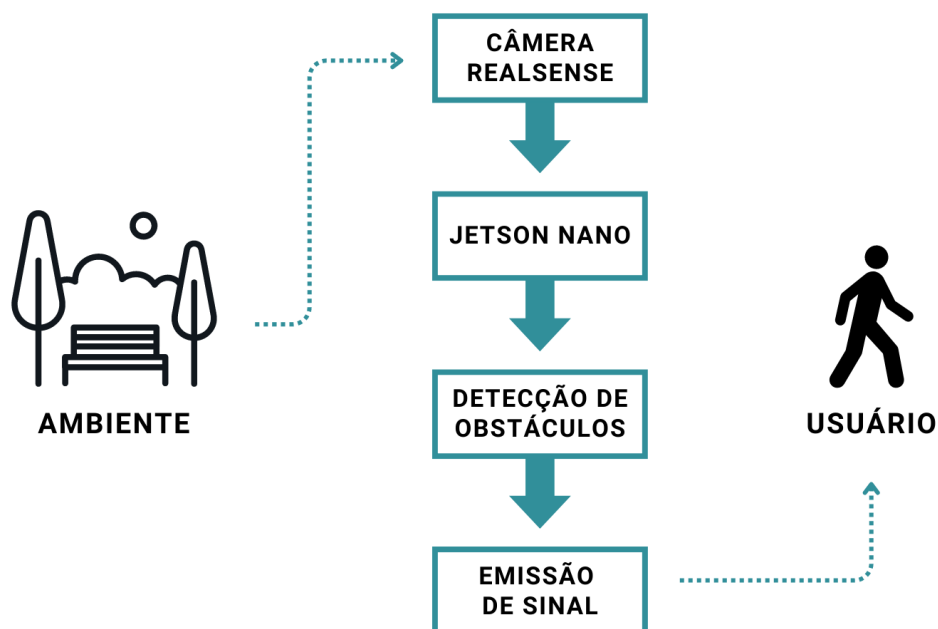


Fonte: elaborado pelo NTA - UFES.

A detecção de obstáculos é feita através da câmera Intel® RealSense™ D435i, que capta informações sobre ambiente, as quais são processadas na Jetson, unidade de processamento embarcada no dispositivo vestível. A câmera D435i é conectada via USB na Jetson Nano™. O sistema para detecção e comunicação de obstáculos segue a arquitetura conforme ilustrado na Figura 18.

A câmera de profundidade retorna a distância perpendicular no ambiente. A distância euclidiana de cada ponto da cena é obtida usando uma estimativa de ângulo de cada pixel para a câmera (LOUREIRO et al., 2022). É estabelecido um valor limite (*threshold*) para detecção de objeto. Quando um valor euclidiano é identificado abaixo do limite, uma informação é enviada a NVIDIA® Jetson Nano™.

Figura 18 - Diagrama simplificado do sistema de detecção e comunicação de obstáculos



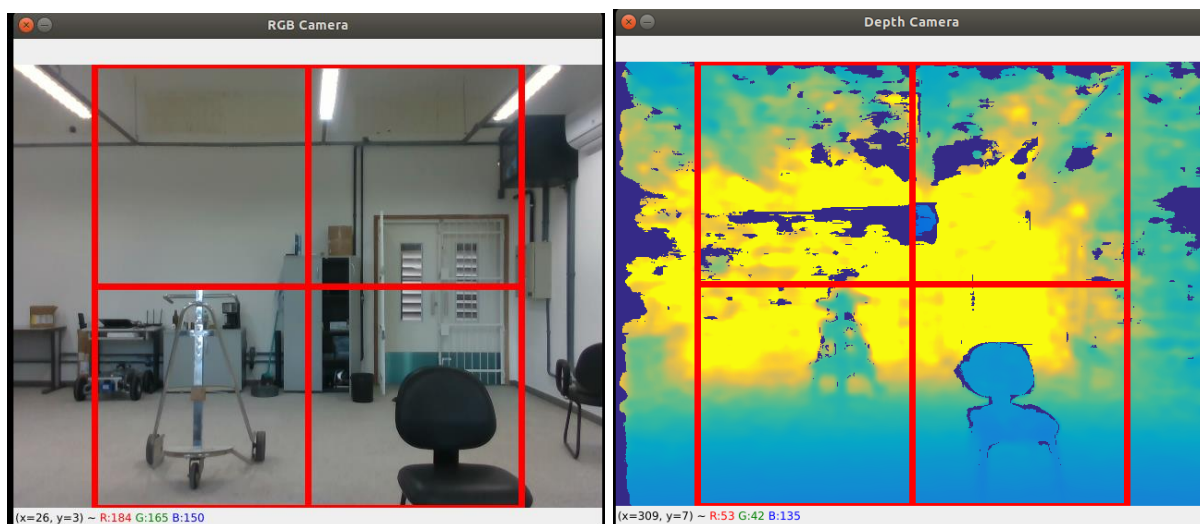
Fonte: elaborado pela autora.

A segmentação da câmera é feita em quatro seções, conforme observado na Figura 19. A seção superior direita é vinculada ao motor D1 e a seção inferior é vinculada ao D2. O mesmo se aplica na seção esquerda (E1, E2). Quando um objeto se aproxima, ele é identificado através das saídas digitais (A0, A1, A2 e A3) e um sinal de tensão é enviado ao motor correspondente, gerando a sua vibração e alertando o usuário sobre a presença do objeto. Objetos que estejam localizados nestes quadrantes em uma distância inferior a 2,20 m do usuário são detectados. Desta forma, um sinal de tensão é enviado pela Jetson para o motor correspondente, o qual emite a vibração. A vibração é dividida em três níveis de frequência: baixa, média e alta (Figura 20). A frequência de vibração aumenta conforme a distância entre usuário e objeto diminui. Para distâncias entre 2,00 m e 2,20 m, a frequência será baixa. Para distâncias entre 1,80 m e 2,00 m, a frequência será média. Para distâncias inferiores a 1,80 m, a frequência será alta.

Embora os resultados da revisão sistemática demonstraram que a maioria dos sistemas vestíveis encontrados na literatura utilizam informação sonora como forma de comunicação com o usuário, este estudo utilizou alertas táteis. Isso porque, conforme explica Barontini et al. (2021), o *feedback* acústico pode interferir na capacidade auditiva do usuário com deficiência visual que depende de informações

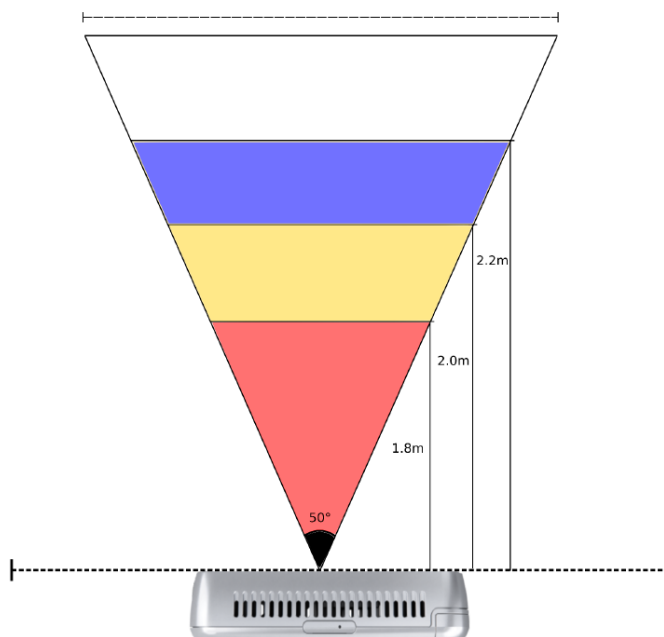
obtidas pelo canal auditivo para navegar com segurança em um ambiente. Entretanto, sugere-se, como direcionamentos futuros, a inclusão da informação sonora, oferecendo ao usuário a escolha da forma de comunicação mais adequada às suas demandas.

Figura 19 - Segmentação realizada pela (a) Câmera RGB (b) Câmera de profundidade



Fonte: NTA - UFES.

Figura 20 - Distâncias de detecção da câmera



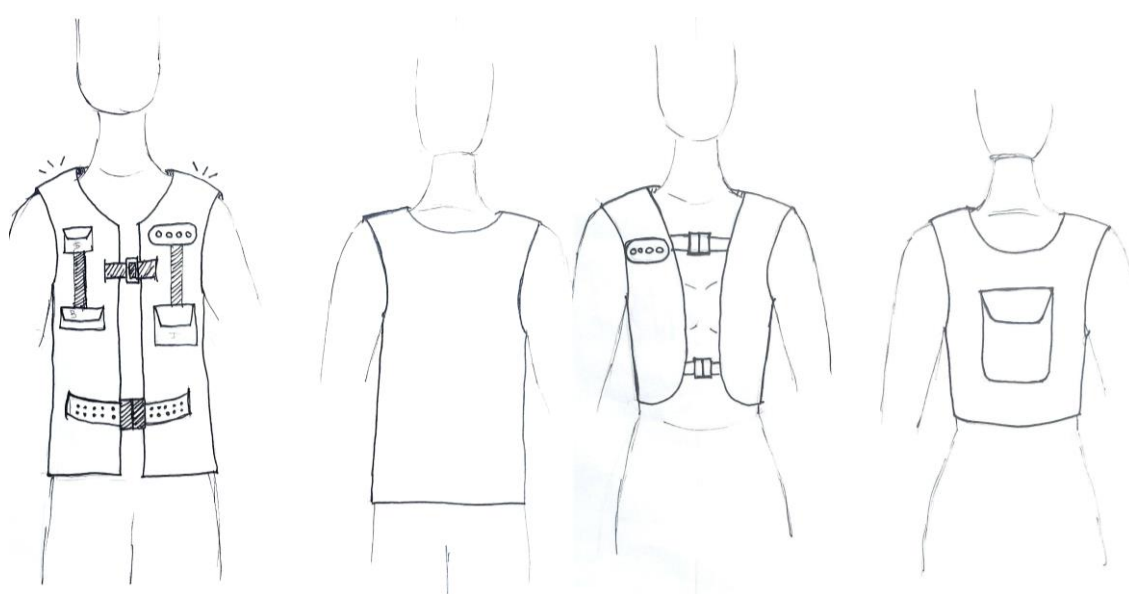
Fonte: elaborada pelo NTA - UFES.

4.4 Confecção do protótipo

4.4.1 Sketches iniciais

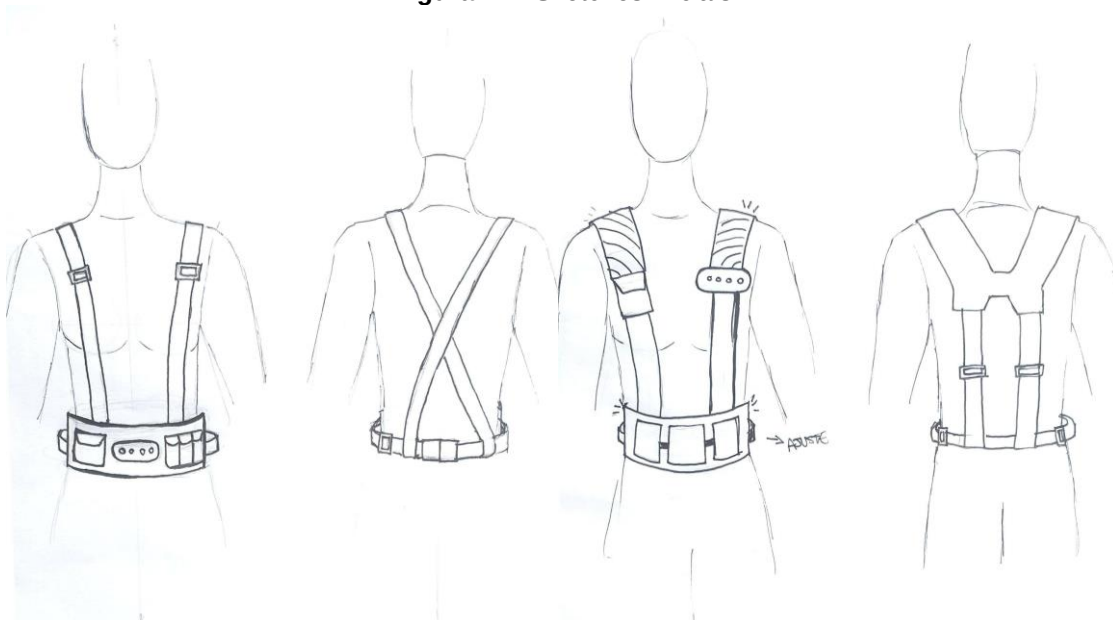
A partir das diretrizes de projeto definidas e com os componentes do sistema escolhidos, foram realizados alguns *sketches* iniciais para estudo de formas. Inicialmente, considerou-se a criação de uma peça de vestuário, portanto, os primeiros esboços representavam um colete (Figura 21).

Figura 21 - *Sketches* iniciais



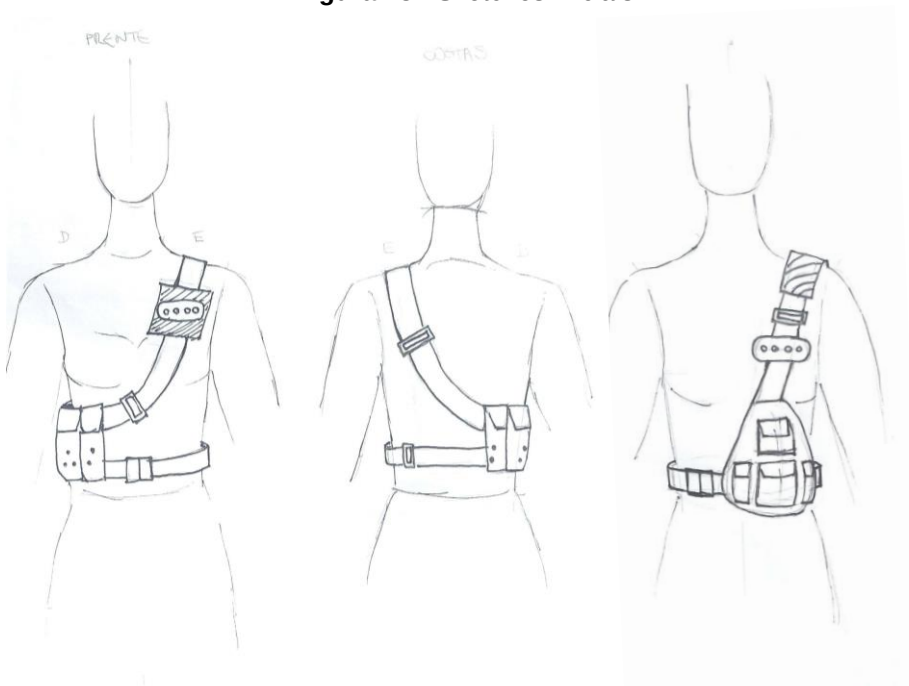
Fonte: elaborado pela autora.

Como o sistema é composto por vários componentes interligados, a proposta de uma peça de vestuário poderia resultar em um protótipo muito volumoso e que destacasse o usuário, chamando atenção para ele, o que não atenderia ao requisito de ser discreto. A estética também poderia ficar visualmente desagradável. Além disso, questões como limpeza e conforto do protótipo também poderiam ser influenciadas neste formato. Com isso, estudou-se a possibilidade de reduzir o tamanho do protótipo. Considerou-se o formato de cinto, porém, é ideal que a câmera fique localizada na altura do peito do usuário para obter maior campo de visão. O formato de suspensório com cinto também foi considerado, entretanto, a estabilidade da câmera poderia ser comprometida (Figura 22).

Figura 22 - Sketches iniciais

Fonte: elaborado pela autora.

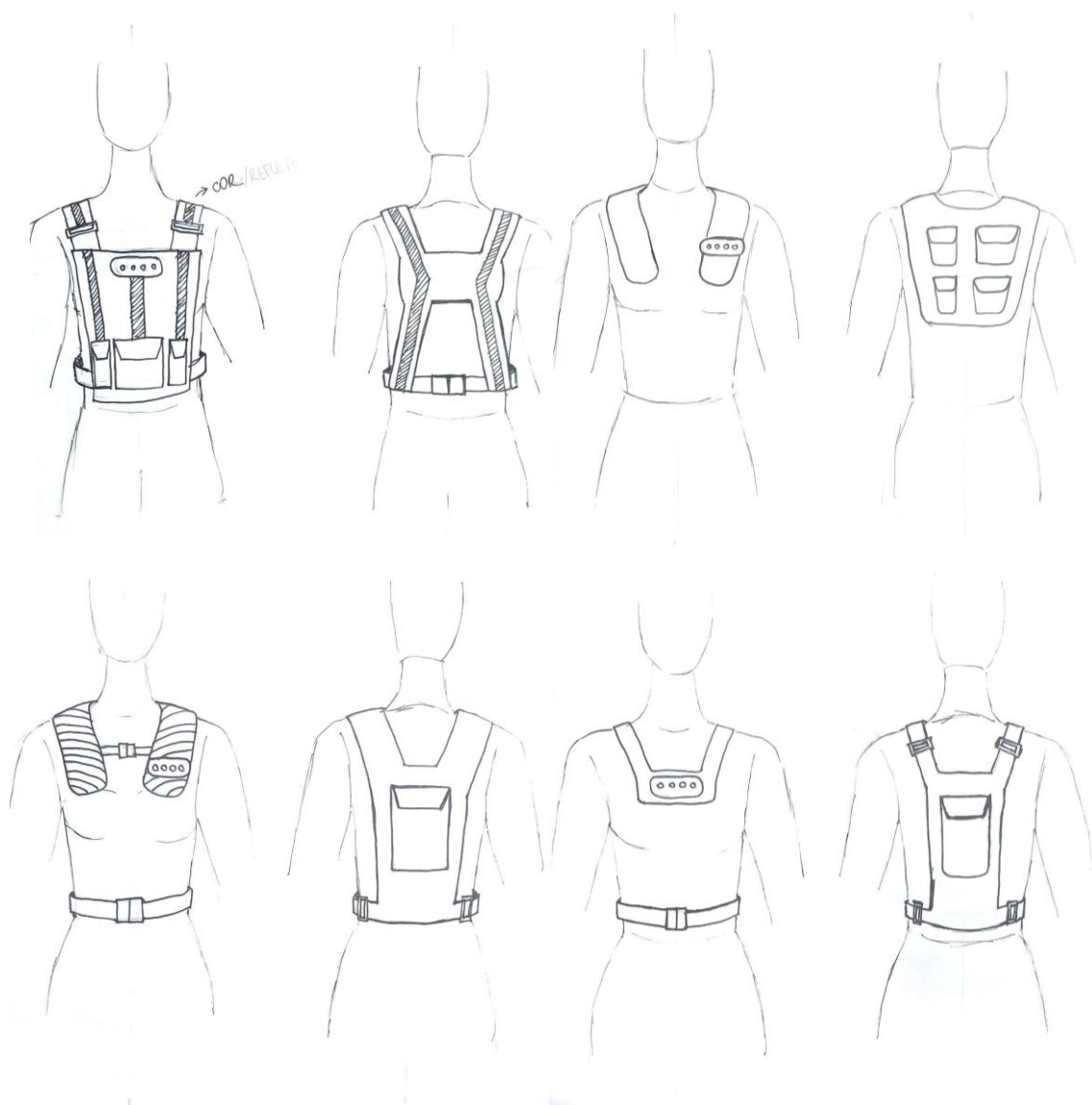
Considerando produtos de uso diário, estudou-se a possibilidade de criar uma bolsa, na qual a câmera seria inserida na alça e os demais componentes seriam carregados dentro da bolsa (Figura 23). A proposta demonstrou potencial, mas bolsas laterais poderiam influenciar o peso e a pressão sobre o ombro do usuário, o que poderia influenciar o conforto durante o uso.

Figura 23 - Sketches iniciais

Fonte: elaborado pela autora.

Ainda seguindo na direção de bolsas, foram pesquisados outros formatos, disponíveis comercialmente, que poderiam proporcionar o carregamento de todos os componentes confortavelmente, apresentando estética o mais próximo possível de um produto do cotidiano. Considerou-se a possibilidade de criar uma bolsa de peitoral, que é um acessório que está sendo muito utilizado atualmente, principalmente entre o público jovem. Entretanto, com a adição de todos os componentes, o protótipo provavelmente ficaria volumoso e destacaria o usuário, novamente não atendendo aos requisitos estéticos do projeto. Outros formatos também foram considerados, mas nenhum atendia aos requisitos de forma harmoniosa, levando em consideração que a estética e o conforto são fatores norteadores deste projeto.

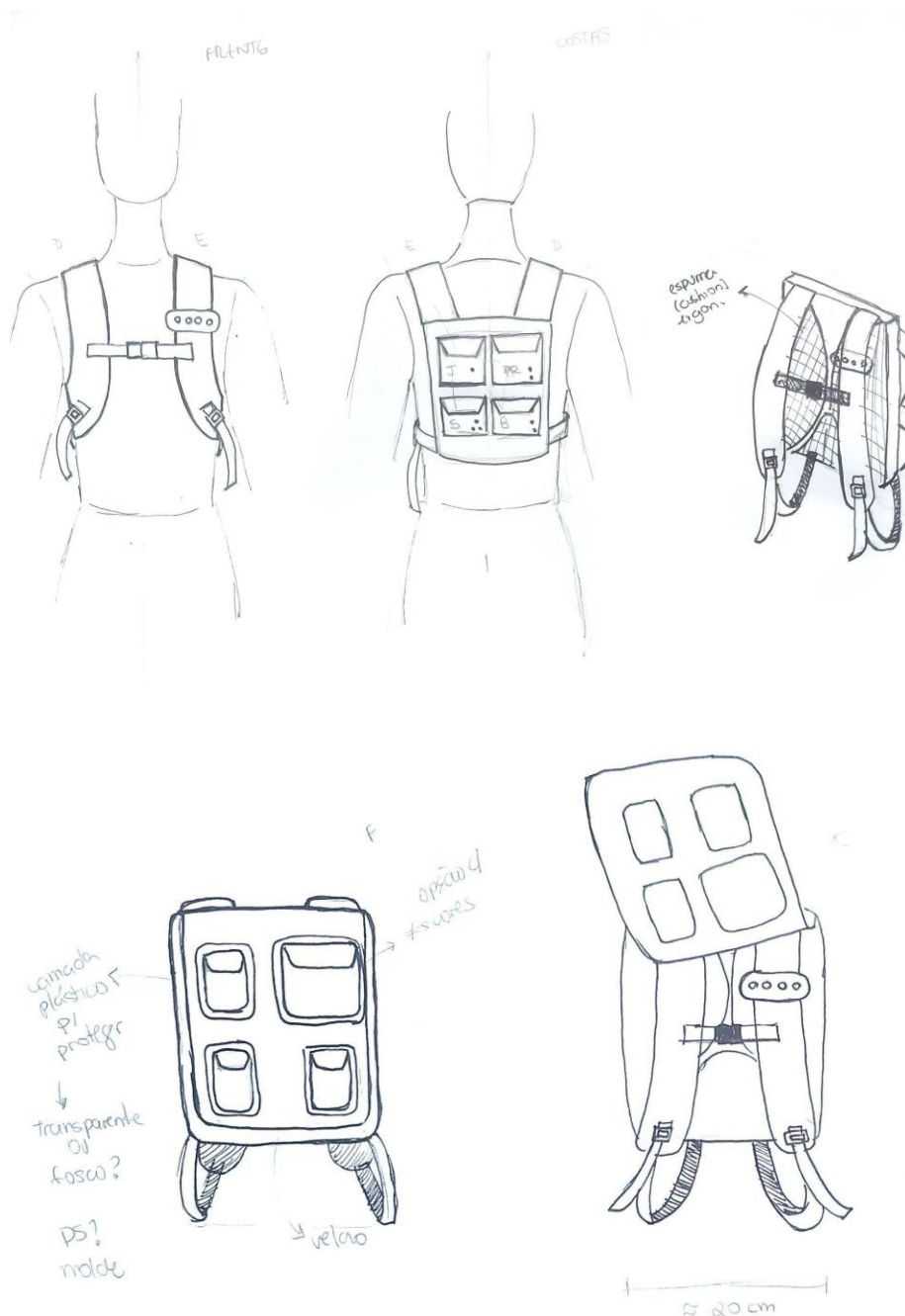
Figura 24 - Sketches iniciais



Fonte: elaborado pela autora.

Com isso, foi proposto o formato de mochila (Figura 25), que é um produto do cotidiano, utilizado por diversas pessoas e sem nenhum simbolismo negativo associado. Portanto, essa solução, provavelmente, não irá destacar a sua função assistiva.

Figura 25 - Solução proposta

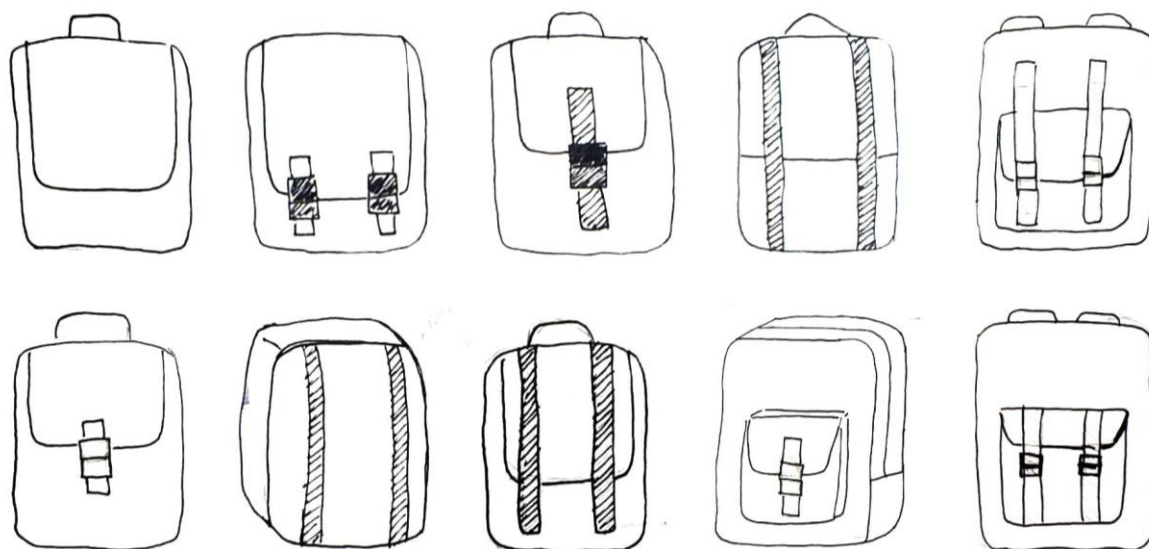


Fonte: elaborado pela autora.

Existem diversas mochilas disponíveis comercialmente, inclusive projetos como Lee, Kim e Shin (2016), Isaksson et al. (2020), entre outros, relatam o uso de uma mochila para carregar um computador portátil para realizar o processamento do sistema. Entretanto, observou-se que esses estudos não consideram os aspectos ergonômicos da mochila. Uma carga durante tempo prolongado pode influenciar a tensão e dor sentida pelo usuário, o que pode levar ao abandono do dispositivo.

A escolha do formato de mochila para o protótipo é respaldada pelos achados de Kim et al. (2020). Os autores realizaram um estudo com pacientes e cuidadores para investigar as preferências e opiniões sobre o design de um dispositivo móvel para diálise. Os autores observaram que os participantes, no geral, preferiam o formato de cinto e mochila para o protótipo. Os participantes relataram a preferência pela mochila devido ao conforto, tamanho compacto, leveza e simplicidade. Outro fator apontado como motivo pela escolha foi o fato de a mochila ser "invisível" e, portanto, não seria óbvio que a pessoa que a estivesse carregando seria um paciente renal. Além disso, a mochila permitiria uma boa mobilidade sem restrições para atividades como caminhada e corrida. Embora os objetos de estudo de Kim et al. (2020) e deste projeto sejam diferentes, esses fatores são importantes e estão de acordo com as diretrizes definidas para este projeto.

Com o formato definido, estudou-se diferentes possibilidades de estética da mochila (Figura 26). O formato quadrado foi escolhido por ser um formato observado em diversas mochilas disponíveis comercialmente destinadas ao público jovem. Com isso, espera-se que a estética seja associada positivamente sem carga negativa com relação ao usuário.

Figura 26 - Modelos de mochila

Fonte: elaborado pela autora.

4.4.2 Mockups

Com o formato definido, a próxima etapa envolveu o planejamento das dimensões e dos aspectos ergonômicos do protótipo. Para isso, foi realizado um levantamento na literatura a respeito das recomendações para o design ergonômico de mochilas.

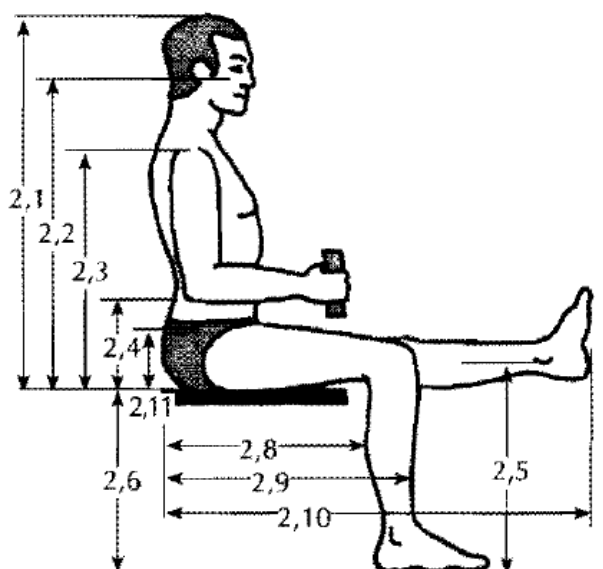
Iida (2016) sugere que ao desenvolver produtos em massa, é essencial conhecer as medidas antropométricas do público alvo. Entretanto, obter medidas representativas e confiáveis de uma população é uma tarefa complexa, visto que as características e dimensões dos indivíduos de uma mesma população diferem. Além das variações intra individuais, isto é, que ocorrem em uma pessoa ao longo da vida, existem, também, as variações interindividuais, que diferenciam os indivíduos de uma mesma população (IIDA, 2016).

Iida (2016) destaca que a variabilidade interindividual na população brasileira é provavelmente maior se comparada às populações de etnia homogênea. Isso ocorre devido à variedade de biotipos existentes no Brasil, resultado da miscigenação e das diversas condições sociais encontradas no país. Além disso, condições de saúde entre estratos sociais e regiões brasileiras também influenciam as diferenças antropométricas. Portanto, não existe um padrão brasileiro no que se refere às

medidas antropométricas representativas. Diversos levantamentos foram realizados, mas geralmente são restritos a determinados grupos ou regiões (FELISBERTO; PASCHOARELLI, 2001; IIDA, 2016).

Para as dimensões da mochila, Ramadan e Al-Tayyar (2020) recomendam que a altura máxima não exceda 10 cm do percentil 5 da altura dos ombros, em posição sentada, do ser humano (Figura 27).

Figura 27 - Medida da altura dos ombros em posição sentada



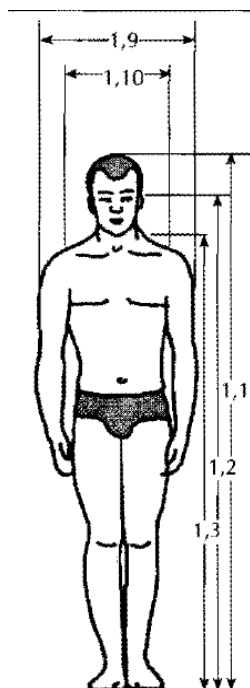
Fonte: IIDA (2016), p. 207

Com base nos estudos de Iida (2016), a altura dos ombros do percentil 5 dos homens brasileiros é de 55 cm. Felisberto e Paschoarelli (2001) estimam que o percentil 5 de mulheres brasileiras apresenta uma altura dos ombros de 54 cm. Portanto, a mochila não deveria exceder o tamanho máximo de 44 cm. A partir de uma busca em lojas que comercializam mochilas, observou-se que estas apresentam altura média entre 44 e 47 cm.

