ANAIS do V Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva - CBTA 2025 e do *First International Congress on Research and Development in Assistive Technology - 1st ICRDAT*

Inovação e a Inclusão em **Tecnologia Assistiva**

VOLUME 2

Participação, Ambiente e Inovação

canal6 editora

ANAIS do V Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva - CBTA 2025 e do *First International Congress on Research and Development in Assistive Technology - 1st ICRDAT*

Inovação e a Inclusão em **Tecnologia Assistiva**

VOLUME 2
Participação, Ambiente e Inovação

Organizadores

Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto
Anderson Roges Teixeira Góes
Flávio Issao Kubota
Mari Inês Piekas
Heliza Colaço Góes
Ângela Maria dos Santos
Vanessa Teixeira
Álvaro Ricardo Ferreira Bento Júnior
Vinícius Luiz Lisboa Miguel

canal6 editora

1ª EDIÇÃO 2026

canal6 editora
Rua Noé Onofre Teixeira, 4-13
Jd. Dona Lili | CEP 17032-500 | Bauru, SP
www.canal6editora.com.br

ABEC BRASIL
Associação Brasileira de Editores Científicos

ASSOCIADO CBL Câmara Brasileira do Livro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(BENITEZ Catalogação Ass. Editorial, MS, Brasil)

I58 Inovação e a inclusão em tecnologia assistiva : participação, ambiente e
1.ed. inovação. – 1.ed. – Bauru, SP : Canal 6 Editora, 2026.
458 p.; 16 x 23 cm. -- (Inovação e a inclusão em tecnologia assistiva ; v. 2)

Vários autores.
Vários organizadores.
Bibliografia.
ISBN 978-85-7917-716-3
DOI 10.52050/9788579177163

1. Acessibilidade. 2. Educação inclusiva. 3. Inclusão escolar. 3. Inovações educacionais. 4. Pesquisa científica. 5. Tecnologia assistiva. I. Série.

07-2026/129 CDD 371.904334

Índice para catálogo sistemático:
1. Inclusão social : Inovações : Tecnologia assistiva : Educação 371.904334

Aline Graziele Benitez – Bibliotecária – CRB-1/3129

COMITÊ ORGANIZADOR - V CBTA - 1st ICRDAT
Incluindo Membros da ABPTA e NAPI-TA

Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto - UFPR - Presidente
José Aguiomar Foggiatto - UTFPR - Vice-presidente

A Equipe de Apoio ao Comitê Organizador é constituída por Membros fundadores da Associação Brasileira de Pesquisadores em Tecnologia Assistiva (ABPTA) e do Comitê gestor do NAPI-TA, e as demais atividades estão divididas em comissões:

Membros fundadores da ABPTA:
Anderson Roges Teixeira Góes - UFPR
Flávio Issao Kubota - UFPR
Eugenio Andrés Diaz Merino - UFSC
Giselle Schmidt Alves Díaz Merino - UDESC
José Aguiomar Foggiatto - UTFPR
Fausto Orsi Medola - UNESP-FAAC
Luís Carlos Pasquarella - UNESP-FAAC
Marcelo Gitirana Gomes Ferreira - UDESC
Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto - UFPR
Susana Cristina Domenech - UDESC

Comitê gestor do NAPI-TA
Anderson Roges Teixeira Góes - UFPR
Angela Maria dos Santos - IFPR
Débora Ribeiro Carvalho - UFPR
Fátima Aparecida da Cruz Padoan - Coordenadora UENP
José Marcelino - UENP - Vice-coordenadora UENP
Guilherme Nogueira - PUC-Pr
Heliza Colaço Góes - Coordenadora - IFPR
Jones Schaefer - PUC-Pr
José Aguiomar Foggiatto - UTFPR - Coordenador UTFPR
Luciano Zart Olanyk - Coordenador UTFPR
Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto - UFPR - Coordenador Geral
Osiris Canciglieri - PUC-PR
Percy Nohama - Coordenador PUC-PR
Quelen Coden - Representante SEDEF-PR
Roberta Targa Stramandinoli Zanicotti - HT

COMISSÃO ORGANIZADORA DO V CBTA - 1st ICRDAT (todos os integrantes)

Titulação	Nome	Curso/ Instituição
MSc	Amaury Dudcoschi Junior	Doutorando PPGMEC UFPR
Dr.	Anderson Roges Teixeira Góes	UFPR
MSc	André Luís de Oliveira Lima	Doutorando PPGDesign UFPR
Graduada	Caroline Revay Franciosi	Mestranda PPGDesign
Dr.	Deborah Ribeiro Carvalho	UFPR
Dr.	Eugenio Andrés Díaz Merino	UFSC
Dr.	Fausto Orsi Medola	UNESP
Dr.	Flávio Issao Kubota	UFPR
Dr.	Giselle Schmidt Alves Díaz Merino	UDESC
Graduada	Isabela Inês Nunes Cabreira	Mestranda PPGE UFPR
Dr.	Jones Luís Schaefer	PUC-PR
Dr.	José Aguiomar Foggiatto	UTFPR
Especialista	José Osmar Klein	Técnico Adm. UFPR
Dr.	Kelli Cristine Assis Silva Smythe	UFPR
Dr.	Luis Carlos Pasquarella	UNESP- Bauru
Dr.	Marcelo Gitirana Gomes Ferreira	UDESC
Ensino Medio	Maria Eduarda Rosa de Souza	Discente Expressão Gráfica UFPR
Dr.	Maria Lílian de Araújo Barbosa	UFPR
Dr.	Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto	UFPR
Dr.	Osiris Canciglieri Junior	PUC-PR
Graduado	Paulo Alexandre Correia de Jesus	Mestrando PPGEPS - PUC-PR
Dr.	Percy Nohama	PUC-PR
Dr.	Roberta Targa Stramandinoli Zanicotti	UTFPR
Dr.	Susana Cristina Domenech	UDESC
Ensino Médio	Vanessa Teixeira	Discente Engenharia Mecânica -UFPR
Ensino Médio	Vinicius Luiz Lisboa Miguel	Discente Engenharia Mecânica -UFPR

COMISSÃO DE COMUNICAÇÃO E REGISTRO

Isabela Cabreira - Mestranda PPGEM-UFPR

MSc. André Luís Oliveira de Lima - doutorando PPGdesign

Carolina Revay Franciosi - Mestranda PPGDesign

Vinicius Luiz Lisboa Miguel - Bolsista de Apoio Técnico - Fundação Araucária - Graduação em Engenharia Mecânica - UFPR

Prof. Anderson Roges Teixeira Góes - UFPR

MSc. Helen Cristina Nogueira - Doutoranda PPGDesign-UFPR

Paulo Alexandre Correia - Mestrando PPGTS-PUC-PR

Prof. Kelli Cristine Assis Silva Smythe - Departamento de Design-UFPR

MSc. Amaury Dudcoschi Júnior - Doutorando PGMec-UFPR

COMISSÃO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA

Profª. Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto - UFPR

Profª. Fátima Aparecida da Cruz Padoan - UENP

MSc. Quelen Coden - SEDEF

Prof. Anderson Roges Teixeira Góes - UFPR

Vinicius Luiz Lisboa Miguel - Bolsista de Apoio Técnico - Fundação Araucária - Graduação em Engenharia Mecânica - UFPR

José Osmar Klein Junior - Técnico Administrativo - DEMEC-UFPR

COMISSÃO DE GESTÃO FINANCEIRA

Prof. Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto - UFPR

Prof. Percy Nohama - PUC-PR

Prof. Anderson Roges Teixeira Góes - UFPR

Prof. Flávio Issao Kubota - UFPR

APOIO TÉCNICO

MSc. Amaury Dudcoschi Júnior - Doutorando PGMec-UFPR

MSc. André Luís Oliveira de Lima - Doutorando PPGDesign-UFPR

José Osmar Klein Junior - Técnico Administrativo - DEMEC-UFPR

MSc. Thiago Lobo - Doutorando PPGDesign-UFPR

Dra Maria Lílian de Araujo Barbosa - Estágio Pós-doutoral - PGMec-UFPR

Isabela Cabreira - Mestranda PPGEM-UFPR

Maria Eduarda Rosa de Souza - Graduação em Expressão Gráfica - UFPR

Vanessa Teixeira - Bolsista de Apoio Técnico - Fundação Araucária - Graduação em Engenharia Mecânica - UFPR

Vinicius Luiz Lisboa Miguel - Bolsista de Apoio Técnico - Fundação Araucária - Graduação em Engenharia Mecânica - UFPR

Alvaro Ricardo Ferreira Bento Júnior - Bolsista de Iniciação Científica - Graduação em Engenharia Mecânica - UFPR

Piter Pauvelz Cusatis - Bolsista de Iniciação Científica - Graduação em Engenharia Mecânica - UFPR

Daniel Carvalho Micol - Bolsista de Iniciação Científica - Graduação em Engenharia Mecânica - UFPR

Kenzo Piekas Fukushima - Bolsista de Iniciação Científica - Graduação em Engenharia Mecânica - UFPR

COMISSÃO DE ACESSIBILIDADE

MSc. Amaury Dudcoschi - Implementação Digital - Doutorando PGMec-UFPR

Profa Kelli Cristine Assis Silva Smythe - Departamento de Design-UFPR

Dra Mari Inês Piekas - Estágio pós-doutoral - PPGDesign-UFPR

COMISSÃO DE GESTÃO DA PLATAFORMA DE SUBMISSÃO DE ARTIGOS

Drª Maria Lílian de Araujo Barbosa - Estágio Pós-doutoral UFPR

Prof. Flávio Issao Kubota - UFPR

Prof. José Aguiomar Foggiatto - UTFPR

MSc. Amaury Dudcoschi - Implementação Digital - Doutorando PGMec-UFPR

Profa Deborah Ribeiro Carvalho - UFPR

COMISSÃO DE GESTÃO DA CONFECÇÃO DOS ANAIS

Prof. Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto - UFPR

Prof. Anderson Roges Teixeira Góes - UFPR

Profa Heliza Colaço Góes - IFPR

Profa Angela Maria dos Santos - IFPR

Prof. Flávio Issao Kubota - UFPR

Prof. José Aguiomar Foggiatto - UTFPR

Vanessa Teixeira - Bolsista de Apoio Técnico - Fundação Araucária - Graduação em Engenharia Mecânica - UFPR

Alvaro Ricardo Ferreira Bento Júnior - Bolsista de Iniciação Científica - Graduação em Engenharia Mecânica - UFPR

Vinicius Luiz Lisboa Miguel - Bolsista de Apoio Técnico - Fundação Araucária - Graduação em Engenharia Mecânica - UFPR

COMISSÃO DE CLASSIFICAÇÃO DE ARTIGOS CIENTÍFICOS

Prof. Anderson Roges Teixeira Góes - UFPR

Profa Heliza Colaço Góes - IFPR

Profa Angela Maria dos Santos - IFPR

COMITÊ CIENTÍFICO - V CBTA & 1st ICRDAT

Titulação	Membros do Comitê Científico	Instituição
Dr.	Alison Alfred klein	UFPR/ KINEBOT
Dr.	Anderson Roges Teixeira Góes	UFPR
Drª.	Angela Maria dos Santos	IFPR
Dr.	Antônio Verguetz Silva	UTFPR
Drª.	Arabella Natal Galvão da Silva	UFPR
Drª.	Bruna Brogin	Empresa
Dr.	Carlos Alberto da Costa	UCS
Dr.	Carlos Felipe Urquizar Rojas	UNIVILLE / UFPR
Drª.	Caroline Paganan	UEMG
Dr.	Cleyton Fernandes Ferrarini	UFSCAR
Dr.	Danilo Corrêa Silva	UNIVILLE
Drª.	Deborah Ribeiro Carvalho	UFPR
Drª.	Dominique Adam	Empresa
Dr.	Edson Teixeira	IFSC
Dr.	Elton Moura Nickel	UDESC
Drª.	Emília Christie Picelli Sanches	UFPR
Dr.	Eugênio Andres Diaz Merino	UFSC
Drª.	Fátima Aparecida da Cruz Padoan	UENP
Dr.	Fausto Orsi Medola	UNESP
Dr.	Flávio Issao Kubota	UFPR
Dr.	Gabriel Rosenmann	UFPR
Drª.	Gabriela Cordeiro Correa do Nascimento	UFPR

Titulação	Membros do Comitê Científico	Instituição
Drª.	Giselle Schmidt Alves Díaz Merino	UDESC
Dr.	Guilherme Nogueira	PUC-PR
Drª.	Heliza Colaço Góes	IFPR
Drª.	Isabella de Souza Sierra	UFPR
Dr.	Jones Luís Schaefer	PUC-PR
Dr.	José Aguiomar Foggiatto	UTFPR
Dr.	José Guilherme Santa Rosa	UFRN
Drª.	Juliana Bueno	UFPR
Drª.	Kelli Cristine Assis Silva Smythe	UFPR
Drª.	Lizandra Lupi Vergara	UNESP
Dr.	Lucas José Garcia	UFPE
Dr.	Luciano Zart Olanyk	UTFPR
Dr.	Luís Carlos Paschoarelli	UNESP
Dr.	Marcelo Gitirana	UDESC
Dr.	Marcelo Henrique Stoppa	UFCAT
Drª.	Mari Inês Piekas	UFPR
Drª.	Maria Lilian de Araujo Barbosa	UFPR
Drª.	Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto	UFPR
Dr.	Miguel Ángel Aires Borrás	UFSCAR
Dr.	Milton José Cinelli	UDESC
Drª.	Nelma de Cássia Silva Sandes Galvão	UFRB
Dr.	Osiris Canciglieri	PUC-PR
Drª.	Paloma Poier Hohmann	UFPR
Dr.	Paulo Eduardo Capel Cardoso	USP
Dr.	Percy Nohama	PUC-PR
Drª.	Roberta Targa Stramandinoli Zanicotti	HT
Drª.	Rosimeri Franck Pichler	UFPE
Drª.	Sandra Regina Marchi	Empresa
Dr.	Sérgio Fernando Lajarin	UFPR
Drª.	Susana Cristina Domenech	UDESC
Dr.	Teófilo Alves Galvão Filho	UFRB
Dr.	Yago Weschenfelder Rodrigues	UDESC

V Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva
(V CBTA 2025) e o *First International Congress on Research and Development in Assistive Technology (1st ICRDAT)*

Local: Universidade Federal do Paraná - Campus Rebouças
Período: 30 de setembro a 03 de outubro de 2026.
Av. Sete de Setembro, 2645 - Rebouças, Curitiba - PR, 80230-085
https://abpta.com.br/cbta/

Sumário

12 Prefácio

EIXO TEMÁTICO | Cuidados e Proteção Individual
ARTIGOS COMPLETOS

18 A evolução na emissão da Carteira de Identificação da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista (CIPTEA) no Paraná
Lourenço, Carla Cristina Felicio Vieira; Lopes, Paulo Ricardo Gomes; Leoz, Giulia de Melo; Martins, Cristina Dietrich Machowski; Coden, Quelen Silveira

28 Colaboração entre Terapia Ocupacional e Design Industrial no desenvolvimento de tecnologia assistiva para hanseníase: um estudo de caso
Alonso, Carolina Maria do Carmo; Alves, Anael Silva; Mangia, Anna Clara; Cortines, Júlia; Lessa, Clarice Gomes; Maia, Fátima Beatriz; Umbelino, Larissa; Silva, Talita Silvério de Souza

40 Design Inclusivo e Acessibilidade nas embalagens de produtos de maquiagem
Borges, Mariana Guimarães Bonin; Julio, Maisa da Silva; Neves, Érica Pereira das

53 Luva para simulação de restrição de movimentos e forças de preensão manual: contribuição para o design de Tecnologias Assistivas para idosos
Lima, Rebeca Rodrigues Barbosa; Ezeugo, Alice V.; Sartório, Taís Sanches; Moraes, Mariana Brunatti de; Julio, Maisa da Silva; Medola, Fausto O.; Pasquarella, Luis C.