Com relação à largura, as dimensões da mochila não devem ultrapassar a largura do corpo humano, para garantir que o usuário possa se mover livremente. Ramadan e Al-Tayyar (2020) recomendam que a largura seja medida pela distância entre os ombros (Figura 28), e que a largura máxima não ultrapasse o percentil 5 dessa medida. Segundo Iida (2016), a largura bideltóide masculina do percentil 5

corresponde a 40,20 cm, enquanto Felisberto e Paschoarelli (2001) estimam que a largura bideltóide feminina do percentil 5 corresponde a 39 cm.

Figura 28 - Medida da largura dos ombros

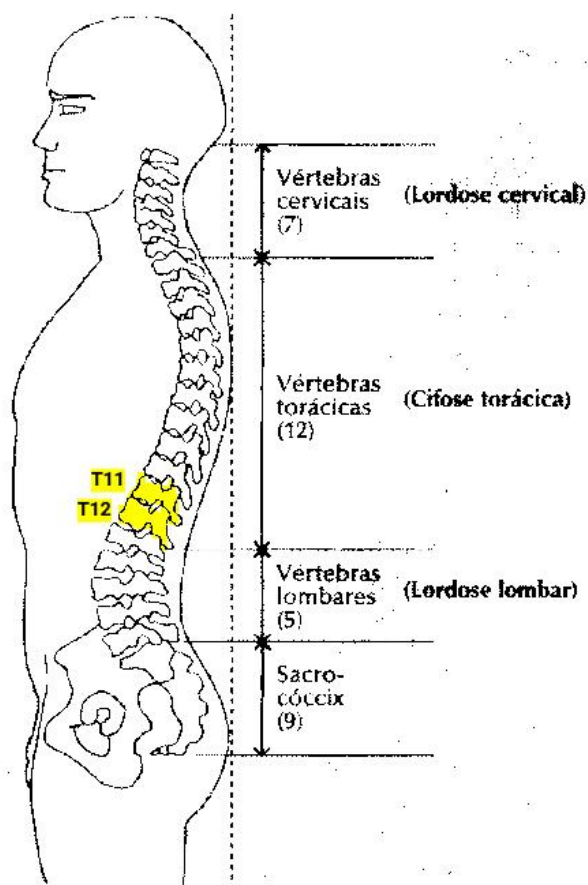


Fonte: IIDA (2016), p. 207

Com relação às alças da mochila, é imprescindível considerar os aspectos ergonômicos, visto que elas são a principal interface entre usuário e protótipo. Abdelraouf et al. (2016) recomendam que o comprimento das alças seja no nível da T11-T12 na coluna (Figura 29) para proporcionar uso ergonômico.

Hadid et al. (2018) sugerem a construção das alças em um formato anatômico com duas camadas, uma interna rígida e uma externa macia, para melhorar a ergonomia durante o transporte de cargas. A camada interna rígida oferece uma estrutura resistente, mantendo o formato da alça, enquanto a camada externa macia proporciona amortecimento na interface alça-pele, reduzindo os pontos de pressão da pele. Os autores observaram que a alça de camada dupla, em comparação com a camada única, resultou em uma redução significativa das tensões nas regiões sensíveis como a artéria subclávia.

Figura 29 - Vértex da coluna do corpo humano



Fonte: adaptado de IIDA (2016), p. 139

Golriz et al. (2017) recomendam o uso de alças largas (cerca de 8 cm) para ajudar a distribuir o peso exercido sobre os ombros pois alças estreitas podem concentrar o peso e a pressão em uma área pequena do ombro, o que pode causar desconforto e dor para o usuário.

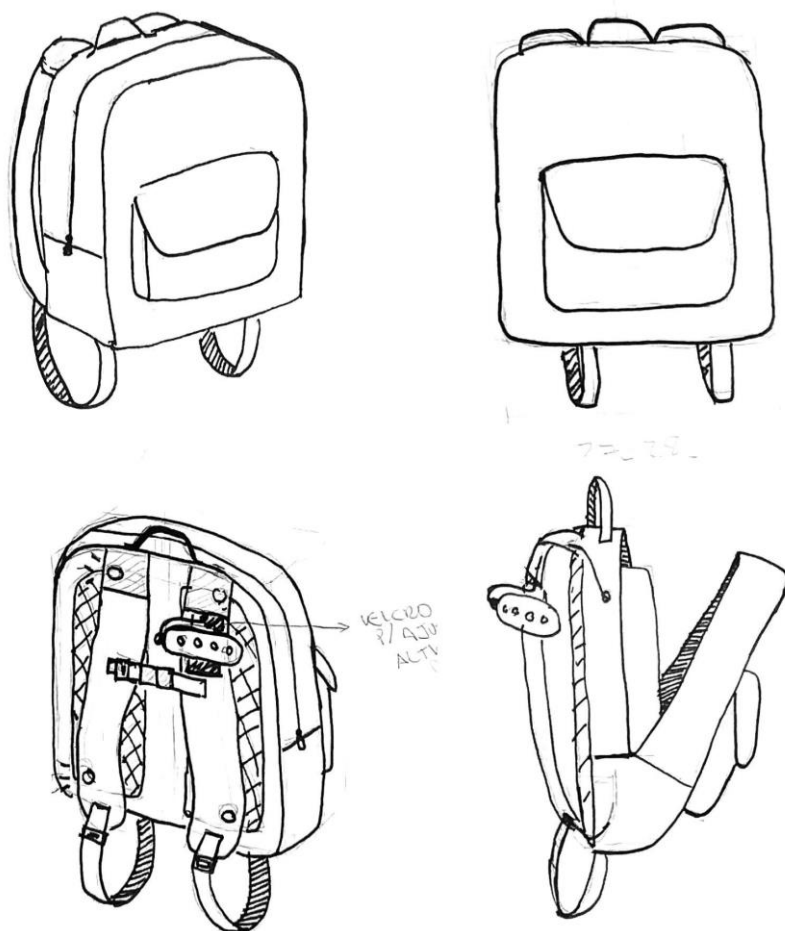
Com base nas recomendações encontradas na literatura, foram definidas as seguintes dimensões para a confecção do protótipo (altura x largura x profundidade): 380 x 270 x 70 mm.

Dado às diferenças antropométricas observadas dentro de uma mesma população, Norman (2013) sugere que a melhor forma para projetar produtos para todos é através da flexibilidade. Produtos com dimensões flexíveis permitem que os usuários ajustem seu uso de uma forma mais adequada e confortável às suas dimensões antropométricas. Para garantir que o protótipo proporcionasse ajustes, foram adicionadas alças com reguladores, tanto em altura como em largura.

Visando proporcionar estabilidade à câmera e evitar que essa se mova durante a locomoção do usuário, foi adicionado um fecho na parte frontal. Bolsos foram adicionados nas alças para esconder os fios utilizados para conexão da câmera com o restante dos componentes, que são carregados em um compartimento no interior da mochila.

Os motores de *vibracall* são inseridos dentro das alças. Cada motor é inserido em uma extremidade de cada alça para indicar o setor que o obstáculo está localizado. Por exemplo, o motor correspondente ao setor esquerdo superior ficará localizado na parte superior da alça esquerda. O mesmo ocorrerá com os outros motores. Para facilitar o uso, a mochila, além de carregar os componentes para detecção de obstáculos, também pode ser utilizada como uma mochila tradicional pelos usuários.

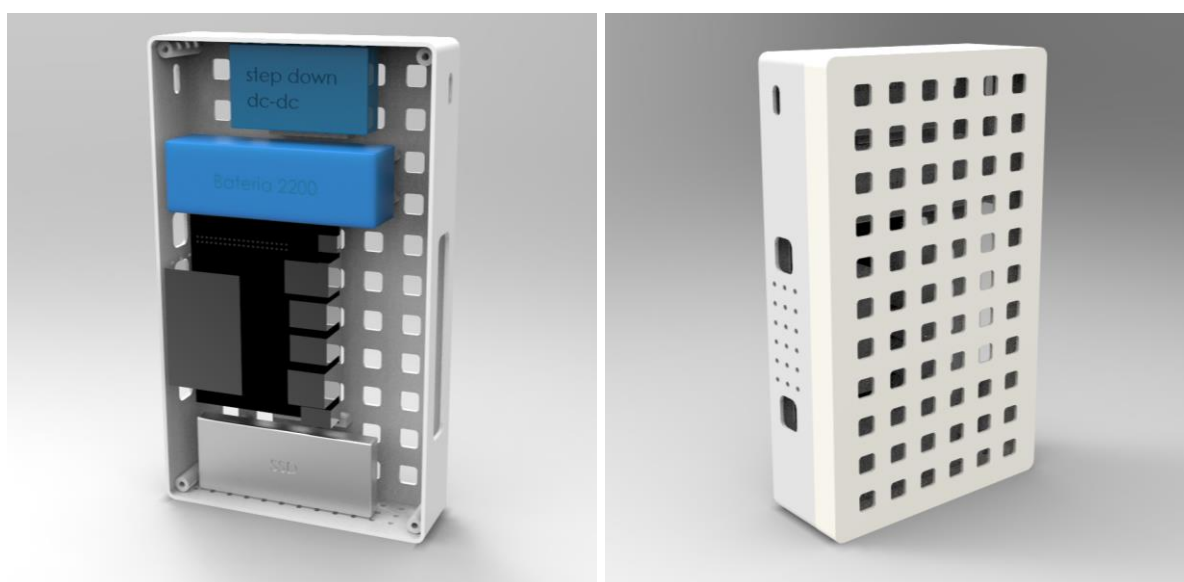
Figura 30 - Sketch final com vistas da mochila



Fonte: elaborado pela autora.

Para acomodar todos os componentes no interior da mochila, foi desenvolvido um modelo virtual (SolidWorks) de estrutura (235,20 x 140 x 55 mm) para impressão tridimensional (Figura 31). A estrutura é composta de duas peças (inferior e superior) e apresenta respiradouros (aberturas) para permitir a circulação de ar e para passagem de fios. A peça inferior possui bordas para posicionar cada componente. Para fixação das peças inferior e superior foram adicionados quatro furos e pinos, um em cada extremidade, e saliência e ranhuras ao redor da estrutura para encaixar e fechar a caixa.

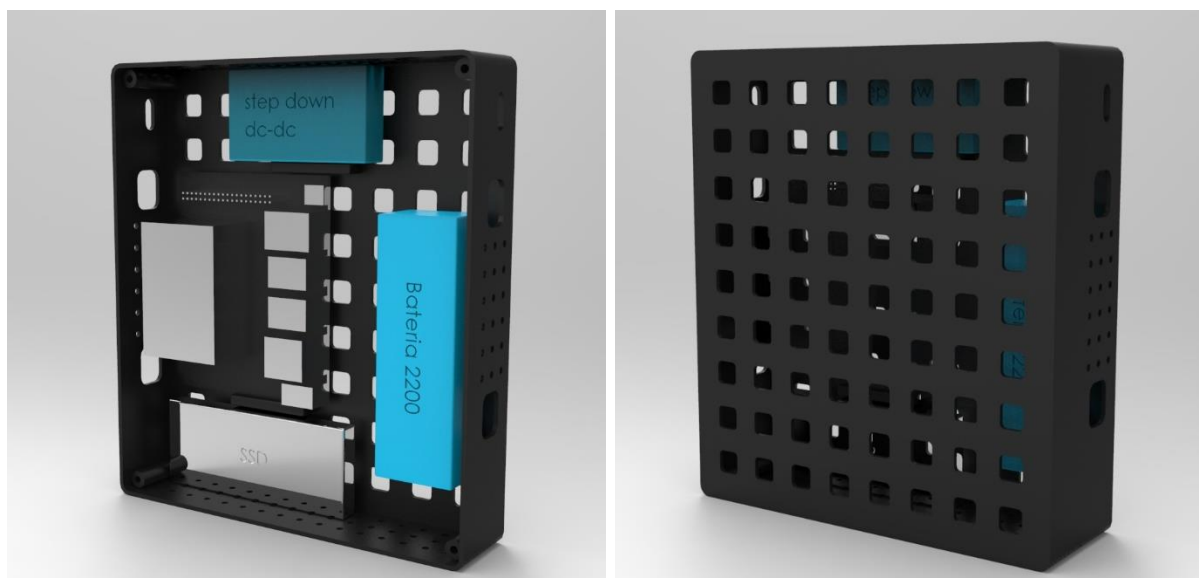
Figura 31 - Modelo virtual de caixa para componentes (a) aberta (b) fechada



Fonte: elaborado pela autora.

Ao tentar imprimir tridimensionalmente a estrutura desenvolvida, observou-se que a plataforma da impressora 3D apresentava um limite de 235 mm. Como a maioria das impressoras disponíveis nos laboratórios são semelhantes, foi proposta uma nova estrutura (195,40 x 174 x 57 mm) (Figura 32) para que a peça pudesse ser impressa inteira e evitasse, assim, a impressão de múltiplas partes, o que poderia prejudicar a estrutura, tornando-a frágil.

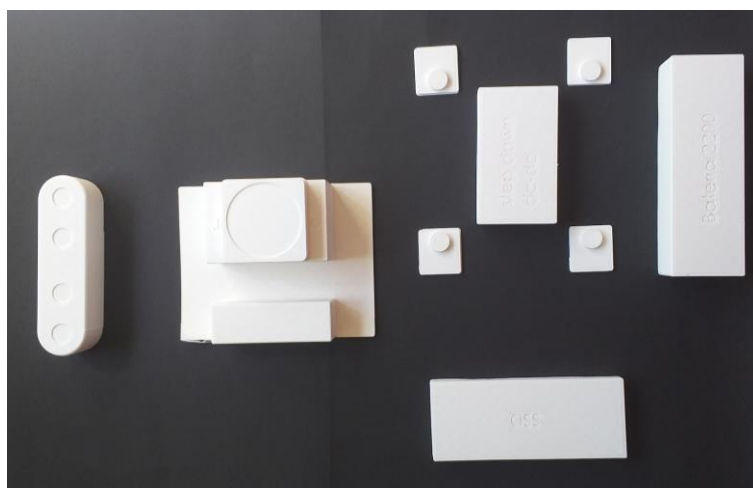
Figura 32 - Modelo virtual de nova versão de caixa para componentes (a) aberta (b) fechada



Fonte: elaborado pela autora.

A próxima etapa envolveu a confecção de um *mockup* para visualizar formas e tamanhos do protótipo. Para assegurar que todos os componentes pudessem ser acomodados adequadamente na mochila, foram impressos tridimensionalmente modelos volumétricos dos componentes (Figura 33). Os modelos foram desenvolvidos no SolidWorks, fatiados no Ultimaker Cura 4.10.0 e impressos na impressora 3D Creality Ender 3 com filamento de PLA na cor branca.

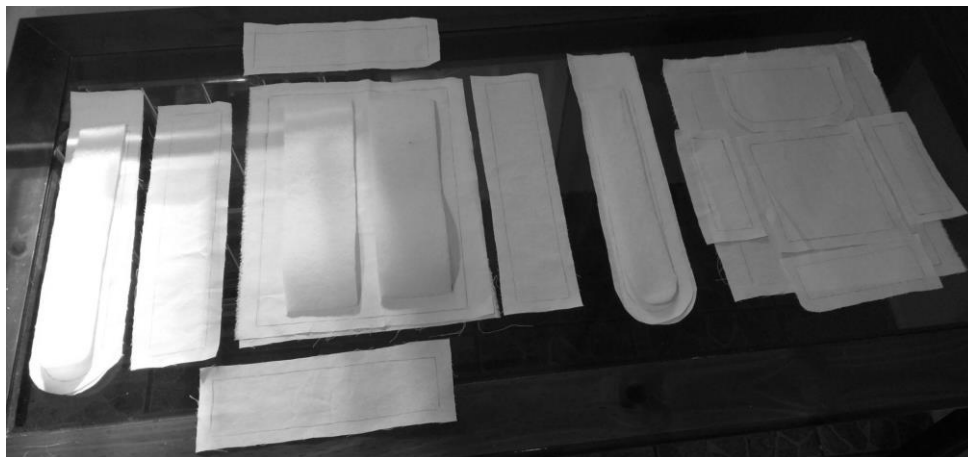
Figura 33 - Modelos volumétricos dos componentes do sistema impressos tridimensionalmente



Fonte: da autora

Os moldes foram desenhados em papel *kraft* e transferidos para o algodão cru, material de baixo custo que apresenta gramatura média e boa resistência para a confecção de *mockups* (Figura 34).

Figura 34 - Peças cortadas em algodão cru a partir dos moldes criados



Fonte: da autora

As peças foram cortadas e costuradas em uma máquina de costura doméstica. Foram adicionadas peças de manta acrílica R2 na parte posterior da mochila e nas alças para dar estrutura ao formato, ao mesmo tempo que oferecer conforto ao usuário. Além do algodão cru, foram utilizados fecho de correr (zíper) com cursor comum, fecho do tipo engate, fecho de contato (velcro), reguladores de mochila e alças de algodão. O *mockup* pode ser visualizado na Figura 35.

O *mockup* foi testado em dois voluntários para visualizar o tamanho da mochila em diferentes corpos e a posição do fecho ajustável no peito e da altura da câmera (Figuras 36 e 37). Foi possível observar que as alturas da câmera e do fecho frontal não estavam adequadas. O formato e o tamanho das alças propostos também não eram adequados aos diferentes corpos. Desta forma, realizou-se alterações no projeto.

Figura 35 - *Mockup* confeccionado em algodão cru
(a) Visão frontal (b) Visão posterior



Fonte: da autora.

Figura 36 - Voluntário utilizando o *mockup*
(a) Visão frontal (b) Visão lateral



Fonte: da autora.

Figura 37 - Voluntária utilizando o *mockup*
(a) Visão frontal (b) Visão lateral



Fonte: da autora.

Com bases nas observações realizadas a partir do primeiro *mockup*, foi confeccionado um segundo *mockup*, utilizando os mesmos materiais, mas alterando o formato da alça, aplicando agora um formato anatômico, e aumentando o comprimento da alça com a finalidade de oferecer mais conforto e facilidade de vestimenta aos usuários (Figura 38). As alterações realizadas no segundo *mockup* sugerem que a nova proposta de formato e tamanho das alças pode se adequar melhor aos diferentes corpos.

Figura 38 - Voluntário utilizando o *mockup* com novo formato de alça
(a) Visão frontal (b) Visão lateral



Fonte: da autora.

4.4.3 Protótipo

Após a verificação de formatos e dimensões realizada através dos *mockups*, a próxima etapa envolveu a confecção do protótipo (Figuras 39 e 40). A escolha dos materiais baseou-se nos requisitos propostos por Bahadir et al. (2012), listados na Tabela 6. Os autores destacam que requisitos como leveza, conforto e facilidade de uso/vestimenta devem ser levados em consideração na usabilidade e vestibilidade de um dispositivo vestível.

Tabela 6 - Diretrizes para escolha de material do protótipo

Manutenção	Fabricação	Vestibilidade/usabilidade	Durabilidade
Lavável	Facilidade de fabricação	Confortável	Resistente
Fácil secagem	Dimensões adequadas	Não causar irritação na pele	
		Sem pontos de pressão	
		Respirável	
		Absorção de umidade	
		Leve	
		Fácil de vestir e retirar	
		Não interferir na mobilidade	

Fonte: adaptado de Bahadir et al. (2012).

A escolha dos materiais também considerou aqueles utilizados frequentemente para confecção de mochilas. A maioria das mochilas disponíveis comercialmente são confeccionadas em poliéster, tecido sintético derivado do polietileno tereftalato (PET), que oferece alta resistência e durabilidade e baixa absorção de umidade. Para a confecção do protótipo foi utilizado o tecido Nylon 600. O Nylon, originalmente, é um termo patenteado, disponível comercialmente, que corresponde aos tecidos da família das poliamidas, que apresentam características semelhantes aos poliésteres, com a diferença que as poliamidas são mais elásticas que os poliésteres. Entretanto, o tecido popularmente denominado Nylon 600 corresponde ao poliéster 600, frequentemente utilizado para confecção de bolsas e mochilas por ser leve e fácil de limpar, além de oferecer resistência à água e secar facilmente.

Para proporcionar flexibilidade e o ajuste das dimensões, foram utilizados os aviamentos fecho de engate rápido e regulador de mochila (Figura 41). Outros aviamentos utilizados foram o fecho de correr (zíper) comum com um cursor comum para fechar a estrutura interna e fecho de contato (velcro) para fechar o bolso externo. A camada posterior e as alças da mochila foram confeccionadas com uma camada de manta R2 e Neoprene, para oferecer maior conforto aos usuários durante o uso da mochila. Também foi adicionada uma camada de tela aerada na camada que fica em contato com as costas do usuário para permitir a circulação de ar e para evitar que o tecido entre em contato direto com as costas do usuário. Os materiais utilizados para confecção do protótipo estão listados na Tabela 7.

Tabela 7 - Lista de materiais utilizados na confecção do protótipo

Materiais
Alça de <i>nylon</i> preta 3 cm
Fecho de correr cor preta
01 Cursor comum
Fecho de contato cor preta
" <i>Nylon</i> 600" cor preta
<i>Nylon</i> de guarda chuva cor preta (forro)
Neoprene
Tela aerada cor preta
Manta acrílica R2
02 reguladores de plástico de mochila cor preta
01 fecho de plástico de mochila 20 mm cor preta

Fonte: elaborado pela autora.

Figura 39 – Protótipo

Fonte: da autora.

Figura 40 – Protótipo (a) Vista lateral (b) Vista frontal

Fonte: da autora.

Figura 41 – Protótipo (a) Vista posterior (b) Detalhe fecho frontal



Fonte: da autora.

Após o desenvolvimento da primeira versão do protótipo, observou-se que alguns aspectos poderiam ser melhorados. O formato anatômico das alças dificultaria a passagem dos fios dos motores para conexão com o sistema na parte interna da mochila. Com isso, foi costurada uma nova versão do protótipo (Figuras 42-45). Nessa versão, além das alças, as dimensões também foram alteradas. As dimensões da mochila foram aumentadas para 400 x 300 mm.

Figura 42 - Protótipo final



Fonte: da autora.

Figura 43 – Protótipo – Vista frontal



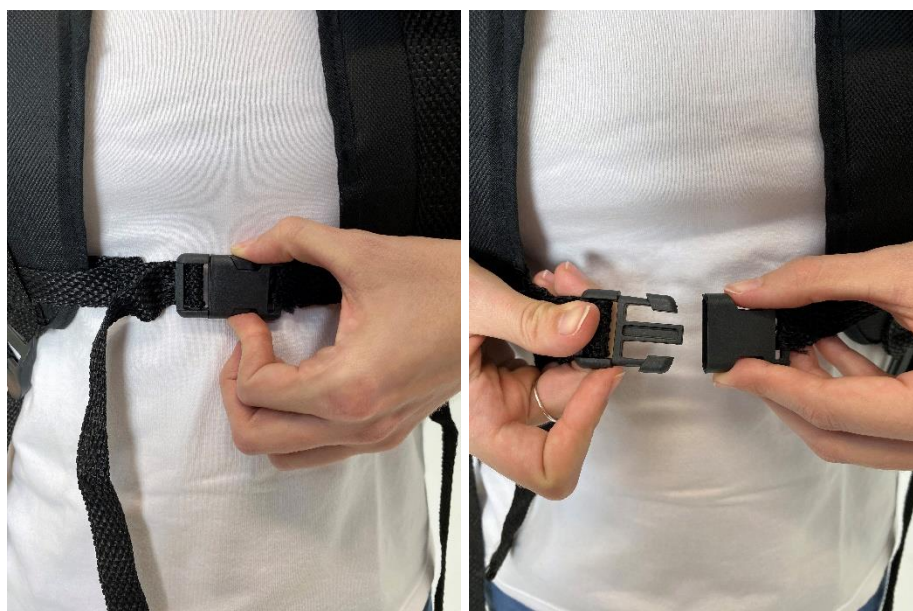
Fonte: da autora.

Figura 44 – Protótipo – (a) Vista lateral (b) Vista posterior



Fonte: da autora.

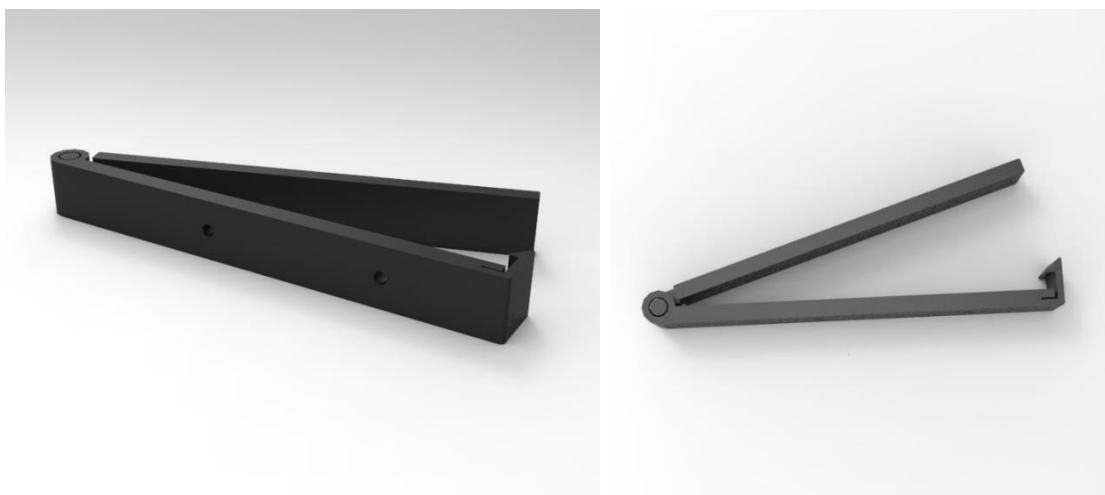
Figura 45 – Detalhe do fecho de engate rápido (a) fechado (b) aberto



Fonte: da autora.

Para fixar a câmera na alça da mochila, foi desenvolvido um clipe (125 x 15 x 15 mm), que foi impresso tridimensionalmente em PLA preto (Figura 46). O clipe apresenta um mecanismo de dobradiça e uma trava na extremidade que possibilita a fixação na mochila. O desenho técnico com as medidas do clipe pode ser encontrado no Apêndice G. A câmera é fixada no clipe através de parafusos. Inicialmente, foi proposta uma estrutura com fecho de contato (velcro); entretanto, ela não se mostrou viável pois não apresentou estabilidade.

Figura 46 - Clipe para fixação da câmera



Fonte: da autora.

5 Avaliação (Fase 3)

5.1 Avaliação do protótipo em ambiente controlado

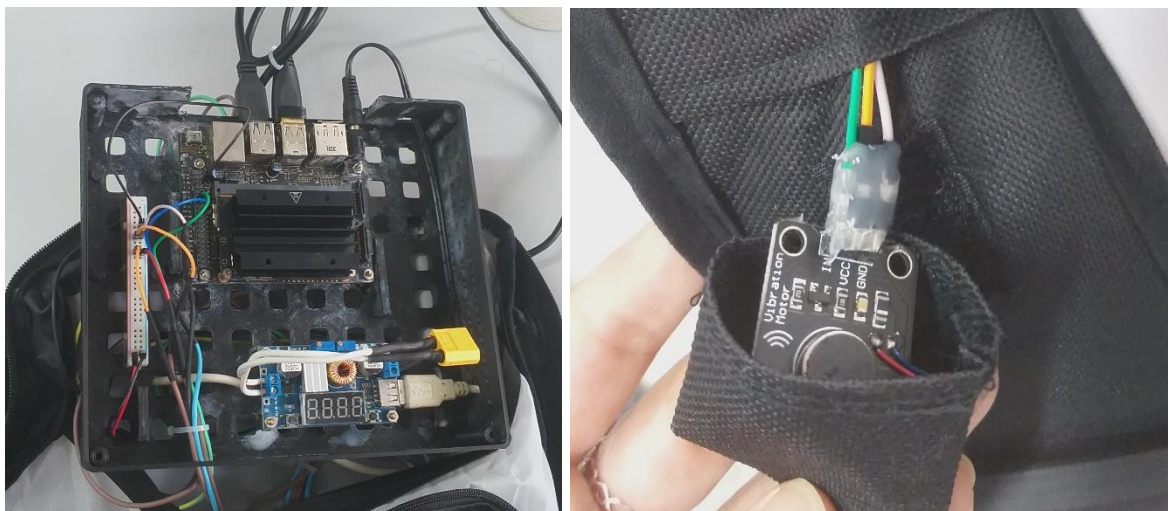
5.1.1 Materiais e Métodos

Objetos de estudo

O sistema vestível de navegação (em inglês, *Navigation Wearable System – NavWear*) consiste no sistema de detecção e comunicação de obstáculos (descrito no item 4.3) integrado à mochila ergonômica (descrita no item 4.4), conforme pode ser visualizado na Figura 47. Os componentes eletrônicos foram posicionados em uma caixa. Para validação do protótipo NavWear, foram realizadas algumas alterações para viabilizar a execução dos experimentos (Figura 48). Adicionou-se um *protoboard* para intermediação entre os motores *vibracall* e a Jetson. Nesse caso, ao invés dos motores serem conectados diretamente à Jetson, eles foram conectados ao *protoboard* que, por sua vez, foi conectado à Jetson. Ao invés de quatro motores *vibracall* (dois de cada lado), optou-se por utilizar apenas dois (um em cada alça) para essa primeira avaliação. Portanto, para este experimento, a imagem da câmera foi dividida em duas partes: lado esquerdo e lado direito. Não houve a distinção do tipo de obstáculo (suspense ou no chão), apenas a localização com relação ao usuário (direita ou esquerda). Neste experimento, o valor limite (*threshold*) estabelecido foi 0,90 m devido à configuração do espaço utilizado. A bateria foi colocada no bolso externo da mochila para facilitar o acesso para reinicialização do sistema para cada experimento. Os motores foram colocados em bolsos que foram fixados à mochila através de velcro. É importante destacar que, ao colocar os componentes eletrônicos na caixa desenvolvida, observou-se a falta de espaço suficiente para acomodar todos os componentes e fios necessários para conexão. Dessa forma, foi desenvolvida uma nova caixa (APÊNDICE H).

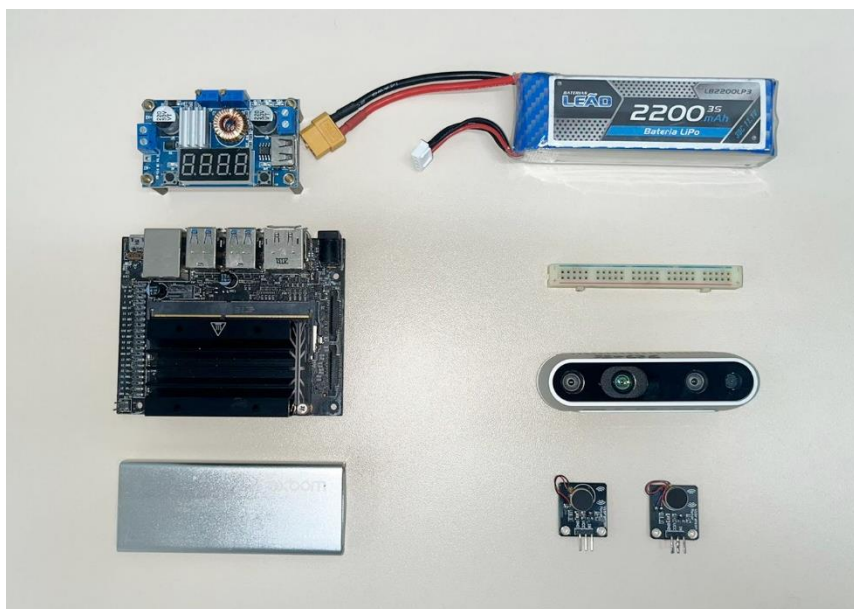
A bengala utilizada neste estudo foi uma bengala branca, de alumínio (120 cm), dobrável, disponível comercialmente (Figura 4). A bengala foi utilizada com a ponteira *roller*.

Figura 47 - Integração do sistema de detecção e comunicação ao dispositivo vestível



Fonte: autora.