63 Revisão dos Designs de Suporte de Cabeça: Desenvolvimento de modelo por meio de impressão 3D
Badauy, Maria Eduarda; Gonçalves, Pedro Henrique

EIXO TEMÁTICO | Cuidados e Proteção Individual
RELATOS TÉCNICOS

75 Desenvolvimento de tecnologia assistiva para cortar unhas com manufatura aditiva
Silva, Arabella Natal Galvão; Carboni, Márcio Henrique de Sousa; Silva, Alexsandra Santos; Correa, Kamily de Oliveira; Quintino, Nickolas Kanigoski; Vaz, Felipe Augusto Rocha

EIXO TEMÁTICO | Cuidados e Proteção Individual
RESUMOS

86 Avaliação de uso de talheres assistivos a partir da simulação de restrição de movimentos: percepção de aspectos práticos, estéticos e simbólicos dos produtos
Sartório, Taís Sanches; Moraes, Mariana Brunatti de; Ezeugo, Alice V.; Lima, Rebeca Rodrigues Barbosa; Silveira, Zilda de Castro; Medola, Fausto O.; Pasquarella, Luis C.

88 Tecnologia assistiva para identificação do nível de líquidos em recipientes por pessoas com deficiência visual
Ferrarini, Cleyton Fernandes; Marins, Plinio César; Saltorato, Patrícia; Francisco, Kelliton José Mendonça; Cardoso, Paulo Eduardo Capel

EIXO TEMÁTICO | Esporte, Lazer e Recreação
ARTIGOS COMPLETOS

91 A interação entre o brincar acessível e produtos assistivos
Galvão, Nelma; Miranda, Theresinha

102 Exposição Acessível Cotidianizar: as diferentes formas de olhar
Batista, Mariane de Jesus; Reis, Lucas Santos; Santos, Luciano Oliveira; Coelho, Aides Oliveira; Gomes, Luciene

EIXO TEMÁTICO | Esporte, Lazer e Recreação

RELATOS TÉCNICOS

117 Adaptação para facilitar o lazer
Rosa, Maria Eduarda; Cury, Marília Malosá; Oliveira, Samuel Biedacha Galvão de; Lajarin, Sérgio Fernando; Silva, Alexssandra Santos; Pereira Jorge, Iranise Moro

125 Praia Acessível – Qualidade de vida às pessoas com deficiência e mobilidade reduzida
Lourenço, Carla Cristina Felicio Vieira; Lopes, Paulo Ricardo Gomes; Picini, Barbara; Martins, Cristina Dietrich Machowski; Coden, Quelen Silveira

EIXO TEMÁTICO | Esporte, Lazer e Recreação

RESUMOS

133 Desenvolvimento de tecnologia assistiva para atividade de lazer em paciente após Acidente Vascular Cerebral(AVC): um estudo de caso
Souza, Kassia Kevili dos Santos; Pereira Jorge, Iranise Moro; Lajarin, Sergio Fernandes; Silva, Alexsandra Santos; Poier, Paloma Hohmann

135 Parque acessível
Leoz, Giulia de Melo; Vivan, Rafaela; Gaspar de Moraes, Eloisa; Montaldi, Geovanna Alcino, Margarete; Coden Silveira, Quelen

EIXO TEMÁTICO | Melhorias Ambientais, Ferramentas e Máquinas

ARTIGOS COMPLETOS

138 Acessibilidade comunicacional e sentido de pertencimento no centro histórico de Curitiba
Vara, Gabriela; Fernandes, Maria de Fátima; Medeiros, Ketlin Mikaela; Petrikick, Djovana; Nohama, Percy; Nogueira, Guilherme

148 Protocolo técnico para fabricação de órteses 3D em ambiente ambulatorial: inovação sustentável e ergonômica no setor público
Santos, Bárbara Tatiele; Brendler, Clariana Fischer

EIXO TEMÁTICO | Melhorias Ambientais, Ferramentas e Máquinas

RELATOS TÉCNICOS

159 Adaptadores auriculares e impressão 3D: manufatura rápida aplicada a produtos ergonômicos
SOUSA, Reges Washington Magalhães; GONÇALVES, Pedro Henrique;

168 Adequação da acessibilidade para a plataforma de elevação vertical das estações tubo de Curitiba: Requisitos e parâmetros
Souza, Arlen Douglas Marinho de; Almeida, Carlos Vinicius de; Okimoto, Maria Lúcia Leite Ribeiro; Sierra, Isabella de Souza.

178 Desenvolvimento e validação de um dispositivo de baixo custo para dinamometria portátil da extensão de joelho
Antonio Vinicius Soares; Eduarda Hoepers Gonçalves; Emanuely Seraphin Batista; Susana Cristina Domenech; Fabrício Noveletto

EIXO TEMÁTICO | Melhorias Ambientais, Ferramentas e Máquinas

RESUMOS

187 ***Ergocapability Protocol*® como ferramenta de apoio à prescrição de Tecnologia Assistiva para inclusão laboral: relato técnico**
Cabral, Ana Karina Pessoa da Silva; Merino, Giselle Schmidt Alves Díaz

189 **Mobilidade urbana inclusiva: impactos do semáforo sonoro na acessibilidade para deficientes visuais**
Evangelista, Tacila Fernanda Carneiro; Motta, Helen Cristina Nogueira; Piekas, Mari Ines; Okimoto, Maria Lúcia Leite Ribeiro

191 **Panorama da contribuição do Design no congresso brasileiro de pesquisas em Tecnologia Assistiva**
Nascimento Ferreira, Camili; Nerci Saboia, Flávia; De Oliveira Moretto, Júlia; Veras de Castro, Erika; Pereira das Neves, Érica

193 **Rede de laboratórios de pesquisa em saúde 5.0 da UNIFESP para desenvolvimento e inovação em Tecnologia Assistiva.**
Rodrigues, Amanda Amorim; de Godoy, Carlos Marcelo Gurjão; Kunkel, Maria Elizete; da Silva, Tiago Silva; Ferretti , Eliana Chaves; Coelho, Regina Célia; dos Santos, Vagner Rogério

EIXO TEMÁTICO | Tecnologias Assistivas emergentes e com IA

ARTIGOS COMPLETOS

196 **Abordagens participativas no design de Tecnologia Assistiva: uma análise bibliométrica**
Sardá, Gabriela Cristina; Lima, Júlia Gouveia; Prandini, Marcos Benedicto; Catecati, Tiago; Palmeira, Eduardo Gabriel Queiroz; Gomes de Siqueira, Alexandre; Gomes Ferreira, Marcelo Gitirana

210 **Acionador de sopro e sucção de baixo custo e sem fonte de energia**
Martinez, Rodrigo Andrade; Agnelli Martinez, Luciana Bolzan; Ferreira, Kétlin Cristina; Corsi, Carolina; Santos, Mariana Martins dos; Luvizoto, Renato; Braatz, Daniel

223 **Análise dos impactos na educação causados pela difusão e desenvolvimento das tecnologias assistivas**
Lajas, Ana; Padilha, Thalinne; De Jesus, Paulo; Schaefer, Jones; Canciglieri, Osiris; Da Paz, Alessandra

236 **Barreiras à pesquisa e desenvolvimento de TA por meio de abordagens participativas de design: uma revisão da literatura**
Sardá, Gabriela Cristina; Lima, Júlia Gouveia; Prandini, Marcos Benedicto; Catecati, Tiago; Palmeira, Eduardo Gabriel Queiroz; Susana Cristina Domenech; Ferreira, Marcelo Gitirana Gomes

248 **Classificação Automática de Cenas Acústicas para Apoio à Hipersensibilidade Auditiva no TEA: Uma Abordagem Simulada**
Neto, José Ricci; Macegoza, Thiago Vinícius; Parreira, Wemerson Delcio; Itturriet, Fábio Pires; Borges, Renata Coelho,

265 **Compreendendo as recomendações do WCAG 2.2 para orientação de desenvolvimento de Tecnologia Assistiva Digital para pessoas com baixa visão**
Recchia, Rodrigo M.; dos Santos, Vagner R.

277 **Design e próteses: a atuação do Design em um contexto estigmatizado**
Mendonça, Juliana; Horta, Anderson

289 **Dispositivo autônomo de avaliação visual de intensidade de sinais de sEMG para aplicações de reabilitação**
Menegotto, Bruno Adriano; Stevan Jr., Sergio L.; Mendes Jr., José Jair Alves

299 ***Ergocapability Protocol*® Desenvolvimento e avaliação de um aplicativo para inserção de pessoas com deficiência no ambiente trabalho**
Merino, Eugenio Andrés Díaz; Cabral, Ana Karina Pessoa da Silva; Pereira, Danilo; Merino, Giselle Schmidt Alves Díaz; Riascos, Carmen Elena Martínez; Lima, Sheila Luciane Vargas de; Ferrari, Laura do Livramento, Irandir Izaquiel Paulo

312 Explorando o uso de inteligência artificial no projeto de uma interface Homem-Robô acessível
Da Mata, Julienne Rodrigues; Da Silva, Tainara Galisa; Da Silva, Ícaro Arthur Oliveira Herculano; Queiroga, Raissa Tavares Vieira; Carvalho, João Luiz Carneiro; Carneiro, Gabriel Matos

324 Interface gráfica para classificação de padrões de sinais neuroelétricos não-invasivos de indivíduos com lesão medular
Matias, Cristian Veggian; Lourenção, João Pedro Moreto; Vazquez, Jose Angel Nieves; Mendes Júnior, José Jair Alves; Campos, Daniel Prado

336 Leitor de caracteres em *display* LCD para pessoas com deficiência visual
Nunes, Henrique Teixeira; Tavares, Raissa Vieira Queiroga

350 Modelo participativo baseado em evidências para levantamento de requisitos de usuários de tecnologias assistivas
Barreto, Octavio; Garcia, Emanuel; Lourenço, Jordam; Canciglieri Junior, Osiris; Schaefer, Jones

360 Práticas interdisciplinares na melhoria de produtos e serviços: o Design atuando na saúde
Merino, Eugenio Andrés Díaz; Cavalcante, Rodrigo Augusto de Sousa; Gonçalves, Luana Bortoletto; Rosa, Carolina Schutz; Paulo, Irandir Izaquiel; Merino, Giselle Schmidt Alves Díaz; Mannrich, Giuliano; Souza, Paulo Marcio

374 Proposta de acessibilidade de estudantes com deficiência visual com baixa visão em bibliotecas: totem PcD com leitor e ampliador de tela
Maluly, Carlos Vinícius; Vergara, Lizandra Garcia Lupi

384 Reconhecimento de fala com condução óssea para pessoas com deficiência auditiva
Almeida, Leonardo Alves; Oliveira, Lucas Romanzin; Cordeiro, Marcos de Lima; Costa, Matheus Angelio; Covacic, Márcio Roberto; Gaino, Ruberlei; Periotto, Álvaro José; Leoncio, Antonio Pires

395 Rede de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva (RPDTA): workshops integrando Tecnologia Assistiva, Design e Tecnologia
Merino, Eugenio Andrés Díaz; Merino, Giselle Schmidt Alves Díaz; Okimoto, Maria Lúcia Leite Ribeiro; Pasquarella, Luis Carlos; Foggiatto, José Aguimar; Medola, Fausto Orsi; Martinez, Amalia Kusiak; Cavalcante, Rodrigo Augusto de Sousa; Bairros, Amanda da Silveira

408 Sistema Assistivo Inteligente: babá eletrônica e campainha integradas com automação residencial e *power line communication* para deficientes auditivos
Benco Junior, Willians; Raganhan Figênio, Gabriel; Simões Dias, Thiago; Castellanos Rodriguez, Juan Camilo

419 Tecnologia para classificação funcional de atletas de rugby em cadeira de rodas: mecanomiografia do desvio radial de punho
Santos, Ketlin Mikaela Medeiros; Santos, Elgison da Luz; Fernandes, Maria de Fátima; Santos, Rafael Felipe Fernandes dos; Vara, Gabriela; Petrikic, Djovana; Nogueira, Guilherme Nunes; Nohama, Percy

432 Tecnologia Assistiva e espaços digitais: comparação entre experiências brasileiras e internacionais
Donaton, Ana Paula; Seabra Junior, Manoel Osmar

EIXO TEMÁTICO | Tecnologias Assistivas emergentes e com IA

RELATOS TÉCNICOS

447 Allena: uma extensão de navegador baseada em voz para a inclusão digital de pessoas com deficiência visual
Soares, Laissa; Gontijo, Amanda; Morganna, Ellen; Oliveira, Luciano; Leão, Amanda; Brito, Leandro; Souza, Nilmar

Prefácio

É uma honra apresentar os anais do **V Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva-CBTA 2025: "Inovação e a Inclusão", e o *First International Congress on Research and Development in Assistive Technology* – 1st ICRDAT,** resultantes de eventos que se consolidam como o principal fórum de debate, inovação e partilha de conhecimento técnico-científico no campo da acessibilidade e inclusão no Brasil.

Esta edição é fruto de uma construção coletiva, promovida pela **Associação Brasileira de Pesquisadores em Tecnologia Assistiva (ABPTA)** e pelo **Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva (NAPI-TA) da Fundação Araucária**. E olhar para o presente exige reconhecer as nossas raízes, e a trajetória do CBTA deve-se à **Rede de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva (RPDTA)** iniciada em 2015 por um grupo de professores de distintas instituições, cujo legado de integração entre a academia e a sociedade permanece ativo e atuante neste ideal.

Desta forma foi a partir da "RPDTA - Rede de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva: ações integradas entre Engenharia Mecânica e Design" entre um dos objetivos específicos, o de fomentar e disseminar a pesquisa em Tecnologia Assistiva. Este objetivo foi articulado com pesquisadores vinculados à UFPR – Universidade Federal do Paraná, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, UNESP – Universidade Estadual Paulista, UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná e UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina, e nesta década de atuação expande-se e se amplia em seus objetivos, constituindo-se em uma **Associação Brasileira de Pesquisadores em Tecnologia Assistiva (ABPTA)** no ano de 2025. E novos projetos de redes surgem, entre eles o **Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva (NAPI-TA) da Fundação Araucária** no ano de 2023, com uma gestão de pesquisadores da UFPR, UTFPR, IFPR, UENP, Hospital do Trabalhador e SEDEF-PR (Secretaria do Desenvolvimento Social e Família do Governo do Paraná). Assim esta 5ª. edição bianual do CBTA, foi organizada pelos Pesquisadores do NAPI-TA conjuntamente com a ABPTA, sediando o V CBTA 2025 & 1*st ICRDAT* em Curitiba, que foi realizado no Campus Rebouças na Universidade Federal do Paraná no período de 30 de setembro a 3 de outubro de 2025.

O Contexto da Quinta Edição

O V CBTA 2025 & 1st ICRDAT ocorre em um momento de profundas transformações na sociedade, decorrentes da rápida evolução de áreas como a manufatura aditiva, a Inteligência Artificial e a Internet das Coisas (IoT), dos sistemas digitais de comunicação muito mais econômicos, entre outros fatores, têm aberto fronteiras inéditas para o desenvolvimento de soluções personalizadas e de baixo custo de Tecnologia Assistiva. Desta forma, abre-se oportunidades de pesquisa e o desenvolvimento de Tecnologia Assistiva, percebida não apenas como um simples produto, mas como um processo interdisciplinar que envolve conhecimentos das diversas áreas, englobando tais como: a saúde, educação, engenharia, design, ciência da computação, entre outras áreas.

Assim, neste contexto, o comitê gestor do CBTA propõe um contínuo pensar e refletir crítico sobre os problemas que afetam as Pessoas com Deficiências (PcD) em busca de soluções nas suas necessidades básicas de alimentação, ensino, transporte, qualidade de vida, entre tantas outras inúmeras necessidades. Assim, a cada nova edição deste evento somam-se os esforços, frutos de pesquisa, para o avanço do conhecimento visando a inclusão das PcD. Entretanto, sabemos que há imensos desafios ainda a vencer, para que tenhamos a igualdade de condições e de oportunidades para uma efetiva inclusão das PcD.

Nesta edição, tem-se como temática "Inovação e inclusão" com o evento dedicado ao campo da Tecnologia Assistiva. E nessa jornada de inovação e inclusão, reunimos os jovens e experientes pesquisadores, profissionais e entusiastas nacionais e internacionais para divulgar seus estudos e insights inovadores.

O V CBTA 2025 & 1st ICRDAT 2025: "Inovação e a Inclusão", e o 1st ICRDAT, eventos com cunho científico, tecnológico e social, nesta dupla edição, objetivou o diálogo e a troca de saberes, e a promoção da divulgação científica relacionada à pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias voltadas à melhoria da qualidade de vida de pessoas com deficiência, incapacidade e mobilidade reduzida, favorecendo ou ampliando a sua comunicação, mobilidade, controle do ambiente, habilidades de seu aprendizado, trabalho e inclusão junto à família, amigos e sociedade.

> A Tecnologia Assistiva é compreendida como: produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que tenham como objetivo 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. (Brasil, 2015)[1].

Destaques dos Anais

Os artigos e relatos de experiência reunidos neste volume refletem o estado da arte da pesquisa brasileira. Os leitores encontrarão investigações que cruzam as fronteiras da Engenharia, do Design, da Saúde e da Educação, abordando desde a reabilitação física e sensorial até o suporte à longevidade ativa e à educação inclusiva.

A diversidade dos trabalhos aqui apresentados demonstram a força da cooperação nacional e internacional. As parcerias estratégicas entre universidades, centros de saúde e o setor produtivo nos permite transformar a pesquisa científica em ferramentas reais de mudança social. Para o V CBTA 2025 & 1*st ICRDAT* foram submetidos 210 artigos.

Salientamos, que os textos de todos os capítulos deste volume foram submetidos ao V CBTA 2025 & 1*st ICRDAT* 2025, foram avaliados em sistema *peer-review* (revisão por pares) com uso de critérios qualitativos e quantitativos; e aprovados por um comitê científico composto por 55 (cinquenta e cinco) Professores e Pesquisadores com o Titulação de Doutor, vinculados às importantes universidades brasileiras e algumas organizações internacionais. Foram submetidos ao evento, 210 (duzentos e dez) artigos, tendo sido aprovados 190 (cento e noventa) artigos para a apresentação oral e para a publicação. Os 20 (vinte) melhores artigos foram selecionados e encaminhados em sua versão completa para a sua publicação na Revista Human Factors in Design, e se encontram apenas os resumos nos volumes dos anais do V CBTA 2025 -1*st ICRDAT*. E na área da educação inclusiva foram selecionados os melhores autores, os quais foram convidados a submeter um novo artigo para as seguintes revistas: " [2]Revista *Benjamin* Constant, [3]Revista Diálogos e Perspectivas em Educação Especial (RDPEE, e [4]Revista Saber Incluir (RSI).

---

1 BRASIL, 2015, Lei n. 13.146, de 6 de jul. de 2015. Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm; acesso em: 10 Jan 2025.

2 Revista Benjamin Constant, https://revista.ibc.gov.br/index.php/BC/about.

3 Revista Diálogos e Perspectivas em Educação Especial (RDPEE), https://revistas.marilia.unesp.br/index.php/dialogoseperspectivas/about

4 Revista Saber Incluir (RSI), https://portaldeperiodicos.ufopa.edu.br/index.php/revistasaberincluir/about

A série de livros "**Inovação e Inclusão | Tecnologia Assistiva**" - Anais do V CBTA 2025 & 1st *ICRDAT*, é composta dos seguintes conteúdos:

- **Volume 1 - Produtos de Apoio para a Autonomia e Inclusão -** Neste volume inclui as seguintes categorias: Ajudas para Mobilidade Pessoal, Comunicação, Informação e Sinalização e Cuidados Domésticos e Escolares;
- **Volume 2 - Participação, Ambiente e Inovação -** Este volume destacamos as seguintes categorias**:** Cuidados e Proteção Individual, Esporte, Recreação e Lazer, Melhoria Ambientais, Ferramentas e Máquinas, e Tecnologia Assistiva emergentes e com IA (inteligência artificial);
- **Volume 3 - Órteses, Próteses e Cuidado Clínico Individualizado.** Apresentamos neste volume as categorias e Órteses e Próteses; e Tratamento Clínico Individual;
- **Volume 4 - Da Autonomia no Espaço ao Suporte no Aprender.** Este volume aborda as seguintes temáticas: Treino de Capacidades; Mobiliários e Adaptações para Residências, Escolas e Outros Imóveis; e Recursos Pedagógicos Escolares.

Em cada um dos volumes estão reunidos uma coletânea de artigos, versando sobre as temáticas das categorias inseridas no V CBTA & 1st *ICRDAT*.

Apesar do extenso trabalho de avaliação, seleção e edição dos capítulos dos volumes que compõem os anais do do V CBTA 2025 & 1st *ICRDAT*, os propósitos e o conteúdo de cada capítulo são exclusivamente de responsabilidade de seus autores e não expressam a opinião dos revisores e /ou organizadores da obra.

Agradecimentos

Expressamos nossa profunda gratidão aos autores, cujas pesquisas dão vida a estas páginas, e aos revisores, pelo rigor que qualifica este registro histórico. A Fundação Araucária e o CNPq, patrocinadores deste evento. Um agradecimento especial às equipes do NAPI-TA e da ABPTA, que mantêm viva a chama da RPDTA, unindo pesquisadores de todas as regiões do país em prol de uma sociedade mais equânime. Agradecemos aos nossos apoiadores a UNILEHU, Instituto Paranaense de Cegos- IPC, o Complexo de Saúde Pequeno Cotolengo, a UNIMED, Hospital INC, TECHSOLUTION, que nos proporcionaram um evento de repleto de experiências e oportunidades de convivências sociais.

Convidamos todos à leitura atenta destes anais, certos de que as ideias aqui compartilhadas servirão de semente para novas inovações que permitam promover à participação social, cultural, educacional e de empregabilidade das PcD.

Comissão Organizadora
V *Congresso Brasileiro de Tecnologia Assistiva*

Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto,
Presidente da ABPTA
Coordenadora do NAPI-TA da Fundação Araucária
Professora Titular do Departamento de Engenharia Mecânica e do Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica e do Programa de Pós Graduação em Design da Universidade Federal do Paraná

EIXO TEMÁTICO | Cuidados e Proteção Individual

ARTIGOS COMPLETOS

A evolução na emissão da Carteira de Identificação da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista (CIPTEA) no Paraná

Lourenço, Carla Cristina Felicio Vieira [*1]; Lopes, Paulo Ricardo Gomes [2]; Leoz, Giulia de Melo[3]; Martins, Cristina Dietrich Machowski[4] ; Coden, Quelen Silveira[5]

1 – SEDEF/CPCD, carla.lourenco@sedef.pr.gov.br
2 – SEDEF/CPCD, pauloricardo.lopes@sedef.pr.gov.br
3 – SEDEF/CPCD, rt.giulia@sedef.pr.gov.br
4 –SEDEF/CPCD, terc.cristinamartins@sedef.pr.gov.br
5 –SEDEF/CPCD, quelen.coden@sedef.pr.gov.br
* -Correspondência: Rua Jacy Loureiro de Campos, SN, Centro Cívico, Curitiba, Paraná, Brasil, CEP 82590-300

DOI 10.52050/9788579177163-01

RESUMO

Com a Lei 13.977/2020, o Paraná implantou a CIPTEA, facilitando a identificação da pessoa com TEA, o contato com responsável e atendimento prioritário. Objetivou-se analisar a evolução nas emissões de carteiras desde o início da implementação, bem como compreender seu papel junto às políticas públicas. Realizou-se análise documental e quantitativa do número de emissões desde a implementação. Observa-se que houve um crescimento expressivo das emissões da CIPTEA, atualmente com mais de 40 mil emissões. Concluiu-se que a CIPTEA é um importante instrumento para inclusão social, acessibilidade e levantamento de dados, impactando o planejamento e monitoramento das políticas públicas.
Palavras-chave: Transtorno do Espectro Autista, Carteira de Identificação da Pessoa com TEA, Política pública.

ABSTRACT

With the enactment of Law No. 13,977/2020, Paraná introduced CIPTEA to facilitate the identification of individuals with Autism Spectrum Disorder (ASD), ensure contact with guardians, and guarantee priority assistance. This study aimed to analyze the evolution ofcard issuances since its implementation and understand its relevance to public policy. A documentary and quantitative analysis was conducted based on issuance data. Results show a significant increase, with over 40,000 cards

issued. It is concluded that CIPTEA is a relevant tool for promoting social inclusion, improving accessibility, and supporting data collection, thereby contributing to public policy planning and monitoring.
Keywords: *Autism Spectrum Disorder, Identification Card for People with Autism Spectrum Disorder, Public policy.*

1. INTRODUÇÃO

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é um transtorno do neurodesenvolvimento caracterizado por déficits persistentes na comunicação e interação social, em múltiplos contextos, e por comportamentos excessivamente repetitivos, interesses restritos e insistência nas mesmas ações ou objetos - podendo, também, estar relacionado a uma Hiper ou Hiporreatividade a estímulos sensoriais ou por um interesse incomum em aspectos sensoriais dos objetos ou do ambiente (APA, 2023).

O TEA é uma condição de natureza multifatorial, influenciada por fatores ambientais, genéticos, fisiológicos, cerebrais e culturais, e pode-se apresentar em amplas formas de manifestação, dimensionalidade e graus de comprometimento (desde casos mais leves até indivíduos sem autonomia) - o que justifica o uso do termo "espectro". Apesar da ênfase em sua relevante heterogeneidade sintomatológica, o Transtorno do Espectro Autista, mesmo em suas formas mais leves de apresentação, representa um significativo comprometimento funcional, nos níveis cognitivos, comportamentais, relacionais e de comunicação social (Júlio-Costa; Antunes, 2017; APA, 2023).

Neste sentido, é importante destacar que o Transtorno do Espectro Autista traz impactos não somente ao indivíduo, mas também a sua família, por conta das especificidades de seus cuidados de rotina, associados, muitas vezes, a rigidez cognitiva, dificuldade de lidar com mudanças e aos prejuízos no funcionamento psicossocial. Durante a infância, mesmo atividades rotineiras podem se tornar desafiadoras, como alimentação, sono, cortes de cabelos e cuidados dentários. Na idade escolar, a capacidade de planejamento, organização e preparação para mudanças podem impactar na aprendizagem e sucesso acadêmico. Na vida adulta, o TEA pode estar associado a uma dificuldade para a independência (APA, 2023).

Reconhecendo os prejuízos funcionais associados ao Transtorno do Espectro Autista, em 27 de dezembro de 2012 foi sancionada a Lei Federal 12.764/2012, que estabelece a Política Nacional de Proteção dos Direitos das Pessoas com Transtorno do Espectro Autista e passa a reconhecê-las como Pessoas com Deficiência para todos os efeitos legais. Esta legislação se tornou um marco para o movimento de reconhecimento dos direitos das pessoas com TEA,

estabelecendo diretrizes e direitos básicos para sua proteção, inclusão social e atenção integral às suas necessidades, sociais, de saúde e educacionais:

> Art. 3° São direitos da pessoa com transtorno do espectro autista: I - a vida digna, a integridade física e moral, o livre desenvolvimento da personalidade, a segurança e o lazer; II - a proteção contra qualquer forma de abuso e exploração; II - o acesso a ações e serviços de saúde, com vistas à atenção integral às suas necessidades de saúde, incluindo: a) o diagnóstico precoce, ainda que não definitivo; b) o atendimento multiprofissional; c) a nutrição adequada e a terapia nutricional; d) os medicamentos; e) informações que auxiliem no diagnóstico e no tratamento; IV - o acesso: a) à educação e ao ensino profissionalizante; b) à moradia, inclusive à residência protegida; c) ao mercado de trabalho; d) à previdência social e à assistência social.

Em seguimento deste movimento, em 2020 foi aprovada a Lei Federal 13.977 (Lei Romeo Mion), que criou a Carteira de Identificação da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista (CIPTEA), uma tecnologia que visa assegurar atenção integral, pronto atendimento e prioridade no atendimento e no acesso aos serviços públicos e privados, em especial nas áreas de saúde, educação e assistência social. No Estado do Paraná, a CIPTEA foi efetivada em maio de 2020, sendo um dos pioneiros na emissão da carteira. Posteriormente, outros estados do País também aderiram à legislação, sendo que atualmente, dos 26 estados brasileiros, 22 — contando o Distrito Federal — fazem a emissão.

Tendo em vista este breve histórico, o presente artigo busca analisar como é feita a emissão da CIPTEA no Paraná, bem como analisar a evolução nas emissões de carteiras desde o início da implementação desta política pública. Ainda, buscamos compreender como o acesso a informações quantitativas sobre as emissões de carteiras podem auxiliar o poder público — em nível municipal e estadual — a formular e aplicar políticas públicas voltadas às pessoas com Transtorno do Espectro Autista.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo quantitativo, que utiliza-se da matemática e de dados brutos para a descrição e pesquisa de um fenômeno (GERHARDT; SILVEIRA, 2009), com caráter exploratório, que baseou-se em dados brutos presentes no sistema de emissão da Carteira de Identificação e quantidade de carteiras emitidas anualmente de 2020 — ano em que foi instituído o sistema — até 2025 em todo o estado do Paraná, por meio da geração de relatórios de emissões

no período selecionado. Visando a contextualização do funcionamento do CIPTEA, também utilizou-se de análise de documentos internos, produzidos pelos próprios servidores da Coordenação da Política Estadual da Defesa dos Direitos das Pessoas com Deficiência (CPCD/SEDEF). Ressalta-se que todos os dados utilizados são restritos à Coordenação da Política Estadual da Defesa dos Direitos das Pessoas com Deficiência (CPCD/SEDEF).Para coleta dos dados, inicialmente foram realizadas buscas nos sistemas internos de armazenamento de documentos da Coordenação da Política Estadual da Defesa dos Direitos das Pessoas com Deficiência (CPCD/SEDEF) e foram selecionados aqueles que descreviam sobre o desenvolvimento do CIPTEA e sua forma de funcionamento. Os dados foram organizados e sintetizados de acordo com o conteúdo apresentado e, posteriormente, realizada uma análise documental, técnica que utiliza de métodos e técnicas para coletar, compreender e analisar documentos, permitindo o entendimento de objetos sob a ótica histórica e sociocultural (JUNIOR; OLIVEIRA; SANTOS; SCHNEKENBERG, 2021).

Posteriormente, para análise quantitativa, foram gerados relatórios de emissão do CIPTEA por meio da própria plataforma, trazendo informações sobre o ano de emissão e a quantidade. Foram utilizados dados numéricos que indicavam a quantidade de CIPTEAs emitidas desde sua implementação em 2020 até o mês de junho de 2025. Os dados foram tabulados na plataforma Excel, categorizados, comparando o ano de emissão e a quantidade, e posteriormente foi gerado gráfico para visualização da evolução das emissões.

3. RESULTADOS

O sistema de emissão da Carteira de Identificação da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista foi desenvolvido em 2020 pela Secretaria do Desenvolvimento Social e Família (SEDEF) em conjunto com a Companhia de Tecnologia da Informação e Comunicação do Paraná (Celepar) para tornar a emissão da (CIPTEA) acessível à população paranaense através de uma ferramenta online. O Sistema reúne dados sobre a emissão das carteiras, indeferimentos, que necessitam de correção, bem como permite selecionar a mesorregião do IBGE, a mesorregião do Ipardes[1] e a região geográfica intermediária e imediata do IBGE.

Apesar de ser um sistema restrito à Coordenação da Política Estadual da Defesa dos Direitos das Pessoas com Deficiência (CPCD/SEDEF), municípios podem requisitar acesso às informações de sua cidade, a partir da formalização de um Termo de Aceite, indicando o responsável no município pela gestão dos dados fornecidos. Ainda assim, a gestão municipal que faz o aceite do Termo não têm acesso a alguns dados pessoais, considerados sensíveis, do munícipe que

possui a CIPTEA, como número de telefone e CPF, ação que visa a proteção dos dados.

No que diz respeito a sua forma de funcionamento, a emissão do CIPTEA inicia com o cadastro do usuário. O interessado deve registrar uma senha na Central de Segurança do Estado do Paraná para proteger dos seus dados em respeito à Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD) — Lei 13.709/2018, e, posteriormente, passa a ter acesso a um espaço para preenchimento dos dados da sua CIPTEA.

Os dados são requisitados ao usuário em conformidade com a Lei 13.977/2020, que prevê as informações mínimas que devem constar na Carteira do Autista em todos os estados, mas cada unidade federativa pode adicionar outras informações que considerarem necessárias. Para solicitar a CIPTEA no Paraná os documentos requisitados são: RG e CPF do autista; RG e CPF do responsável; Fotografia (padrão RG); Endereço; Laudo médico (Original, com CID, nome completo do paciente, assinatura e carimbo de identificação com CRM do médico); e Exame de tipo sanguíneo (grupo sanguíneo e fator RH) - pode ser utilizada a carteira de vacinação ou carteira de acompanhamento da gestante em que constam os dados do recém nascido, caso essas documentações apresentem esta informação.

[1]O Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES) é uma instituição de pesquisa que tem como função estudar a realidade econômica e social do Estado para subsidiar a Formulação, a execução, o acompanhamento e a avaliação de políticas públicas (PARANÁ, [s.d].