Figura 48 - Componentes utilizados para avaliação do sistema de detecção



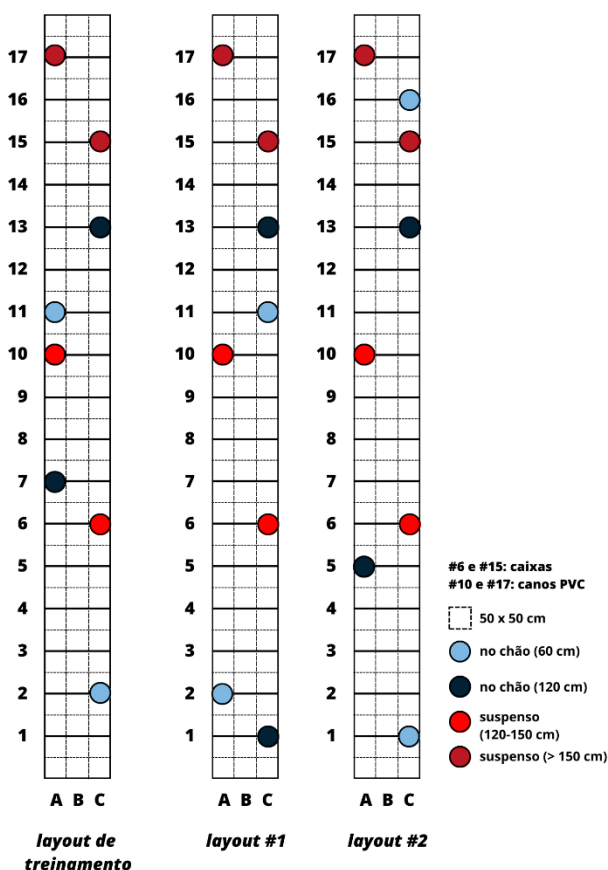
Fonte: da autora.

Protocolo de Mobilidade

Este estudo, de caráter experimental, desenvolveu um Protocolo de Mobilidade baseado em estudo anterior (SANTOS, 2019) e nos estudos de Nau et al. (2014) e Kilian et al. (2022). O experimento envolveu a execução de percursos com obstáculos em três condições de acordo com o auxílio utilizado: (i) bengala branca, (ii) protótipo NavWear, e (iii) ambos dispositivos.

Três percursos de obstáculos foram desenvolvidos: um para treinamento e dois para o experimento. Oito obstáculos artificiais foram distribuídos ao longo do trajeto, dos quais quatro foram posicionados no chão e quatro foram suspensos. A disposição dos obstáculos foi realizada utilizando um algoritmo⁵ que os distribuiu ao longo de um *grid* de 100 cm (Figura 49). Caixas de papelão (30 x 30 x 60 cm) e canos de PVC (2,50 x 60 cm) foram utilizados como obstáculos, os quais foram posicionados em três níveis de alturas: joelho-cintura (60 cm), cintura-ombro (100-150 cm), e ombro-cabeça (> 150 cm). Os obstáculos foram escolhidos para representar objetos reais encontrados diariamente em ambientes urbanos como galhos de árvores, lixeiras suspensas e hidrantes.

Figura 49 - Layouts do Protocolo de Mobilidade



Fonte: elaborado pela autora.

⁵ <https://www.random.org/>

Devido à configuração do espaço, os obstáculos suspensos foram fixados na mesma posição em todos os *layouts* para garantir que os participantes tivessem as mesmas condições. Neste experimento, utilizou-se um *notebook* para acessar remotamente a Jetson. Para viabilizar essa conexão, foi necessário incluir um modem no percurso, o qual foi posicionado no obstáculo número 13 que, consequentemente, teve sua posição fixa nos *layouts*.

System Usability Scale (SUS)

Para avaliar a usabilidade do protótipo desenvolvido, utilizou-se o protocolo *System Usability Scale (SUS)*. O SUS, desenvolvido originalmente por Brooke, em 1986, é um instrumento amplamente utilizado devido ao seu alto grau de confiança para avaliação da usabilidade de diversos tipos de interface (BONFIM, 2019). O protocolo é composto de dez afirmações e uma escala Likert, geralmente de 5 ou 7 pontos, na qual o respondente indica o seu grau de concordância ou discordância. É indicado que os participantes respondam a escala SUS imediatamente após o uso do sistema que está sendo avaliado (BROOKE, 1996). Embora o SUS seja uma escala desenvolvida originalmente para avaliar sistemas, alguns estudos têm utilizado a ferramenta para avaliar tecnologias assistivas (KILIAN et al., 2022; KURIBAYASHI et al. 2022).

Para calcular a pontuação do SUS, é necessário somar as pontuações de cada item, que variam de 0 a 4. Para os itens ímpares (1, 3, 5, 7 e 9) a pontuação corresponde à posição na escala menos 1 (um). Para os itens pares (2, 4, 6, 8 e 10), a pontuação corresponde ao valor 5 (cinco) menos a posição na escala. A partir desses cálculos, somou-se todos os itens e multiplicou-se por 2,5 para obter uma pontuação total de 0 a 100.

NASA Task Load Index (TLX)

O protocolo *NASA Task Load Index (TLX)*, desenvolvido por Hart e Staveland (1988), é um instrumento multidimensional utilizado para avaliar a carga de trabalho. O protocolo é baseado em uma média ponderada de avaliações em diferentes dimensões. A versão mais atual avalia seis dimensões relacionadas à execução de determinada tarefa: demanda mental, demanda física, demanda temporal, desempenho, esforço e nível de frustração. As demandas mental, física e temporal são exigências necessárias para o indivíduo realizar a tarefa, enquanto as dimensões

de esforço, desempenho e frustração estão relacionadas à percepção do usuário sobre a interação entre ele e a atividade a ser executada (HART, 1986).

Uma versão adaptada do questionário NASA-TLX utilizando uma escala visual com 21 gradações foi utilizada para avaliar a experiência geral dos participantes com cada dispositivo durante a realização dos percursos com obstáculos. O processo de ponderação (atribuição de pesos) das dimensões não foi realizado. Para calcular a pontuação de cada dimensão, subtraiu-se 1 (um) do ponto marcado pelo participante na escala e multiplicou-se por 5 (cinco), resultando em valores de 0 a 100.

Procedimentos

Os participantes foram instruídos sobre os objetivos e procedimentos do estudo, assim como seus direitos e potenciais riscos. Em seguida, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE I), o Termo de Autorização de Uso de Imagem (APÊNDICE J) e responderam ao Protocolo de Caracterização da Amostra (APÊNDICE K).

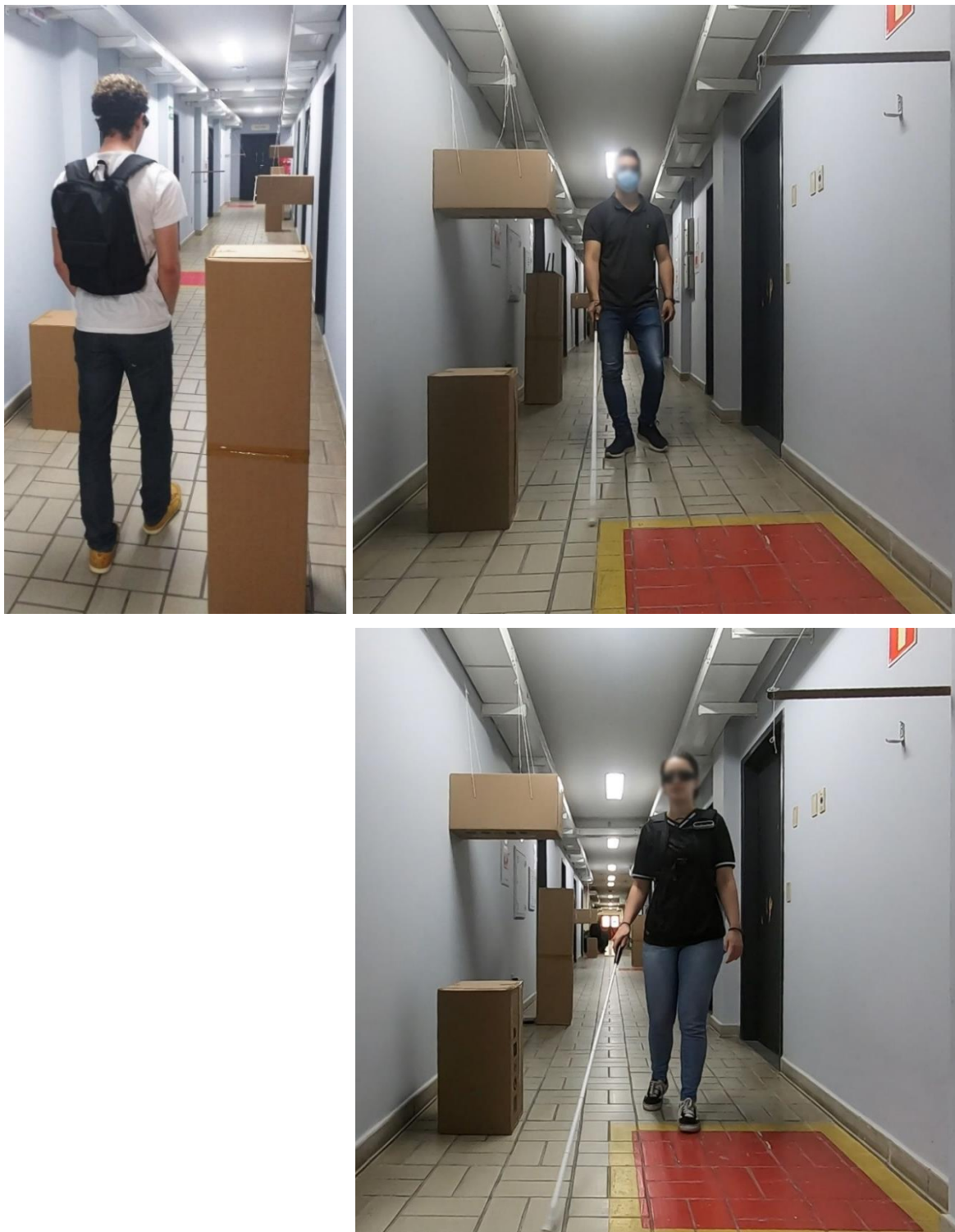
Os experimentos foram realizados na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em um corredor de 18,00 x 1,75 m e duraram, aproximadamente, 50 minutos. Os participantes receberam instruções de como utilizar cada dispositivo em uma sala separada. Após as instruções, eles realizaram o percurso de treinamento para se familiarizar com o funcionamento dos dispositivos. Em seguida, cada participante completou os dois percursos com obstáculos com cada condição, totalizando seis percursos. A ordem dos dispositivos e dos percursos foi aleatorizada para evitar um potencial efeito de aprendizado (APÊNDICE L).

Os participantes foram vendados com óculos de natação com as lentes pintadas de preto. Ao final de cada experimento, eles responderam avaliações subjetivas de usabilidade e carga de tarefas através de versões adaptadas do *System Usability Scale (SUS)* e do *NASA Task Load Index (TLX)*, respectivamente (APÊNDICES M e N). Além disso, os participantes indicaram os graus de segurança e dificuldade percebidos para realizar as tarefas com cada dispositivo em uma escala Likert de 5 pontos, de muito baixo a muito alto.

A tarefa foi lida pela pesquisadora no início do experimento (APÊNDICE O). Os participantes receberam alertas verbais indicando o início e o final da tarefa. Durante o experimento, os participantes foram instruídos a evitar tocar os obstáculos com as mãos. Os experimentos foram filmados por duas câmeras (GoPro Hero3 e

Hero7), posicionadas no início e no final do percurso, respectivamente. Os materiais foram desinfetados com álcool 70% antes de cada experimento.

Figura 50 - Procedimentos de coleta - participantes durante o experimento utilizando
(a) NavWear (b) Bengala (c) NavWear e bengala



Fonte: da autora.

5.1.2 Análise de dados

Seis variáveis dependentes foram utilizadas para avaliar o protótipo: tempo, número de colisões, pontuação SUS, pontuação NASA TLX, percepção de segurança e percepção de dificuldade da tarefa. Análises estatísticas foram conduzidas utilizando o *software* JASP (APÊNDICE P). Os pressupostos de normalidade foram verificados através do teste de Shapiro-Wilk. Análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas foram utilizadas para comparar o desempenho dos participantes sob diferentes condições. Para os dados ordinais e aqueles que não atenderam aos pressupostos de normalidade, foram utilizados os testes não paramétricos de Wilcoxon e Friedman. Para todos os testes estatísticos, o nível de significância foi estabelecido como $p < 0,05$.

5.1.3 Resultados e Discussão

5.1.3.1 Caracterização da amostra

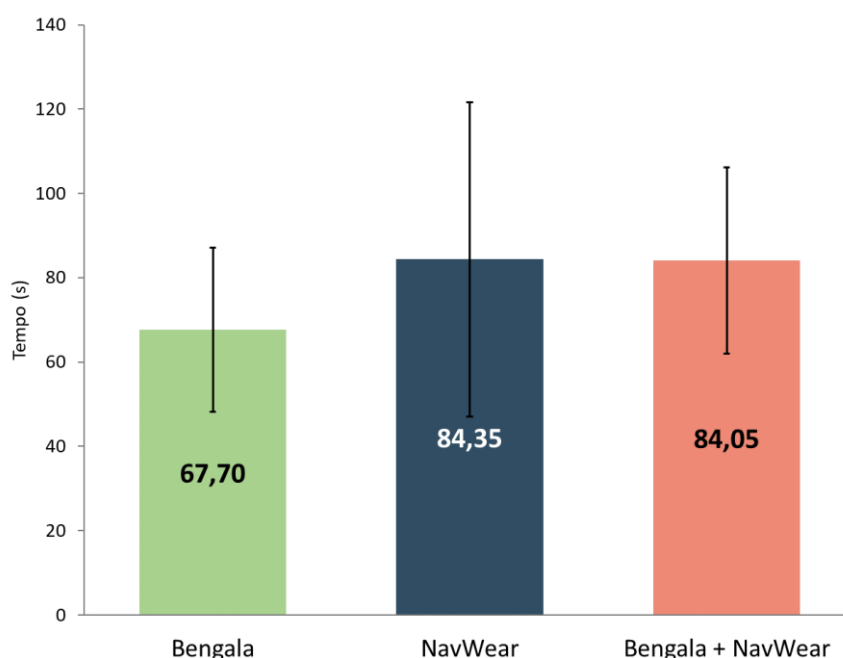
O estudo foi realizado com uma amostra de conveniência com dez participantes, sem deficiência visual, com idades entre 21 e 46 anos ($M = 27,90$; $DP = 7,99$), 50% feminino e 80% destros. Os participantes confirmaram não ter tido nenhuma lesão recente ou dores crônicas que pudessem influenciar a realização dos experimentos. Para garantir a validação técnica do protótipo, a avaliação focou, primeiramente, na segurança e eficácia do protótipo com participantes vendados.

5.1.3.2 Tempo

As médias de tempo para completar os dois percursos com obstáculos (do início ao fim) foram calculadas. O tempo médio para completar o experimento utilizando a bengala foi menor em comparação às outras condições, como pode ser observado na Figura 51. Entretanto, diferenças significativas não foram observadas [$F(2,18) = 2,718$, $p = 0,093$, $\omega^2 = 0,048$]. Esse resultado é esperado e de acordo com resultados reportados por estudos similares (KATZSCHMANN; ARAKI; RUS, 2018; SANTOS et al., 2021a; KURIBAYASHI et al., 2022; KILIAN et al., 2022). Uma possível explicação pode ser a necessidade de aprender a interpretar os sinais vibro-táteis de *feedback* emitidos pelo protótipo. A bengala branca, por exemplo, tem uso simples e intuitivo e não requer interpretação de *feedback* tátil como o protótipo. Como os

participantes precisaram aprender a interpretar os sinais do protótipo, isso pode ter demandado mais atenção e, conseqüentemente, influenciado o tempo para completar o experimento. Além disso, assim como relatado por Kuribayashi et al. (2022), observou-se que alguns participantes, ao utilizar o protótipo NavWear, fizeram movimentos com o corpo para escanear o ambiente com o objetivo de confirmar a presença e localização de obstáculos.

Figura 51 - Comparação do tempo médio para execução do Protocolo de Mobilidade



Fonte: elaborada pela autora.

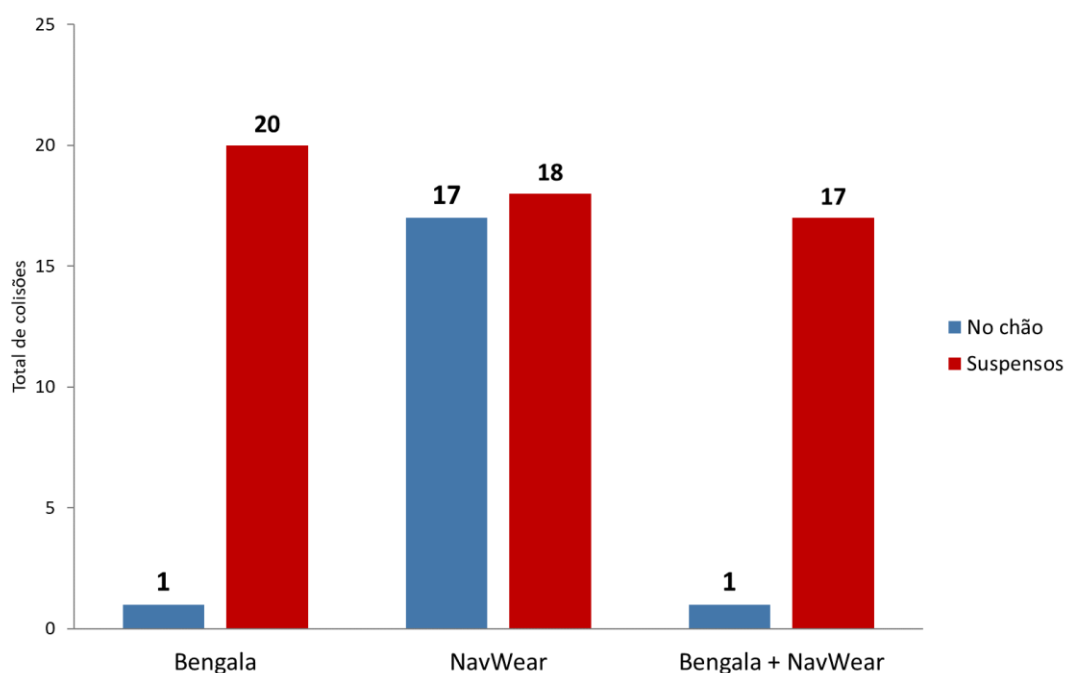
5.1.3.3 Colisões

O número total de colisões nos dois percursos foi calculado através de análise de vídeo e podem ser visualizadas na Figura 52. Colisões foram consideradas como qualquer contato não intencional feito com obstáculos com a parte frontal ou lateral do corpo (cabeça, ombro, braços, cintura ou pernas). A análise estatística não foi realizada pois não atendeu às suposições para testes estatísticos.

No geral, o número de colisões utilizando os dois dispositivos foi menor do que utilizando apenas a bengala ou o protótipo NavWear sozinho. Entre as colisões, observou-se que seis ocorreram após os participantes já terem desviado do obstáculo e duas ocorreram durante o desvio. Comportamentos similares foram observados na condição do protótipo, durante a qual onze colisões ocorreram após o desvio e três

ocorreram durante o desvio. Apenas uma colisão com um obstáculo no chão foi observada nas condições bengala e ambos os dispositivos. Observou-se que essas colisões ocorreram após a detecção do obstáculo. Na primeira condição, o participante estava se afastando do obstáculo. Na segunda, o participante estava se afastando da parede e tocou o obstáculo. A maioria das colisões utilizando somente o protótipo e ambos os dispositivos ocorreram com obstáculos localizados à direita do participante (91%, $n = 32$ vs. 78%, $n = 14$, respectivamente).

Figura 52 - Comparação do total de colisões com cada tipo de obstáculo



Fonte: elaborada pela autora.

O número de colisões com obstáculos suspensos foi similar em todas as condições; entretanto, é importante destacar que isso pode não ser totalmente representativo da mobilidade externa. Neste estudo, utilizou-se um ambiente controlado e observou-se que, algumas vezes, os participantes saíram da linha de centro do trajeto e não passaram próximos a todos os obstáculos suspensos, resultando em apenas 20 colisões com a bengala branca. Como a bengala não é capaz de detectar objetos suspensos, esse número pode ser maior em ambiente real. O número de colisões observadas em cada percurso está listado na Tabela 8.

Tabela 8 – Número de colisões distribuídas por dispositivo, *layout* e tipo de obstáculo

Layout	Tipo de obstáculo	Bengala	NavWear	Bengala + NavWear
#1	Suspenso	8	8	9
	Chão	0	12	0
#2	Suspenso	12	10	8*
	Chão	1	5	1
Total de colisões		21	35	18

* Um participante colidiu duas vezes com o mesmo obstáculo.

Fonte: elaborada pela autora.

É importante destacar algumas limitações observadas durante a realização dos experimentos. Algumas colisões podem ter ocorrido devido ao campo de visão limitado da câmera e seu posicionamento no protótipo. A câmera foi posicionada na alça esquerda, ficando localizada na parte superior do corpo do participante. Quanto mais os participantes se aproximavam de obstáculos pequenos e/ou de altura baixa, mais próximos chegavam ao limite inferior captado pela câmera. Isso pode explicar porque obstáculos na altura joelho-cintura não foram detectados pela câmera. Além disso, um efeito similar foi observado horizontalmente. Se o participante ultrapassasse o ponto de identificação da câmera, era possível colidir lateralmente com o obstáculo. Neste sentido, obstáculos eram identificados até uma determinada distância; entretanto, quanto mais próximo do obstáculo e dos limites de identificação da câmera, maior a chance de colisão. Isso pode explicar o alto número de colisões com obstáculos à direita dos participantes. Além disso, pode explicar o porquê algumas colisões ainda ocorreram durante o desvio dos obstáculos, mesmo que os obstáculos tenham sido inicialmente detectados pela câmera. Como os experimentos foram conduzidos em um ambiente controlado (corredor) estreito com uma largura fixa (1,75 m), conforme o usuário virava para direita ou esquerda, as paredes ficavam na zona limite da câmera. Portanto, as paredes eram detectadas pelo sistema e isso pode ter influenciado a detecção de obstáculos.

Embora os participantes levaram mais tempo para completar o Protocolo de Mobilidade com o protótipo, os resultados sugerem que utilizar o protótipo em conjunto com a bengala branca reduziu o número de colisões.

5.1.3.4 Usabilidade

A avaliação de usabilidade dos dois dispositivos revelou médias similares. O protótipo NavWear obteve uma pontuação média de 88,00 ($DP = 6,21$), enquanto a bengala recebeu a média de 81,25 ($DP = 11,50$). O teste de Wilcoxon revelou que a usabilidade do protótipo foi melhor avaliada ($W = 6$, $p=0,031$) em comparação à bengala. De acordo com a classificação de Bangor, Kortum e Miller (2008), a usabilidade do protótipo NavWear foi avaliada como excelente. Entretanto, é importante destacar que esse estudo foi realizado com dez estudantes de Engenharia sem deficiência visual. Portanto, os resultados podem não ser representativos para usuários com deficiência visual que podem ter experiências diferentes com o protótipo.

A Tabela 9 compara os resultados obtidos em cada afirmativa e a pontuação total do SUS de cada dispositivo. As médias observadas entre o protótipo e a bengala foram, no geral, similares, com destaque para três afirmações. Os participantes apresentaram maior disposição para utilizar o protótipo, caso necessário, em comparação à bengala. Além disso, também avaliaram a bengala como mais incômoda de utilizar. Entretanto, não foram observadas diferenças significativas entre os dispositivos.

Com relação ao nível de confiança, os participantes se sentiram significativamente mais confiantes em utilizar o protótipo para executar o Protocolo de Mobilidade ($W = 0$, $p=0,034$). Esse é um resultado esperado visto que o protótipo detectou a maioria dos obstáculos suspensos. Embora o número de colisões tenha sido similar entre os dois dispositivos, o protótipo detectou mais obstáculos do que a bengala, que não detecta obstáculos suspensos.

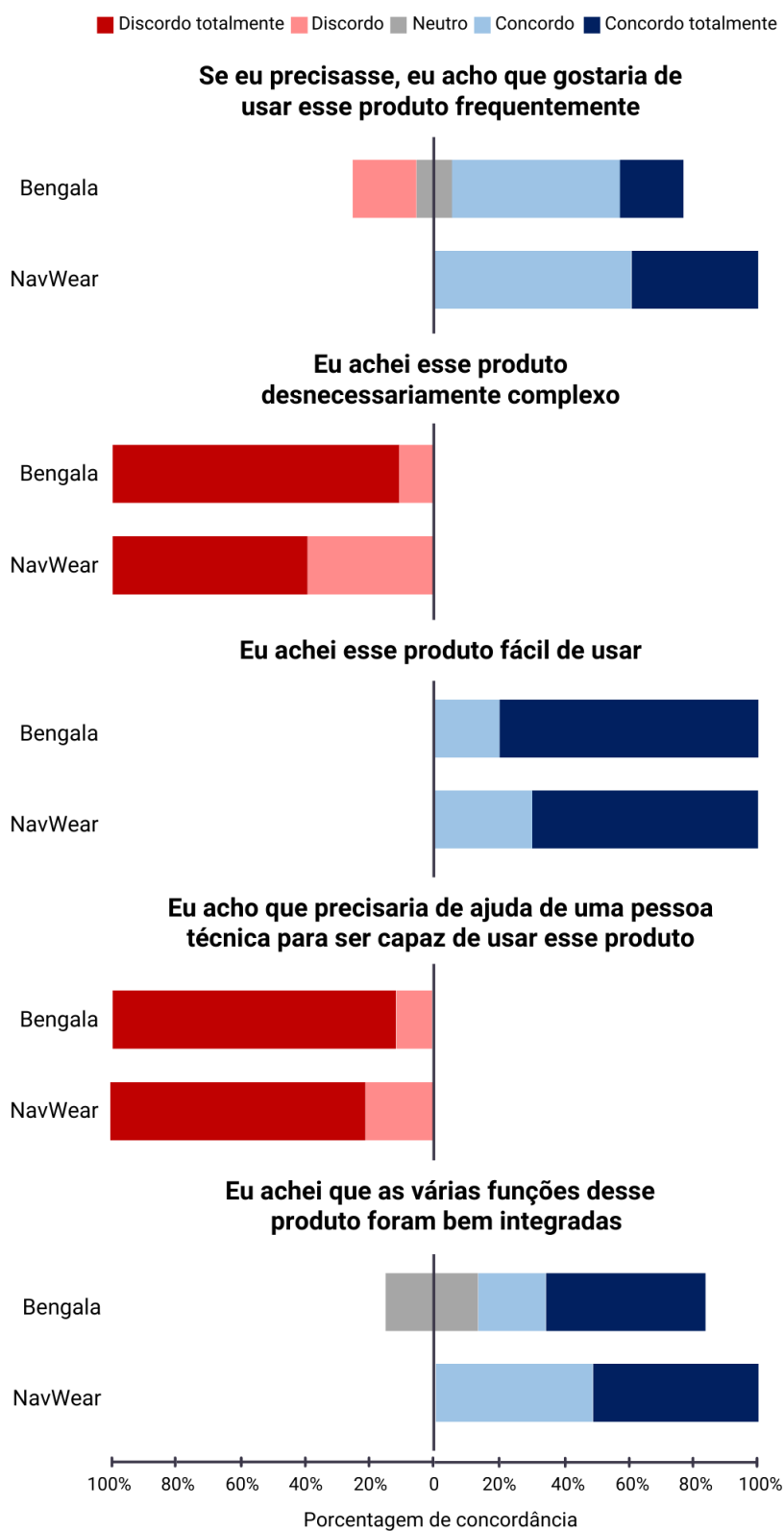
Tabela 9 – Comparação das pontuações do SUS

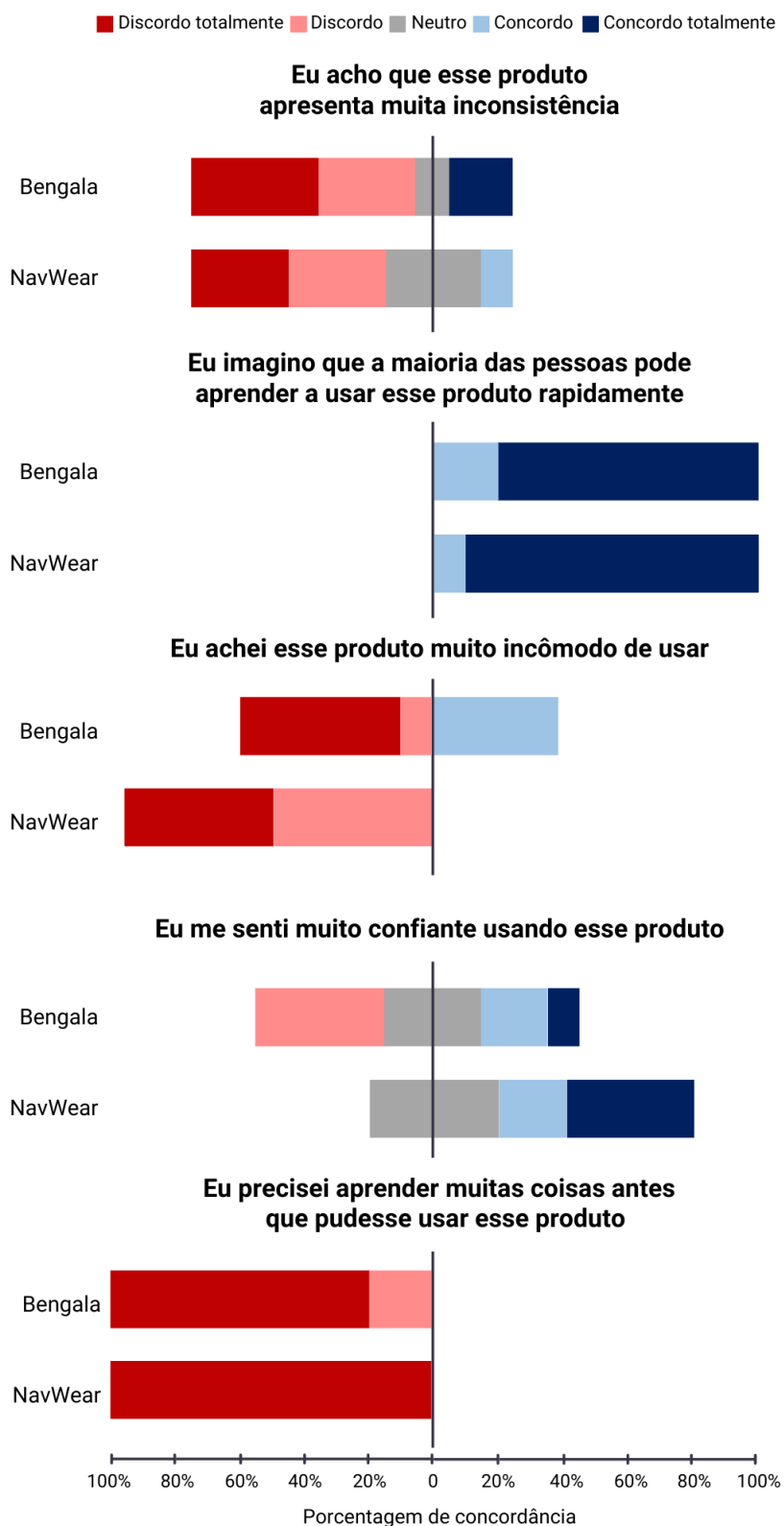
	Bengala	NavWear	p
Se eu precisasse, eu acho que gostaria de usar esse produto frequentemente	3,70 (<i>DP</i> = 1,06)	4,40 (<i>DP</i> = 0,52)	0,065
Eu achei esse produto desnecessariamente complexo	1,10 (<i>DP</i> = 0,32)	1,40 (<i>DP</i> = 0,52)	0,233
Eu achei esse produto fácil de usar	4,80 (<i>DP</i> = 0,42)	4,70 (<i>DP</i> = 0,48)	0,773
Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa técnica para ser capaz de usar esse produto	1,10 (<i>DP</i> = 0,32)	1,20 (<i>DP</i> = 0,42)	0,773
Eu achei que as várias funções desse produto foram bem integradas	4,20 (<i>DP</i> = 0,92)	4,50 (<i>DP</i> = 0,53)	0,407
Eu acho que esse produto apresenta muita inconsistência	2,30 (<i>DP</i> = 1,57)	2,20 (<i>DP</i> = 1,03)	0,856
Eu imagino que a maioria das pessoas pode aprender a usar esse produto rapidamente	4,80 (<i>DP</i> = 0,42)	4,90 (<i>DP</i> = 0,32)	1,000
Eu achei esse produto muito incômodo de usar	2,30 (<i>DP</i> = 1,49)	1,50 (<i>DP</i> = 0,53)	0,066
Eu me senti muito confiante usando esse produto	3,00 (<i>DP</i> = 1,05)	4,00 (<i>DP</i> = 0,94)	0,034*
Eu precisei aprender muitas coisas antes que pudesse usar esse produto	1,20 (<i>DP</i> = 0,42)	1,00 (<i>DP</i> = 0)	NA
Pontuação total SUS	81,25 (<i>DP</i> = 11,50)	88,00 (<i>DP</i> = 6,21)	0,031*

Dados estão apresentados como média, desvio padrão, e valores de p.