Através do sistema, a Coordenação da Política Estadual de Defesa dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Estado do Paraná (CPCD/SEDEF) faz a análise da documentação anexada e dos dados informados para verificação e emissão. Caso as informações e documentos não estejam de acordo, há um retorno para o solicitante informando a necessidade de correções. Após a aprovação, a carteira fica disponível para o usuário imprimir ou utilizar no celular, ressaltando que o documento tem um QRcode que valida a carteira caso seja necessário.

O sistema da CIPTEA no Paraná faz o compartilhamento de dados com o Instituto de Identificação do Paraná. Assim que o solicitante digita o número do Registro Geral (RG) ou da Carteira de Identidade Nacional (CIN) o sistema puxa os dados automaticamente e inclui — quando o documento de identificação do requerente está atualizado — a digital e a assinatura do requerente na carteira. Esse é o principal diferencial do Estado do Paraná na emissão da carteira, tendo em vista que tal característica confere oficialidade a CIPTEA e permite que a indicação de que a pessoa é autista também esteja presente na CIN. Ainda no que diz respeito a interface com o Instituto de Identificação, o Paraná foi o primeiro a

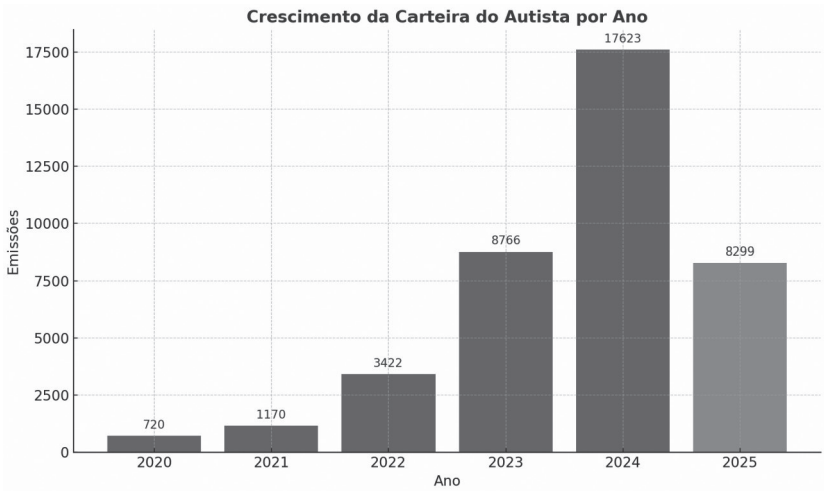
utilizar esse recurso à época em que a tecnologia foi instituída, o que demonstra o pioneirismo do estado no registro de dados e informações entre os órgãos públicos.

Figura 1 - Modelo CIPTEA do Estado do Paraná



No que diz respeito aos dados quantitativos, observa-se que houve um crescimento expressivo das emissões da CIPTEA desde sua implantação em 2020, sendo que até o momento já foram emitidas 40.000 carteiras. A emissão de carteirinhas por ano está representada no gráfico abaixo:

Gráfico 1 - Número de CIPTEAs emitidas entre os anos de 2020 à 2025 no estado do Paraná



A partir do gráfico apresentado, nota-se que entre 2020 e 2024, os números de CIPTEA emitidos aumentaram em mais de 2.447%, sendo que, de um ano a outro, entre 2020- 2021 houve um aumento de 156%, entre 2021-2022 de 292%, entre 2022-2023 de 256%, entre 2023-2024 de 201% - indicando que o número de carteiras emitidas dobrou durante 3 anos seguidos. Em 2025, os dados referem-se ao número de carteirinhas emitidas até o mês de junho de 2025, já alcançando, apenas neste primeiro semestre, quase metade das emissões de 2024.

4. DISCUSSÃO

As políticas públicas são compreendidas como o conjunto de normas, ações ou atividades governamentais, de campo multidisciplinar, que orientam práticas, garantem direitos e permitem a distribuição de bens e serviços, no sentido de atender a diferentes demandas sociais (SILVEIRA ET AL., 2007; SOUZA, 2006). Neste sentido, a Lei nº 13.977/2022 (Lei Romeo Mion), estabelecendo a CIPTEA, uma tecnologia gratuita, de responsabilidade governamental, mostra-se como uma política importante para assegurar que sejam exercidos os direitos desta população, com maior facilidade e prioridade nos serviços, que visa permitir o acesso a tratamentos e adaptações necessárias (BRASIL, 2020; SILVA ET AL., 2025).

Nota-se que, apesar de ser uma Lei Federal, a mesma dá abrangência para que os estados e municípios implantem a carteira com autonomia. No Estado do Paraná, a movimentação para implementação do instrumento foi rápida, com legislações estaduais estabelecidas ainda no ano de 2020. No entanto, ainda que a Lei 12.764/2012 e a Lei 13.977/2020 tenham trazido uma série de normativas acerca dos direitos voltados às pessoas com Transtorno do Espectro Autista e tenham sido importantes passos para a efetivação desses direitos, percebe-se que, inicialmente, só as legislações e implementação do sistema não trouxeram mudanças efetivas. A adesão ao serviço foi gradual e não atingiu o esperado em seu primeiro ano.

Compreende-se que para estabelecimento e organização das políticas públicas, não apenas é realizado o planejamento e execução, mas também é necessário uma avaliação continuada, que observe o impacto gerado, fatores positivos e negativos da implementação, bem como considere novas fases que corrijam o fluxo e meçam os resultados (SILVEIRA ET AL., 2007; SOUZA, 2006).

Assim, identificada a baixa aderência ao serviço, houveram novas movimentações da Secretaria Estadual e da Coordenação da Política Estadual de Defesa dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Estado do Paraná (CPCD/SEDEF) para ampliação de seu impacto, como campanhas de conscientização e

de facilidade no acesso à informação, que mostraram-se frutíferas, uma vez que se observa um expressivo aumento na emissão desde 2021.

Em 2023 a Coordenação da Política Estadual de Defesa dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Estado do Paraná (CPCD/SEDEF) ofereceu um canal de WhatsApp[1] para facilitar a emissão da CIPTEA aos usuários que não tinham familiaridade com a internet ou que apresentavam dificuldade com o sistema. No mês de abril de 2025, foram mais de 2.000 mensagens de WhatsApp respondidas, o que ampliou o alcance de informações e tornou a emissão do documento mais próxima das famílias, e, atualmente, são mais de 250 mensagens respondidas diariamente.

A SEDEF também investiu em informação e divulgação do documento no estado. A participação em ações como Paraná Cidadão e Justiça no Bairro também fomentaram as emissões da CIPTEA, pois nestes momentos o atendimento foi realizado presencialmente para a população. Também foram utilizadas estratégias para divulgação e conscientização da população sobre o Transtorno do Espectro Autista e a emissão do CIPTEA, como foi o caso de ações no "Abril Azul", realizadas nos anos de 2024 e 2025. A partir dessas ações, notou-se um expressivo aumento na emissão de documentos, em ambos os anos.

Além disso, destaca-se que a CIPTEA, além de seu caráter interventivo, também se apresenta como um importante instrumento para levantamento de dados sobre as pessoas com Transtorno do Espectro Autista, compreendendo aspectos demográficos até sociais, com potencial para auxiliar no planejamento de novas políticas públicas, permitindo, cada vez mais, a inclusão, acessibilidade e atenção a este público.

5. CONCLUSÕES

A Carteira de Identificação da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista é um documento emitido pela Coordenação da Política Estadual de Defesa dos Direitos da Pessoa com Deficiência (CPCD/SEDEF) desde 2020, a partir de legislações federais e estaduais, que se mostra como um marco para garantir os direitos desta população. O processo de estabelecimento da CIPTEA também permitiu a reflexão sobre a importância do monitoramento das políticas públicas e da adaptação das estratégias de implementação conforme os desafios encontrados, como foi o caso das campanhas organizadas, o que permitiu o aumento do impacto social e no número de pessoas atendidas.

---

1 A título de informação, o canal de WhatsApp pode ser contatado através do número: (41)3210-2457.

Atualmente, nota-se que a CIPTEA é uma política bem estabelecida no Estado do Paraná, com grande abrangência populacional e potencial interventivo para facilitar o acesso prioritário das pessoas com TEA aos serviços garantidos por lei, bem como auxiliar em sua inclusão e integração social. Além de seu caráter interventivo, nota-se que a tecnologia também possui potencial para auxiliar na implementação de novas políticas públicas, uma vez que permite o levantamento de dados relevantes para compreensão da população com TEA.

Por meio deste estudo, portanto, foi possível entender como foi o desenvolvimento e como funciona a CIPTEA, bem como seus impactos para as pessoas com Transtorno do Espectro Autista e suas perspectivas futuras. No entanto, compreende-se que ainda são poucos os estudos que discorrem e avaliam as diferentes formas de políticas públicas, sendo poucos os que discorrem sobre os efeitos destas na prática. Como sugestão para pesquisas futuras, sugere-se a investigação sobre os efeitos práticos da CIPTEA no dia a dia dessa população, bem como de outras políticas.

REFERÊNCIAS

APA (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION). DSM-5: Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2023.BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira da Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 jul. 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: junho de 2025

BRASIL. Lei n° 12.764, de 27 de dezembro de 2012.Institui a Política Nacional de Proteção dos Direitos da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista; e altera o § 32 do art. 98 da Lei n° 8.112, de 11 de dezembro de 1990. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 dez. 2012. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12764.htm.Acesso em: junho de 2025.

BRASIL. Lei nº 13.977, de 8 de janeiro de 2020. Altera a Lei nº 12.764, de 27 de dezembro de 2012 (Lei Berenice Piana), e a Lei nº 9.265, de 12 de fevereiro de 1996, para instituir a Carteira de Identificação da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista (Ciptea), e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 jan. 2020. Disponivel em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_at02019-2022/2020/lei/113977.htmi#:~:text=1%200%20Esta%20Lei%2C%20denominada,Ciptea)%2C%20de%20expedi%C3%A7%C3%A30%20gratuita.

GERHARDT T.E.; SILVEIRA D.T. *Métodos de pesquisa.* Porto Alegre: UFRGS (2009). Disponível em: http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf

JÚLIO-COSTA, A.; ANTUNES, A. M. *Transtorno do Espectro Autista na Prática Clínica.* São Paulo: Pearson, 2017.

JUNIOR, E. B. OLIVEIRA, G. S.; SANTOS, A. C. O; L.SCHNEKENBERG, G. F. Análise Documental como percurso metodológico da pesquisa qualitativa. *Cadernos da Fucamp*, v. 20, n. 44, p. 36-51, 2021.

SILVA, W. et al. CIPTEA e a Lei Romeo Mion: o direito à identidade da Pessoa com TEA nas leis estaduais brasileiras. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v. 11, 2025. Disponível em: https://www.revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/4105/4008.

SILVEIRA, F. et al. *Caderno de Psicologia e Políticas Públicas*. Curitiba: Gráfica e Editora Unificado, 2007.

SOUZA, C. *Políticas Públicas*: uma revisão da literatura. Sociologias, Porto Alegre, ano 8. n 16, p. 20-45, 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/j/soc/a/6YsWyBWZSdFgfSqDVQhc4jm/?format=pdf&lang=pt

PARANÁ. Lei nº 18.419, de 7 de janeiro de 2015. Institui o Estatuto da Pessoa com Deficiência do Estado do Paraná. Diário Oficial do Estado, Curitiba, PR, 8 jan. 2015. Disponível em: https://www.legislativo.pr.gov.br. Acesso em: junho de 2025.

PARANÁ. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social – IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social – IPARDES. Secretaria do Planejamento. Disponível em: https://www.planejamento.pr.gov.br/Pagina/Instituto-Paranaense-de-Desenvolvimento--Economico-e- Social-IPARDES. Acesso em: 13 jun. 2025.

Colaboração entre Terapia Ocupacional e Design Industrial no desenvolvimento de tecnologia assistiva para hanseníase: um estudo de caso

Alonso, Carolina Maria do Carmo [1]; Alves, Anael Silva [2]; Mangia, Anna Clara [3]; Cortines, Júlia[4]; Lessa, Clarice Gomes [5]; Maia, Fátima Beatriz [6]; Umbelino, Larissa [7]; Silva, Talita Silvério de Souza[8]

1 – Departamento de Terapia Ocupacional 1, UFRJ, carolina.alonso@medicina.ufrj.br
2 – Departamento de Desenho Industrial 2, UFRJ, anael.alves@eba.ufrj.br
3 – Departamento de Terapia Ocupacional 3, UFRJ, annaclaracosta0103@gmail.com.br
4 – Departamento de Terapia Ocupacional 4, UFRJ, juliacortines.to@gmail
5 – Departamento de Terapia Ocupacional 5, UFRJ, claricelessa@ufrj.br
6 – Departamento de Terapia Ocupacional 6, UFRJ, maiafatimato@gmail.com
7 – Departamento de Design Industrial 7, UFRJ, larissa.umbelino@gmail.com
8– Departamento de Terapia Ocupacional 8, UFRJ, talitanasf@gmail.com
* -Correspondência: **Universidade Federal do Rio de Janeiro** Av. Horácio Macedo, 2030 Centro de Tecnologia, Bloco I-2000, Sala 240, 2° andar Cidade Universitária - Ilha do Fundão Rio de Janeiro/RJ - Brasil - CEP 21941-914

DOI 10.52050/9788579177163-02

RESUMO

A hanseníase provoca perdas sensório-motoras que impactam as Atividades de Vida Diária. Este estudo analisou limites e potencialidades no desenvolvimento de Tecnologia Assistiva (TA) personalizada com fabricação digital para pessoas com hanseníase. Trata-se de estudo de caso qualitativo com coleta documental, entrevistas e observação. Foram desenvolvidos dois dispositivos adaptados com impressão 3D. Os resultados destacaram o potencial da colaboração entre Terapia Ocupacional (TO) e Design Industrial (DI), apesar de desafios técnicos e de incorporação no SUS. A experiência contribui para a qualificação da formação interprofissional e expansão de soluções personalizadas em TA.
Palavras-chave: Ergonomia, Design Centrado no Usuário, Reabilitação.

ABSTRACT

Leprosy leads to sensorimotor impairments that affect Activities of Daily Living. This study analyzed the limits and potentialities in the development of personalized

Assistive Technology (AT) using digital fabrication for people with leprosy. It is a qualitative case study with data collected through documents, interviews, and observation. Two customized devices were developed using 3D printing. The results highlighted the potential of the collaboration between Occupational Therapy (OT) and Industrial Design (ID), despite technical challenges and incorporation into the Brazilian Unified Health System (SUS). This experience contributes to the improvement of interprofessional education and the expansion of personalized AT solutions.
Keywords: *Ergonomy, User-centered Design, Rehabilitation.*

1. INTRODUÇÃO

A hanseníase é uma doença infecciosa de evolução crônica, causada pelo Mycobacterium leprae, e permanece como um relevante problema de saúde pública (Brasil, 2018). O Brasil figura entre os países com maior número de detecções anuais da doença e ainda não alcançou as metas de controle propostas pela Organização Mundial da Saúde (Brasil, 2018; OMS, 2016). Caracteriza-se por danos neurais periféricos que comprometem fibras nervosas sensitivas, motoras e autonômicas, resultando em perdas sensório-motoras e sequelas permanentes, como deformidades nas mãos e pés (Duerksen; Virmond, 1997; Brasil, [s.d.]). Tais alterações impactam diretamente o desempenho funcional nas atividades cotidianas, especialmente nas Atividades de Vida Diária (AVD) (Maia et al., 2016).

Entre as intervenções de cuidado para pessoas com hanseníase, destaca-se o uso de Tecnologia Assistiva (TA), conjunto de recursos e serviços que visa ampliar a funcionalidade e promover a independência de pessoas com deficiência (Maia et al., 2016). No Brasil, a oferta desses dispositivos ocorre majoritariamente no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS).

Entretanto, o modelo vigente de dispensação, ancorado em listas padronizadas, privilegia órteses, próteses e meios auxiliares de locomoção. Com isso, há limitada incorporação de recursos personalizados que poderiam atender de forma mais específica às demandas funcionais de pessoas com hanseníase, especialmente no desempenho de AVDs como alimentação, higiene e autocuidado (Domingues & Laplane, 2024; Bastos et al., 2023).