* Valores significativos ($p < 0,05$); NA: não aplicável porque a variância na questão 10 para a condição NavWear foi igual a 0.

Fonte: elaborada pela autora.

Figura 53 - Comparação das pontuações do SUS por afirmação



Fonte: elaborado pela autora.

5.1.3.5 Carga de tarefa

Os resultados indicam que utilizar os dois dispositivos combinados e o protótipo NavWear foi mentalmente mais exigente do que utilizar apenas a bengala. Esse resultado pode ser associado com os maiores tempos observados para completar o Protocolo de Mobilidade nessas condições. Esse é um resultado esperado visto que a bengala apresenta um uso simples, enquanto o protótipo requer atenção e interpretação dos sinais emitidos. Por outro lado, a carga física e a percepção de esforço foram menores e a percepção de desempenho foram maiores ao utilizar o protótipo e os dois dispositivos combinados em comparação à bengala. Entretanto, não foram observadas diferenças significativas (demanda mental $p=0,272$, demanda física $p=0,053$, desempenho $p=0,581$, e esforço $p=0,228$). A demanda temporal foi similar em todas as condições. A Tabela 10 apresenta as médias e desvios padrão das pontuações em cada dimensão do NASA TLX.

Tabela 10 – Comparação das pontuações do NASA-TLX em cada dimensão

	Bengala	NavWear	Bengala + NavWear
Mental	35,00 (DP = 33,00)	46,50 (DP = 29,54)	49,00 (DP = 23,66)
Física	37,00 (DP = 29,65)	16,50 (DP = 22,37)	25,00 (DP = 22,36)
Temporal	15,50 (DP = 21,53)	18,50 (DP = 23,34)	15,00 (DP = 21,86)
Desempenho	66,00 (DP = 23,31)	73,50 (DP = 19,44)	72,00 (DP = 19,75)
Esforço	51,00 (DP = 34,94)	40,00 (DP = 24,38)	49,50 (DP = 26,08)
Frustração	34,00 (DP = 35,58)	26,00 (DP = 32,81)	19,50 (DP = 28,33)

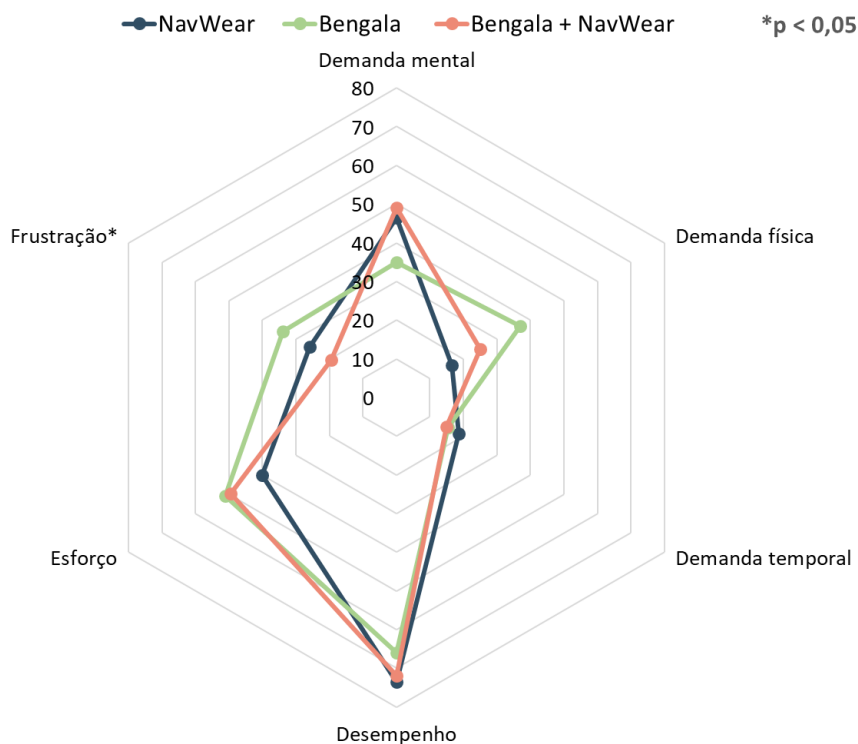
Fonte: elaborada pela autora.

O teste de Friedman revelou um efeito significativo do dispositivo na percepção de frustração [$\chi^2 (2) = 7,760$, $p = 0,021$]. O teste *post hoc* de Conover, com correção de Bonferroni, indicou que os participantes se sentiram mais frustrados ao utilizar a bengala para detectar os obstáculos do que ao utilizar os dois dispositivos combinados ($p=0,037$).

É possível relacionar o número de colisões com os resultados observados com relação à demanda física, desempenho e frustração. Embora o uso do protótipo tenha resultado em algumas colisões, os participantes não foram surpreendidos, porque o sistema já havia detectado os obstáculos e avisado aos participantes. Por outro lado,

com o uso da bengala sozinha, colisões com a cabeça eram sempre inesperadas. Isso pode explicar a maior frustração sentida pelos participantes ao utilizar a bengala branca.

Figura 54 – Comparação das pontuações do NASA TLX em cada dimensão

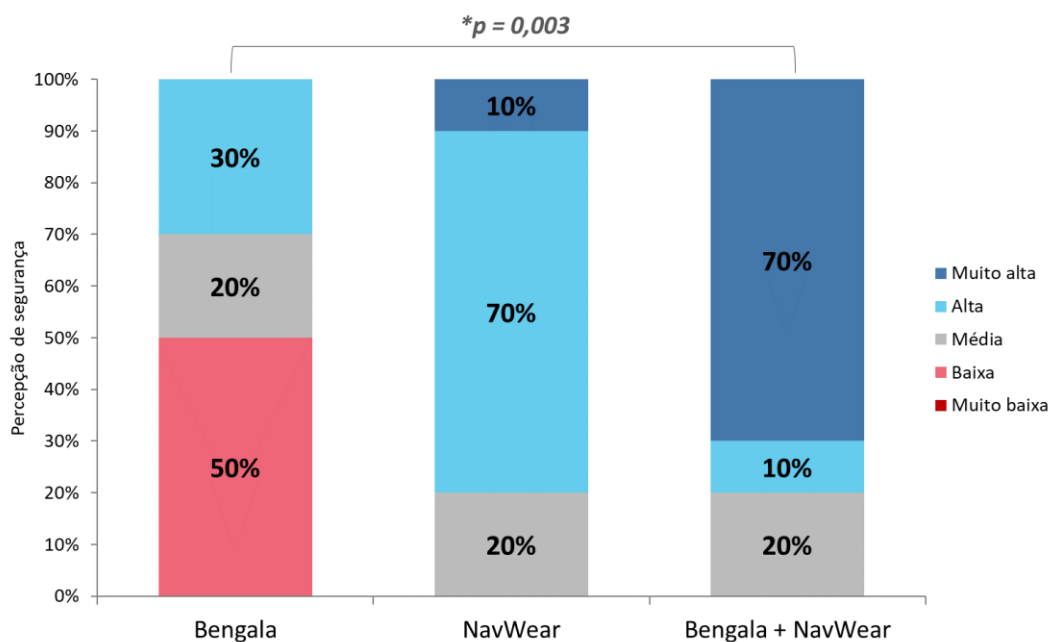


5.1.3.6 Percepção de segurança

A Figura 55 mostra a distribuição das classificações da percepção de segurança nas três condições. Como pode ser observado, 70% da amostra ($n = 7$) se sentiu muito segura ao utilizar os dois dispositivos durante os experimentos, enquanto 50% ($n = 5$) se sentiu insegura ao utilizar a bengala. Esse resultado é esperado visto que o protótipo e a bengala se complementam na função de detecção de obstáculos, enquanto a bengala sozinha não é capaz de detectar obstáculos suspensos, não prevenindo a ocorrência de colisões. O teste de Friedman indicou que o tipo de dispositivo teve influência significativa na percepção da segurança na execução do Protocolo de Mobilidade [$\chi^2 (2) = 14,552$, $p < 0,001$]. A comparação *post hoc* de Conover, com correção de Bonferroni, revelou que a percepção de segurança utilizando os dois dispositivos em conjunto ($M = 4,50$; $DP = 0,85$) foi significativamente maior em comparação ao uso da bengala apenas ($M = 2,80$; $DP = 0,92$; $p = 0,003$). A percepção

de segurança ao utilizar o protótipo também foi maior em comparação à bengala ($M = 3,90$; $DP = 0,57$), mas não foram observadas diferenças significativas ($p=0,137$).

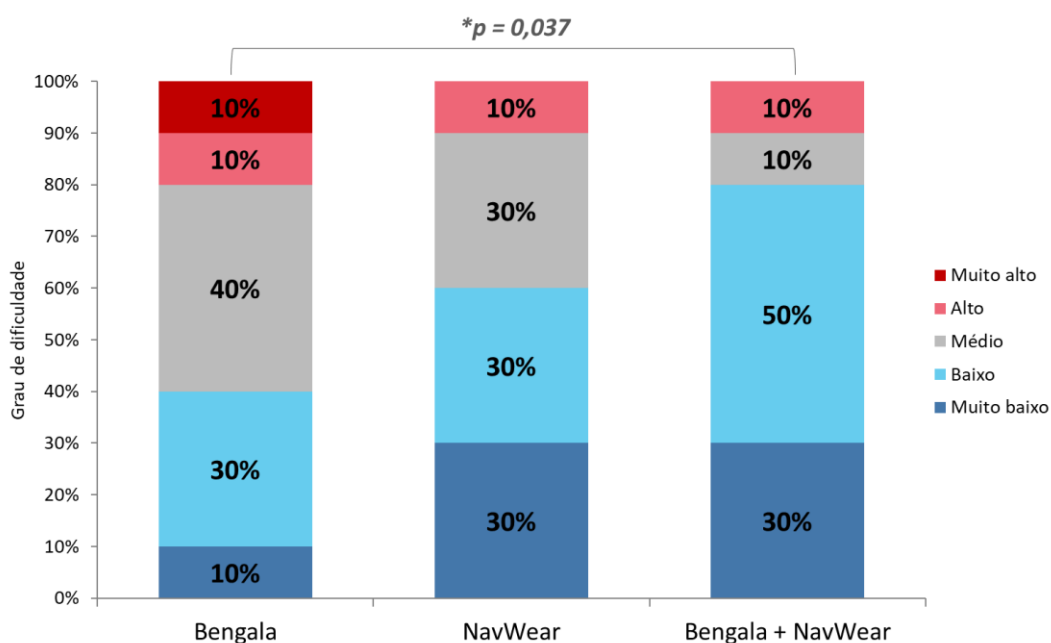
Figura 55 – Comparação da percepção de segurança



Fonte: elaborado pela autora.

5.1.3.7 Percepção da dificuldade para realizar a tarefa

No geral, os participantes declararam não sentir muita dificuldade para executar o Protocolo de Mobilidade. Esse é um resultado esperado visto que o protocolo era composto de uma tarefa simples de mobilidade. Com relação à percepção entre os dispositivos, como pode ser observado na Figura 56, os participantes sentiram mais dificuldade para realizar o experimento com a bengala ($M = 2,80$; $DP = 1,14$) em comparação às outras condições. O teste de Friedman indicou diferença significativa entre os dispositivos [$\chi^2(2) = 7,760$, $p=0,021$]. A comparação *post hoc* de Conover, com correção de Bonferroni, revelou que a percepção de dificuldade utilizando os dois dispositivos em conjunto ($M = 2,00$; $DP = 0,94$) foi significativamente menor em comparação ao uso da bengala apenas ($p=0,037$). A percepção de dificuldade ao utilizar o protótipo também foi menor ($M = 2,20$; $DP = 1,03$) em comparação à bengala, mas não foram observadas diferenças significativas ($p=0,166$).

Figura 56 - Comparação da percepção de dificuldade

Fonte: elaborado pela autora.

É importante destacar que, devido à pandemia de COVID-19, foi necessário realizar um redirecionamento do estudo inicial e, desta forma, não foi possível avaliar o protótipo com usuários com deficiência visual. Entretanto, o protótipo foi avaliado com adultos videntes simulando atividades de uso sob condições controladas, visando avaliar a segurança e eficácia na mobilidade, e o mesmo demonstrou resultados satisfatórios.

5.2 Avaliação da percepção de observadores sobre o usuário

5.2.1 Materiais e Métodos

A coleta de dados foi realizada através do preenchimento de questionários em uma plataforma online (Google Forms). Cada questionário foi respondido por um grupo de amostra independente, isto é, os participantes responderam apenas um questionário. A estrutura dos protocolos era a mesma em todas as versões de questionário, diferenciando-se pela imagem a ser avaliada pelos participantes.

Os protocolos eram organizados em quatro seções (APÊNDICE Q). A primeira seção apresentava o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Após o aceite dos participantes, estes eram direcionados para uma ficha de caracterização com dados pessoais (gênero, idade e formação acadêmica). A terceira seção era composta pelo protocolo de Diferencial Semântico, composto por uma imagem e seis pares de adjetivos. A última seção apresentava uma segunda parte da ficha de caracterização que questionava os participantes se eles conheciam usuários de tecnologia assistiva e usuários de bengala longa. O protocolo finalizava agradecendo a participação dos voluntários e perguntando se estes gostariam de receber os resultados da pesquisa. Em caso afirmativo, os participantes eram convidados a preencher o campo com seus e-mails.

Escala de Diferencial Semântico

A escala de Diferencial Semântico (DS) é uma ferramenta desenvolvida por Osgood (1957), frequentemente utilizada para investigar a percepção de sujeitos sobre produtos. Embora muito utilizada para avaliar a percepção sobre produtos, tem-se observado, também, o uso da escala para avaliação da percepção de sujeitos sobre usuários de produtos, mais especificamente, usuários de tecnologia assistiva (MATTOS, 2017; LANUTTI, 2019; ASGHAR et al., 2020).

O protocolo de DS desenvolvido era composto por uma imagem e seis pares de adjetivos opostos, dispostos nas extremidades de uma escala de sete pontos. Como até o momento do estudo não foi encontrado nenhum instrumento validado para a avaliação sobre usuários de tecnologias assistivas, a seleção dos pares de adjetivos foi baseada em estudos que avaliaram a percepção de observadores sobre usuários de cadeiras de rodas (MATTOS, 2017; LANUTTI, 2019). Para verificar a relevância dos pares de adjetivos selecionados, foi realizado um teste

preliminar com oito participantes (membros do LEI e designers). Os pares utilizados foram: enfermo/saudável, lento/ágil, independente/dependente, introvertido/extrovertido, vulnerável/forte, feliz/infeliz, capaz/incapaz, bem-sucedido/malsucedido, confiante/inseguro, amigável/hostil, repulsivo/atrativo. Com base nas respostas, foram retirados os pares que foram considerados menos relevantes para avaliar o julgamento de aspectos estigmatizantes com relação ao usuário. O par “antissocial/sociável” foi adicionado para remeter à participação social. Dessa forma, foram selecionados seis pares de adjetivos:

- Enfermo/Saudável
- Inseguro/Confiante
- Lento/Ágil
- Dependente/Independente
- Vulnerável/Forte
- Antissocial/Sociável

Foram utilizadas três imagens de um mesmo modelo (homem adulto) utilizando a mesma roupa e calçados (Figura 57). Nas imagens o modelo utilizava: (a) o protótipo desenvolvido; (b) uma bengala branca; e (c) o protótipo e a bengala. As imagens foram fotografadas por uma câmera de celular na sala de experimentos do Laboratório de Ergonomia e Interfaces, que possui um fundo neutro, com iluminação artificial. A posição no chão e da câmera foram marcadas para obter a mesma pose nas três condições. As imagens foram tratadas utilizando *software* de edição gráfica para pequenas correções de iluminação e fundo. Esses cuidados foram necessários para reduzir ao máximo a influência do ambiente sobre a percepção dos participantes sobre o usuário e objeto de estudo. O rosto do sujeito foi desfocado para evitar possíveis influências na avaliação.

Figura 57 – Imagens utilizadas no DS dos dispositivos em uso



Fonte: autora.

Os protocolos foram aplicados em sala de aula a estudantes de Design, da UNESP - campus Bauru e turmas de Engenharia, da UFES - campus Goiabeiras, Vitória. Foram criados três *QR codes* (códigos de barras bidimensionais que podem ser escaneados pela câmera de celulares). Cada sala de aula foi dividida em três grupos, de maneira aleatória, e cada grupo recebeu um código para escanear (APÊNDICE R).

5.2.2 Análise de dados

Os pares de adjetivos foram organizados em negativos (enfermo, inseguro, lento, dependente, vulnerável, antissocial) e positivos (saúdável, confiante, ágil, independente, forte, sociável). Os valores atribuídos pelos participantes foram devidamente distribuídos em uma escala de 1 (extremo negativo) a 7 (extremo positivo). Embora os dados sejam de natureza ordinal, foram tratados como variáveis contínuas, conforme observado em estudos similares (MATTOS, 2017; LANUTTI, 2019; ASGHAR et al., 2019). Foram calculadas as médias e desvios padrão e a análise estatística foi realizada no *software* JASP (APÊNDICE S). Os pressupostos de normalidade foram verificados através do teste de Shapiro-Wilk. Como os dados não atenderam aos pressupostos de normalidade ($p < 0,05$) e por se tratar de dados ordinais e amostras independentes, utilizou-se o teste Kruskal-Wallis, versão não-paramétrica da ANOVA independente para comparar as pontuações médias de cada

par de adjetivo em cada grupo amostral (GOSS-SAMPSON, 2018). Para todos os testes estatísticos, o nível de significância estabelecido foi $p < 0,05$. Entre os pares de adjetivos que apresentaram diferenças significativas, foram realizados o teste *post hoc* de Dunn, com correção de Bonferroni.

5.2.3 Resultados e Discussão

Um total de 108 estudantes universitários, com idade entre 18 e 27 anos ($M = 20,16$ anos; $DP = 1,94$), 51% feminino ($n = 55$), 46% masculino ($n = 50$) e 3% não binário ou não quiseram responder ($n = 3$), participaram deste estudo. A maioria dos participantes (81%, $n = 87$) declarou não conhecer usuários de bengala longa. Os participantes foram divididos em três grupos, de acordo com o questionário respondido. A avaliação sobre o usuário do protótipo NavWear recebeu 38 respostas, a avaliação sobre o usuário de bengala recebeu 36 e a avaliação sobre o usuário com ambos os dispositivos recebeu 34 respostas. A Tabela 11 apresenta o perfil dos participantes dos três grupos.

Tabela 11 – Caracterização da amostra ($N = 108$)

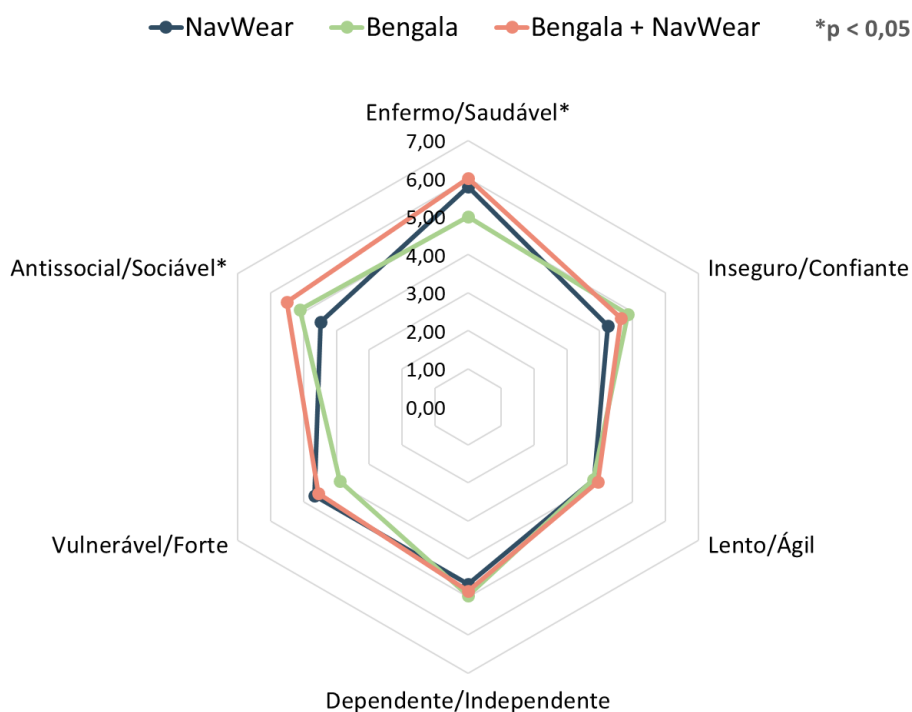
Características	NavWear (N = 38)	Bengala (N = 36)	Bengala + NavWear (N = 34)
Idade, anos	18 – 27 ($M = 20,66$; $DP = 2,17$)	18 – 25 ($M = 20,31$; $DP = 1,82$)	18 – 26 ($M = 19,44$; $DP = 1,62$)
Gênero			
Feminino	20 (53%)	17 (47%)	18 (53%)
Masculino	18 (47%)	17 (47%)	15 (44%)
Não binário	-	1 (3%)	1 (3%)
Prefiro não responder	-	1 (3%)	-
Curso			
Design	24 (63%)	23 (64%)	22 (65%)
Engenharia	14 (37%)	13 (36%)	12 (35%)
Conhece usuário de bengala longa			
Sim	4 (11%)	6 (17%)	11 (32%)
Não	34 (89%)	30 (83%)	23 (68%)

Fonte: elaborada pela autora.

No geral, nas três condições, as avaliações sobre o usuário foram positivas, visto que a maioria das médias observadas nos pares adjetivos ficaram acima de 4, o que pode ser considerado como uma tendência positiva. Uma possível explicação para as percepções majoritariamente positivas pode ser a idade dos participantes,

como observado por Lanutti (2019), que identificou que os participantes mais jovens apresentaram percepções mais positivas com relação à TA avaliada e seu usuário. A Figura 58 ilustra as diferenças entre as médias em cada par adjetivo de cada usuário avaliado.

Figura 58 – Comparação das pontuações dos pares adjetivos do DS



Fonte: elaborada pela autora.

Entre as três condições avaliadas, o usuário do conjunto bengala e NavWear foi o melhor avaliado, recebendo as maiores médias em três pares (enfermo/saudável, antissocial/sociável e lento/ágil) e médias intermediárias nos demais pares adjetivos. O usuário da bengala foi melhor avaliado nos pares inseguro/confiante e dependente/independente; entretanto, as médias observadas nesses pares foram similares em todas as condições, conforme descrito na Tabela 12.

Tabela 12 – Comparação das pontuações dos pares adjetivos do DS

		Enfermo Saudável	Inseguro Confiante	Lento Ágil	Dependente Independente	Vulnerável Forte	Antissocial Sociável
NavWear (N = 38)	<i>Média</i>	5,79	4,24	3,82	4,66	4,66	4,47
	<i>Desvio padrão</i>	1,40	1,95	1,63	2,17	1,56	1,87
	<i>Mínimo</i>	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	<i>Máximo</i>	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	<i>Mediana</i>	6,00	4,00	4,00	5,00	5,00	4,50
	<i>IQR</i>	2,00	3,00	2,00	3,75	2,00	3,00
Bengala (N = 36)	<i>Média</i>	5,00	4,86	3,81	4,97	3,89	5,11
	<i>Desvio padrão</i>	1,93	1,96	1,33	1,93	1,95	1,47
	<i>Mínimo</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00
	<i>Máximo</i>	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	<i>Mediana</i>	5,00	5,00	4,00	5,00	4,00	5,00
	<i>IQR</i>	3,25	4,00	1,25	4,00	3,00	2,25
Bengala + NavWear (N = 34)	<i>Média</i>	6,01	4,65	3,94	4,85	4,56	5,50
	<i>Desvio padrão</i>	1,40	2,10	1,35	1,94	1,73	1,76
	<i>Mínimo</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	<i>Máximo</i>	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	<i>Mediana</i>	6,50	5,00	4,00	6,00	5,00	6,00
	<i>IQR</i>	1,00	4,00	2,00	3,50	3,00	3,00

Fonte: elaborada pela autora.

O par enfermo/saudável apresentou as maiores pontuações médias (todas acima de 5), enquanto o par lento/ágil apresentou as menores médias (todas abaixo do valor 4). Pode-se inferir que o fato de o par de adjetivos enfermo/saudável ter sido o primeiro apresentado no questionário pode ter influenciado as notas atribuídas. Entretanto, como não foi possível realizar a randomização da ordem dos pares, devido à limitação do instrumento utilizado, todos os questionários foram apresentados com a mesma ordem de pares adjetivos para evitar a influência em qualquer condição.

Os três usuários foram considerados saudáveis, recebendo de 67% (n = 24) (usuário da bengala) a 91% (n = 31) (usuário dos dois dispositivos) de notas de tendência positiva (valores de 5 a 7). Segundo a Figura 59, pode-se observar que 50% da amostra (n = 17) atribuiu a maior nota (valor 7) ao usuário dos dois dispositivos. Os resultados do teste de Kruskal-Wallis encontraram diferenças significativas entre os usuários avaliados [$H(2) = 6,826, p=0,033$]. O teste *post hoc* de Dunn indicou diferença significativa entre os usuários da bengala e dos dois dispositivos ($p=0,015$). O usuário do protótipo também recebeu mais notas de tendência positiva em relação ao usuário da bengala, mas não foram observadas

diferenças significativas ($p=0,156$ e $p=0,465$). Desta forma, os resultados sugerem que o usuário dos dois dispositivos foi considerado significativamente mais saudável em comparação ao usuário da bengala.

Com relação ao par inseguro/confiante, observou-se uma variação na distribuição das notas em todas as condições. Essa variação pode indicar falta de consenso entre a amostra. Isso é refletido nas pontuações médias observadas, que ficaram próximas da neutralidade (valor 4). O usuário da bengala recebeu mais notas de tendência positiva (58%, $n = 21$) em comparação aos usuários dos dois dispositivos (56%, $n = 19$) e do protótipo NavWear (45%, $n = 17$). Entretanto, não foram encontradas diferenças significativas entre as condições ($p=0,370$). Ao observar as notas mais próximas do extremo (valores 6 e 7), observa-se que a distribuição entre a condição bengala e os dois dispositivos combinados são similares (48%, $n = 17$ e 47%, $n = 16$, respectivamente).

No par lento/ágil, todas as médias ficaram abaixo de 4, sendo o único par adjetivo no qual todos os usuários foram avaliados negativamente. O par recebeu, nas três condições avaliadas, frequências expressivas (entre 32 a 34%, ou seja, mais de um terço das respostas) de pontuação neutra (valor 4) e próximas ao neutro (valores 3 e 5). Tal fato pode ser indicativo de que o par não é representativo para avaliação da percepção sobre os usuários. Também não foram observadas diferenças significativas entre os dispositivos ($p=0,859$).

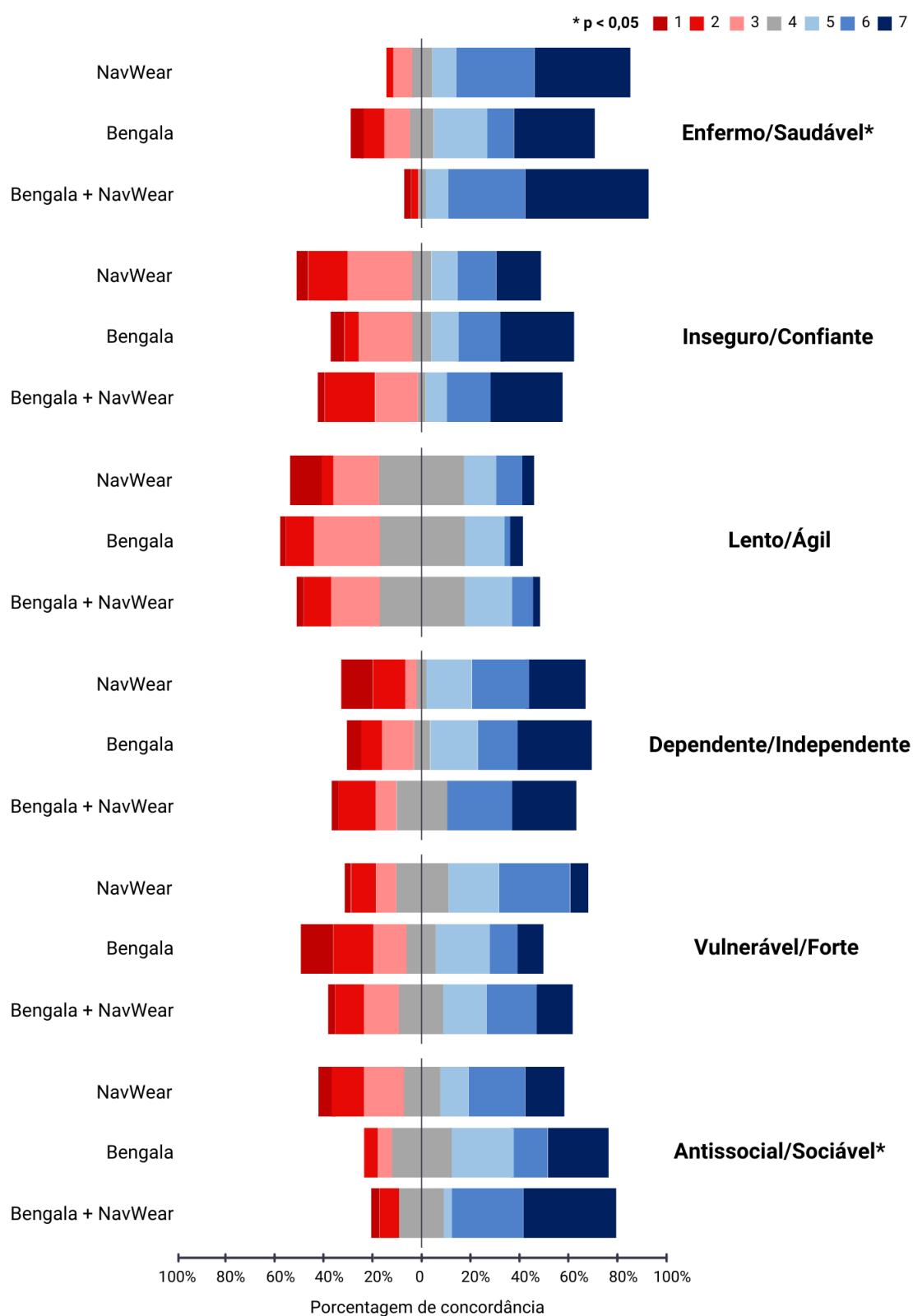
No par dependente/independente, o usuário da bengala obteve maior média em comparação aos outros usuários, mas não foi encontrada diferença significativa ($p=0,816$). No gráfico de distribuições de notas (Figura 59) é possível observar que os três usuários receberam proporções similares (48%, 48% e 52%) de notas máximas (valores 6 e 7). Ainda, é possível observar que 21% ($n = 7$) da amostra que avaliou o usuário dos dois dispositivos atribuiu nota neutra.

Os resultados observados nos pares inseguro/confiante, lento/ágil e dependente/independente podem indicar que tais pares não são representativos para avaliar a percepção de observadores sobre os usuários dos dispositivos avaliados.

Com relação ao par vulnerável/forte, observou-se um resultado interessante. Enquanto nos demais pares adjetivos os usuários foram avaliados dentro da mesma tendência (no geral positiva, com exceção do par lento/ágil), no par vulnerável/forte observou-se uma diferença de classificação sobre o usuário da bengala e os demais usuários. Os usuários do protótipo e dos dois dispositivos obtiveram médias acima de

4, ficando mais próximos do adjetivo forte, enquanto o usuário da bengala obteve mais notas de tendência negativa, resultando em uma média abaixo de 4 e mais próximo do adjetivo vulnerável. É interessante destacar, também, que esse par foi o que recebeu a maior proporção de nota negativa (valor 1) para o usuário da bengala (14%, $n = 5$). Assim, o usuário da bengala foi considerado mais vulnerável que os demais usuários; entretanto, não foram observadas diferenças significativas ($p=0,174$).

No par antissocial/sociável, o usuário do protótipo recebeu maior proporção de notas de tendência negativa (34%, $n = 13$) em comparação aos outros usuários (11% e 12%, $n = 4$). Além disso, observou-se que de 16% ($n = 6$) (NavWear) a 25% ($n = 9$) (bengala) dos participantes atribuíram nota neutra aos usuários. Os resultados do teste de Kruskal-Wallis indicam que foram encontradas diferenças significativas entre as condições avaliadas [$H(2) = 6,737$, $p=0,034$]. O teste *post hoc* de Dunn, com correção de Bonferroni, indicou diferença significativa entre os usuários do protótipo NavWear e dos dois dispositivos combinados ($p=0,014$). Este é um resultado inesperado, visto que como o protótipo consiste em um objeto do cotidiano, sem valor simbólico negativo associado, esperava-se que o usuário do NavWear recebesse maiores notas de avaliação. Como este estudo teve como objetivo inicial comparar a percepção sobre o usuário da bengala e dos dois dispositivos, esperava-se que a condição de usuário do protótipo atuasse como uma possível condição controle. Contudo, o fato de não existir especificação sobre qual produto o usuário estava utilizando na condição NavWear pode ter influenciado a percepção dos participantes, que podem ter focado em outros aspectos da imagem. Com relação às outras condições, não foram observadas diferenças significativas ($p=0,313$ e $p=0,271$).

Figura 59 – Comparação da distribuição das notas por pares adjetivos do DS

Fonte: elaborado pela autora.

Não foi realizada a avaliação da influência da familiaridade com usuários de bengala longa devido à diferença observada na proporção entre os grupos. Mais de 80% ($n = 87$) declarou não conhecer usuários de bengala, portanto, as amostras ficariam desequilibradas para comparações. Também não foram realizadas análises comparativas entre os gêneros e os cursos de formação das amostras, pois o foco deste estudo era avaliar a percepção da amostra geral. Essas informações foram coletadas apenas para fim de caracterização da amostra. Contudo, estudos futuros podem investigar a influência destes aspectos na percepção sobre usuários.

Por fim, destaca-se algumas limitações deste estudo. A faixa etária da amostra utilizada compreendeu jovens de 18 a 27 anos e isso limita a generalização dos resultados. Além disso, os pares adjetivos podem não ter sido representativos para avaliação dos usuários propostos. Dessa forma, recomenda-se que estudos futuros incorporem grupos de indivíduos de diferentes faixas etárias e considerem a utilização de outros pares de adjetivos.

6 Conclusões

O presente projeto propôs o desenvolvimento e a avaliação de um dispositivo vestível para detecção e comunicação de obstáculos para pessoas com deficiência visual.

Através dos estudos de caracterização, foi possível identificar as necessidades e limitações do público alvo no que se refere à mobilidade externa diária. Os resultados dos estudos com usuários nortearam a definição de diretrizes do projeto e o estudo de revisão sistemática contribuiu na definição de soluções aos problemas identificados.

O desenvolvimento do protótipo foi realizado por uma equipe interdisciplinar considerando as funções práticas, estéticas e simbólicas, visando contribuir para a mobilidade da pessoa com deficiência visual, assim como oferecer uma experiência de uso positiva e agradável ao usuário.

O protótipo desenvolvido foi avaliado sob duas perspectivas: usabilidade do dispositivo e percepção de observadores sobre o usuário. A primeira avaliação foi realizada em um ambiente controlado com atividades de simulação de uso com adultos vendados. Embora o uso do protótipo tenha resultado em maior tempo em comparação à bengala, observou-se que o uso combinado das tecnologias resultou em menos colisões. Além disso, o uso do protótipo resultou em percepções mais altas de segurança, confiança e desempenho, e menor percepção de dificuldade, carga física, esforço e frustração para realizar o Protocolo de Mobilidade. O protótipo também apresentou excelente avaliação no SUS, com destaque para a disposição dos participantes em utilizar o protótipo se necessário. Embora os resultados não possam ser generalizados para usuários com deficiência visual, visto que eles podem ter uma interação diferente com o protótipo, eles são promissores e destacam o potencial para uso em ambientes externos. Portanto, tais resultados atendem parcialmente a primeira hipótese e sub-hipótese.

Com relação à percepção de observadores, no geral, o usuário do conjunto bengala e protótipo recebeu mais classificações positivas, sendo considerado mais saudável, sociável e forte em comparação ao usuário de bengala. Tais resultados sugerem que o uso do protótipo associado à bengala não resultou em avaliações mais negativas em relação ao usuário e, portanto, atendem a segunda sub-hipótese.

Os resultados deste estudo fornecem informações sobre os potenciais benefícios e limitações do protótipo desenvolvido, com importantes implicações para o processo de adoção de uma Tecnologia Assistiva. Com base nessas observações, são identificados pontos que podem ser melhorados no protótipo, assim como diretrizes para estudos futuros:

- Posicionar a câmera no centro do tronco do usuário, de forma confortável e que se adeque a maioria das dimensões corporais, para aumentar o limite do campo de visão da câmera e, conseqüentemente, melhorar a detecção de obstáculos;
- Adicionar alertas sonoros oferecendo ao usuário a possibilidade de escolher o tipo de *feedback* que se sentir mais confortável;
- Utilizar diferentes pares de descritores para avaliar a percepção de observadores sobre o usuário;
- Realizar avaliações com usuários reais com deficiência visual para investigar o processo de interação com o protótipo;
- Realizar experimentos em ambiente externo com diferentes condições de trajetória e obstáculos;
- Fornecer maior tempo de treinamento para investigar o processo de aprendizagem e adaptação com o protótipo.

Por fim, o presente estudo contribui para as áreas do Design, Ergonomia e Tecnologia Assistiva, demonstrando a importância de incluir o usuário no processo de design, assim como utilizar uma equipe interdisciplinar no desenvolvimento de um dispositivo para mobilidade. Além disso, este estudo fornece diretrizes para o desenvolvimento de dispositivos vestíveis para mobilidade de pessoas com deficiência visual e apresenta uma proposta atualizada, simples e reproduzível de Protocolo de Mobilidade para avaliação de dispositivos para pessoas com deficiência visual.

Referências

ABDELRAOUF, O. R. *et al.* Effect of backpack shoulder straps length on cervical posture and upper trapezius pressure pain threshold. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 28, n. 9, p. 2437-2440, 2016. DOI 10.1589/jpts.28.2437

ACTIGRAPH. ActiGraph GT9X Link. Disponível em: <https://theactigraph.com/actigraph-link>

ADEBIYI, A. P. *et al.* Assessment of feedback modalities for wearable visual aids in blind mobility. **PLoS ONE**, v. 12, n. 2, Feb. 2017. DOI 10.1371/journal.pone.0170531.

ALADRÉN, A. LÓPEZ-NICOLÁS, G., PUIG, L., GUERRERO, J. J. Navigation assistance for the visually impaired using RGB-D sensor with range expansion. **IEEE Syst. J.**, v. 10, n. 3, p. 922932, Sep. 2016. DOI 10.1109/JSYST.2014.2320639.

ALDESCO, A. PL ajuda a identificar tipo de deficiência visual. **Assembleia Legislativa Espírito Santo**. 27 agosto 2021. Disponível em: <https://www.al.es.gov.br/Noticia/2021/08/41619/pl-ajuda-a-identificar-tipo-de-deficiencia-visual.html#:~:text=Por%20conven%C3%A7%C3%A3o%2C%20adota%2Dse%20a,as%20cores%20branca%20e%20vermelha>. Acesso em: 05 ago. 2022.

ASGHAR, S.; TORRENS, G. E.; HARLAND, R. Cultural influences on perception of disability and disabled people: a comparison of opinions from students in the United Kingdom (UK) Pakistan (PAK) about a generic wheelchair using a semantic differential scale, **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 15, n. 3, p. 292-304, 2020. DOI: 10.1080/17483107.2019.1568595

BAHADIR, S. K.; KONCAR, V.; KALAOGLU, F. Wearable obstacle detection system fully integrated to textile structures for visually impaired people. **Sens. Actuators A, Phys.**, v. 179, p. 297311, Jun. 2012. DOI 10.1016/j.sna.2012.02.027.

BAI, J.; LIAN, S.; LIU, Z.; WANG, K.; LIU, D. Virtual-blind-road following-based wearable navigation device for blind people. **IEEE Trans. Consum. Electron.**, v. 64, n. 1, p. 136143, Feb. 2018. DOI 10.1109/TCE.2018.2812498.

BAI, J.; Liu, Z.; Lin, Y.; Li, Y.; Lian, S.; Liu, D. Wearable travel aid for environment perception and navigation of visually impaired people. **Electronics**, v. 8, n. 6, p. 127, 2019. DOI 10.3390/electronics8060697.

BAJAJ, R. *et al.* Validating the accuracy of an activity monitor in a visually impaired older population. **Ophthalmic and Physiological Optics**, vol. 38, n. 5, p. 562–569, 2018.

BALL, E. M. Electronic travel aids: an assessment. *Assistive technology for visually impaired and blind people*: Springer; 2008. p. 289-321.

BANGOR, A.; KORTUM, P.T.; MILLER, J.T. An empirical evaluation of the system usability scale. **Int. J. Hum. Comput. Interact.**, v. 24, p. 574–594, 2008. <https://doi.org/10.1080/10447310802205776>.

BANKS, J. Gangsters and wheelchairs: urban teachers' perceptions of disability, race and gender. **Disability & Society**, v. 30, n. 4, p. 569–582, 2015.

BARONTINI, F.; CATALANO, M. G.; PALLOTTINO, L.; LEPORINI, B.; BIANCHI, M. Integrating wearable haptics and obstacle avoidance for the visually impaired in indoor navigation: A user-centered approach. **IEEE Trans. Haptics**, vol. 14, n. 1, p. 109122, Jan. 2021. DOI 10.1109/TOH.2020.2996748.

BERSCH, R. **Introdução à Tecnologia Assistiva**. Porto Alegre, 2017. Disponível em: https://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf. Acesso em: 05 Jul. 2022.

BHATLAWANDE, S. *et al.* Electronic bracelet and vision enabled waist-belt for mobility of visually impaired people. **Assistive Technol.**, vol. 26, n. 4, p. 186195, Oct. 2014. DOI 10.1080/10400435.2014.915896.

BHOWMICK, A.; HAZARIKA, S. M. An insight into assistive technology for the visually impaired and blind people: state-of-the-art and future trends. **J Multimodal User Interfaces**, v. 11, p. 149-172, 2017.

BONFIM, G. H. C. **A influência da forma e da cor sobre os aspectos perceptivos da usabilidade e interação biomecânica em embalagens de água mineral**. 2019. 223 f. Tese (Doutorado em Design) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2019

BOURNE, R. R. A. *et al.* Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: A systematic review and metaanalysis. **Lancet Glob. Heal.**, vol. 5, n. 9, Sep. 2017. DOI 10.1016/S2214-109X(17)30293-0.

BRASIL. **Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015**. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, DF, 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm#art2%C2%A72. Acesso em: 05 jul. 2022.

BRASIL. **PROJETO DE LEI N.º 4.189-B, de 2019**. Dispõe sobre a regulamentação da coloração da órtese denominada "bengala longa" para fins de identificação da condição de seu usuário. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2071163. Acesso em: 05 ago. 2022.

BROOKE, J. SUS: A quick and dirty usability scale. In: JORDAN, P. W.; THOMAS, B.; WEERDMEESTER, B. A.; McCLELLAND, I. L. (Eds.), *Usability evaluation in industry*. London: Taylor & Francis, 1996, p. 4–7.

CARAIMAN, S.; ZVORISTEANU, O.; BURLACU, A.; HERGHELEGIU, P. Stereo vision based sensory substitution for the visually impaired. **Sensors**, vol. 19, n. 12, p. 2771, Jun. 2019. DOI 10.3390/s19122771.

CARDIN, S.; THALMANN, D.; VEXO, F. A wearable system for mobility improvement of visually impaired people. **Vis. Comput.**, vol. 23, n. 2, p. 109118, Jan. 2007. DOI 10.1007/s00371-006-0032-4.

CARVALHO, K. E. C.; GOIS Jr, M. B.; SÁ, K. N. Tradução e validação do Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (QUEST 2.0) para o idioma português do Brasil. **Revista Brasileira de Reumatologia**. vol. 54. n 4., São Paulo, 2014.

CONSELHO BRASILEIRO DE OFTALMOLOGIA. **As Condições de Saúde Ocular no Brasil**. Edição 1, São Paulo, 2019. Disponível em: https://www.cbo.com.br/novo/publicacoes/condicoes_saude_ocular_brasil2019.pdf Acesso em: 02 mai. 2023.

CHEN, S.; YAO, D.; CAO, H.; SHEN, C. A novel approach to wearable image recognition systems to aid visually impaired people. **Appl. Sci.**, v. 9, n. 16, p. 3350, Aug. 2019. DOI 10.3390/app9163350.

CHENG, P.-H. Wearable ultrasonic guiding device with white cane for the visually impaired: A preliminary verisimilitude experiment. **Assistive Technol.**, v. 28, n. 3, p. 127136, Jul. 2016. DOI 10.1080/10400435.2015.1123781.

COLLINS, J. E. *et al.* Validation of the fitbit charge 2 compared to the actigraph GT3X+ in older adults with knee osteoarthritis in free-living conditions. **PLoS ONE**, v. 14, n. 1, p. 1–14, 2019.

CUNHA, J. M. **O design em projetos de tecnologias assistivas: diretrizes da estética para redução do estigma**. 2020. 243 p. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Comunicação e Expressão, Programa de Pós Graduação em Design, Florianópolis, 2020.

CUTURI, L. F. *et al.* From science to technology: Orientation and mobility in blind children and adults. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**. v. 71, p. 240-251, 2016.

DAKOPOULOS, D.; BOURBAKIS, N. G. Wearable obstacle avoidance electronic travel aids for blind: A survey. **IEEE Trans. Syst., Man, Cybern. C, Appl. Rev.**, v. 40, n. 1, p. 2535, Jan. 2010. DOI 10.1109/TSMCC.2009.2021255.

ELMANNAI, W. M.; ELLEITHY, K. M. Sensor-based assistive devices for visually impaired people: Current status, challenges, and future directions. **Sensors**, v. 17, n. 3, p. 565, Mar. 2017. DOI 10.3390/s17030565.

ELMANNAI, W. M.; ELLEITHY, K. M. A highly accurate and reliable data fusion framework for guiding the visually impaired. **IEEE Access**, v. 6, p. 33029-33054, 2018. DOI 10.1109/ACCESS.2018.2817164.

ESPINEL, P. T. *et al.* Older adults' time in sedentary, light and moderate intensity activities and correlates: Application of Australian Time Use Survey, **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 18, n. 2, p. 161–166, 2015.

FAUCETT H. A., RINGLAND K. E., CULLEN A. L. L. *et al.* (In)visibility in disability and assistive technology. **ACM Trans Access Comput**, v. 10, n. 4, p. 1–17, 2017.

FELDMAN, E. L. *et al.* Diabetic neuropathy. **Nature Rev. Disease Primers**, v. 5, n. 1, p. 118, Dec. 2019. DOI 10.1038/s41572-019-0092-1.

FELISBERTO, L. C.; PASCHOARELLI, L. C. Dimensionamento preliminar de postos de trabalho e produtos – modelos antropométricos em escala. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Anais...** VII International Conference on Industrial Engineering e Operations Management, 2001, Salvador. Proceedings, 2001. 1 CD ROM.

FELLINGHAUER, A.G.; ROTH, A.; BUGARLI, K.; REINHARDT, J.D. Construct Validity, Test-Retest Reliability, and Internal Consistency of the Photo Elicitation Semantic Differential Scale (PESD) in Disability Studies. **J Dev Phys Disabil**, v. 23, p. 257-265, 2011.

FERNANDES, H. *et al.* A review of assistive spatial orientation and navigation technologies for the visually impaired. **Univ Access Inf Soc.**, v. 18, p. 155–168, 2019. DOI 10.1007/s10209-017-0570-8

FINGER R. P. *et al.* Developing the Impact of Vision Impairment–Very Low Vision (IVIVLV) questionnaire as part of the LoVADA protocol. **Invest Ophthalmol Vis Sci**, v. 55, p. 6150–6158, 2014.

FOUCAULT, J. *et al.* INSPEX: Optimize range sensors for environment perception as a portable system. **Sensors**, v. 19, n. 19, p. 4350, Oct. 2019. DOI 10.3390/s19194350.

GAO, Y. *et al.* Wearable virtual white cane: Assistive technology for navigating the visually impaired. **J. Med. Devices**, v. 8, n. 2, Jun. 2014. DOI 10.1115/1.4027033.

GERMANO, F. A. S. *et al.* Estudo das causas de cegueira e baixa de visão em uma escola para deficientes visuais na cidade de Bauru. **Rev. bras. oftalmol.**, Rio de Janeiro, v. 78, n. 3, p. 183-187, 2019.

GIL, N. **Deficiência Visual**. Brasília: MEC. Secretaria de Educação a Distância, 2000.

GOLRIZ, S.; HEBERT, J. J.; BO FOREMAN; K., WALKER; B. F. The effect of shoulder strap width and load placement on shoulder-backpack interface pressure. **Work**, v. 58, n. 4, p. 455–461, 2017. DOI 10.3233/wor-172651.

GOSS-SAMPSON, M. Statistical analysis in JASP: A guide for students. 2018

GRANT, P *et al.* Performance of Real-world Functional Tasks Using an Updated Oral Electronic Vision Device in Persons Blinded by Trauma. **Optometry and Vision Science**, v. 95, n. 9, p 766-773, September 2018. DOI: 10.1097/OPX.0000000000001273

GUNDEWAR, P. P.; DEOKAR, S. M.; PATANKAR, S. S.; ABHYANKAR, H. K.; BHATLAWANDE, S. S.; KULKARNI, J. V. Development of prototype for obstacle detection for visually impaired using defocus measure. **Int. J. Adv. Sci. Technol.**, v. 29, n. 3, p. 5566-5582, 2020.

HADID, A; GOZES, G.; ATOON, A.; GEFEN, A.; EPSTEIN, Y. Effects of an improved biomechanical backpack strap design on load transfer to the shoulder soft tissues, **J. Biomech.**, v. 76, p. 45-52, Jul. 2018. DOI 10.1016/j.jbiomech.2018.05.016 Epub 2018 May 18

HALLEMANS, A; ORTIBUS, E.; MEIRE, F. *et al.* Low vision affects dynamic stability of gait. **Gait Posture**, v. 32, n. 4, p. 547–551, 2010.

HART, S. G. NASA Task Load Index (TLX): Paper-and-Pencil Version.1986 Moffett Field, CA: NASA-Ames Research Center, Aerospace Human Factors Research Division.

HART, S. G.; STAVELAND, L. E. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. **Advances in Psychology**, v. 52, p. 139-183, 1988. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9).

HICKS, S. L.; WILSON, I.; MUHAMMED, L.; WORSFOLD, J.; DOWNES, S. M.; KENNARD, C. Adepth-based head-mounted visual display to aid navigation in partially sighted individuals. **PLoS ONE**, v. 8, n. 7, Jul. 2013. DOI 10.1371/journal.pone.0067695.

HOLBROOK, E. A. *et al.* Physical activity, body composition, and perceived quality of life of adults with visual impairments. **Journal of Visual Impairment and Blindness**, v. 103, n. 1, p. 17–29, 2009.

HOSSAIN, E.; KHAN, R.; ALI, A. Design and data analysis for a belt for blind for visual impaired people. **Int. J. Adv. Mechatron. Syst.**, v. 3, n. 56, p. 384-397, 2011. DOI 10.1504/IJAMECHS.2011.045010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Características Gerais da População, Religião e Pessoas com Deficiência: Publicação Completa. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 2715 p.

IFUKUBE, T.; SASAKI, T.; PENG, C. A blind mobility aid modeled after echolocation of bats. **IEEE Trans. Biomed. Eng.**, v. 38, n. 5, p. 461–465, 1991.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

IKEDA, Y. *et al.* Night-vision aid using see-through display for patients with retinitis pigmentosa. **Japanese J. Ophthalmol.**, v. 63, n. 2, p. 181-185, Mar. 2019. DOI 10.1007/s10384-018-00644-5.

INFOMOMEY. Classes D e E continuarão a ser mais da metade da população até 2024, projeta consultoria. **InfoMoney**. 26 abr. 2022. Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/minhas-financas/classes-d-e-e-continuarao-a-ser-mais-da-metade-da-populacao-ate-2024-projeta-consultoria/> Acesso em: 02 mai. 2023.

INTEL. Intel RealSense Depth Camera D435i. Disponível em: <https://www.intelrealsense.com/depth-camera-d435i/>

ISAKSSON, J.; JANSSON, T.; NILSSON, J. Audomni: Super-scale sensory supplementation to increase the mobility of blind and low-vision individuals: A pilot study. **IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.**, v. 28, n. 5, p. 1187-1197, May 2020. DOI 10.1109/TNSRE.2020.2985626.

ISLAM, M. *et al.* Developing Walking Assistants for Visually Impaired People: A Review. **IEEE SENSORS JOURNAL**, v. 19, n. 8, p. 2814-2828, 15 Abr. 2019.

ISO. ISO 9241-11. **Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs)-Part 11, Guidance on Usability**, 1998.

ISO 9241-210:2019. **Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems**. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-210:ed-2:v1:en> Acesso em: 19 mai. 2023.

JAFRI, R.; KHAN, M. M. User-centered design of a depth data-based obstacle detection and avoidance system for the visually impaired. **Hum. Cent. Comput. Inf. Sci.** v. 8, n. 14, 2018.

JOHNSON, S. T. *et al.* Walking: a matter of quantity and quality physical activity for type 2 diabetes management. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 33, n. 4, p. 797–801, 2008.

KASSIM, A. M. *et al.* Conceptual design and implementation of electronic spectacle-based obstacle detection for visually impaired persons. **J. Adv. Mech. Des., Syst., Manuf.**, v. 10, n. 7, 2016. DOI 10.1299/jamdsm.2016jamdsm0094.

KATZSCHMANN, R. K.; ARAKI, B.; RUS, D. Safe local navigation for visually impaired users with a time-of-ight and haptic feedback device. **IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.**, v. 26, n. 3, p. 583-593, Mar. 2018. DOI 10.1109/TNSRE.2018.2800665.

KILIAN, J.; NEUGEBAUER, A.; SCHERFFIG, L.; WAHL, S. The Unfolding Space Glove: A Wearable Spatio-Visual to Haptic Sensory Substitution Device for Blind People. **Sensors**, v. 22, n. 5, p. 1859, 2022. DOI 10.3390/s22051859.

KIM, J-E. *et al.* Human factors considerations in designing a personalized mobile dialysis device: An interview study. **Applied Ergonomics**, v. 85, May 2020.

KIM, S. Y.; CHO, K. Usability and Design Guidelines of Smart Canes for Users with Visual Impairments. **International Journal of Design**, v. 7, n. 1, p. 99-110, 2013.

KIURU, T. M. *et al.* Assistive device for orientation and mobility of the visually impaired based on millimeter wave radar technology Clinical investigation results. **Cogent Eng.**, v. 5, n. 1, Jan. 2018. DOI 10.1080/23311916.2018.1450322.

KURIAKOSE, B.; SHRESTHA, R.; SANDNES, F. E. Tools and technologies for blind and visually impaired navigation support: A review. **IETE Tech. Rev.**, p. 116, Sep. 2020. DOI 10.1080/02564602.2020.1819893.

KURIBAYASHI, M. *et al.* Corridor-Walker: Mobile Indoor Walking Assistance for Blind People to Avoid Obstacles and Recognize Intersections, In: Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, v. 6, p. 1-22, 2022.

LANUTTI, J. N. L.; MEDOLA, F. O., GONÇALVES, D. D. *et al.* The significance of manual wheelchairs: a comparative study on male and female users. **Procedia Manuf.**, v. 3, p. 6079–6085, 2015.

LANUTTI, J. N. L. **Compreensão dos aspectos emocionais em diferentes cadeiras de rodas: Uma contribuição para o Design Ergonômico e Inclusivo**. 2019. 292 f. Tese (Doutorado em Design) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2019

LEE, J.-H.; KIM, D.; SHIN, B.-S. A wearable guidance system with interactive user interface for persons with visual impairment. **Multimedia Tools Appl.**, v. 75, n. 23, p. 15275-15296, Dec. 2016. DOI 10.1007/s11042-014-2385-4.

LEE, Y. H.; MEDIONI, G. RGB-D camera based wearable navigation system for the visually impaired. **Comput. Vis. Image Understand.**, v. 149, p. 320, Aug. 2016. DOI 10.1016/j.cviu.2016.03.019.

LIN, Q.; HAN, Y. A context-aware-based audio guidance system for blind people using a multimodal prole model. **Sensors**, v. 14, n. 10, p. 18670-18700, Oct. 2014. DOI 10.3390/s141018670.

LOBACH, B. Design Industrial - bases para a configuração dos produtos industriais. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. 206p.

LONG, S.K. et al. Using a mobile application to help visually impaired individuals explore the outdoors. In: DI BUCCHIANICO G, KERCHER P (editors). **Advances in design for inclusion. Advances in intelligent systems and computing**, 500. Cham (Switzerland): Springer; 2016. p. 213–223.

LONG, N.; WANG, K.; CHENG, R.; HU, W.; YANG, K. Unifying obstacle detection, recognition, and fusion based on millimeter wave radar and RGB-depth sensors for the visually impaired. **Rev. Sci. Instrum.**, v. 90, n. 4, p. 44102, 2019. DOI 10.1063/1.5093279.

LOUREIRO, M.; MACHADO, F. S. V.; MELLO, R.; FRIZERA, A. Desenvolvimento de uma estratégia de contagem e localização de objetos utilizando uma câmera RGB-D e um robô móvel. In: XXIV Congr. Bras. Automática, Fortaleza, Brazil, 2022: pp. 1–8.

LUGLI, D. et al. Bengala customizável para mulheres com deficiência visual. **Design & Tecnologia**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. 12, p. 44-53, 2015.

MAGUIRE, M. Methods to support human-centred design. **Int. J. Hum.-Comput. Stud.**, v. 55, n. 4, p. 587-634, Oct. 2001. DOI 10.1006/ijhc.2001.0503.

MAIDENBAUM, S. et al. The “EyeCane”, a new electronic travel aid for the blind: technology, behavior & swift learning. **Restor Neurol Neurosci.**, v. 32, n. 6., p. 813–824, 2014.

MANN, S. Wearable Computing. In: Soegaard, Mads and Dam, Rikke Friis (eds.). The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed. Aarhus, Denmark: The Interaction Design Foundation. 2014. Disponível em: <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/wearable-computing>. Acesso em: 11 dez. 19

MATTOS, L. M. **Julgamento visual de cadeiras de rodas: contribuições para o design de produtos assistivos**, 2017. 94 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2017.

MEDOLA, F. O.; PASCHOARELLI, L. C. Design e Deficiência: História, conceitos e perspectivas. p.126-133. In: **Ensaio em Design: Práticas Interdisciplinares**. Canal 6 Editora. 1a edição. Bauru-SP, 2014

MIASKIEWICZ, T.; KOZAR, K. A. Personas and user-centered design: How can personas benefit product design processes? **Design Studies**, v. 32, n. 5, p. 417-430, Set. 2011.

MOCANU, B.; TAPU, R.; ZAHARIA, T. When ultrasonic sensors and computer vision join forces for efficient obstacle detection and recognition. **Sensors**, v. 16, n. 11, p. 1807, Oct. 2016. DOI 10.3390/s16111807.

MOTTA, G. et al. Overview of Smart White Canes: Connected Smart Cane from Front End to Back End. In: E. PISSALOUX AND R. VELÁZQUEZ (eds.). **Mobility of Visually Impaired People**, Springer International Publishing AG, 2018. DOI 10.1007/978-3-319-54446-5_16

NAU, A.C. et al. A Standardized Obstacle Course for Assessment of Visual Function in Ultra Low Vision and Artificial Vision. **J. Vis. Exp.**, 2014. <https://doi.org/10.3791/51205>.

NORMAN, D. **The Design of Everyday Things**: Revised and Expanded Edition. New York: Basic Books, 2013.

NTAKOLIA, C.; DIMAS, G.; IAKOVIDIS, D.K. User-centered system design for assisted navigation of visually impaired individuals in outdoor cultural environments. *Univ Access Inf Soc* v. 21, p. 249–274, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10209-020-00764-1>

NVIDIA. Jetson Nano Developer Kit. Disponível em: <https://developer.nvidia.com/embedded/jetson-nano-developer-kit>

OSGOOD, C. E.; SUCI, G. J.; TANNENBAUM, P. H. **The Measurement of Meaning**, Urbana, IL: University of Illinois Press, 1957.

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, n. 71, 2021. DOI 10.1136/bmj.n71.

PAPE, T. L. B.; KIM, J.; WEINER, B. The shaping of individual meanings assigned to assistive technology: a review of personal factors. **Disabil Rehabil.**, v. 24, n. 1–3, p. 5–20, 2002.

PATIL, K.; JAWADWALA, Q.; SHU, F. C. Design and construction of electronic aid for visually impaired people. **IEEE Trans. Human-Mach. Syst.**, v. 48, n. 2, p. 172-182, Apr. 2018. DOI 10.1109/THMS.2018.2799588.

PETIOT, J.-F.; YANNOU, B. Measuring consumer perceptions for a better comprehension, specification and assessment of product semantics. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 33, n. 6, p. 507-525, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2003.12.004>.

PETSIUK, A. L.; PEARCE, J. M. Low-cost open-source ultrasound-sensing based navigational support for the visually impaired. **Sensors**, v. 19, n. 17, p. 3783, Aug. 2019. DOI 10.3390/s19173783

PLIKYNAS, D.; ZVIRONAS, A.; GUDAUSKIS, M.; BUDRIONIS, A.; DANIUSIS, P.; SLIESORAITYTE, I. Research advances of indoor navigation for blind people: A brief review of technological instrumentation. **IEEE Instrum. Meas. Mag.**, v. 23, n. 4, p. 22-32, Jun. 2020. DOI 10.1109/MIM.2020.9126068.

PUNDLIK, S.; TOMASI, M.; MOHARRER, M.; BOWERS, A. R.; LUO, G. Preliminary evaluation of a wearable camera-based collision warning device for blind individuals. **Optometry Vis. Sci.**, v. 95, n. 9, p. 747-756, Sep. 2018. DOI 10.1097/oxp.0000000000000000.

RAMADAN, M. Z.; AL-TAYYAR, S. N. Development and Experimental Verification of an Ergonomic Backpack. **Biomed Res Int.**, 2020. doi: 10.1155/2020/1437126.

RAMADHAN, A. Wearable smart system for visually impaired people. **Sensors**, v. 18, n. 3, p. 843, Mar. 2018. DOI 10.3390/s18030843.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução Nº 510, de 07 de abril de 2016**. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/reso510.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2019.

REYNARD, F., TERRIER, P. Role of visual input in the control of dynamic balance: variability and instability of gait in treadmill walking while blindfolded. **Experimental Brain Research**. v. 233, n. 4, p 1031–1040, 2015.