Os dispositivos de TA comumente utilizados para auxílio da realização de AVD por pessoas com hanseníase são: engrossadores de talheres, copos adaptados, talheres com ventosa, órteses de posicionamento e recursos de apoio para higiene. De acordo com Maia e colaboradores (2016) tais recursos têm se mostrado efetivos na redução de limitações funcionais desta população.

Considerando as limitações no acesso a TA pelo SUS, iniciativas de desenvolvimento de TA personalizada vêm sendo exploradas como alternativa para suprir essas lacunas. Nesse sentido, o projeto de pesquisa e extensão *Fabricando Independência e Autonomia – Uso da Fabricação Digital no Desenvolvimento de Tecnologia Assistiva para Pessoas com Deficiência* (*Fab*TA), desenvolvido na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), articula os campos da Terapia Ocupacional, Design Industrial e Engenharia de Produção na criação de dispositivos assistivos personalizados para pacientes do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF), utilizando recursos de fabricação digital.

No âmbito do FabTA, a Terapia Ocupacional (TO) aporta uma compreensão especializada da interação entre o indivíduo, suas ocupações e o ambiente, fundamentada em modelos como o *Person-Environment-Occupation* (Law et al., 1996).

Esse conhecimento permite avaliar de forma sistemática as limitações funcionais decorrentes das alterações sensório-motoras da hanseníase e identificar adaptações que favoreçam a realização de diversas ocupações. Desse modo, terapeutas ocupacionais não avaliam apenas o desempenho funcional, mas também prescrevem, ajustam e treinam o uso de dispositivos assistivos, considerando aspectos motores, sensoriais, cognitivos e psicossociais que impactam o uso dos recursos no cotidiano (COFFITO, 2006).

Adicionalmente, a abordagem centrada no usuário, proposta pela TO possibilita incorporar preferências individuais, rotinas diárias e contextos socioculturais, assegurando que os dispositivos desenvolvidos atendam de forma mais precisa às necessidades dos usuários. Essa adequação favorece tanto a adesão quanto a eficácia do uso dos dispositivos assistivos na prática cotidiana (Amiri et al., 2017; Wagenfeld et al., 2017; Aflatoony & Lee, 2020; AOTA, 2020)

Complementarmente, o Design Industrial (DI) contribui para a materialização técnica e estética dos dispositivos de TA, integrando conhecimentos de usabilidade, ergonomia e processos de fabricação (Amiri et al., 2017; Wagenfeld et al., 2017; Aflatoony & Lee, 2020). Adicionalmente, o domínio de ferramentas de fabricação digital — como impressão 3D, corte a laser e modelagem computacional — permite a produção personalizada de dispositivos, favorecendo a prototipagem iterativa e o ajuste fino das soluções propostas (Wagenfeld et al., 2017).

Em suma, a articulação entre a TO e o DI no âmbito do FabTA permite integrar o conhecimento clínico-funcional sobre as limitações na realização das ocupações, aportado pela TO, com as competências projetuais e tecnológicas

do DI, resultando no desenvolvimento de dispositivos assistivos personalizados e aderentes às necessidades reais dos usuários.

Considerando os desafios inerentes ao desenvolvimento dessas soluções personalizadas e a complexidade das demandas apresentadas por pessoas com hanseníase no uso de TA para apoio às AVD, este estudo tem como objetivo analisar, a partir de um estudo de caso, os limites e potencialidades no desenvolvimento de TA com uso de recursos de fabricação digital para pessoas com hanseníase, considerando a experiência de estudantes de graduação e pós-graduação atuantes no projeto FabTA; Além disso, examinar de que modo a fabricação digital pode contribuir para ampliar o acesso a dispositivos personalizados no contexto da reabilitação funcional no SUS.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Desenho do estudo

Este artigo apresenta uma pesquisa qualitativa do tipo estudo de caso, fundamentada nos princípios de Yin (2001). O estudo de caso é uma investigação empírica que analisa um fenômeno contemporâneo em seu contexto real, especialmente quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidas. Foi investigado o processo de desenvolvimento de recursos de Tecnologia Assistiva para um usuário com sequelas de Hanseníase no serviço de Terapia Ocupacional do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho.

A seleção do caso que foi analisado nesta pesquisa seguiu o critério de intensidade descrito por Patton (2003). Esse critério privilegia os casos comuns ricos em informação que permitem conhecer um determinado fenômeno em profundidade; ou seja, não se trata de casos complexos com êxitos ou fracassos exemplares e sim de casos que apresentam mais detalhes que contribuam para para compreensão do tema que se pretende investigar.

2.2 Coleta de dados

O período de coleta de dados compreendeu os meses julho de 2023 a julho de 2024. As fontes de informação da pesquisa foram registros documentais, entrevistas e observação.

Quanto aos documentos foram analisados dados extraídos: cadernos de campo dos pesquisadores, dados obtidos no prontuário do usuário do serviço de TO, imagens, desenhos e modelos 3D do processo de desenvolvimento dos dispositivos de TA. Em se tratando das entrevistas e observações estas

foram realizadas de forma concomitante em três encontros com duração de aproximadamente uma hora e meia com objetivos e procedimentos descritos no quadro 1.

Quadro 1- Procedimentos de coletas de dados

	Objetivo	Procedimentos
01	Avaliação inicial	Obter informações sobre demandas para dispositivos de TA, registro de medidas antropométricas e avaliação funcional (força, preensão).
02	Teste de protótipos	Obter informações sobre a pega, dos participantes, nos objetos, suas preferências, principais necessidades e medidas corporais, entre outras observações cruciais para a confecção das adaptações.
03	Entrega dos dispositivos	Explicar sobre o funcionamento do dispositivo, obter feedbacks e aprimorar o projeto por meio do acompanhamento contínuo.

2.3 Análise dos dados

Os dados foram analisados com base em princípios da análise temática.

3. RESULTADOS

Os resultados deste estudo de caso serão apresentados em dois eixos articulados: (i) a caracterização clínica e funcional do usuário, a partir do acompanhamento realizado pela equipe de Terapia Ocupacional; e (ii) o desenvolvimento dos dispositivos personalizados de Tecnologia Assistiva, com base nas demandas identificadas e na aplicação de recursos de fabricação digital no âmbito do projeto FabTA.

3.1 Apresentando o caso

Trata-se de um usuário do serviço de Terapia Ocupacional do HUCFF de 66 anos, solteiro, aposentado, morador do bairro de Mesquita no Rio de Janeiro com sequelas da hanseníase nos quatro membros apresentando paralisia tríplice,ou seja, garra do nervo ulnar, mediano e radial nas duas mãos e deformidade nos pés com úlcera plantar. Acerca da sensibilidade, Sr, C. apresenta anestesia palmar bilateral. O usuário submeteu-se a uma cirurgia de artrodese de punho e transferência de tendões na mão esquerda em 2015; entretanto, a intervenção na mão direita não foi realizada.

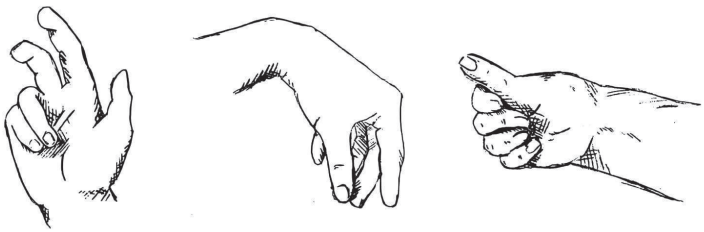
Em virtude das deformidades mencionadas e da impossibilidade de realizar o movimento necessário para escovar os dentes, o usuário sofreu a perda total da arcada dentária. O usuário não conta com uma rede de apoio familiar e enfrenta dificuldades para aderir ao tratamento, apresentando, com frequência, faltas nas consultas ambulatoriais.. Acerca de intervenções cirúrgicas, no momento não há indicações e para a conquista de arco de movimento o paciente faz o uso de órtese.

A mão em garra é uma manifestação morfológica típica na hanseníase que se caracteriza pela hiperextensão das articulações metacarpo-falangeanas dos quarto e quinto dedos, acompanhada pela flexão das articulações interfalangeanas desses dedos. Esta condição ocorre devido à paralisia dos músculos intrínsecos da mão, responsáveis pela estabilização das articulações metacarpo-falangeanas (Duerksen & Virmond, 1997).

A paralisia dos nervos ulnar, mediano e radial é observada em menos de 1% das pessoas afetadas pela hanseníase. Em pacientes com paralisia tríplice, os músculos funcionais são comprometidos simultaneamente com a paralisia de diversos músculos da mão, resultando em deformidades e dificuldades funcionais significativas.(McEvitt & Schwarz, 2002). Tal condição pode levar a uma perda significativa de função da mão, uma vez que os músculos responsáveis pelos movimentos finos dos dedos e do punho ficam paralisados. Essa perda funcional pode resultar em deformidades permanentes, como a "mão em garra" e a "mão caída"(Duerksen; Virmond, 1997).

A ausência de funcionalidade adequada dos músculos intrínsecos resulta na perda da capacidade dos tendões extensores de tracionar essas articulações, impedindo que as articulações mais distais dos dedos sejam estendidas, conforme ilustrado na Figura 1 (Duerksen; Virmond, 1997). Nesta figura, são ilustradas a preensão normal e preensão alterada pela garra ulnar, evidenciando a diferença na posição e função dos dedos.

Figura 1 - Paralisia tríplice: do nervo mediano, do nervo radial e do nervo ulnar respectivamente



A avaliação realizada pela Terapia Ocupacional levantou as demandas do usuário com relação às suas dificuldades na realização das atividades cotidianas.

Neste artigo duas destas atividades serão exploradas, a saber: abrir latas e abrir portas usando chave.

3.2 Desenvolvimento dos projetos de Tecnologia Assistiva

Em relação à demanda de abertura de latas, a equipe desenvolveu um adaptador utilizando tecnologia de impressão 3D, com aplicação de filamento de Ácido Polilático (PLA). O objetivo foi modificar o padrão convencional de preensão requerido para essa atividade, viabilizando sua execução de forma mais independente e segura pelo usuário. O dispositivo foi produzido a partir da adaptação de um modelo previamente disponível na plataforma Thingiverse, como ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Dispositivo de TA para abrir latas



Fonte: site Thingiverse, 2024

Inicialmente o usuário não se queixou de dificuldades para abrir as portas com chaves, porém os terapeutas ocupacionais identificaram tal demanda durante a análise desta atividade. Foi detectado que o paciente usualmente colocava a chave entre os dedos para abrir a porta, causando pequenos ferimentos na mão. A partir disso, foi proposto um adaptador de PLA para o encaixe da chave, proporcionando uma área de contato maior e permitindo que ele conseguisse abrir e fechar as portas de forma mais confortável. A figura 3. Ilustra o dispositivo produzido a partir de um modelo disponibilizado no site Thingiverse.

Figura 3 - Dispositivo de TA para uso de chaves



Fonte: site Thingiverse, 2024

3.2 Análise dos limites e potencialidades do desenvolvimento dos dispositivos

O desenvolvimento dos dispositivos que aqui se apresentam, embora sejam derivados de modelos prontos, demandou sucessivos ajustes no processo de prototipagem, especialmente em função das particularidades das limitações motoras do usuário. A equipe de estudantes de graduação e pós-graduação destaca a complexidade envolvida na adaptação ergonômica dos modelos digitais existentes, exigindo revisões sucessivas nas dimensões e formas de preensão para adequação à configuração funcional das mãos do paciente. O contato direto com a equipe de Terapia Ocupacional foi fundamental para compreender as demandas ocupacionais específicas e orientar as adaptações necessárias ao contexto de uso.

Entre as dificuldades técnicas identificadas, destaca-se a limitação do material utilizado (PLA), que, embora viável para a etapa de prototipagem rápida, apresenta restrições quanto à resistência mecânica e à durabilidade dos dispositivos para uso contínuo. Além disso, aspectos relacionados ao conforto tátil, ao peso e à facilidade de higienização dos dispositivos foram discutidos como pontos que exigem atenção em futuras etapas de desenvolvimento.

Por outro lado, a utilização da fabricação digital revelou importante potencial para a personalização de soluções assistivas, possibilitando o desenvolvimento de dispositivos personalizados, em tempo reduzido e com custos acessíveis. A flexibilidade no ajuste dos modelos digitais favoreceu a rápida produção de diferentes versões de protótipos, permitindo o refinamento progressivo das soluções em função da experimentação prática com o usuário.

A experiência interprofissional dos estudantes, ao longo do processo, foi apontada como elemento central de aprendizado, possibilitando o desenvolvimento de competências articuladas entre o conhecimento

clínico-funcional e as práticas projetuais e tecnológicas. Os estudantes destacaram o caráter formativo da atividade, a importância da escuta das necessidades do usuário e a interlocução constante entre as equipes para a definição de soluções viáveis e efetivas.

Embora ainda dependente de recursos estruturais e de pessoal qualificado, a estratégia de desenvolvimento de tecnologias assistivas personalizadas por meio de fabricação digital apresenta potencial de aplicação nos serviços públicos de reabilitação, sobretudo em situações nas quais dispositivos padronizados não atendem de forma satisfatória às demandas funcionais dos usuários. A integração entre conhecimento clínico e projetual configura-se, assim, como componente fundamental para a ampliação de estratégias de acesso à Tecnologia Assistiva no contexto do SUS.

4. DISCUSSÃO

Este estudo buscou analisar os limites e potencialidades do desenvolvimento de TA personalizada por meio da fabricação digital para pessoas com hanseníase, a partir da experiência de estudantes de graduação e pós-graduação no projeto FabTA. A partir do caso analisado, observou-se que a articulação interprofissional entre TO e DI foi central tanto para o delineamento funcional das demandas quanto para o desenvolvimento dos dispositivos.

Embora tenham sido utilizados modelos digitais já existentes como ponto de partida, a adaptação desses modelos às especificidades clínicas do usuário exigiu sucessivos ciclos de ajustes, envolvendo avaliação funcional detalhada, identificação de dificuldades nas AVD e adequações ergonômicas finas nos dispositivos. Esse processo evidencia o que Young et al. (2019) e Wagenfeld et al. (2017) descrevem como a importância da colaboração interdisciplinar para viabilizar dispositivos de TA mais alinhados às particularidades de cada usuário.

Ainda cabe ressaltar que, por meio da experiência de atuação neste caso, os estudantes de DI ampliaram sua compreensão sobre as limitações motoras e sensoriais impostas pela hanseníase, adquirindo habilidades em análise de atividades e adaptação de produtos a partir da observação clínica realizada com a equipe de TO.

Por sua vez, os estudantes de TO tiveram oportunidade de integrar os conhecimentos clínicos com os processos de modelagem e impressão 3D, expandindo sua atuação para o campo da prototipagem usando a fabricação digital. Como ressaltado por Amiri et al. (2017) e Wagenfeld et al. (2017), a formação interprofissional ainda na graduação contribui para a construção de competências compartilhadas essenciais à prática colaborativa que é imprescindível para solução de demandas complexas.

Entre as limitações observadas no desenvolvimento dos dispositivos, destacaram-se aspectos relacionados aos materiais empregados. Embora o uso do PLA tenha viabilizado protótipos de baixo custo e rápida produção, foram identificadas restrições quanto à resistência mecânica, durabilidade e conforto tátil dos dispositivos, sobretudo considerando o uso repetitivo em tarefas cotidianas. Tais limitações técnicas já foram discutidas em literatura anterior sobre fabricação digital aplicada à TA (Young et al., 2019; Wagenfeld et al., 2017).

Além dos aspectos técnicos, o caso analisado reforça as especificidades funcionais da hanseníase, incluindo perdas sensoriais extensas e deformidades associadas à paralisia tríplice, o que demanda soluções adaptadas não apenas à mecânica do movimento, mas também ao conforto e segurança do usuário. Como destacam Maia et al. (2016), a perda da sensibilidade impõe desafios adicionais tanto ao desenvolvimento de dispositivos de TA quanto à adesão ao seu uso.

Do ponto de vista da aplicabilidade em políticas públicas, o uso da fabricação digital mostrou-se uma alternativa promissora para responder a demandas não contempladas pelo modelo padronizado de oferta de TA no SUS, especialmente em função da flexibilidade para personalização e do baixo custo de prototipagem inicial. Contudo, sua incorporação sistemática no sistema público de saúde ainda exige a superação de barreiras estruturais, como a disponibilidade de equipamentos, a capacitação de equipes interdisciplinares e o reconhecimento institucional da relevância dessas soluções no campo da reabilitação funcional (Young et al., 2019).