ROENTGEN, U. R. *et al.* The Impact Of Electronic Mobility Devices For Persons Who Are Visually Impaired: A systematic Review of Effects and Effectiveness. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, New York, v. 103, n. 11, p. 743-753, 2009.

SANTOS, A. D. P. **Teco: Brinquedo inclusivo para crianças com deficiência visual**. 2016. 88f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Design) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2016.

SANTOS, A. D. P.; MEDOLA, F. O.; PASCHOARELLI, L. C.; LANDIM, P. C. Tecnologia Assistiva para Pessoas com Deficiência Visual: uma análise da produção tecnológica no Brasil. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, n. 5, p. 1502-1512, 2018. DOI <http://dx.doi.org/10.9771/cp.v12i5.25903>

SANTOS, A. D. P. **Tecnologia Assistiva para Pessoas com Deficiência Visual: Avaliação da eficiência de dispositivos para mobilidade pessoal**. 2019. 96 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2019.

SANTOS, A. D. P.; MEDOLA, F. O.; CINELLI, M. J.; RAMIREZ, A. R. G.; SANDNES, F. E. Are electronic white canes better than traditional canes? A comparative study with blind and blindfolded participants. **Universal Access Inf. Soc.**, v. 20, n. 1, p. 93-103, Mar. 2021a. DOI 10.1007/s10209-020-00712-z.

SANTOS, A. D. P.; SUZUKI, A. H. G.; MEDOLA, F. O.; VAEZIPOUR, A. A Systematic Review of Wearable Devices for Orientation and Mobility of Adults with Visual Impairment and Blindness. **IEEE Access**, v. 9, p. 162306-162324, 2021b. DOI 10.1109/ACCESS.2021.3132887.

SANTOS, A. D. P. *et al.* Physical Activity of Brazilian Adults with Visual Impairment: A Descriptive Study. In: Proceedings of the 4th International Conference on Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2021): Integrating People and Intelligent Systems, February 22-24, 2021, Virtual Conference, Italy. Dario Russo, Tareq Ahram, Waldemar Karwowski, Giuseppe Di Bucchianico, Redha Taiar (Eds.). 2021c.

SANTOS, A. D. P.; FERRARI, A. L. M.; MEDOLA, F. O.; SANDNES, F. E. Aesthetics and the perceived stigma of assistive technology for visual impairment, **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 17, n. 2, p. 152-158, 2022. DOI 10.1080/17483107.2020.1768308

SARIS, W. H. M. *et al.* How much physical activity is enough to prevent unhealthy weight gain? Outcome of the IASO 1st Stock Conference and consensus statement, *Obesity Reviews*, v. 4, n. 2, p. 101–114, 2003.

SCHWARZE, T.; LAUER, M.; SCHWAAB, M.; ROMANOVAS, M.; BOHM, S.; JURGENSOHN, T. A camera-based mobility aid for visually impaired people. **Kunstl. Intelligenz**, v. 30, n. 1, p. 29-36, 2016. DOI 10.1007/s13218-015-0407-7.

SENEVIRATNE, S. *et al.* A survey of wearable devices and challenges. **IEEE Commun. Surveys Tuts.**, v. 19, n. 4, p. 2573-2620, 4th Quart. 2017. DOI 10.1109/COMST.2017.2731979.

SHINOHARA, K.; WOBBROCK, J. O. In the shadow of misperception: assistive technology use and social interactions. Paper AESTHETICS AND THE PERCEIVED STIGMA OF AT FOR VI 5 presented at the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems; 2011 May; Vancouver, Canada.

SHINOHARA, K.; WOBBROCK, J. O. Self-conscious or self-confident? A diary study conceptualizing social accessibility of assistive technology. **ACM Trans Access Comput.**, v. 8, n. 2, p. 1–31, 2016.

SHOVAL, S.; BORENSTEIN, J.; Y. KOREN, Y. Mobile robot obstacle avoidance in a computerized travel aid for the blind. In: **Proc. 1994 IEEE Robot. Autom. Conf.**, San Diego, CA, p. 2023–2029, 1998.

SILVA, C. S.; WIMALARATNE, P. Fuzzy-logic-based walking context analysis for visually impaired navigation. **Sensors Mater.**, v. 31, n. 4, p. 1305-1324, 2019. DOI 10.18494/sam.2019.2232.

SILVA, C. S.; WIMALARATNE, P. Context-aware assistive indoor navigation of visually impaired persons. **Sensors Mater.**, v. 32, n. 4, p. 1497-1509, 2020. DOI 10.18494/sam.2020.2646.

SILVA, R. B. P.; MARQUES, A. C.; REICHERT, F. F. Objectively measured physical activity in Brazilians with visual impairment: Description and associated factors. **Disability and Rehabilitation**, v. 40, n. 18, p. 2131–2137, 2018.

SIMÕES, W. C. S. S.; DE LUCENA, V. F. Indoor navigation assistant for visually impaired by pedestrian dead reckoning and position estimative of correction for patterns recognition.' **IFAC-PapersOnLine**, v. 49, n. 30, p. 167-170, 2016. DOI 10.1016/j.ifacol.2016.11.149.

SIVAKUMAR, P., VEDACHALAM, R., KANNUSAMY, V. et al. Barriers in utilisation of low vision assistive products. *Eye* 34, 344–351 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41433-019-0545-5>

SLADE, P.; TAMBE, A.; KOCHENDERFER, M. J. Multimodal sensing and intuitive steering assistance improve navigation and mobility for people with impaired vision. **Science Robotics**, v., 6, n. 59, 2021. DOI 10.1126/scirobotics.abg6594

SOUTHWELL P. The psycho-social challenge of adapting to visual impairment. **British Journal of Visual Impairment**, v. 30, n. 2, p. 108-114, 2012.

TAPU, R.; MOCANU, B.; ZAHARIA, T. Wearable assistive devices for visually impaired: A state of the art survey. **Pattern Recognit. Lett.**, v. 137, n. SI, p. 3752, Sep. 2020. DOI 10.1016/j.patrec.2018.10.031.

Troiano, R. P. *et al.* 'Physical activity in the United States measured by accelerometer. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 1, p 181–188, 2008.

VASQUEZ, M. M. *et al.* Cadeira de Rodas e Estigma: um estudo preliminar da percepção visual de não- usuários. **Human Factors in Design**, v.5, n.10, p.03-16, 2016.

WARMS, C. A.; BELZA, B. L.; WHITNEY, J. D. Correlates of physical activity in adults with mobility limitations. **Family & Community Health**, v.30, p. S5-S16, 2007.

WICAB, Inc. BrainPort Vision Pro. BrainPort Technologies. Disponível em: <https://www.wicab.com/brainport-vision-pro> Acesso em: 02 mai. 2023

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Visual impairment and blindness - Fact Sheet n. 282.** World Health Organization. 2014. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en/> Acesso em: 13 jan. 2016

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

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Blindness and Vision Impairment.** [Online]. 2020. Disponível em: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment> Acesso em: 15 Jan. 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Physical activity.** 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity> Acesso em: 14 Mai. 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (no date). **Nutrition - Body mass index - BMI.** Disponível em: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi>. Acesso em 14 Mai. 2021.

WONG, S. Traveling with blindness: A qualitative space-time approach to understanding visual impairment and urban mobility. **Health and Place**, v. 49. p. 85-92, 2018.

YANG, K.; WANG, K.; CHEN, H.; BAI, J. Reducing the minimum range of a RGB-depth sensor to aid navigation in visually impaired individuals. **Appl. Opt.**, v. 57, p. 2809-2819, Jun. 2018. DOI 10.1364/ao.57.002809

YANG, K.; WANG, K.; HU, W.; BAI, J. Expanding the detection of traversable area with RealSense for the visually impaired. **Sensors**, v. 16, n. 11, p. 19-54, Nov. 2016. DOI 10.3390/s16111954.

YOUNIS, O.; AL-NUAIMY, W.; ROWE, F.; ALOMARI, M. A smart context aware hazard attention system to help people with peripheral vision loss. **Sensors**, v. 19, n. 7, p. 16-30, Apr. 2019. DOI 10.3390/s19071630.

ZHANG, X.; YAO, X.; ZHU, Y.; HU, F. An ARCore based user centric assistive navigation system for visually impaired people. **Appl. Sci.**, v. 9, n. 5, p. 989, Mar. 2019a. DOI 10.3390/app9050989.

ZHANG, X.; ZHANG, H.; ZHANG, L.; ZHU, Y.; HU, F. Double-diamond model-based orientation guidance in wearable human machine navigation systems for blind and visually impaired people. **Sensors**, v. 19, n. 21, p. 4670, Oct. 2019b. DOI 10.3390/s19214670.

Apêndices

Apêndice A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação

Programa de Pós-Graduação em Design

Laboratório de Ergonomia e Interfaces

DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL:

Uma proposta de pesquisa e inovação

CÓDIGO _____

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(TERMINOLOGIA OBRIGATÓRIA EM ATENDIMENTO À RESOLUÇÃO 510/16 –CNS-MS)

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada **"DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: Uma proposta de pesquisa e inovação"**, que tem como objetivos 1 – Caracterizar a mobilidade de pessoas com deficiência visual; 2 - Avaliar a influência do design de diferentes dispositivos para mobilidade no desempenho da locomoção e detecção de obstáculos em testes de usabilidade através de atividades simuladas e 3 - Avaliar quais características do design dos dispositivos influenciam a interação entre produto e usuário bem como a satisfação do mesmo. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, se você aceitar fazer parte do estudo, por favor assine ao final deste documento.

A pesquisa consistirá na realização de atividades de mobilidade e preenchimento de questionários. Nenhum dos procedimentos será invasivo e não estão previstos riscos à sua saúde, tendo em vista que as atividades a serem realizadas nos testes fazem parte da sua rotina de mobilidade diária. Especificamente, no teste com o protótipo de dispositivo de mobilidade para pessoa com deficiência visual desenvolvido como parte deste projeto, este não implica em garantias de resultados positivos e melhora no desempenho da mobilidade do participante, uma vez que trata-se de teste de um dispositivo em desenvolvimento e não de um produto finalizado. Portanto, há o risco do protótipo não atender às suas expectativas. Como acompanhamento e assistência, em caso de dúvidas, você será totalmente esclarecido pelos responsáveis da pesquisa antes e durante a realização do experimento, além da possibilidade de entrar em contato por um dos meios divulgados abaixo. Os custos para o desenvolvimento desta pesquisa são cobertos pelos pesquisadores e nenhum valor lhe será cobrado. Havendo eventuais custos decorrentes da pesquisa, você tem garantia de ressarcimento. Este "Termo de Consentimento Livre e Esclarecido" atende a Resolução 510/16-CNS-MS e o "Código de Deontologia do Ergonomista Certificado – Norma ERG BR 1002 – ABERGO".

Eu, _____,

RG _____ - SSP/_____, estando ciente das informações acima lidas, concordo em participar da pesquisa **"DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: Uma proposta de pesquisa e inovação"** e entendo que as informações cedidas por mim são confidenciais, autorizando a sua divulgação no meio científico e acadêmico de forma anônima e global, tendo a minha identidade totalmente preservada. Estou ciente de que sou voluntário e, portanto, não receberei nenhum benefício por participar desta pesquisa, bem como não terei ônus algum. Tenho total liberdade para aceitar ou recusar fazer parte deste estudo e sei que a minha recusa, em qualquer momento do experimento, não acarretará nenhum prejuízo para mim.

() Gostaria de ter acesso aos resultados desta pesquisa através do contato _____.

Bauru, _____ de _____ de 20____.

Assinatura do(a) voluntário(a)

Aline Darc Piculo dos Santos

Prof. Dr. Fausto Orsi Medola

Aline Darc Piculo dos Santos
Doutoranda em Design
aline.darc@unesp.br
(14) 9 9798-8489

Laboratório de Ergonomia e Interfaces
PPGDesign – FAAC – UNESP
Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01
Bauru – SP - CEP.: 17033-360
Telefone: (14) 3103 8000

Prof. Dr. Fausto Orsi Medola
Professor Orientador
fausto.medola@unesp.br
(14) 9 9152-4715

Apêndice B - Autorização para realização dos estudos na instituição






Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
 Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação
 Programa de Pós-graduação em Design

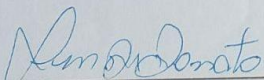
TERMO DE AUTORIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO

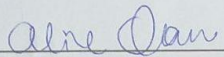
Eu, INÊS MARGA DI DONATO
 responsável pela instituição San Escala Santa Luzia + Cegos
 declaro que estou ciente da metodologia a ser desenvolvida e de acordo com a realização do projeto de pesquisa intitulado **"DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: Uma proposta de pesquisa e inovação"**, firmado sob a responsabilidade da pesquisadora Aline Darc Piculo dos Santos, RG 48.200.043-0 - SSP/SP, do Programa de Pós-graduação em Design, da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação (FAAC), da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), campus de Bauru, com a colaboração dos professores Fausto Orsi Medola (UNESP) e Anselmo Frizera Neto (Universidade Federal do Espírito Santo - UFES), que participam como orientador e co-orientador da pesquisa a ser realizada nesta instituição.

A pesquisadora responsável e os demais participantes declaram estar cientes das normas que envolvem as pesquisas com seres humanos, em especial às Resoluções 466/12-CNS-MS e 510/16-CNS-MS.

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação (FAAC) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) - campus de Bauru (Parecer nº 3.488.703).

Bauru, 16 de Setembro de 2019.


 Responsável pela instituição


 Aline Darc Piculo dos Santos

Aline Darc Piculo dos Santos
 Doutoranda em Design
 (14) 99798-8489
 aline.darc@unesp.br

Laboratório de Ergonomia e Interfaces
 PPGDesign – FAAC – UNESP
 Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01
 Bauru – SP - CEP.: 17033-360
 Telefones: (14) 3103 6143

Anselmo Frizera Neto
 Professor Co-orientador
 frizera@ieee.org

Fausto Orsi Medola
 Professor Orientador
 fausto.medola@unesp.br

Apêndice C - Protocolo de caracterização da amostra – estudo 1



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação
Programa de Pós-graduação em Design
DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: Uma proposta de pesquisa e inovação

PROTOCOLO DE CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS, ANTROPOMÉTRICAS E PESSOAIS

1. Nome: _____
2. Telefone ou e-mail: _____
3. Data de Nascimento: ____/____/____
4. Gênero: ☐ Feminino ☐ Masculino
5. Lateralidade: ☐ Canhoto ☐ Destro ☐ Ambidestro
6. Peso: _____ (kg)
7. Altura: _____ (m)
8. Em que município você reside? _____ Há quanto tempo? _____
9. Qual é o seu nível de escolaridade?

☐ Analfabeto	☐ Ensino Fundamental Incompleto
☐ Ensino Fundamental Completo	☐ Ensino Médio Incompleto
☐ Ensino Médio Completo	☐ Ensino Superior Incompleto
☐ Ensino Superior Completo	☐ Pós-Graduação
10. Qual é o seu estado civil?

☐ Solteiro (a)	☐ Casado (a)
☐ Vive com companheiro (a)	☐ Separado (a)
☐ Viúvo (a)	
11. Qual é o tipo de moradia que você vive?

☐ Apartamento próprio	☐ Casa própria	☐ Alojamento
☐ Apartamento alugado	☐ Casa alugado	
12. Com quem você mora?

☐ Sozinho
☐ Familiares: _____
☐ Outras pessoas: _____
13. Existe(m) alguma(s) adaptação(ões) na sua residência?

☐ Sim. Qual/is? _____
--



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
 Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação
 Programa de Pós-graduação em Design
DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: Uma proposta de pesquisa e inovação

☐ Não

14. Qual a sua principal fonte de renda? _____

15. Você possui *smartphone*?

☐ Sim. Qual o sistema operacional? ☐ Android ☐ iOS

☐ Não

16. Com que frequência você utiliza *smartphone*?

☐ Nunca ☐ Às vezes ☐ Frequentemente ☐ Sempre

17. Para qual função você mais utiliza *smartphone*? _____

18. Você utiliza redes sociais?

☐ Sim. Quais? _____

☐ Não. Por quê? _____

DIAGNÓSTICO

1. Qual o seu grau de visão atualmente?

☐ Baixa Visão ☐ Cegueira parcial ☐ Cegueira total

2. Qual foi a causa da deficiência visual? _____

3. Há quanto tempo você possui a deficiência visual? ____ anos ____ meses

4. Existe(m) outra(s) pessoa(s) com deficiência visual na sua família?

☐ Sim. Qual o grau de parentesco? _____

☐ Não.

SAÚDE E ESTILO DE VIDA

1. Você toma algum medicamento? (ex: diabetes, hipertensão, etc)

☐ Sim. Quais? _____

☐ Não

2. Ao realizar as tarefas do dia a dia, com que frequência você costuma ficar cansado(a)?

☐ Nunca ☐ Às vezes ☐ Frequentemente ☐ Sempre

3. A que horas você costuma dormir? _____

4. A que horas você costuma acordar? _____



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
 Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação
 Programa de Pós-graduação em Design
DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: Uma proposta de pesquisa e inovação

5. Você fuma?
☐ Não ☐ Sim. Cigarros por dia: _____
6. Você ingere bebidas alcoólicas?
☐ Não ☐ Sim. Com que frequência: _____
7. Em média, quantas horas de um dia típico você costuma ficar sentado/a? _____
8. Atualmente você faz alguma atividade física (exercícios, esporte e dança)?
☐ Não. Por quê? _____
☐ Sim Quais? _____

Atividades praticadas	Frequência semanal	Tempo diário

SEGURANÇA E ACESSIBILIDADE

1. Conhece técnicas de Orientação e Mobilidade? ☐ Sim ☐ Não
2. Com que frequência você costuma utilizar bengala no seu dia a dia?
☐ Nunca ☐ Às vezes ☐ Frequentemente ☐ Sempre
3. Há quanto tempo utiliza a bengala como meio de locomoção e navegação? _____
4. Na sua opinião, quais as principais desvantagens da bengala?

5. O que você melhoraria ou gostaria que a bengala tivesse?

6. Com que frequência você possui independência para caminhar no dia a dia?
☐ Nunca ☐ Às vezes ☐ Frequentemente ☐ Sempre
 Por quê? Por favor elabore. _____
7. Com que frequência você se sente seguro ao caminhar na rua?
☐ Nunca ☐ Às vezes ☐ Frequentemente ☐ Sempre
 Por quê? Por favor elabore. _____
8. Na sua opinião, qual a condição de acessibilidade e infraestrutura:
 a) No seu lar: ☐ Ruim ☐ Regular ☐ Boa ☐ Muito Boa



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
 Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação
 Programa de Pós-graduação em Design
DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: Uma proposta de pesquisa e inovação

- b) No seu bairro: ☐ Ruim ☐ Regular ☐ Boa ☐ Muito Boa
- c) Áreas de lazer: ☐ Ruim ☐ Regular ☐ Boa ☐ Muito Boa
- d) Áreas comerciais: ☐ Ruim ☐ Regular ☐ Boa ☐ Muito Boa
- e) Transporte público: ☐ Ruim ☐ Regular ☐ Boa ☐ Muito Boa

9. Quais são as principais dificuldades para sua locomoção no dia a dia?

10. Quais tipos de obstáculos você encontra diariamente?

11. Você utiliza algum produto/dispositivo para auxiliar no dia-a-dia (além da bengala)?

- ☐ Sim. Qual/is? _____
- ☐ Não.

PREFERÊNCIAS

Imagine que exista um produto que detecta obstáculos ao seu redor

1. Qual tipo de sinal você prefere que seja transmitido:
 - ☐ Sonoro - Bipe
 - ☐ Sonoro - Comando de voz
 - ☐ Tátil - vibração
 - ☐ Sonoro e Tátil
2. A que distância você prefere que lhe seja informado sobre os obstáculos:
 - ☐ menos de 1m
 - ☐ entre 1m e 2m
 - ☐ entre 2m e 3m
 - ☐ acima de 3m

Apêndice D - Protocolo Perfil do Impacto da Deficiência Visual



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação
Programa de Pós-graduação em Design
DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: Uma proposta de pesquisa e inovação

Perfil do Impacto da Deficiência Visual

*Baseado em Impact of Vision Impairment Profile (IVI) ©
version Very Low Vision (VLV)
Centre for Eye Research Australia (CERA)*

INSTRUÇÕES

Por favor preste atenção em cada questão e indique a resposta que melhor se aplica a você.

O quanto a sua deficiência visual INTERFERE com as seguintes atividades:

	Nem um pouco	Um pouco	Algumas vezes	Muito	Não faço isso por outros motivos	
1. Cuidar da sua aparência no geral (rostro, cabelo, roupas etc.)	3	2	1	0	8	AVDMS
2. Abrir uma embalagem? (por exemplo, de alimento, medicamentos)	3	2	1	0	8	AVDMS
3. Acessar informação que você precisa?	3	2	1	0	8	AVDMS
4. Manipular dinheiro?	3	2	1	0	8	AVDMS
5. Participar de atividades recreativas como caminhada, por exemplo?	3	2	1	0	8	AVDMS
6. Circular/navegar em ambientes conhecidos?	3	2	1	0	8	AVDMS
7. Circular/navegar em ambientes desconhecidos?	3	2	1	0	8	AVDMS
8. Viajar ou utilizar o transporte público?	3	2	1	0	8	AVDMS
9. Andar em terreno desnivelado?	3	2	1	0	8	AVDMS

10. Atravessar a rua? 3 2 1 0 8 AVDMS

Com que frequência você se PREOCUPA com:

	Nem um pouco	Um pouco	Algumas vezes	Muitas vezes	
11. Sua segurança geral ao se locomover em casa?	3	2	1	0	AVDMS
12. Derramar ou quebrar coisas?	3	2	1	0	AVDMS
13. Queimar a si próprio(a)?	3	2	1	0	AVDMS
14. Cair?	3	2	1	0	AVDMS
15. Sua segurança geral quando você está fora de casa?	3	2	1	0	AVDMS
16. Descer degraus ou escadas?	3	2	1	0	AVDMS

Pense o quanto você já se SENTIU em determinada situação por causa da sua deficiência.

	Nem um pouco	Um pouco	Algumas vezes	Muitas vezes	
25. Com que frequência a sua deficiência te impede de fazer algo que você quer?	3	2	1	0	BEE
26. Com que frequência você precisa de ajuda de alguma pessoa?	3	2	1	0	BEE
28. O quanto a sua deficiência interfere na sua vida diária em geral?	3	2	1	0	BEE

Apêndice E - Roteiro de entrevista com profissional de Orientação & Mobilidade

Qual a sua formação?

Há quanto tempo você trabalha com a mobilidade de pessoas com deficiência visual?

Você pode explicar como é o curso de locomoção? Qual o tempo de duração?

Que tipo de atividades os alunos mais gostam de fazer ao ar livre?

Como você avalia o processo de aprendizagem no uso das bengalas, do início até a independência?

Na sua opinião, quais são os principais desafios e dificuldades para alcançar a independência na mobilidade?

Quais são as principais dificuldades que você observa na mobilidade dos usuários de bengala branca? (Quais são as situações mais problemáticas?)

Que tipos de obstáculos são mais encontrados? (Quais objetos na altura da cabeça são mais confrontados?)

Como você avalia a bengala branca como dispositivo de auxílio à mobilidade?

Como você observa o uso de tecnologia pelas pessoas com deficiência visual?

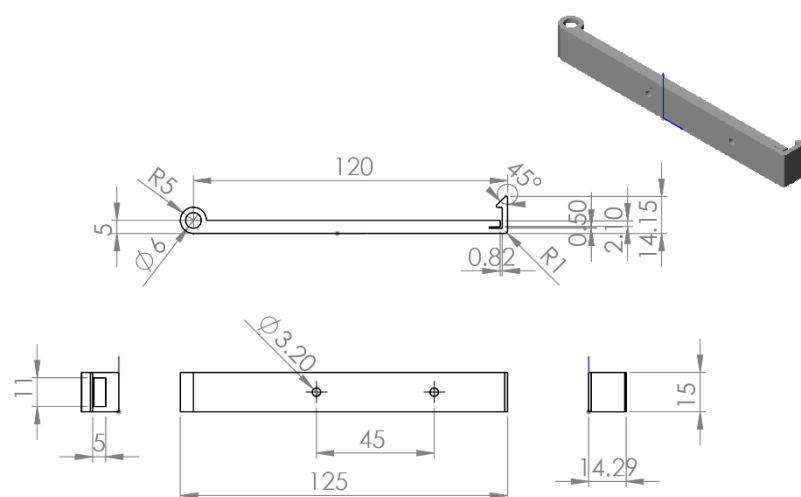
Na sua opinião, se um dispositivo identificasse obstáculos, qual seria a melhor maneira de avisar ao usuário? (através de comando de voz, sons ou vibração)

E qual seria a melhor distância para avisar sobre esses obstáculos? (mais próximo do usuário, mais longe ou conforme o usuário se aproximar)

Você gostaria de dar alguma sugestão do que poderia ser feito para melhorar a mobilidade de pessoas com deficiência visual?

Apêndice F - Estratégia de busca utilizada no PubMed

	Search terms	Records
#1	wearable*[Title/Abstract] OR "wearable assistive device"*[Title/Abstract] OR "wearable sensor"*[Title/Abstract] OR "wearable device"*[Title/Abstract] OR "wearable technolog"*[Title/Abstract] OR "body-worn"[Title/Abstract] OR "waist-worn"[Title/Abstract] OR "wrist-worn"[Title/Abstract] OR "hip-worn"[Title/Abstract] OR "ankle-worn"[Title/Abstract] OR "wearable electronic device"*[Title/Abstract]	13512
#2	wearable electronic devices[MeSH Terms]	11514
#3	[1] OR [2]	22942
#4	(mobility[Title/Abstract] OR navigat*[Title/Abstract] OR travel*[Title/Abstract] OR walk*[Title/Abstract] OR ambulation[Title/Abstract] OR orientation[Title/Abstract] OR gait[Title/Abstract] OR locomotion[Title/Abstract] OR wayfinding[Title/Abstract] OR "route following"[Title/Abstract] OR ((obstacle[Title/Abstract] OR object)[Title/Abstract] AND (avoid*[Title/Abstract] OR detect*[Title/Abstract] OR recognition))[Title/Abstract])	573,366
#5	(mobility limitation OR spatial navigation OR walking OR orientation OR orientation, spatial OR gait OR locomotion[MeSH Terms])	591,238
#6	[4] OR [5]	890,720
#7	((low*[Title/Abstract] OR handicap*[Title/Abstract] OR subnormal*[Title/Abstract] OR impair*[Title/Abstract] OR partial*[Title/Abstract] OR disab*[Title/Abstract] AND (vision[Title/Abstract] OR visual*[Title/Abstract] OR sight*[Title/Abstract] OR ((blind[Title/Abstract] OR "visual* impair*")[Title/Abstract] AND (people[Title/Abstract] OR person*[Title/Abstract] OR ((visual[Title/Abstract] OR vision)[Title/Abstract] AND disorder*[Title/Abstract] OR blind*[Title/Abstract]))	473,552
#8	(visually impaired persons OR blindness OR vision, low OR vision disorders[MeSH Terms])	103,917
#9	[7] OR [8]	501,546
#10	[3] AND [6] AND [9]	168

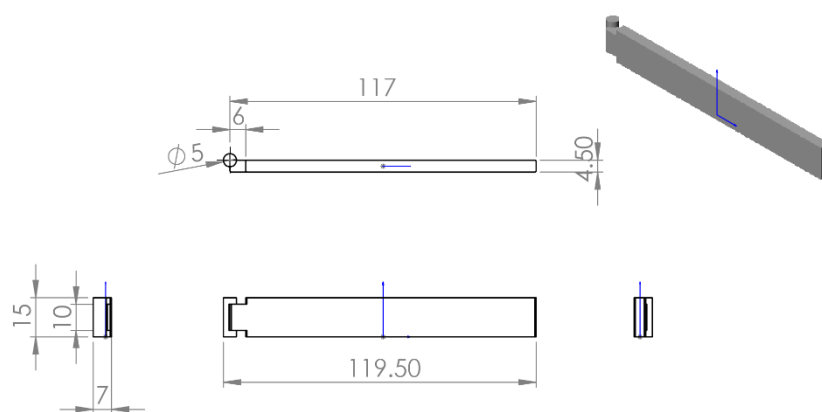
Apêndice G – Desenho técnico de clipe para fixação da câmera

TÍTULO: Clipe - peça A

ESCALA: 1:2

Dimensões em milímetros

MATERIAL: PLA ou ABS



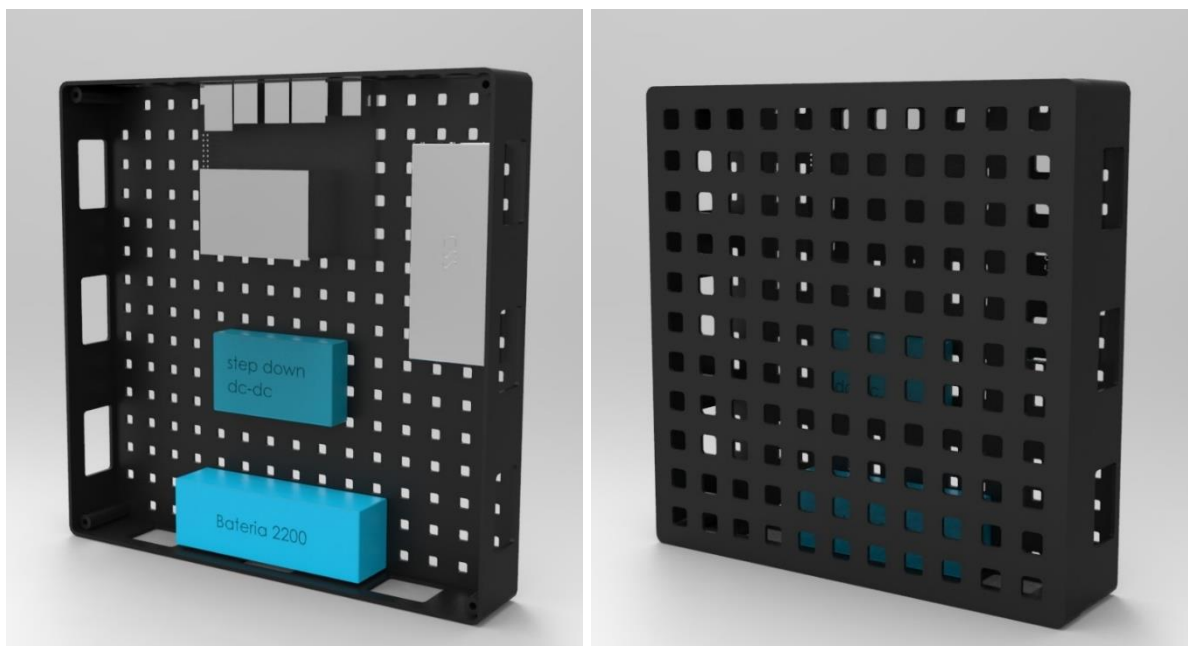
TÍTULO: Clipe - peça A

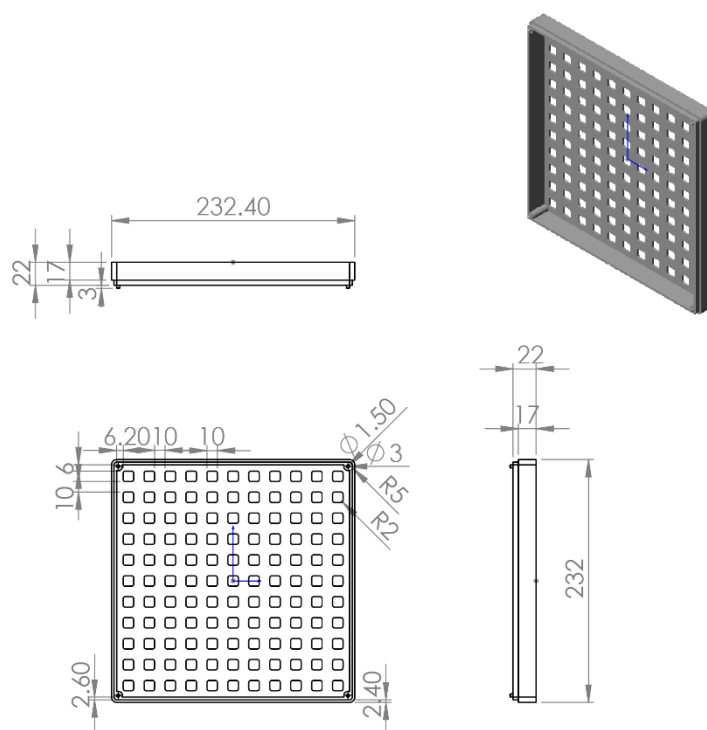
ESCALA: 1:2

Dimensões em milímetros

MATERIAL: PLA ou ABS

Apêndice H – Caixa para componentes – versão final



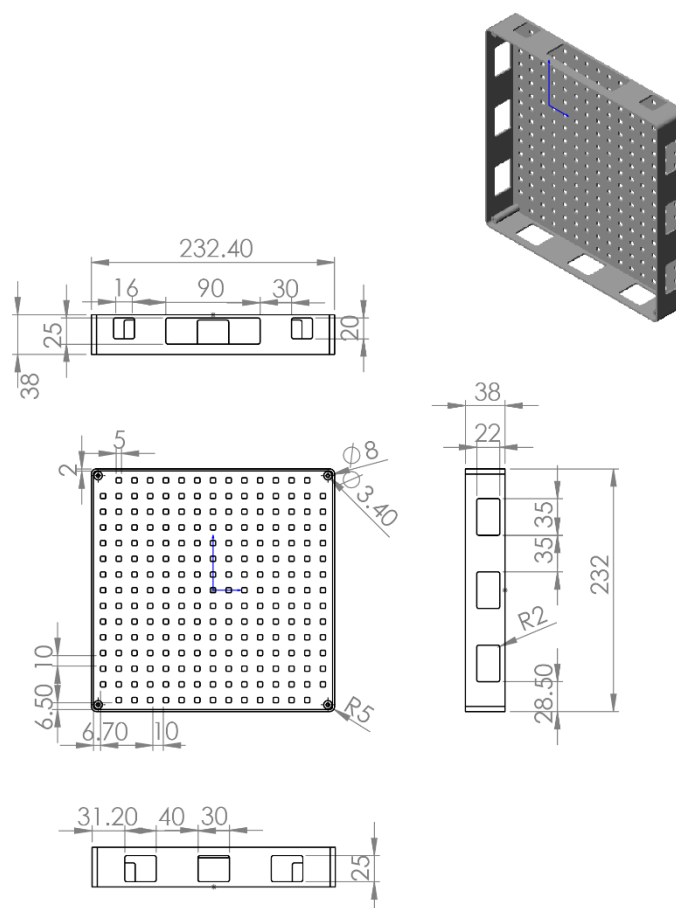


TÍTULO: Caixa - peça superior

ESCALA: 1:5

Dimensões em milímetros

MATERIAL: PLA ou ABS



TÍTULO: Caixa - peça inferior

ESCALA: 1:5

Dimensões em milímetros

MATERIAL: PLA ou ABS

Apêndice I – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – estudo 2



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL:
Uma proposta de pesquisa e inovação

CÓDIGO _____

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TERMINOLOGIA OBRIGATÓRIA EM ATENDIMENTO À RESOLUÇÃO 510/16 –CNS-MS)

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada **"DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: Uma proposta de pesquisa e inovação"**, que tem como objetivos 1 – Caracterizar a mobilidade de pessoas com deficiência visual; 2 - Avaliar a influência do design de diferentes dispositivos para mobilidade no desempenho da locomoção e detecção de obstáculos em testes de usabilidade através de atividades simuladas e 3 - Avaliar quais características do design dos dispositivos influenciam a interação entre produto e usuário bem como a satisfação do mesmo. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, se você aceitar fazer parte do estudo, por favor assine ao final deste documento.