Particularmente no caso da hanseníase, a oferta de TA no SUS ainda constitui um campo em aberto, com fragilidades no atendimento das demandas funcionais dessa população, frequentemente marcada por perdas sensório-motoras complexas e condições sociais vulnerabilizadas. Nesse cenário, experiências como a relatada neste estudo assumem relevância ao explorar alternativas viáveis de desenvolvimento de soluções personalizadas, contribuindo não apenas para o avanço técnico-científico, mas também para a promoção da equidade no acesso a TA e, consequentemente para o fortalecimento da atenção integral a pessoas com hanseníase.

Por fim, reconhece-se como limitação deste estudo o fato de ter sido conduzido com um único caso clínico, o que restringe a generalização dos achados. Ainda assim, os resultados aqui apresentados fornecem subsídios relevantes para ampliar a compreensão dos processos formativos interprofissionais e dos desafios técnicos e organizacionais envolvidos no desenvolvimento de Tecnologia Assistiva personalizada por meio de fabricação digital, apontando caminhos para futuras investigações e para o aprimoramento da atenção à hanseníase no contexto do SUS.

5. CONCLUSÕES

Este estudo evidenciou que a colaboração interprofissional entre os cursos de TO e DI contribuiu de forma significativa para o desenvolvimento de soluções personalizadas de TA destinadas a pessoas com hanseníase. A integração dos conhecimentos clínico-funcionais e projetuais possibilitou um aprendizado interativo enriquecedor, ampliando as competências práticas dos estudantes e favorecendo a adoção de abordagens mais centradas nas demandas específicas dos usuários.

Embora a articulação entre essas áreas não seja inédita, os achados reforçam a literatura existente quanto à importância da formação interprofissional para qualificação do desenvolvimento de TA personalizada. A experiência relatada destacou ainda a necessidade de considerar aspectos específicos da hanseníase, como a perda de sensibilidade e a complexidade funcional associada às deformidades, bem como a importância de soluções de baixo custo, viabilizadas, neste estudo, pelo uso da impressão 3D.

Apesar do potencial identificado, a incorporação sistemática dessas tecnologias no Sistema Único de Saúde ainda representa um desafio, demandando esforços adicionais para sua ampla divulgação e integração na rede pública de reabilitação. Nesse sentido, futuras pesquisas devem aprofundar a avaliação da relação custo-efetividade dos produtos desenvolvidos no âmbito do FabTA e subsidiar a formulação de políticas públicas que garantam o acesso equitativo à TA para pessoas com hanseníase.

REFERÊNCIAS

AFLATOONY, L.; LEE, S. J. CODEA: *A framework for co-designing assistive technologies with occupational therapists, industrial designers, and end-users with mobility impairments*. In: PROCEEDINGS OF THE DESIGN SOCIETY: DESIGN CONFERENCE, v. 1, p. 1843-1852, maio 2020. Cambridge: Cambridge University Press.

ALVES, Anael et al. *O papel da interdisciplinaridade no projeto de dispositivos de tecnologia assistiva: relato da experiência de estudantes de graduação*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA DA ABERGO, 2023, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: ABERGO, 2023. Disponível em: https://www.even3.com.br/anais/abergo2023/697803-o-papel-da-interdisciplinaridade-no-projeto-de-dispositivos-de-tecnologia-assistiva--relato-da-experiencia-de-est/. Acesso em: 16 de jun. 2025.

AMIRI, T.; WAGENFELD, A.; REYNOLDS, L. *User wellbeing: An entry point for collaboration between occupational therapy and design. Design for Health*, v. 1, n. 2, p. 187-193, 2017.

BASTOS, P. A. L. S. et al. *Tecnologia assistiva e políticas públicas no Brasil*. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, v. 31, p. e3401, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1590/2526-8910.ctoAO260434011. Acesso em: 16 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Saúde de A a Z: Hanseníase.* Brasília, DF. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/h/hanseniase. Acesso em: 8 ago. 2024.

CONSELHO FEDERAL DE FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL. Resolução nº 316, de 15 de março de 2006. *Dispõe sobre as diretrizes para a atuação do fisioterapeuta e do terapeuta ocupacional na saúde coletiva*. Disponível em: https://www.coffito.gov.br/nsite/?p=3074. Acesso em: 16 de jun. 2025.

COSTA, Carla Rossana de Lima, et al.*Limitação de atividade e consciência de risco em clientes acometidos pela hanseníase*. Rev.bras. ciênc. saúde, 2019, 459-470.

DOMINGUES, C. dos A., & Laplane, A. L. F.(2024). *Assistive technology in public policies:trends in the international debate and implications for Brazil*. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, 1-13.

DUERKSEN, F.; VIRMOND, M. *Fisiopatologia da mão em hanseníase*. *Cirurgia Reparadora e Reabilitação em Hanseníase*. Greenville: ALM International Inc, 1997. p. 199-209.

GOMES, D.; TEIXEIRA, L.; RIBEIRO, J. *Enquadramento da prática da terapia ocupacional: domínio & processo.* 4. ed. Versão portuguesa de *Occupational Therapy Practice Framework: Domain and Process 4th Edition* (AOTA – 2020), 2021. Disponível em: https://doi.org/10.25766/671r-0c18. Acesso em: 16 de jun. 2025.

JESUS, I. L. R. de et al. *Hanseníase e vulnerabilidade: uma revisão de escopo. Ciência & Saúde Coletiva*, v. 28, p. 143–154, 6 jan. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1413-81232023281.13452022. Acesso em: 16 de jun. 2025.

LAW, M., Cooper, B., Strong, S., Stewart, D.,Rigby, P., & Letts, L. (1996).*The Person-Environment--Occupation Model: A transactive approach to occupational performance.* Canadian Journal of Occupational Therapy, 63(1), 9-23.

MAIA, F. B. et al. *The use of assistive technology to promote care of the self and social inclusion in patients with sequels of leprosy. PLoS Neglected Tropical Diseases*, v. 10, n. 4, p. e0004644, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004644. Acesso em: 16 jun. 2025.

MCDEVITT, E.; SCHWARZ, R. *Tendon transfer for triple nerve paralysis of the hand in leprosy. Leprosy Review*, v. 73, n. 4, p. 319-325, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.47276/lr.73.4.319. Acesso em: 16 jun. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. *Estratégia global para hanseníase 2016-2020: acelerar a ação para um mundo sem lepra* [Internet]. Genebra: OMS; 2016 [citado 6 Abr 2017];Disponível em: https://apps.who.int/iris/ bitstream/handle/ 10665/208824/9789290225201-pt.pdf

WAGENFELD, A.; REYNOLDS, L.; AMIRI, T. *Exploring the value of interprofessional collaboration between occupational therapy and design: a pilot survey study. The Open Journal of Occupational Therapy*, v. 5, n. 3, p. 2, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.15453/2168-6408.1333. Acesso em: 16 jun. 2025.

Design Inclusivo e Acessibilidade nas embalagens de produtos de maquiagem

Borges, Mariana Guimarães Bonin*[1]; Julio, Maisa da Silva[2]; Neves, Érica Pereira das[3]

1 – FAAC, Unesp, mariana.bonin@unesp.br
2 – FAAC, Unesp, ms.julio@unesp.br
3 - FAAC, Unesp, erica.neves@unesp.br
Correspondência: Rua Dyrso Alves de Faria n°383 (condomínio TerraVista - quadra 15 lote 23) - Mirassol, São Paulo, 15135-788.

DOI 10.52050/9788579177163-03

RESUMO

Pessoas com deficiência enfrentam obstáculos no uso de maquiagem devido a limitações físicas e visuais que impactam sua autonomia e autoestima. Este estudo tem como objetivo analisar como a acessibilidade tem sido abordada no desenvolvimento de embalagens de produtos de maquiagem, a partir dos princípios do design inclusivo. Por meio de uma revisão qualitativa de caráter exploratório e descritivo, investigam-se práticas projetuais existentes, soluções inovadoras e percepções de usuários com deficiência. Os resultados apontam para a necessidade de maior integração entre design, ergonomia e escuta ativa de usuários no processo de desenvolvimento das embalagens, a fim de promover experiências mais acessíveis e inclusivas. A pesquisa reforça o papel do design como agente de transformação social e destaca a importância de práticas que considerem a diversidade de corpos e habilidades nas experiências cotidianas de consumo.
Palavras-chave: acessibilidade, maquiagem, deficiências, embalagem, design.

ABSTRACT

People with disabilities face obstacles in the use of makeup due to physical and visual limitations that impact their autonomy and self-esteem. This study aims to analyze how accessibility has been addressed in the development of packaging makeup products, from the principles of inclusive design. Through a qualitative review of exploratory and descriptive character, we investigate

existing design practices, innovative solutions and perceptions of users with disabilities. The results point to the need for greater integration between design, ergonomics and active listening of users in the packaging development process, in order to promote more accessible and inclusive experiences. The research reinforces the role of design as an agent of social transformation and highlights the importance of practices that consider the diversity of bodies and skills in everyday experiences of consumption.
Keywords: *accessibility, makeup, disabilities, packaging, design.*

1. INTRODUÇÃO

A acessibilidade em embalagens de produtos cosméticos constitui um campo ainda incipiente na pesquisa em design e merece maior aprofundamento teórico e prático. A experiência de uso desses produtos, especialmente da maquiagem, envolve fatores subjetivos e socioculturais, sendo comumente associada à construção da autoestima, identidade e bem-estar pessoal. Entretanto, pessoas com deficiência frequentemente enfrentam limitações significativas em razão de barreiras ergonômicas e funcionais presentes nas embalagens e nos mecanismos de aplicação, que, em sua maioria, não são projetados com foco na diversidade de usuários. Tal cenário evidencia a necessidade de incorporar os princípios do design universal no desenvolvimento de produtos cosméticos, promovendo maior equidade no acesso e no uso desses itens.

Diante dessa realidade, o presente estudo tem como objetivo analisar de que maneira a acessibilidade vem sendo abordada no desenvolvimento de embalagens de produtos de maquiagem, à luz dos princípios do design inclusivo. Por meio de uma abordagem qualitativa de caráter exploratório e descritivo, a pesquisa busca identificar práticas e soluções projetuais já existentes, identificando possíveis percepções geradas a partir de experiências de uso de usuários com deficiência. Ao investigar essa dimensão, pretende-se contribuir para o fortalecimento do debate acerca do papel social do design na promoção da autonomia, da equidade e da inclusão de pessoas com deficiência nas práticas cotidianas relacionadas ao uso de cosméticos. Além disso, visa fortalecer estratégias e práticas inclusivas de design que considerem as necessidades específicas de pessoas com deficiência, corroborando com a promoção da inclusão social e a valorização da experiência destes usuários.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. A falta de inclusão de pessoas com deficiência no mercado de cosméticos

Segundo o relatório anual da Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC), em 2022 o Brasil ocupava a quarta posição no ranking mundial do setor, consolidando-se como um dos principais mercados globais nesta área. Especificamente na categoria de maquiagem, o país ocupou a sexta posição, demonstrando relativa força e abrangência desse segmento no contexto nacional (ABIHPEC, 2023). Apesar deste cenário poder ser considerado expressivo em termos econômicos, o setor ainda apresenta fragilidades significativas no que diz respeito à inclusão de pessoas com deficiência.

Para Wolff (2023), embora a indústria global de cosméticos venha adotando um discurso de valorização da diversidade, ainda ignora, em grande parte, as demandas de consumidores com deficiência. A autora observa que, apesar dos avanços em relação à representatividade de diferentes identidades de gênero, tonalidades de pele e tipos de corpos, as necessidades específicas de pessoas com deficiência permanecem frequentemente negligenciadas. Essa exclusão revela uma compreensão limitada do que significa, de fato, promover inclusão, restringindo-a a aspectos visuais ou simbólicos, enquanto aspectos funcionais e de usabilidade — essenciais à experiência de consumo — seguem sendo desconsiderados no desenvolvimento de produtos.

Na mesma perspectiva, Ely (2023) observa que, embora o setor da beleza venha adotando iniciativas voltadas à representatividade de diferentes gêneros, etnias e culturas, ainda persiste uma lacuna significativa no que diz respeito à inclusão de pessoas com deficiência visual e/ou motora. Assim, pode-se dizer que o mercado, apesar de consolidado e economicamente relevante, demonstra uma limitada preocupação em compreender e atender às demandas específicas desse público. Essa negligência contribui para a manutenção de barreiras de acesso, evidenciando a necessidade de uma abordagem mais inclusiva e equitativa no desenvolvimento de produtos e estratégias de comunicação no segmento da maquiagem.

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS), realizada em 2019, aproximadamente 17,3 milhões de brasileiros com dois anos ou mais de idade — o equivalente a 8,4% da população nessa faixa etária — declararam ter algum tipo de deficiência, incluindo limitações visuais, auditivas ou mentais. Desse total, cerca de 5,5 milhões de pessoas (2,7%) apresentavam deficiência nos membros superiores, enquanto quase 7 milhões (3,4%) relataram deficiência visual (Brasil,

2020). Tais condições podem impactar diretamente a capacidade de manipular objetos e realizar atividades manuais cotidianas.

Esses dados evidenciam que pessoas com deficiência representam uma parcela significativa do mercado consumidor de cosméticos e maquiagem, embora o setor ainda apresente deficiências na oferta de produtos adequados e acessíveis (Incerpe, Costa, Gozzi, 2023). Entre os desafios identificados, destacam-se as tarefas que exigem o uso coordenado de ambas as mãos (bimanuais), as quais podem representar um obstáculo considerável na rotina de maquiagem de indivíduos com limitações motoras. Isto porque o uso de grande parte dos itens de maquiagem demandam habilidades motoras finas, sendo uma barreira para indivíduos que possuem restrições motoras principalmente nos membros superiores (Incerpe, Costa, Gozzi, 2023; Moreno, 2024; Rosario, 2024). Abrir frascos com tampas de rosca ou que demandam força excessiva (pressão) para a abertura exemplificam dificuldades que podem ser enfrentadas. Nesse contexto, embalagens com mecanismos de abertura deslizante ou de fechamento simplificado demonstram-se mais adequadas às necessidades desse público. Da mesma forma, o momento da aplicação do produto na face pode ser facilitado por embalagens que possuam cabos ou aplicadores mais espessos e confeccionados com materiais de maior aderência, favorecendo o controle e a autonomia no uso (Incerpe, Costa, Gozzi, 2023; Rosario, 2024).

Além das limitações motoras, é importante considerar também as barreiras enfrentadas por pessoas com deficiência visual, especialmente em razão da ausência de sistemas adequados de identificação que informem de forma acessível sobre a cor dos produtos, seu tipo ou modo de aplicação. A carência de recursos como inscrições em braile, contrastes visuais eficazes ou marcações táteis adequadas dificulta a autonomia desses usuários no processo de escolha e uso dos cosméticos (Maia, 2024; Li et al., 2022).

Essa lacuna, contudo, não se restringe apenas aos aspectos funcionais e de usabilidade das embalagens, mas também envolve fatores emocionais e psicológicos, fortemente relacionados à autoestima e à satisfação pessoal. Isso porque os cosméticos - especialmente a maquiagem - contribuem para a construção da aparência individual, influenciando experiências de pertencimento e auto aceitação social. Branden (1995) explica que a autoestima é um componente essencial da condição humana, pois está diretamente relacionada ao grau de confiança e respeito que os indivíduos têm por si mesmos. Nesse sentido, no contexto do consumo da maquiagem, essa dimensão torna-se particularmente relevante, uma vez que o uso deste tipo de cosmético está intimamente associado à construção da identidade, autopercepção e da valorização pessoal (Leite et al., 2023; Li et al., 2022; Diniz, 2020).

Certamente, os diferentes tipos de deficiências podem impactar de forma heterogênea as experiências de uso dos indivíduos, uma vez que cada condição impõe desafios específicos que devem ser identificados e considerados pelas marcas. Pessoas cegas ou com baixa visão, por exemplo, enfrentam dificuldades tanto para reconhecer cores e produtos quanto para aplicá-los adequadamente. Nesses casos, a ausência de recursos táteis ou de informações em Braille em embalagens e itens de maquiagem configura uma barreira significativa à acessibilidade (Correa, Pinto, Batinga, 2016; Maia, 2024; Li et al., 2022). Já indivíduos com mobilidade reduzida — especialmente nos membros superiores — ou com deficiência motora, deparam-se com obstáculos para abrir embalagens, segurar pincéis e aplicar os produtos, devido a formatos pouco ergonômicos ou difíceis de manusear (Incerpe, Costa, Gozzi, 2023; Moreno, 2024; Rosario, 2024).

Assim, a falta de um design inclusivo compromete a autonomia e a independência dessas pessoas em sua rotina de maquiagem, impactando diretamente sua autoestima e bem-estar.

2.2. Iniciativas e soluções em design inclusivo: universo acadêmico

Embora as pesquisas e estratégias de design inclusivo ainda se encontrem relevantemente incipientes com o compromisso da inclusão de pessoas com deficiência em relação ao consumo de maquiagens, algumas iniciativas podem ser observadas, principalmente considerando as particularidades de indivíduos com deficiências visuais.

Correa, Pinto e Batinga (2016) tiveram como objetivo compreender como mulheres com deficiência visual interagem com produtos de maquiagem, identificando desafios enfrentados e as estratégias adotadas para superar barreiras no consumo desses produtos. A pesquisa envolveu mulheres cegas ou com baixa visão, as quais foram entrevistadas sobre experiências pessoais relacionadas ao uso de cosméticos, desde a escolha dos produtos até a aplicação da maquiagem.

As mulheres demonstraram vivenciar preconceitos diariamente, sendo que a maioria acredita que os cuidados com a aparência física podem ajudar a diminuir estigmas negativos, facilitando a inclusão social. Um dos apontamentos observados diz respeito à dificuldade na identificação de produtos devido à ausência de informações em Braille ou outros recursos táteis. A aplicação da maquiagem também é desafiadora, uma vez que exige técnicas específicas que, muitas vezes, implicam no auxílio de terceiros para garantir resultados satisfatórios. Embora o contexto desafiador, muitas mulheres disseram que desenvolveram estratégias para manter sua autonomia na rotina de beleza,

destacando a importância da maquiagem na construção da autoestima e identidade pessoal.

Com este levantamento, Correa, Pinto e Batinga (2016) concluíram que o estudo destacou a necessidade de um design inclusivo no desenvolvimento de produtos de maquiagem, considerando as necessidades específicas de pessoas com deficiência visual. Dentre as estratégias observadas, os pesquisadores reforçam a importância de informações em Braille, bem como embalagens com texturas diferenciadas e formatos ergonômicos como fatores que contribuem para a promoção da acessibilidade e independência para esses usuários.

O trabalho realizado por Ely (2023) também focou o uso de maquiagem por indivíduos com deficiência visual, tendo como objetivo promover a autonomia e a independência de pessoas com deficiência visual através da criação de embalagens acessíveis. Fundamentada nos princípios do Design Universal, a autora aprofundou-se em uma revisão bibliográfica exploratória para levantar necessidades específicas destes indivíduos. Além disso, recorreu a diversos conteúdos digitais publicados por pessoas com deficiência visual, as quais relatam aspectos acerca de suas experiências pessoais durante o uso de produtos de maquiagem. A metodologia também envolveu entrevistas com usuárias reais, o que contribuiu para a imersão da autora nas especificidades do universo estudado. O material levantado gerou requisitos que foram incorporados à soluções projetuais de embalagens de maquiagem acessíveis.

Dentre o observado, Ely (2023) chama atenção para a confusão gerada por nomes fictícios e promocionais dados às cores dos produtos. Neste ponto, a autora evidencia a necessidade de se utilizar nomes reais, compreensíveis a todos os indivíduos. O formato da embalagem também foi evidenciado, sendo este pensado de forma a garantir que o objeto não escorregue das mãos do usuário. Ademais, a embalagem era colorida conforme a cor da maquiagem, sendo acrescentadas informações em Braille sobre o produto. Na parte interior da embalagem, elementos geométricos em relevo foram utilizados para diferenciar a tonalidade da pigmentação do produto (Figura 1).

A avaliação do protótipo criado foi realizada por usuárias reais, sendo vários requisitos amplamente qualificados, em especial a leitura tátil do nome da sombra através do Braille. O detalhe de abertura da embalagem também facilitou a utilização, o que corroborou com o sucesso do projeto.

Em síntese, pode-se dizer que o desenvolvimento de um conjunto de sombras inclusivas, baseado nos princípios do Design Universal, permitiu que pessoas com deficiências visuais tivessem maior independência no ato de se maquiar. Paralelamente, a metodologia aplicada, que incluiu pesquisa exploratória,

entrevistas com usuários e testes com protótipos, foi eficaz para identificar as necessidades específicas desses públicos.

A experiência de uso de maquiagens por indivíduos com deficiência visual foi analisada por Li et al. (2022), cujos achados corroboram significativamente com os apontamentos de Ely (2023). Assim como Ely, os autores também recorreram a vídeos *online* nos quais pessoas com deficiência visual demonstram suas rotinas de maquiagem. A partir dessas observações, foram conduzidas entrevistas com usuários para aprofundar a compreensão sobre suas percepções e os desafios enfrentados no processo de aplicação dos cosméticos.

Dentre os aspectos destacados, evidencia-se a importância do formato das embalagens e aplicadores como fator-chave para a diferenciação e identificação tátil dos produtos. Um ponto notável refere-se ao tamanho das hastes dos aplicadores: os participantes relataram que hastes mais curtas favorecem a percepção dimensional do produto, por manterem a mão mais próxima do rosto durante a aplicação. Além disso, os entrevistados relataram o uso criativo de artefatos auxiliares, como fitas adesivas e band-aids, que servem como guias físicos para o posicionamento do aplicador, facilitando a precisão ao longo da trajetória de aplicação.

Com o objetivo de tornar as embalagens de maquiagens compactas mais acessíveis a pessoas com deficiência visual, Maia (2024) desenvolveu um dispositivo de tecnologia assistiva voltado à facilitação do uso de produtos já disponíveis no mercado. Uma vez mais, a ausência de elementos táteis nas embalagens foi identificada como uma barreira significativa para a identificação e diferenciação dos cosméticos por parte desses usuários. Como resposta a essa limitação, o pesquisador propôs um subsistema de identificação tátil, composto por formas geométricas e texturas distintas capazes de representar diferentes categorias de produtos. Tal solução visa ampliar o reconhecimento tátil, promovendo autonomia durante o uso.

O sistema revelou-se especialmente viável (Figura 2) ao ser concebido como um acessório acoplável às embalagens originais, o que permite sua produção independente pelas marcas. Dessa forma, diferentes itens podem ser customizados conforme a necessidade do consumidor, promovendo maior acessibilidade sem a necessidade de alterar o design-base das embalagens.

Para além dos artefatos físicos de maquiagem, Pereira (2023) desenvolveu o protótipo de um aplicativo móvel intitulado "K.eyes", que funciona como suporte tecnológico que se comunica com o usuário durante o ato da maquiagem. O aplicativo utiliza tecnologias de visão computacional para auxiliar usuárias com deficiência visual durante o processo de automaquiagem. A aplicação fornece devolutivas auditivas em tempo real, orientando as usuárias sobre a aplicação

correta dos produtos, identificando áreas do rosto e sugerindo ajustes conforme necessário.

O aplicativo permite que o usuário cadastre os produtos que possui, orientando a tecnologia sobre os processos de maquiagem possíveis através de áudios de tutoriais. No fim do processo é registrado fotograficamente, permitindo que o aplicativo identifique possíveis falhas ou borrões, orientando detalhadamente como corrigi-los. Os primeiros testes envolvendo usuários com deficiência visual geraram devolutivas positivas, evidenciando o potencial inclusivo da tecnologia.

Em paralelo aos estudos com indivíduos com deficiência visual, Moreno (2024) desenvolveu um dispositivo de alcance para auxiliar pessoas com fraqueza muscular proximal na aplicação de máscaras de cílios. A condição se caracteriza pela perda da força muscular nos músculos mais próximos do corpo, dificultando movimentos como levantar os braços. Neste sentido, o projeto de Moreno envolveu a criação de um artefato assistivo que consiste em uma haste longa visando o alcance das regiões dos olhos sem a necessidade de movimentos amplos. Para tanto, em uma das extremidades das hastes o projetista elaborou uma pega "grosseira" que contribuia com a estabilização dos dedos e mão, exigindo pouca força durante o uso. Na outra extremidade, foi criado um dispositivo para o encaixe do pincel da máscara dos cílios (Figura 3).

Figura 1 - Protótipo virtual da embalagem criada por Ely (2023).



Figura 2 - Subsistema de identificação tátil para embalagem octogonal da marca Fenty Beauty criado por Maia (2024).



Figura 3 - Demonstração do alcance do dispositivo para aplicação criado por Moreno (2024).



2.3. Propostas mercadológicas

Para além do contexto acadêmico, o mercado também começou, ainda que timidamente, a evoluir em relação à inclusão de pessoas com deficiências físicas, passando a atender uma gama mais ampla de necessidades e especificidades. Um exemplo significativo é o da maquiadora profissional e educadora de beleza

Terri Bryant. Após ser diagnosticada com doença de Parkinson, Bryant passou a enfrentar dificuldades para se maquiar, devido à perda de controle motor, especialmente em movimentos que exigem precisão e suavidade. A partir de suas próprias demandas, ela criou a Guide Beauty, uma marca de produtos de maquiagem com foco em desenvolver os produtos com aspectos ergonômicos, com o objetivo de tornar o ato de se maquiar mais acessível e simples para todos (Figura 4).

Segundo a marca, o desenvolvimento dos produtos teve início com a escuta ativa de usuários de maquiagem, que compartilharam os desafios enfrentados durante essa prática cotidiana. Com base nesses relatos, o processo criativo passou a ser orientado pelos princípios do design universal e da ergonomia, estabelecendo diretrizes de projeto que resultaram em ferramentas inovadoras, mais inclusivas e adaptadas a diferentes capacidades físicas. Os objetos desenvolvidos apresentam, em síntese, pegas arredondadas e volumosas, características que facilitam o encaixe nas mãos e oferecem maior estabilidade durante o uso. Essa atenção ao conforto e à funcionalidade evidencia como o design pode ser um agente de transformação, ao promover maior autonomia e autoestima para pessoas com deficiência.

A atriz e cantora estadunidense Selena Gomez foi diagnosticada com lúpus eritematoso sistêmico (LES), uma doença autoimune que pode causar inflamação, dores e, durante as crises, fraqueza muscular e dificuldades em atividades rotineiras, como o ato de se maquiar. Ao lançar sua marca de cosméticos, a Rare Beauty, Gomez incorporou uma inovação simples, porém significativa, no design das embalagens: uma esfera no topo das tampas. Esse detalhe cria um pequeno espaço entre o acessório e o corpo cilíndrico do frasco, facilitando a pegada e exigindo menos esforço da mão para abrir ou manusear o produto (Figura 5).

Essa solução de design chamou atenção por seu potencial inclusivo, recebendo elogios especialmente de pessoas com deficiência. Reforçando seu compromisso com a acessibilidade, a Rare Beauty patrocinou um estudo conduzido pelo Casa Colina Research Institute, com o objetivo de avaliar o desempenho dos produtos entre usuários com limitações motoras nos membros superiores, decorrentes de diversas condições. O estudo envolveu 57 participantes, que testaram os produtos da marca por um período determinado. Os resultados foram bastante positivos: a grande maioria elogiou a facilidade de uso e a ergonomia das embalagens (Rosario, 2024).

No cenário nacional, o grupo O Boticário lançou uma linha de pinceis articulados pela marca Make B (Figura 6). A série de produtos representa um marco no mercado ao incorporar princípios do design inclusivo e tecnologia assistiva em produtos de uso cotidiano. O design entrega um mecanismo

articulado com giro de 360°, permitindo uma angulação customizável que se ajusta a diversas necessidades. Além disso, possui um cabo de formato quadrado, garantindo mais aderência na pega e evitando a rolagem do pincel na superfície. Para auxiliar na identificação das peças por pessoas com deficiência visual, os pinceis possuem uma marca tátil localizada na base do pincel, que auxilia na identificação do produto por pessoas com deficiência visual, promovendo mais autonomia durante a rotina de maquiagem.

Figura 4 - Produtos da marca Guide Beauty.



Figura 5 - Produtos da marca Rare Beauty.



Figura 6 - Linha de pinceis articulados lançada pela Make B.



3. DISCUSSÃO

Os estudos de Li et al. (2022), Ely (2023), Maia (2024) convergem ao evidenciar os desafios enfrentados por pessoas com deficiência visual no uso de maquiagens, ao mesmo tempo em que propõem caminhos possíveis para a promoção da acessibilidade nesse campo. Enquanto Li et al. (2022) e Ely (2023) enfocam as práticas cotidianas e estratégias adaptativas desenvolvidas pelos usuários, a partir da observação de vídeos e da realização de entrevistas, Maia (2024) avança para o campo projetual, propondo uma solução técnica concreta a partir de princípios do design universal.

Em todos os trabalhos, a ausência de elementos táteis nas embalagens é apontada como uma das principais barreiras à autonomia no uso dos produtos. Li et al. (2022) e Ely (2023) destacam o uso criativo de artefatos auxiliares, como fitas e band-aids, para guiar a aplicação de maquiagem, enquanto Maia (2024), por sua vez, propõe um subsistema tátil acoplável, baseado em formas e texturas, que pode ser implementado pelas marcas em embalagens já existentes. Essa articulação entre práticas espontâneas de adaptação e propostas formais de design inclusivo sugere um campo fértil para a inovação em produtos cosméticos, em que o envolvimento direto dos usuários e o compromisso com a acessibilidade possam caminhar juntos.

Por outro lado, observa-se com Pereira (2023) que o contexto da acessibilidade na tarefa de maquiar perpassa os artefatos físicos, atingindo a esfera do digital e dos serviços, cujas potencialidades podem contribuir para vivências mais inclusivas.

Destaca-se que as abordagens metodológicas corroboram aos princípios do design universal e inclusivo, especialmente ao considerarem os usuários como protagonistas que narram experiências individuais, contribuindo para o reconhecimento de vivências complexas que demandam estratégias específicas em soluções inclusivas.

4. CONCLUSÃO

O presente estudo evidencia uma lacuna significativa na literatura acadêmica e nas práticas de mercado no que diz respeito à acessibilidade de produtos de maquiagem destinados a pessoas com deficiência. O conteúdo abordado indicou que, de modo geral, o design das embalagens desses produtos continua sendo pouco inclusivo, carecendo de elementos que contribuam para a independência e autonomia do usuário. Adicionalmente, observou-se que, embora existam iniciativas pontuais voltadas à inclusão de pessoas com deficiência - principalmente com deficiência visual - estas permanecem em estágios iniciais. No entanto, ainda que primárias, demonstram alto potencial de seguimento, com boas perspectivas de gerar impactos positivos. Isto demonstra a latência de investimentos em pesquisas desta natureza, bem como a abertura e aproximação da indústria aos achados acadêmicos.

Portanto, reafirma-se a importância de ampliar a presença de pesquisas interdisciplinares que estudem mais profundamente as dificuldades deste público e desenvolvam propostas baseadas no design centrado no usuário. Isso porque o design deve ser compreendido como uma ferramenta crítica e propositiva capaz de fomentar transformações estruturais no mercado e na sociedade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS (ABIHPEC). *A Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos: Essencial para o Brasil*. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: https://abihpec.org.br/site2019/wp-content/uploads/2023/01/Panorama-do-Setor-2023.pdf. Acesso em: 26 jan. 2025.

BRANDEN, Nathaniel. AUTOESTIMA: *Como Aprender a gostar de si.* 1995. Disponível em: <http://www.teologiapelainternet.com.br/biblioteca/arquivos/Educacionais/Auto_Ajuda/Nathaniel_Branden_ COMO_APRENDER_A_GOSTAR_DE_SI_MESMO.pdf>.

CORREA, R. S.; PINTO, M. de R.; BATINGA, G. L. *A beleza na escuridão: um "olhar" sobre a experiência de consumo por mulheres deficientes visuais em serviços de beleza e estética* Revista Ciências Administrativas, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 371–395, 2016. DOI: 10.5020/2318-0722.22.2.371-395. Disponível em: https://ojs.unifor.br/rca/article/view/4050. Acesso em: 21 jan. 2025.

DINIZ, Ana Clara Alves Evangelista et al. *A Influência da Maquiagem para o Resgate da Autoestima em Mulheres.* Id Online Revista Multidisciplinar e de Psicologia, Vitória da Conquista, BA, Vol. 14, N. 53, p. 501 - 511, dezembro, 2020. Disponível em: https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/2875. Acesso em: 3 fev. 2024.