A pesquisa consistirá na realização de atividades de mobilidade e preenchimento de questionários. Nenhum dos procedimentos será invasivo e não estão previstos riscos à sua saúde, tendo em vista que as atividades a serem realizadas nos testes fazem parte da sua rotina de mobilidade diária. Especificamente, no teste com o protótipo de dispositivo de mobilidade para pessoa com deficiência visual desenvolvido como parte deste projeto, este não implica em garantias de resultados positivos e melhora no desempenho da mobilidade do participante, uma vez que se trata de teste de um dispositivo em desenvolvimento e não de um produto finalizado. Portanto, há o risco de o protótipo não atender às suas expectativas. Como acompanhamento e assistência, em caso de dúvidas, você será totalmente esclarecido pelos responsáveis da pesquisa antes e durante a realização do experimento, além da possibilidade de entrar em contato por um dos meios divulgados abaixo. Os custos para o desenvolvimento desta pesquisa são cobertos pelos pesquisadores e nenhum valor lhe será cobrado. Havendo eventuais custos decorrentes da pesquisa, você tem garantia de ressarcimento. Este "Termo de Consentimento Livre e Esclarecido" atende à Resolução 510/16 CNS-MS e o "Código de Deontologia do Ergonomista Certificado – Norma ERG BR 1002 – ABERGO".

Eu, _____, estando ciente das informações acima lidas, concordo em participar da pesquisa **"DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: Uma proposta de pesquisa e inovação"** e entendo que as informações cedidas por mim são confidenciais, autorizando a sua divulgação no meio científico e acadêmico de forma anônima e global, tendo a minha identidade totalmente preservada. Estou ciente de que sou voluntário e, portanto, não receberei nenhum benefício por participar desta pesquisa, bem como não terei ônus algum. Tenho total liberdade para aceitar ou recusar fazer parte deste estudo e sei que a minha recusa, em qualquer momento do experimento, não acarretará nenhum prejuízo para mim.

() Gostaria de ter acesso aos resultados desta pesquisa através do contato _____.

Vitória, ____ de _____ de 2022.

Assinatura do(a) voluntário(a)

Aline Darc Piculo dos Santos
Pesquisadora Responsável

Aline Darc Piculo dos Santos
Doutoranda em Design
aline.darc@unesp.br
(14) 9 9798-8489

Prof. Dr. Fausto Orsi Medola
Professor Orientador
fausto.medola@unesp.br
(14) 9 9152-4715

Prof. Dr. Anselmo Frizera Neto
Professor Co-Orientador
anselmo.frizera-neto@ufes.br

Apêndice J - Termo de Autorização de Uso de Imagem



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CÓDIGO _____

DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL:
Uma proposta de pesquisa e inovação

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM

Eu, _____,

AUTORIZO o uso de minha imagem em todo e qualquer material entre fotos e vídeos para ser utilizada na Tese de Doutorado e todos os demais produtos resultados do projeto de pesquisa **"DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: Uma proposta de pesquisa e inovação"** desenvolvido pela Universidade Estadual Paulista (UNESP) e Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

A presente autorização é concedida a título gratuito, abrangendo o uso da imagem acima mencionada em todo território nacional e no exterior, das seguintes formas: (I) aulas, (II) congressos, (III) eventos científicos, (IV) palestras, (V) dissertações, (VI) teses, (VII) periódicos científicos e (VIII) relatórios científicos, não havendo identificação por nome ou qualquer outra forma. As fotografias, vídeos e gravações ficarão sob a propriedade da pesquisadora.

Por esta ser a expressão da minha vontade declaro que autorizo o uso acima descrito sem que nada haja a ser reclamado a título de direitos conexos à minha imagem ou a qualquer outro, e assino a presente autorização.

Vitória, _____ de _____ de 2022.

Assinatura

Aline Darc Piculo dos Santos
Pesquisadora Responsável
Doutoranda em Design
aline.darc@unesp.br
(14) 9 9798-8489

Prof. Dr. Fausto Orsi Medola
Professor Orientador
fausto.medola@unesp.br
(14) 9 9152-4715

Prof. Dr. Anselmo Frizera Neto
Professor Co-Orientador
anselmo.frizera-neto@ufes.br

Apêndice K - Protocolo de caracterização da amostra – estudo 2



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL:
Uma proposta de pesquisa e inovação

PROTOCOLO DE CARACTERIZAÇÃO

1. Código: _____
2. Gênero: _____
3. Idade: _____
4. Altura: _____
5. Peso: _____
6. Lateralidade: () Destro () Canhoto

Apêndice L - Ordem dos dispositivos e dos layouts utilizada nos experimentos

Ordem: Condição/Layout

Legenda: P – Protótipo; B – Bengala; C – Combo

S01 – P1P2; C2C1; B2B1

S02 – B2B1; C2C1; P1P2

S03 – P1P2; B1B2; C2C1

S04 – B1B2; C1C2; P1P2

S05 – P1P2; B2B1; C2C1

S06 – C2C1; B2B1; P2P1

S07 – B1B2; C2C1; P2P1

S08 – C1C2; B2B1; P2P1

S09 – C1C2; P1P2; B2B1

S10 – P1P2; C2C1; B1B2

Apêndice M - System Usability Scale (SUS) adaptado



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL:
Uma proposta de pesquisa e inovação

CÓDIGO _____

AVALIAÇÃO DE USABILIDADE

Observe com atenção o produto que você acabou de utilizar para realizar a atividade de locomoção e detecção de obstáculos. Com base na sua experiência utilizando o produto, assinale um ponto na escala indicando a sua concordância com as afirmações apresentadas.

	Discordo totalmente				Concordo totalmente
1. Se eu precisasse, eu acho que gostaria de usar esse produto frequentemente	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5
2. Eu achei esse produto desnecessariamente complexo	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5
3. Eu achei esse produto fácil de usar	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5
4. Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa técnica para ser capaz de usar esse produto	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5
5. Eu achei que as várias funções desse produto foram bem integradas	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5
6. Eu acho que esse produto apresenta muita inconsistência	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5
7. Eu imagino que a maioria das pessoas pode aprender a usar esse produto rapidamente	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5
8. Eu achei esse produto muito incômodo de usar	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5
9. Eu me senti muito confiante usando esse produto	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5
10. Eu precisei aprender muitas coisas antes que pudesse usar esse produto	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5

Referências:

Brooke J. SUS: a quick and dirty usability scale. In: Jordan PW, Thomas B, Weerdmeester BA, McClelland IL, editors. Usability evaluation in industry. London: Taylor & Francis; 1996.
Lourenço DF, Carmona EV, Lopes MHB. Translation and cross-cultural adaptation of the System Usability Scale to Brazilian Portuguese. Aquichan. 2022.

Apêndice N - NASA Task Load Index (TLX) adaptado



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CÓDIGO

DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: Uma proposta de pesquisa e inovação

AVALIAÇÃO DE EXPERIÊNCIA

Assinale um ponto na escala que melhor corresponde à **sua experiência** na realização da tarefa de locomoção e detecção de obstáculos.

1. Qual o grau de *exigência mental* necessário para realizar essa tarefa?



2. Qual o grau de *exigência física* necessário para realizar essa tarefa?



3. Qual o nível de *pressão* que você sentiu com relação ao *ritmo (tempo)* exigido para a execução dessa tarefa?



4. Quão bem *sucedido(a)* você foi em realizar a tarefa que lhe foi pedida?



5. Qual foi o grau de *esforço* (mental e físico) necessário para desempenhar essa atividade com sucesso?



6. Quão *inseguro(a)*, *desanimado*, *irritado*, *estressado* e *aborrecido* você se sentiu durante a realização dessa tarefa?



Adaptado de:
Nasa Task Load Index (TLX). Human Performance Research Group. NASA Ames Research Center.

1. Qual foi o grau de *difficuldade* que você sentiu para realizar essa tarefa?



2. Qual foi o nível de *segurança* que você sentiu ao realizar essa tarefa?



Apêndice O – Instruções para realização dos experimentos

A sua tarefa é caminhar em linha reta utilizando <o dispositivo>.

O percurso tem 18 metros e existem alguns obstáculos no caminho.

Quando você encontrar um obstáculo, evite tocá-lo com as mãos.

Desvie do obstáculo e continue o seu caminho.

Caminhe na sua velocidade preferida.

Fique à vontade para fazer comentários sobre as suas decisões.

Nós não poderemos dar nenhuma assistência até o final da tarefa, mas saiba que estaremos aqui para garantir a sua segurança.

Apêndice P – Análise estatística – Avaliação do protótipo

Variável: Tempo

	Bengala	NavWear	Bengala + NavWear
Mean	67.700	84.350	84.050
Std. Deviation	19.481	37.223	22.124
Shapiro-Wilk	0.967	0.905	0.952
P-value of Shapiro-Wilk	0.859	0.247	0.697
Minimum	38.500	37.000	48.000
Maximum	105.500	142.000	113.500

Teste de Esfericidade

	Mauchly's W	Approx. χ^2	df	p	Greenhouse-Geisser ϵ	Huynh-Feldt ϵ	Lower Bound ϵ
Dispositivo	0.592	4.199	2	0.122	0.710	0.805	0.500

ANOVA de medidas repetidas

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	ω^2
Dispositivo	1815.45	2	907.725	2.718	0.093	0.048
Residuals	6012.217	18	334.012			

Note. Type III Sum of Squares

Variável: Pontuação SUS

Pontuação total SUS

	Mean	SD
Bengala	81.250	11.502
NavWear	88.000	6.214

Teste pareado de Wilcoxon

Measure 1	Measure 2	W	z	df	p
Bengala	- NavWear	6.000	-2.191		0.031

Q1

Teste pareado de Wilcoxon

Measure 1	Measure 2	W	z	df	p
Bengala	- NavWear	3.000	-1.859		0.065

Q2**Teste pareado de Wilcoxon**

Measure 1		Measure 2	W	z	df	p
Bengala	-	NavWear	3.000	-1.214		0.233

Q3**Teste pareado de Wilcoxon**

Measure 1		Measure 2	W	z	df	p
Bengala	-	NavWear	4.000	0.535		0.773

Q4**Teste pareado de Wilcoxon**

Measure 1		Measure 2	W	z	df	p
Bengala	-	NavWear	2.000	-0.535		0.773

Q5**Teste pareado de Wilcoxon**

Measure 1		Measure 2	W	z	df	p
Bengala	-	NavWear	12.000	-0.840		0.407

Q6**Teste pareado de Wilcoxon**

Measure 1		Measure 2	W	z	df	p
Bengala	-	NavWear	24.500	0.237		0.856

Q7**Teste pareado de Wilcoxon**

Measure 1		Measure 2	W	z	df	p
Bengala	-	NavWear	0.000	-1.000		1.000

Q8**Teste pareado de Wilcoxon**

Measure 1		Measure 2	W	z	df	p
Bengala	-	NavWear	19.500	1.887		0.066

Q9**Teste pareado de Wilcoxon**

Measure 1		Measure 2	W	z	df	p
Bengala	-	NavWear	0.000	-2.201		0.034

	Mean	SD
Bengala	3.000	1.054
NavWear	4.000	0.943

Q10

Teste pareado de Wilcoxon

Measure 1	Measure 2	W	z	df	p
Bengala	- NavWear	NA ^a			

^a The variance in Q10 is equal to 0

Variável: Pontuação NASA-TLX

Demanda mental

	Bengala	NavWear	Bengala + NavWear
Mean	35.000	46.500	49.000
Std. Deviation	32.998	29.538	23.664
Shapiro-Wilk	0.896	0.886	0.978
p-value of Shapiro-Wilk	0.198	0.153	0.952
Minimum	0.000	0.000	10.000
Maximum	90.000	85.000	90.000

Teste de Esfericidade

	Mauchly's W	Approx. χ^2	df	p	Greenhouse-Geisser ϵ	Huynh-Feldt ϵ	Lower Bound ϵ
Dispositivo	0.990	0.081	2	0.960	0.990	1.000	0.500

ANOVA de medidas repetidas

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	ω^2
Dispositivo	1115.000	2	557.500	1.400	0.272	0.012
Residuals	7168.333	18	398.241			

Note. Type III Sum of Squares

Demanda física

	Bengala	NavWear	Bengala + NavWear
Mean	37.000	16.500	25.000
Std. Deviation	29.646	22.367	22.361
Shapiro-Wilk	0.940	0.714	0.899
p-value of Shapiro-Wilk	0.555	0.001	0.211
Minimum	0.000	0.000	0.000
Maximum	100.000	65.000	60.000

Teste de Friedman

Factor	Chi-Squared	df	<i>p</i>	Kendall's W
Dispositivo	5.879	2	0.053	0.294

Demanda temporal

	Bengala	NavWear	Bengala + NavWear
Mean	15.500	18.500	15.000
Std. Deviation	21.532	23.339	21.858
Shapiro-Wilk	0.773	0.791	0.739
p-value of Shapiro-Wilk	0.007	0.011	0.003
Minimum	0.000	0.000	0.000
Maximum	65.000	60.000	70.000

Teste de Friedman

Factor	Chi-Squared	df	<i>p</i>	Kendall's W
Dispositivo	0.063	2	0.969	0.003

Desempenho

	Bengala	NavWear	Bengala + NavWear
Mean	66.000	73.500	72.000
Std. Deviation	23.310	19.444	19.748
Shapiro-Wilk	0.817	0.895	0.920
p-value of Shapiro-Wilk	0.023	0.191	0.355
Minimum	25.000	30.000	30.000
Maximum	90.000	100.000	95.000

Teste de Friedman

Factor	Chi-Squared	df	<i>p</i>	Kendall's W
Dispositivo	1.086	2	0.581	0.054

Esforço

	Bengala	NavWear	Bengala + NavWear
Mean	51.000	40.000	49.500
Std. Deviation	34.944	24.381	26.082
Shapiro-Wilk	0.944	0.901	0.960
p-value of Shapiro-Wilk	0.600	0.226	0.781
Minimum	0.000	10.000	15.000
Maximum	100.000	80.000	95.000

Teste de Esfericidade

	Mauchly's W	Approx. χ^2	df	p	Greenhouse-Geisser ϵ	Huynh-Feldt ϵ	Lower Bound ϵ
Dispositivo	0.804	1.748	2	0.417	0.836	1.000	0.500

ANOVA de medidas repetidas

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	ω^2
Dispositivo	711.667	2	355.833	1.606	0.228	0.011
Residuals	3988.333	18				

Note. Type III Sum of Squares

Frustração

	Bengala	NavWear	Bengala + NavWear
Mean	34.000	26.000	19.500
Std. Deviation	35.575	32.813	28.328
Shapiro-Wilk	0.885	0.805	0.739
p-value of Shapiro-Wilk	0.150	0.017	0.003
Minimum	0.000	0.000	0.000
Maximum	100.000	90.000	90.000

Teste de Friedman

Factor	Chi-Squared	df	p	Kendall's W
Dispositivo	7.760	2	0.021	0.388

Comparação *post hoc* de Conover

		T-Stat	df	W_i	W_j	p	p_{bonf}
Bengala	NavWear	2.049	18	25.500	18.500	0.166	0.166
	Bengala + NavWear	2.781	18	25.500	16.000	0.037	0.037
NavWear	Bengala + NavWear	0.732	18	18.500	16.000	1.000	0.474

Variável: Percepção de segurança

	Bengala	NavWear	Bengala + NavWear
Median	2.500	4.000	5.000
Mean	2.800	3.900	4.500
Std. Deviation	0.919	0.568	0.850
Minimum	2.000	3.000	3.000
Maximum	4.000	5.000	5.000

Teste de Friedman

Factor	Chi-Squared	df	<i>p</i>	Kendall's W
Dispositivo	14.552	2	< .001	0.728

Comparação *post hoc* de Conover

		T-Stat	df	<i>W_i</i>	<i>W_j</i>	<i>p</i>	<i>p_{bonf}</i>
Bengala	NavWear	2.147	18	12.500	20.500	0.046	0.137
	Bengala + NavWear	3.891	18	12.500	27.000	0.001	0.003
NavWear	Bengala + NavWear	1.744	18	20.500	27.000	0.098	0.295

Variável: Percepção de dificuldade

	Bengala	NavWear	Bengala + NavWear
Median	3.000	2.000	2.000
Mean	2.800	2.200	2.000
Std. Deviation	1.135	1.033	0.943
Minimum	1.000	1.000	1.000
Maximum	5.000	4.000	4.000

Teste de Friedman

Factor	Chi-Squared	df	<i>p</i>	Kendall's W
Dispositivo	7.760	2	0.021	0.388

Comparação *post hoc* de Conover

		T-Stat	df	<i>W_i</i>	<i>W_j</i>	<i>p</i>	<i>p_{bonf}</i>
Bengala	NavWear	2.049	18	25.500	18.500	0.055	0.166
	Bengala + NavWear	2.781	18	25.500	16.000	0.012	0.037
NavWear	Bengala + NavWear	0.732	18	18.500	16.000	0.474	1.000

Apêndice Q – Protocolo de Diferencial Semântico Bengala + NavWear



DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL:
 Uma proposta de pesquisa e inovação

Avaliação da percepção sobre produtos e usuários

Olá!

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada "DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: Uma proposta de pesquisa e inovação", que tem como objetivos:

- 1 - Caracterizar a mobilidade de pessoas com deficiência visual;
- 2 - Avaliar a influência do design de diferentes dispositivos para mobilidade no desempenho da locomoção e detecção de obstáculos em testes de usabilidade através de atividades simuladas;
- 3 - Avaliar quais características do design dos dispositivos influenciam a interação entre produto e usuário.

Esta pesquisa é de caráter acadêmico, sob responsabilidade da doutoranda Aline Darc Piculo dos Santos (aline.darc@unesp.br) e orientação do Prof. Dr. Fausto Orsi Medola, do Programa de Pós-graduação em Design da UNESP-Bauru.

Este questionário tem como objetivo investigar quais aspectos estéticos e simbólicos de um produto influenciam a percepção sobre seu usuário.

A pesquisa consistirá no preenchimento deste questionário, que tem duração estimada de aproximadamente 5 minutos.

Nenhum dos procedimentos será invasivo e não estão previstos riscos à sua saúde.

As informações cedidas neste questionário são confidenciais, e você autoriza a sua divulgação no meio científico e acadêmico de forma global e anônima, tendo a sua identidade totalmente preservada.

Você está ciente de que é voluntário(a) neste estudo e, portanto, não receberá nenhum benefício por participar desta pesquisa, bem como não terá ônus algum.

Você tem total liberdade para aceitar ou recusar fazer parte deste estudo e sua recusa, em qualquer momento do experimento, não acarretará nenhum prejuízo.

Em caso de dúvidas, você pode entrar em contato com a pesquisadora responsável através do e-mail: aline.darc@unesp.br

Este "Termo de Consentimento Livre e Esclarecido" atende a Resolução 510/16-CNS-MS e o "Código de Deontologia do Ergonomista Certificado – Norma ERG BR 1002 – ABERGO".

aline.darc@unesp.br [Alternar conta](#)

 Não compartilhado

* Indica uma pergunta obrigatória

Estando ciente das informações acima lidas, você aceita participar deste estudo? *

☐ Sim

☐ Não

Próxima Página 1 de 5 [Limpar formulário](#)

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este formulário foi criado em Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". [Denunciar abuso](#)

Google Formulários



DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL:
Uma proposta de pesquisa e inovação

Avaliação da percepção sobre produtos e usuários

aline.darc@unesp.br [Alternar conta](#)

🔒 Não compartilhado

* Indica uma pergunta obrigatória

Protocolo de caracterização pessoal

Lembrando que os dados coletados são confidenciais e sua identidade será totalmente preservada

Idade *

Sua resposta

Gênero *

☐ Feminino
☐ Masculino
☐ Prefiro não dizer
☐ Outro:

Formação acadêmica *

Sua resposta

Voltar Próxima Página 2 de 5 Limpar formulário

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este formulário foi criado em Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". [Denunciar abuso](#)

Google Formulários



DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL:
Uma proposta de pesquisa e inovação

Avaliação da percepção sobre produtos e usuários

aline.darc@unesp.br [Alternar conta](#)

🔒 Não compartilhado

* Indica uma pergunta obrigatória

Protocolo de avaliação semântica - C

Observe com atenção a imagem a seguir.

Considerando o **USUÁRIO**, isto é, a **pessoa utilizando o produto**, marque seu julgamento (sua opinião) com relação a cada par de adjetivo apresentado.

Assinale apenas um único ponto em cada uma das escalas, considerando que **quanto mais próximo de uma característica, maior sua concordância com a mesma** e menor sua concordância com a característica oposta.



Enfermo/Saudável *

1 2 3 4 5 6 7
Enfermo ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Saudável

Confiante/Inseguro *

1 2 3 4 5 6 7
Confiante ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Inseguro

Lento/Ágil *

1 2 3 4 5 6 7
Lento ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Ágil

Independente/Dependente *

1 2 3 4 5 6 7
Independente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Dependente

Vulnerável/Forte *

1 2 3 4 5 6 7
Vulnerável ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Forte

Sociável/Antissocial *

1 2 3 4 5 6 7
Sociável ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Antissocial

[Voltar](#)[Próxima](#)Página 3 de 5 [Limpar formulário](#)

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este formulário foi criado em Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". [Denunciar abuso](#)

Google Formulários



DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL:
 Uma proposta de pesquisa e inovação

Avaliação da percepção sobre produtos e usuários

aline.darc@unesp.br [Alternar conta](#)

🔒 Não compartilhado

* Indica uma pergunta obrigatória

Protocolo de caracterização pessoal

Você conhece alguém que utiliza ou já utilizou alguma **tecnologia assistiva**? *

**Produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivem promover a funcionalidade, relacionada à atividade e à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social.*

☐ Sim
☐ Não

Você conhece alguém que utiliza **bengala longa**? *

**Dispositivo de auxílio à mobilidade e orientação utilizado por pessoas com baixa visão e/ou cegueira.*

☐ Sim
☐ Não

Voltar Próxima Página 4 de 5 Limpar formulário

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este formulário foi criado em Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". [Denunciar abuso](#)

Google Formulários



DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL:
 Uma proposta de pesquisa e inovação

Avaliação da percepção sobre produtos e usuários

aline.darc@unesp.br [Alternar conta](#)

🔒 Não compartilhado

Obrigada pela sua participação!

Ficou com alguma dúvida ou tem alguma sugestão?

Elas são muito bem-vindas! Mande um e-mail para aline.darc@unesp.br

Se você gostaria de ter acesso aos resultados desta pesquisa, por favor preencha seu e-mail abaixo

Sua resposta

Voltar **Enviar** Página 5 de 5 Limpar formulário

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este formulário foi criado em Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". [Denunciar abuso](#)

Apêndice R – QR Codes



Apêndice S – Análise estatística – Avaliação sobre o usuário

Par Enfermo/Saudável

Dispositivo	Mean	SD	N	Median	Minimum	Maximum	<i>p</i> -value of Shapiro-Wilk
Bengala	5.000	1.927	36	5.000	1.000	7.000	< .001
Bengala + NavWear	6.088	1.401	34	6.500	1.000	7.000	< .001
NavWear	5.789	1.398	38	6.000	2.000	7.000	< .001

Teste de Kruskal-Wallis

Factor	Statistic	df	<i>p</i>
Dispositivo	6.826	2	0.033

Teste de Dunn – comparação *post hoc*

Comparison		<i>z</i>	<i>W_i</i>	<i>W_j</i>	<i>p</i>	<i>p_{bonf}</i>
Bengala	Bengala + NavWear	-2.584	44.694	63.191	0.005	0.015
	NavWear	-1.626	44.694	56.013	0.052	0.156
Bengala + NavWear	NavWear	1.016	63.191	56.013	0.155	0.465

Par Inseguro/Confiante

Dispositivo	Mean	SD	N	Median	Minimum	Maximum	<i>p</i> -value of Shapiro-Wilk
Bengala	4.861	1.959	36	5.000	1.000	7.000	< .001
Bengala + NavWear	4.647	2.102	34	5.000	1.000	7.000	< .001
NavWear	4.237	1.951	38	4.000	1.000	7.000	0.002

Teste de Kruskal-Wallis

Factor	Statistic	df	<i>p</i>
Dispositivo	1.990	2	0.370

Par Lento/Ágil

Dispositivo	Mean	SD	N	Median	Minimum	Maximum	<i>p</i> -value of Shapiro-Wilk
Bengala	3.806	1.327	36	4.000	1.000	7.000	0.030
Bengala + NavWear	3.941	1.347	34	4.000	1.000	7.000	0.182
NavWear	3.816	1.625	38	4.000	1.000	7.000	0.029

Teste de Kruskal-Wallis

Factor	Statistic	df	<i>p</i>
Dispositivo	0.305	2	0.859

Par Independente/Dependente

Dispositivo	Mean	SD	N	Median	Minimum	Maximum	<i>p</i> -value of Shapiro-Wilk
Bengala	4.972	1.934	36	5.000	1.000	7.000	< .001
Bengala + NavWear	4.853	1.941	34	6.000	1.000	7.000	< .001
NavWear	4.658	2.172	38	5.000	1.000	7.000	< .001

Teste de Kruskal-Wallis

Factor	Statistic	df	<i>p</i>
Dispositivo	0.407	2	0.816

Par Vulnerável/Forte

Dispositivo	Mean	SD	N	Median	Minimum	Maximum	<i>p</i> -value of Shapiro-Wilk
Bengala	3.889	1.953	36	4.000	1.000	7.000	0.017
Bengala + NavWear	4.559	1.727	34	5.000	1.000	7.000	0.045
NavWear	4.658	1.564	38	5.000	1.000	7.000	0.011

Teste de Kruskal-Wallis

Factor	Statistic	df	<i>p</i>
Dispositivo	3.502	2	0.174

Par Antissocial/Sociável

Dispositivo	Mean	SD	N	Median	Minimum	Maximum	<i>p</i> -value of Shapiro-Wilk
Bengala	5.111	1.469	36	5.000	2.000	7.000	0.006
Bengala + NavWear	5.500	1.762	34	6.000	1.000	7.000	< .001
NavWear	4.474	1.871	38	4.500	1.000	7.000	0.009

Teste de Kruskal-Wallis

Factor	Statistic	df	<i>p</i>
Dispositivo	6.737	2	0.034

Teste de Dunn – comparação *post hoc*

Comparison		<i>z</i>	<i>W_i</i>	<i>W_j</i>	<i>p</i>	<i>p_{bonf}</i>
Bengala	Bengala + NavWear	-1.257	54.958	64.191	0.104	0.313
	NavWear	-1.339	54.958	45.395	0.090	0.271
Bengala + NavWear	NavWear	2.593	64.191	45.395	0.005	0.014

Anexos

Anexo A - Parecer Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da UNESP-Bauru



MINISTÉRIO DA SAÚDE - Conselho Nacional de Saúde - Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP
PROJETO DE PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS

Projeto de Pesquisa: DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: Uma proposta de pesquisa e inovação.			
Informações Preliminares			
Responsável Principal			
CPF/Documento: 408.404.708-27	Nome: ALINE DARC PICULO DOS SANTOS		
Telefone: 14997988489	E-mail: alinedarops@gmail.com		
Instituição Proponente			
CNPJ: 48.031.918/0029-25	Nome da Instituição: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO		
É um estudo internacional? Não			
Equipe de Pesquisa			
CPF/Documento	Nome		
099.374.517-28	Anselmo Frizera Neto		
302.313.068-06	FAUSTO ORSI MEDOLA		
Área de Estudo			
Grandes Áreas do Conhecimento (CNPq)			
● Grande Área 8. Ciências Sociais Aplicadas			
Título Público da Pesquisa: DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: Uma proposta de pesquisa e inovação.			
Contato Público			
CPF/Documento	Nome	Telefone	E-mail
408.404.708-27	ALINE DARC PICULO DOS SANTOS	14997988489	alinedarops@gmail.com
Contato Científico: ALINE DARC PICULO DOS SANTOS			

Data de Submissão do Projeto: 28/06/2019

Nome do Arquivo: PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1367056.pdf

Versão do Projeto: 2

Desenho de Estudo / Apoio Financeiro

Desenho:

Revisão de literatura.
 Estudo de caracterização da mobilidade de pessoas com deficiência visual.
 Desenvolvimento do protótipo.
 Preparação de materiais e procedimentos metodológicos para realização da coleta.
 Recrutamento e convocação dos voluntários. Assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.
 Coleta de Dados.
 Processamento e análise dos dados.
 Consulta à agência de inovação para verificação do potencial de patente.
 Apresentação e discussão dos resultados.