ELY, Natália. *Maquiagens inclusivas para pessoas com deficiência visual: desenvolvimento de um conjunto de sombras*. 2023. Trabalho de conclusão de graduação (Graduação em Design de Produto) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, BR-RS, 2023. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/266259?show=full. Acesso em: 19 fev. 2025.

INCERPE, Gabriela Neves; COSTA, Marlon Barros da; GOZZI, Nicole Casalecchi. *Cercas ou pontes? A percepção do consumidor com deficiência física e visual sobre as embalagens de produtos de cuidados pessoais*. 2023. Disponível em: https://dspace.mackenzie.br/items/59f7932b-d40c-44a7--beb9-3369c15b9d9a. Acesso em: 27 jan. 2025.

LEITE, Vanessa Carneiro et al. Empoderamento feminino a partir da maquiagem. In: *AS VÁRIAS FACES DE EVA: O FEMININO NA CONTEMPORANEIDADE-VOLUME 2*. Editora Científica Digital, 2023. p. 111-132.

LI et al. *"It Feels Like Taking a Gamble": Exploring Perceptions, Practices, and Challenges of Using Makeup and Cosmetics for People with Visual Impairments.* PROCEEDINGS OF THE 2022 CHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS (CHI' 22), New York, United States, 29 abr. 2022. DOI https://doi.org/10.1145/3491102.3517490. Disponível em: https://dl.acm.org/doi/10.1145/3491102.3517490. Acesso em: 8 maio 2025.

MAIA, Guilherme Ferreira. *Embalagem de maquiagem compacta: um estudo de acessibilidade para pessoas com deficiência visual.* 2024. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Design) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2024. Disponível em: https://riu.ufam.edu.br/handle/prefix/8414. Acesso em: 26 jan. 2025.

MORENO, Karla Santana. *Dispositivo de alcance para aplicar máscara de cílios.* 2024. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Desenho Industrial, Escola de Belas Artes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/24521. Acesso em: 8 mai. 2025.

PEREIRA, Rute Cristina da Silva. *K.eyes: um aplicativo para auxiliar no processo de automaquiagem de mulheres com deficiência visual.* 2023. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Design Digital)-Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Quixadá, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/73730. Acesso em: 8 mai. 2025.

PESQUISA NACIONAL DE SAÚDE (PNS). *PNS 2019: país tem 17,3 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência.* In Agência IBGE - Notícias, 2019. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/31445-pns-2019-pais-tem-17-3-milhoes-de-pessoas-com-algum-tipo-de-deficiencia. . Acesso em: 27 jan. 2025.

PROCON-SP. *Pesquisa Comportamental Pessoa com Deficiência x Mercado de Consumo Relatório.* Secretaria da Justiça e da Defesa da Cidadania, 2020. Disponível em: https://www.procon.sp.gov.br/wp-content/uploads/2020/12/Relat-Pesquisa-Pessoa-com-Def-161120.pdf . Acesso em: 27 jan. 2025.

ROSARIO, Emily R. *Exploring Beauty Product Accessibility for Individuals with Upper Extremity Disabilities.* [s. l.], 30 jan. 2024. DOI https://doi.org/10.1101/2024.01.29.24301948. Disponível em: https://doi.org/10.1101/2024.01.29.24301948. Acesso em: 8 maio 2025.

WOLFF, Alexandra. *Disability Inclusion: Reshaping the Beauty Industry for Everyone.* [S. l.], 17 mar. 2023. Disponível em: https://thefashionglobe.com/inclusive-beauty-industry/. Acesso em: 27 jan. 2025.

Luva para simulação de restrição de movimentos e forças de preensão manual: contribuição para o design de Tecnologias Assistivas para idosos

Lima, Rebeca Rodrigues Barbosa[*1]; Ezeugo, Alice V.[2]; Sartório, Taís Sanches[3]; Moraes, Mariana Brunatti de[4]; Julio, Maisa da Silva[5]; Medola, Fausto O.[6]; Pasquarella, Luis C.[7]

1 – Departamento de Design - Laboratório de Ergonomia e Interfaces, Unesp, rebeca-rodrigues.lima@unesp.br
2 – Departamento de Design - Laboratório de Ergonomia e Interfaces, Unesp, alice.ezeugo@unesp.br
3 – Departamento de Design - Laboratório de Ergonomia e Interfaces, Unesp, tais.sanches@unesp.br
4 – Departamento de Design - Laboratório de Ergonomia e Interfaces, Unesp, mariana.brunatti@unesp.br
5 – Departamento de Design - Laboratório de Ergonomia e Interfaces, Unesp, ms.julio@unesp.br
6 – Departamento de Design - Laboratório de Ergonomia e Interfaces, Unesp, fausto.medola@unesp.br
7 – Departamento de Design - Laboratório de Ergonomia e Interfaces, Unesp, luis.paschoarelli@unesp.br
* -Correspondência: Av. Eng. Luiz E. C. Coube, 14-01, Campus da Unesp, Bauru, São Paulo, Brasil, 17033-360.

DOI 10.52050/9788579177163-04

RESUMO

O processo de envelhecimento pode levar a dificuldades em atividades cotidianas de preensão manual (p.e. alimentação), resultantes de limitações físicas e cognitivas. No desenvolvimento de tecnologias assistivas que buscam solucionar esse problema, designers precisam ter uma compreensão das implicações funcionais de tais dificuldades; e a simulação da atividade com luvas adaptadas surge como alternativa de experiência de uso. O objetivo deste estudo foi verificar a eficácia de uma luva adaptada, quanto à restrição das forças de preensão manual, por meio de um dinamômetro Jamar. O método, de natureza aplicada, abordagem transversal e experimental, envolveu variáveis independentes (com e sem luva) e variável dependente (força de preensão em kgf). Os resultados indicam que o emprego da luva diminuiu significativamente ($p \leq 0,05$) a força de preensão, confirmando seu potencial como instrumento de simulação de atividades.

Palavras-chave: envelhecimento, atividades manuais, atividade simulada, tecnologia assistiva.

ABSTRACT

The ageing process can lead to difficulties in daily hand-grip activities (e.g. eating), resulting from physical and cognitive limitations. In developing assistive technologies that seek to solve this problem, designers need to have an understanding of the functional implications of such difficulties, and simulating the activity with adapted gloves has emerged as an alternative user experience. This study aimed to verify the effectiveness of an adapted glove in restricting handgrip forces using a Jamar dynamometer. The method, of an applied nature, cross-sectional and experimental approach, involved independent variables (with and without the glove) and a dependent variable (grip strength in kgf). The results indicate that the use of the glove reduced significantly ($p \leq 0.05$) grip strength, confirming its potential as an activity simulation tool.
Keywords: *ageing, manual activities, simulated activity, assistive technology.*

1. INTRODUÇÃO

O envelhecimento pode estar associado a condições que impactam a independência e qualidade de vida. Entre essas condições destaca-se a sarcopenia, caracterizada pela perda de massa muscular e fragilidade dos indivíduos. A sarcopenia pode afetar diferentes habilidades, entre as quais se destaca a diminuição da Força de Preensão Manual (FPM). De fato, tal situação é considerada um fenótipo que abrange outros quatro componentes: perda de peso, fadiga, diminuição de atividades físicas e redução da velocidade (LENARDT *et al.* 2016).

Medola (2020) corrobora essa ideia, ao enfatizar que esse conjunto de modificações fisiológicas levam à necessidade do desenvolvimento de tecnologias assistivas, as quais possibilitam que seus usuários possam realizar suas atividades com autonomia e de forma satisfatória.

Além de sua expressiva importância na reabilitação das pessoas com necessidades especiais, a tecnologia assistiva surge para solucionar esse tipo de problema, baseando- se no uso de métodos que buscam proporcionar artefatos que melhorem a qualidade de vida e as habilidades funcionais dos idosos e outras pessoas com deficiência, promovendo a inclusão (GARCIA e VIEIRA 2018).

No âmbito do Design Inclusivo, gerar personas e atividades simuladas como forma de compreender as demandas dos usuários é um procedimento fundamental, pois evidencia suas reais necessidades, evitando a geração de ideias e conceitos que não os representam verdadeiramente (MEDOLA, 2020).

A avaliação simulada de restrição da força de preensão é necessária pois auxilia noprocesso de empatia ao desenvolver um produto, sensibilizando os

designers com as dificuldades enfrentadas pelos usuários (JULIO *et al.*, 2024). De acordo com Hutton e Maguire (2021), a simulação da redução de capacidades pode contribuir positivamente para a compreensão sobre as diferentes necessidades dos usuários, além de levantar discussões sobre como integrar acessibilidade, adaptabilidade e inclusão nos projetos.

Os dinamômetros de força de preensão manual são simples de utilizar e contribuem efetivamente para a análise de função da mão. No entanto, o protocolo de utilização deve ser desenvolvido cuidadosamente.

O dinamômetro Jamar é reconhecido como um instrumento padrão de força de preensão manual que apresenta bom índice de confiabilidade e desempenho, influenciando na evidência de pesquisas científicas (FIGUEIREDO *et al.* 2007). Desta forma, considerando a importância da atividade simulada, o emprego de dinamômetro (instrumento padrão ouro) pode se tornar um importante parâmetro para se avaliar a eficácia de uma luva para simulação de restrição (LSR), visto que possibilita a medição da força aplicada; e permite compará-la com a condição natural de preensão. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar, através da quantificação da força de preensão como um dos indicadores da função manual, uma LSR de movimentos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Características do estudo e aspectos éticos

O presente estudo foi fundamentado em raciocínio indutivo e experimental, de natureza aplicada, com abordagem quantitativa e transversal. As variáveis independentes envolvem a realização das atividades com e sem LSR; e as variáveis dependentes referem-se à medição de força de preensão manual em kgf (Quilograma- força).

Tendo em consideração a participação de seres humanos, foram aplicados todos os cuidados éticos, como a submissão e aprovação do projeto de pesquisa pelo "Comitê de Ética em Pesquisa" da Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design da UNESP (CAAE - 80331424.3.0000.5663 / Parecer - 7.379.646); e aplicação de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

2.2 Amostragem

A estratégia aplicada para o presente estudo é de amostragem não probabilística, ou seja, de conveniência intencional. Como critérios de inclusão, foram definidos a participação de jovens adultos (entre 18 e 30 anos), com plena capacidade física e cognitiva. E como critérios de exclusão: apresentar relato de

alguma restrição visual; relato de dificuldades de controle motor ou habilidade manual. Portanto, participaram do estudo 11 pessoas do gênero masculino e 19 do gênero feminino.

2.3 Objeto de estudo

O objeto de estudo trata-se de um LSR (Figura 1), desenvolvida por Julio *et al.* (2024), que simula a restrição e a perda da força de preensão manual, representando as dificuldades enfrentadas por indivíduos com mobilidade e coordenação motora reduzidas. A parte externa da LSR é constituída por uma luva modelo tatex branca, 46% algodão e 48% poliéster, com antiderrapante na face dorsal e acabamento em overloque. A LSR possui o fecho punhal ajustável com um velcro, que se adapta ao punho do participante. A parte interna da LSR foi elaborada com uma luva de borracha de tamanho afinado e possui cinco hastes compostas por hastes plásticas de 7mm, fixadas no dorso da luva na região desde o punho até as pontas dos dedos, de forma a promover uma resistência ao movimento de flexão dos dedos. A resistência ao movimento de preensão das mãos, proporcionada pela rigidez das hastes plásticas, impõe ao usuário o desafio de força e destreza na manipulação de objetos.

Figura 1 - Luvas de Simulação de Restrição



Fonte: Autores (2025)

2.4 Instrumentos de pesquisa

Para a coleta da variável dependente (força) foi utilizado o dinamômetro "Jamar Plus Hand Evaluation" (Figura 2), fornecido pela Patterson Medical Supply, número de série 2016100076, versão 2015, então considerado instrumento padrão ouro para estudos dessa natureza (NIKODELIS *et al.*, 2021).

Figura 2 - Dinamômetro Jamar



Fonte: Autores (2025)

2.5 Procedimentos de coleta e análise de dados

Os procedimentos de coleta foram realizados na Sala de Experimentos do Laboratório de Ergonomia e Interfaces da Unesp, com a ambientação adequada, incluindo controles de iluminação (NBR ISO/CIE 8995-1); de ruído (NBR 10152) e de temperatura ambiental (NBR 16401-2), reduzindo qualquer interferência externa. Antes do início das atividades, os participantes foram recebidos individualmente e apresentados ao TCLE e ao cadastro de identificação. A coleta de dados se deu com o participante sentado com a postura ereta, cotovelo dobrado em 90°, antebraço em posição neutra e punho entre 0° e 30° de extensão, conforme protocolo padrão para a utilização do dinamômetro. O participante foi instruído através do comando verbal e da demonstração visual. Foi solicitado que realizasse a preensão manual com força máxima com a mão dominante sem a LSR (Figura 3) na pega do dinamômetro Jamar. A coleta de dados com o dinamômetro Jamar foi repetida por três vezes. Após um intervalo de aproximadamente três minutos, durante o qual os participantes foram realizar outras atividades que não exigiam força de preensão, o procedimento

foi realizado novamente, com a LSR (Figura 4). Para os dois casos, a análise dos dados baseou-se na média dos três resultados.

Para a análise estatística de comparação entre as condições com e sem LSR, a partir da variável dependente FPM (em kgf), utilizou-se o software JASP (versão 0.19.3.0) para a aplicação de um teste de hipóteses. Inicialmente aplicou-se um teste de *Shapiro-Wilk*, seguindo os pressupostos de Mishra *et al.* (2019). Considerando que não houve atendimento ao pressuposto de normalidade ($p \leq 0{,}001$), foi aplicado o teste não paramétrico de *Wilcoxon*.

Figura 3 - Atividade com o dinamômetro Jamar sem LSR



Fonte: Autores (2025)

Figura 4 - Atividade com o dinamômetro Jamar com LSR

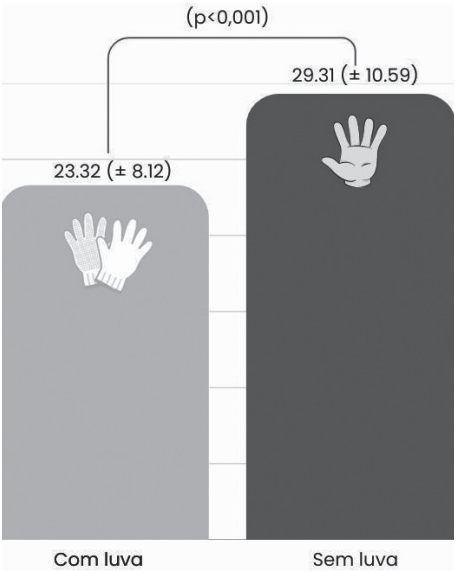


Fonte: Autores (2025)

3. RESULTADOS

Os resultados (Figura 5) apontam que, sem a LSR, a força de preensão palmar apresentou um valor médio de 29,31 kgf (d.p. 10,59 kgf); e com a LSR, o valor médio foi 23,32 kgf (d.p. 8,12 kgf), caracterizando uma redução de aproximadamente 20%; e o teste *Wilcoxon* apresentou diferença significativa (p<0,001) para essa comparação, indicando que a luva cumpriu com o propósito de simular a redução de força de preensão manual.

Figura 5 - Resultados da força de preensão (em kgf), obtidos com e sem a LSR



Fonte: Autores (2025)

4. DISCUSSÃO

Designers, engenheiros, arquitetos e profissionais da área de reabilitação e outras áreas que atuam no desenvolvimento de tecnologias assistivas devem buscar compreender o impacto de dificuldades funcionais no desempenho de atividades diárias. Uma alternativa para que esses profissionais aumentem a compreensão e empatia com a realidade desses usuários é simular as condições de uso. Nesse sentido, o presente estudo avalia uma LSR desenvolvida com o propósito de simular possíveis dificuldades nas atividades de manipulação de instrumentos manuais decorrentes do processo de envelhecimento.Os resultados apontam que a LSR impõe uma uma diminuição de 20% na força de preensão manual, representando assim uma alternativa viável para a simulação de limitações da função manual decorrentes do processo de envelhecimento.

Essa simulação é relevante por permitir a reprodução, de forma controlada, de desafios enfrentados por usuários com comprometimentos motores, sem a necessidade de envolvimento direto dos mesmos (pelo menos, em algumas etapas do projeto em