Apoio Financeiro

CNPJ	Nome	E-mail	Telefone	Tipo
				Financiamento Próprio

Palavra Chave

Palavra-chave
Tecnologia Assistiva
Deficiência Visual
Mobilidade
Design
Wearable

Detalhamento do Estudo

Resumo:

A visão é uma grande aliada no processo de locomoção e sua ausência influencia o controle motor, aumentando os riscos de acidentes e fazendo-se necessário o uso de Tecnologias Assistivas (TAs) para obter uma mobilidade eficiente com segurança e autonomia. O Design e a Ergonomia desempenham um importante papel no desenvolvimento de TAs, contribuindo em aspectos da interface com o usuário - como eficiência e satisfação - além da inovação. A bengala branca tradicional, embora comumente utilizada, não detecta obstáculos acima da linha da cintura, colocando em risco os seus usuários. Estudos indicam um crescente interesse no desenvolvimento de soluções para o problema da mobilidade de pessoas com deficiência visual; entretanto, a maioria aborda apenas os aspectos funcionais dos dispositivos. Poucos são os estudos abordando os aspectos relacionados à interação entre usuário e dispositivo, o que pode influenciar a aceitação e a satisfação com o produto. Desta forma, faz-se necessário investigar quais características influenciam o desempenho assim como a percepção sobre os dispositivos e seus usuários, e como isso afeta a satisfação e a inclusão social da pessoa com deficiência visual. Este estudo tem como objetivo desenvolver e avaliar um novo design de dispositivo para mobilidade de pessoas com deficiência visual. Os procedimentos envolvem avaliações com sujeitos videntes e com deficiência visual que realizarão atividades de mobilidade com o protótipo e a bengala branca em um percurso com obstáculos. Serão avaliadas as variáveis dependentes velocidade de caminhada e detecção de obstáculos e percepções com relação à interação dos usuários com os dispositivos. Espera-se, com este estudo, contribuir para a inovação e usabilidade na produção de dispositivos para mobilidade de pessoas com deficiência visual que favoreçam a navegação e aceitação dos usuários.

Introdução:

A deficiência visual é a deficiência mais frequente no Brasil, representando cerca de aproximadamente um quinto da população brasileira, segundo dados do último Censo Demográfico (IBGE, 2011). A Organização Mundial da Saúde estima que 65% da população mundial com deficiência visual tem mais de 50 anos (WHO, 2014) e segundo Fernandes et al. (2019), essa porcentagem tende a crescer nas próximas décadas. Dentre as muitas dificuldades que a pessoa com deficiência visual enfrenta diariamente, destaca-se a habilidade de se orientar e locomover com segurança e independência. A mobilidade é um aspecto essencial para a qualidade de vida, e sua restrição tem sido associada ao comprometimento da saúde geral e menor participação social (JOHNSON et al., 2008; WARMS et al., 2007). Embora seja necessário o uso de Tecnologias Assistivas (TA) para obter uma mobilidade eficiente, observa-se resistência por parte dos usuários, que pode ser explicada por diversos fatores como a baixa eficiência, a dificuldade de uso ou o estigma associado às TAs disponíveis. A bengala branca é o dispositivo para mobilidade mais comumente utilizado devido ao seu custo acessível, leveza e detecção de obstáculos no chão; entretanto, ela não detecta obstáculos acima da linha da cintura, representando riscos de colisão e acidentes (PATIL; JAWADWALA; SHU, 2018). Além disso, a bengala branca é vista como elemento identificador da deficiência visual e o estigma causado por isso pode influenciar o abandono da TA. Logo, entender quais fatores influenciam o estigma percebido com relação ao usuário de bengala pode auxiliar no desenvolvimento de dispositivos com maior aceitabilidade por parte dos usuários. Para melhorar a mobilidade da pessoa com deficiência visual, muitos estudos têm focado no desenvolvimento de dispositivos de navegação eletrônica (ETAs - Electronic Travel Aids), que são disponíveis em versões portáteis, bengalas inteligentes e sistemas vestíveis (wearables) (GAO et al., 2015; JEONG; YU, 2016; PATIL; JAWADWALA; SHU, 2018; KATZSCHMANN et al., 2018). Motta et al. (2017) destacam a integração entre ETAs e tecnologias de informação e comunicação como computação em nuvem, internet das coisas e smartphone. Os autores destacam que uma nova geração de ETAs pode oferecer informações mais precisas e confiáveis sobre o ambiente ao explorar múltiplas fontes de informações e canais de comunicação, facilitando a mobilidade de seus usuários e melhorando significativamente a qualidade de vida. As diretrizes estabelecidas pelo Plano de Ação 2014-2021 da OMS e pela 3a. Conferência Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência ressaltam a necessidade de investimentos em pesquisas no campo da Tecnologia Assistiva. Bhowmick e Hazarika (2017) destacam que TA para pessoas com deficiência visual é um campo de pesquisa relevante que tem ganhado crescente interesse além de ter um grande impacto social devido ao envelhecimento da população e ao crescimento da população oega. Diretrizes globais e nacionais foram criadas incentivando pesquisas e investimentos no desenvolvimento de recursos e serviços de TA como o Plano de Ação 2014-2021 da OMS e a 3a. Conferência Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência (BRASILIA, 2013; WHO, 2015). Em um estudo prévio, foi observado um crescente interesse na produção de TAs para mobilidade voltadas para pessoas com deficiência visual no Brasil (SANTOS et al., 2018). Entretanto, até o momento, a maioria dos

Data de Submissão do Projeto: 28/05/2019

Nome do Arquivo: PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1367056.pdf

Versão do Projeto: 2

estudos sobre a mobilidade de pessoas com deficiência visual abordam somente a funcionalidade dos dispositivos. Poucos são os estudos abordando aspectos envolvendo a interação e a satisfação do usuário com estes produtos. Este projeto tem como objetivo desenvolver e avaliar uma nova proposta de dispositivo para mobilidade visando favorecer a independência, navegação e satisfação da pessoa com deficiência visual. Para isso, pretende-se avaliar a eficiência do dispositivo desenvolvido comparando com a bengala branca tradicional através da análise do desempenho na orientação, mobilidade e detecção de obstáculos. Serão analisadas, também, as funções estéticas e simbólicas dos produtos, bem como a percepção dos participantes com relação à usabilidade de cada dispositivo. Desta forma, espera-se gerar diretrizes de projeto para a inovação no design de dispositivos para mobilidade de pessoas com deficiência visual, além de contribuir no âmbito do Design Ergonômico e da Tecnologia Assistiva.

Hipótese:

As hipóteses deste projeto são: 1) A mobilidade da pessoa com deficiência visual apresenta características distintas da população geral em termos de quantidade e padrão de movimento; 2) Um novo design de dispositivo para mobilidade de pessoas com deficiência visual - que utilize tecnologias para exploração do ambiente - pode favorecer a navegação dos usuários, oferecendo mais segurança e independência; 3) Um dispositivo que seja vestível, discreto e que não exija o uso das mãos, pode influenciar na mobilidade, usabilidade e satisfação das pessoas com deficiência visual que fazem uso de dispositivos de Tecnologia Assistiva para a mobilidade.

Objetivo Primário:

O principal objetivo deste projeto de pesquisa é o desenvolvimento e a avaliação de um novo dispositivo para mobilidade, visando melhorar o desempenho, independência e segurança na mobilidade de pessoas com deficiência visual.

Objetivo Secundário:

Caracterizar a mobilidade de pessoas com deficiência visual, para compreender o desempenho do usuário em sua locomoção diária e suas demandas; Avaliar a satisfação do usuário com seu atual dispositivo de uso e identificar quais fatores causam maior insatisfação; Definir diretrizes de projeto para o desenvolvimento de um novo dispositivo; Desenvolver um protótipo de dispositivo vestível para a navegação que aprimore a mobilidade do usuário com deficiência visual; Avaliar a usabilidade do protótipo desenvolvido comparando com o dispositivo tradicional (bengala branca); Avaliar quais aspectos psicológicos do design do protótipo desenvolvido e da bengala branca influenciam o estigma percebido com relação ao usuário.

Metodologia Proposta:

Para a realização deste projeto serão realizados estudos para caracterização da mobilidade de pessoas com deficiência visual, desenvolvimento do protótipo, avaliação da eficiência no desempenho e usabilidade do protótipo desenvolvido em comparação à bengala branca tradicional; e avaliação dos aspectos práticos, simbólicos e estéticos do design de cada dispositivo. O estudo para caracterização da mobilidade diária de pessoas com deficiência visual irá contar com a participação de 20 pessoas com deficiência visual que irão utilizar o sistema wGT3X-BT Monitor (ActiGraphCorp, Pensacola, FL, Estados Unidos) durante uma semana, e ao final deverão preencher o Protocolo B-QUEST (Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology), traduzido e validado por Carvalho, Gois e Sá (2014), para a avaliação da satisfação dos usuários com os seus dispositivos de uso. O protótipo será desenvolvido a partir dos resultados observados em estudos e em colaboração com o Núcleo de Tecnologia Assistiva, do Departamento de Engenharia Elétrica, da Universidade Federal do Espírito Santo. Para avaliação da eficiência e usabilidade, o estudo será dividido em dois grupos que seguirão os mesmos procedimentos: um grupo com 30 participantes sem deficiência visual, vendados; e um grupo com 20 participantes com deficiência visual, usuários de bengala. Neste estudo será avaliado o desempenho de cada dispositivo (protótipo desenvolvido e bengala tradicional) na orientação, locomoção e detecção de obstáculos através dos seguintes materiais: «Protocolo de Mobilidade com Obstáculos, baseado nos estudos de Roentgen et al. (2012), Jeong e Yu (2016), Wachaja et al. (2017) e Katzschmann et al., (2018), a ser realizado com cada dispositivo em ordem aleatória; Câmera de vídeo para gravação de cada tarefa executada, para posterior confirmação, e para a gravação do consentimento do TCLE para pessoas com deficiência visual; Protocolo SUS (System Usability Scale) para avaliação da usabilidade de cada dispositivo. Para avaliação dos aspectos práticos, estéticos e simbólicos do design de cada dispositivo será realizado um estudo posterior, com a participação de 30 sujeitos sem deficiência visual, utilizado um protocolo a ser desenvolvido baseado na Escala de Diferencial Semântico. Demais materiais incluem: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), baseado na resolução 510/2016 - CNS, do Ministério da Saúde e Protocolo de Identificação, com os dados gerais de identificação dos participantes. Todos os equipamentos estão disponíveis no Laboratório de Ergonomia e Interfaces (LEI), da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da UNESP – Campus Bauru. Estes estudos poderão ser viabilizados através da cooperação estabelecida com a instituição Lar Escola Santa Luzia para Cegos, localizada na cidade de Bauru - SP, e outras instituições, de forma voluntária. Os procedimentos deverão ocorrer no Laboratório de Ergonomia e Interfaces, podendo ocorrer, também, nas quadras e ginásios de esportes do campus da UNESP Bauru. Os procedimentos constarão das seguintes etapas: recrutamento e convocação de voluntários; leitura, preenchimento e assinatura do TCLE (no caso dos participantes com deficiência visual, os consentimentos serão gravados em vídeo); apresentação dos equipamentos e realização da simulação da tarefa; coleta de dados; aplicação de protocolos; análise de dados e avaliação dos resultados. Com base nestes estudos, será possível identificar os benefícios e limitações de cada tecnologia, além de entender quais características oferecem as melhores condições para mobilidade.

Critério de Inclusão:

Grupo 1: Adultos maiores de 18 anos, com visão total que assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Grupo 2: Adultos maiores de 18 anos, com deficiência visual que tenham condições de se locomover de forma autônoma e independente, que concordem em participar e cujas testemunhas assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Critério de Exclusão:

Qualquer indivíduo que não aceitar assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.
Qualquer indivíduo com alguma deficiência cognitiva ou motora.

Riscos:

Não haverá nenhum risco visto que o sensor wGT3X-BT Monitor será posicionado na cintura do participante com o auxílio de uma cinta e não deverá interferir ou prejudicar nenhuma atividade do participante, permitindo que este realize todas as suas atividades diárias normalmente. Além disso, na avaliação dos dispositivos, serão utilizados obstáculos confeccionados em material que não cause nenhum prejuízo ou risco aos sujeitos. Haverá, também, um observador presente durante toda a tarefa para auxiliar quando necessário e evitar qualquer tipo de acidente, garantindo a segurança dos participantes.

Benefícios:

Esse tipo de estudo permite avaliar quais características dos dispositivos para mobilidade pessoal influenciam no desempenho da mobilidade dos usuários (pessoas com deficiência visual), e na interação entre o usuário e o dispositivo. Tais resultados poderão servir como diretrizes para inovação no design de dispositivos para mobilidade de pessoas com deficiência visual.

Metodologia de Análise de Dados:

A análise de dados será realizada através de estatística descritiva, com o software SPSS v.22 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA), disponível no LEI-UNESP, e para comparação de resultados serão utilizados testes paramétricos e não-paramétricos quando aplicáveis.

Desfecho Primário:

A partir do Protocolo de Mobilidade com Obstáculos serão obtidos dados quantitativos por meio da análise das velocidades médias na

Data de Submissão do Projeto: 28/06/2019

Nome do Arquivo: PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1367056.pdf

Versão do Projeto: 2

execução de cada tarefa, expressas em m/s (metros por segundos) e na porcentagem de erros cometidos.

Desfecho Secundário:

Os dados obtidos a partir da caracterização da mobilidade de pessoas com deficiência visual (tempo despendido em repouso e em movimento, número de passos, velocidade média da marcha, distância percorrida, tipo e intensidade de atividade física e gasto energético) serão comparados com dados de estudos de monitoramento da mobilidade em diferentes populações, estabelecendo um parâmetro que permitirá identificar as restrições que pessoas com deficiência visual enfrentam na mobilidade diária.

A partir dos dados quantitativos será possível gerar diretrizes para o design de dispositivos de mobilidade pessoal, para que sejam mais eficientes e tenham uma melhor interação com o usuário; com isso, espera-se contribuir significativamente para o setor de Tecnologia Assistiva para pessoas com deficiência visual.

Tamanho da Amostra no Brasil: 80

Países de Recrutamento

País de Origem do Estudo	País	Nº de participantes da pesquisa
Sim	BRASIL	80

Outras Informações

Haverá uso de fontes secundárias de dados (prontuários, dados demográficos, etc)?

Sim

Detalhamento:

Haverá aplicação de um protocolo de identificação no qual haverá coleta de dados de identificação do sujeito.

Informe o número de indivíduos abordados pessoalmente, recrutados, ou que sofrerão algum tipo de intervenção neste centro de pesquisa:

80

Grupos em que serão divididos os participantes da pesquisa neste centro

ID Grupo	Nº de indivíduos	Intervenções a serem realizadas
Pessoas sem deficiência visual	80	não será realizada nenhuma intervenção
Pessoas com deficiência visual	20	não será realizada nenhuma intervenção

O Estudo é Multicêntrico no Brasil?

Não

Propõe dispensa do TCLE?

Não

Haverá retenção de amostras para armazenamento em banco?

Não

Cronograma de Execução

Identificação da Etapa	Início (DD/MM/AAAA)	Término (DD/MM/AAAA)
01 - Revisão e atualização de referências bibliográficas	29/05/2019	31/01/2020
09 - Consulta à agência de inovação para verificação do potencial de patente	01/03/2022	31/05/2022
08 - Análise de dados	01/11/2021	25/02/2022
10 - Discussão e conclusão das pesquisas; elaboração de trabalhos científicos para submissão e divulgação em periódicos e eventos científicos	01/03/2022	30/06/2022
04 - Elaboração de diretrizes para o projeto	17/02/2020	15/05/2020
05 - Desenvolvimento do protótipo	18/05/2020	23/12/2020
02 - Submissão do projeto à Plataforma Brasil para apreciação de Comitê de Ética em Pesquisa	29/05/2019	30/09/2019
07 - Coleta de dados	03/05/2021	29/10/2021
06 - Estudo piloto	04/01/2021	30/04/2021
03 - Estudo de caracterização da mobilidade de pessoas com deficiência visual	01/10/2019	14/02/2020
11 - Finalização do relatório e defesa do doutorado	01/07/2022	03/02/2023

Data de Submissão do Projeto: 28/05/2019

Nome do Arquivo: PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1367056.pdf

Versão do Projeto: 2

Orçamento Financeiro

Identificação de Orçamento	Tipo	Valor em Reais (R\$)
Câmera de Vídeo	Outros	R\$ 800,00
Notebook (48 meses de utilização)	Outros	R\$ 1.000,00
Licença para software Actilife8	Capital	R\$ 8.018,90
03 Monitores de mobilidade e atividade física Actigraph wGT3X-BT e acessórios	Capital	R\$ 2.105,82
Confeção de obstáculos	Outros	R\$ 200,00
Impressão e xerox de protocolos	Custeio	R\$ 100,00
Bengala branca dobrável com ponteira roller	Outros	R\$ 115,00
Total em R\$		R\$ 12.339,72

Outras informações, justificativas ou considerações a critério do pesquisador:

É importante ressaltar que os Monitores Actigraph wGT3X-BT e o software Actilife8 estão disponíveis no Laboratório de Ergonomia e Interfaces (LEI), da UNESP - Bauru. Os equipamentos notebook e câmera de vídeo são de uso pessoal. A bengala branca é propriedade do pesquisador

Bibliografia:

- ADEBIYI, A. et al. Assessment of feedback modalities for wearable visual aids in blind mobility. PLoS ONE. University of Ottawa, Canada, v. 12, n. 2, 2017. BAI, J. et al. Wearable Travel Aid for Environment Perception and Navigation of Visually Impaired People. Cornell University, 30 abr. 2019. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1904.13037.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2019. BHOWMICK, A.; HAZARIKA, S. M. An insight into assistive technology for the visually impaired and blind people: state-of-the-art and future trends. J Multimodal User Interfaces, v. 11, p. 149-172, 2017.
- BRASIL. Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Comitê de Ajudas Técnicas. Tecnologia Assistiva. Brasília: CORDE, 2009. 138 p. BRASILIA. Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência: Conselho Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Um olhar através da Convenção sobre os Direitos da Pessoa com Deficiência, da ONU: novas perspectivas e desafios. Relatório Final. 3a Conferência Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência, Brasília, p. 158, 2013. CARVALHO, K. E. C.; GOIS Jr, M. B.; SÁ, K. N. Tradução e validação do Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (QUEST 2.0) para o idioma português do Brasil. Revista Brasileira de Reumatologia, vol. 54, no. 4, São Paulo, 2014. CUTURI, L. F. et al. From science to technology: Orientation and mobility in blind children and adults. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, v. 71, p. 240-251, 2018. ELMANNI, W.; ELLEITHY, K. Sensor-Based Assistive Devices for Visually-Impaired People: Current Status, Challenges, and Future Directions. Sensors, v. 17, 585, 2017. FERNANDES, H. et al. A review of assistive spatial orientation and navigation technologies for the visually impaired. Univ Access Inf Soc., v. 18, p. 155-168, 2019. DOI 10.1007/s10209-017-0570-8. GAO, Y. et al. Wearable Virtual White Cane Network for navigating people with visual impairment. Journal of Engineering in Medicine, vol. 229, n. 9, p. 681-688, 2015. GIL, N. Deficiência Visual. Brasília: MEC. Secretaria de Educação a Distância, 2000.
- HALLEMANS, A. et al. Low vision affects dynamic stability of gait. Gait & Posture, vol. 32, n. 4, p. 547-551, 2010. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2010. Características Gerais da População, Religião e Pessoas com Deficiência: Publicação Completa. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 2715 p. IIDA, I. Ergonomia: projeto e produção, 3a edição. São Paulo: Blucher, 2018. ISLAM, M. et al. Developing Walking Assistants for Visually Impaired People: A Review. IEEE SENSORS JOURNAL, vol. 19, no. 8, p. 2814-2828, 15 Abr. 2019. JAFRI, R. KHAN, M. M. User-centered design of a depth data based obstacle detection and avoidance system for the visually impaired. Hum. Cent. Comput. Inf. Sci. v. 8, n. 14, 2018. JEONG, G. Y.; YU, K. H. Multi-Section and Vibrotactile Perception for Walking Guide of Visually Impaired Person. Sensors, v. 16, n. 7, 1070, 2016. JOHNSON, S. T. et al. Walking: a matter of quantity and quality physical activity for type 2 diabetes management. Applied Physiology, Nutrition and Metabolism, v. 33, n. 4, p. 797-801, 2008. KATZSCHMANN, R. K.; ARAKI, B.; RUS, D. Safe Local Navigation for Visually Impaired Users With a Time-of-Flight and Haptic Feedback Device. IEEE Transactions On Neural Systems And Rehabilitation Engineering, Vol. 26, No. 3, p. 593-593, 2018. KIM, S. Y.; CHO, K. Usability and Design Guidelines of Smart Canes for Users with Visual Impairments. International Journal of Design, v. 7, n. 1, p. 99-110, 2013. KIURU, T. et al. Assistive device for orientation and mobility of the visually impaired based on millimeter wave radar technology - Clinical investigation results. Cogent Engineering, 2018. <https://doi.org/10.1080/23311916.2018.1450322>.
- LANUTTI, J. N. L. Compreensão dos aspectos emocionais em diferentes cadeiras de rodas: Uma contribuição para o Design Ergonômico e Inclusivo. 2019. 292 f. Tese (Doutorado em Design) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2019. LANUTTI, J. N. L. et al. The significance of manual wheelchairs: A comparative study on male and female users. 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE), Procedia Manufacturing, v. 3, p. 6079-6085, 2015. LING, J. et al. Enhanced capacity and coverage by Wi-Fi LTE integration. IEEE Communications Magazine, vol. 53, no. 3, p. 165-171, Março 2015. LOBACH, B. Design Industrial - bases para a configuração dos produtos industriais. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. 206p. LONG, S. K. et al. Using a Mobile Application to Help Visually Impaired Individuals Explore the Outdoors. In: Applied Human Factors and Ergonomics Conference, Proceedings... Orlando, FL, 2016. LUGLI, D. et al. Bengala customizável para mulheres com deficiência visual. Design & Tecnologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. 12, p. 44-53, 2015. MAIDENBAUM, S. et al. The "EyeCane", a new electronic travel aid for the blind: Technology, behavior & swift learning. Restorative Neurology and Neuroscience, v. 32, p. 813-824, 2014. MANDUCHI, R. KURNIAWAN, S. Mobility-Related Accidents Experienced by People with Visual Impairment. Insight: Research and Practice in Visual Impairment and Blindness, V. 4, n. 2, 2011. MEDOLA, F. O.; PASCHOARELLI, L. C. Design e Deficiência: História, conceitos e perspectivas, p. 128-133. In: Ensaios em Design: Práticas Interdisciplinares. Canal 6 Editora. 1a edição. Bauru-SP, 2014. MOTTA, G. et al. Overview of Smart White Canes: Connected Smart Cane from Front End to Back End. In: E. PISSALOUX AND R. VELÁZQUEZ (eds.), Mobility of Visually Impaired People, Springer International Publishing AG, 2018. DOI 10.1007/978-3-319-54446-5_16.
- PASCHOARELLI, L. C.; CAMPOS, L. F. A.; SANTOS, A. D. P. A influência da estética na usabilidade aparente: Aspectos para a criatividade e inovação no design de sistemas e produtos. In: FIORIN, E.; LANDIM, P. C.; LEOTE, R. S. (Org.) Arte-ciência: Processos criativos, 2015. Cultura acadêmica, p. 81-96. PATIL, K.; JAWADWALA, Q.; SHU, F. C. Design and Construction of Electronic Aid for Visually Impaired People. IEEE Transactions On Human-Machine Systems, v. 48, n. 2, 2018. RESOLUÇÃO Nº 510. Conselho Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. 07 de abril de 2016. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/reso510.pdf>. REYNARD, F., TERRIER, P. Role of visual input in the control of dynamic balance: variability and instability of gait in treadmill walking while blindfolded. Experimental Brain Research, v. 233, n. 4, p. 1031-1040, 2015. ROENTGEN, U. R. et al. Inventory of electronic mobility aids for visually impaired persons—a literature review. Journal of Visual Impairment & Blindness, v. 102, n. 11, p. 702-724, 2008. ROENTGEN, U. R. et al. The Impact Of Electronic Mobility Devices For Persons Who Are Visually Impaired: A systematic Review of Effects and Effectiveness. Journal of Visual Impairment & Blindness, New York, v. 103, n. 11, p. 743-753, 2009. ROENTGEN, U. R. et al. User Evaluation of Two Electronic Mobility Aids for Persons Who Are Visually Impaired: A Quasi-Experimental Study Using a Standardized Mobility Course. Assistive Technology: The Official Journal of RESNA, v. 24, n. 2, p. 110-120, 2012. SANTOS, A. D. P. Tecnologia Assistiva para Pessoas com Deficiência Visual: Avaliação da eficiência de dispositivos para mobilidade pessoal. 2019. 96 f.

Data de Submissão do Projeto: 28/05/2019

Nome do Arquivo: PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1367056.pdf

Versão do Projeto: 2

Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2019. SANTOS, A. D. P.; CAMPOS, L. F. A.; PASCHOARELLI, L. C., Usabilidade Aparente e Estética: Uma abordagem sobre os precursores e estudos de caso. In: 13º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia. Anais... Juiz de Fora, MG, 2013. SANTOS, A. D. P.; MEDOLA, F. O.; PASCHOARELLI, L. C.; LANDIM, P. C. Tecnologia Assistiva para Pessoas com Deficiência Visual: uma análise da produção tecnológica no Brasil. Cadernos de Prospeção, v. 11, n. 5, p. 1502-1512, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.9771/cp.v11n5.25003> SILVA, L. C. O Design de Equipamentos de Tecnologia Assistiva com Auxílio no Desempenho das Atividades de Vida Diária de Idoso e Pessoas com Deficiência Socialmente Institucionalizadas. Porto Alegre: UFRGS, 2011. SODHRO, A. H. et al. Mobile edge computing based QoS optimization in medical healthcare applications. International Journal of Information Management, vol. 45, p. 308-318, 2019. TAN, B. et al. Toward a Network Slice Design for Ultra High Definition Video Broadcasting in 5G. IEEE Wireless Communications, vol. 25, no. 4, p. 88-94, Agosto 2018. VASQUEZ, M. M. et al. Cadeira de Rodas e Estigma: um estudo preliminar da percepção visual de não-usuários. Human Factors in Design, v.5, n.10, p.03-16, 2018. WACHAJA, A. et al. Navigating blind people with walking impairments using a smart Walker. Auton. Robot, 41, p. 555-573, 2017. DOI: 10.1007/s10514-016-9595-8 WARMS, C.A.; BELZA, B.L.; WHITNEY, J.D. Correlates of physical activity in adults with mobility limitations. Family & Community Health, v.30, p. S5-S16, 2007. WONG, S. Traveling with blindness: A qualitative space-time approach to understanding visual impairment and urban mobility. Health and Place, v. 49, p. 85-92, 2018. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Visual impairment and blindness - Fact Sheet n. 282. WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2014. Disponível em: www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en/ Acesso em: 13 jan. 2016 WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO global disability action plan 2014-2021: Better health for all people with disability. WHO Library Cataloguing, 2015.

Upload de Documentos

Arquivo Anexos:

Tipo	Arquivo
Folha de Rosto	folhaderosto_assinada.pdf
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf
Outros	Recomendacoes_Realizadas_Parecer.pdf
Outros	Recomendacoes_Realizadas_Parecer.pdf
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf
Folha de Rosto	folhaderosto_assinada.pdf
Comprovante de Recepção	PB_COMPROVANTE_RECEPCAO_1367056.pdf
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1367056.pdf
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoDeDoutorado.pdf
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoDeDoutorado.pdf

Finalizar

Manter sigilo da íntegra do projeto de pesquisa: Sim
 Prazo: Até a publicação dos resultados

Data de Submissão do Projeto: 28/05/2019

Nome do Arquivo: PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1367056.pdf

Versão do Projeto: 2

Anexo B - Protocolo de avaliação da satisfação do usuário com a Tecnologia Assistiva de Quebec B-QUEST (2.0)



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação
Programa de Pós-graduação em Design
DESIGN APLICADO À MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: Uma proposta de pesquisa e inovação

Avaliação da satisfação do usuário com a Tecnologia Assistiva de Quebec B-Quest (2.0)

Nome do usuário: _____
Recurso tecnológico: _____
Data da avaliação: _____

O objetivo do questionário QUEST é avaliar o grau de satisfação com seu recurso de tecnologia assistiva e os serviços relacionados que você usou. O questionário consiste de 12 itens de satisfação.

Para cada um dos 12 itens, avalie sua satisfação com o recurso de tecnologia assistiva e os serviços relacionados que experimentou, usando a seguinte escala de 1 a 5:

1	2	3	4	5
Insatisfeito	Pouco satisfeito	Mais ou menos satisfeito	Bastante satisfeito	Totalmente satisfeito

Indique o número que melhor descreve seu grau de satisfação com cada um dos 12 itens.

Não deixe nenhuma pergunta sem resposta.

Em caso de algum item com o qual você não tenha ficado "totalmente satisfeito", comente na seção comentários.

Obrigada por completar o questionário QUEST.

1	2	3	4	5
Insatisfeito	Pouco satisfeito	Mais ou menos satisfeito	Bastante satisfeito	Totalmente satisfeito

RECURSO DE TECNOLOGIA ASSISTIVA

Qual é o seu grau de satisfação com:

1. as dimensões (tamanho, altura, comprimento, largura) do seu recurso de tecnologia assistiva?

Comentários: _____ 1 2 3 4 5

2. o peso do seu recurso de tecnologia assistiva?

Comentários: _____ 1 2 3 4 5

3. a facilidade de ajustar (fixar, afivelar) as partes do seu recurso de tecnologia assistiva?

Comentários: _____ 1 2 3 4 5

4. a estabilidade e a segurança do seu recurso de tecnologia assistiva?

Comentários: _____ 1 2 3 4 5

5. a durabilidade (força e resistência ao desgaste) do seu recurso de tecnologia assistiva?

Comentários: _____ 1 2 3 4 5

6. a facilidade de uso do seu recurso de tecnologia assistiva?

Comentários: _____ 1 2 3 4 5

7. o conforto do seu recurso de tecnologia assistiva?

Comentários: _____ 1 2 3 4 5

8. a eficácia do seu recurso de tecnologia assistiva (o quanto seu recurso atende às suas necessidades)?

Comentários: _____ 1 2 3 4 5

SERVIÇOS

Qual é o seu grau de satisfação com:

9. o processo de entrega (procedimentos, tempo de espera) pelo qual você obteve o seu recurso de tecnologia assistiva?

Comentários: _____ 1 2 3 4 5

10. os reparos e a assistência técnica (manutenção) prestados para o seu recurso de tecnologia assistiva?

Comentários: _____ 1 2 3 4 5

11. a qualidade dos serviços profissionais (informações, atenção) que você recebeu pelo uso do seu recurso de tecnologia

_____ 1 2 3 4 5

assistiva?

Comentários:

12. os serviços de acompanhamento
(serviços de suporte contínuos) recebidos
para o seu recurso de tecnologia assistiva?

Comentários:

1 2 3 4 5

A seguir, consta uma lista com os mesmos 12 itens de
satisfação. ESCOLHA OS 3 ITENS que você considera os
mais importantes.

- | | |
|----------------------|---------------------------------|
| 1) Dimensões | 7) Conforto |
| 2) Peso | 8) Eficácia |
| 3) Ajustes | 9) Entrega |
| 4) Segurança | 10) Reparos/assistência técnica |
| 5) Durabilidade | 11) Serviços profissionais |
| 6) Facilidade de uso | 12) Serviços de acompanhamento |

B - QUEST

Folha de pontuação

Esta seção destina-se à pontuação das respostas.

Número de respostas inválidas

Pontuação subtotal de Recurso

Nos itens de 1 a 8, acrescente a pontuação das respostas
válidas e divida essa soma pelo número de itens válidos
nesta escala.

Pontuação subtotal de Serviços

Nos itens de 9 a 12, acrescente a pontuação das respostas
válidas e divida essa soma pelo número de itens válidos
nesta escala.

Total QUEST

Nos itens de 1 a 12, acrescente a pontuação das respostas
válidas e divida esta soma pelo número de itens válidos.

Os três itens mais importantes de satisfação:
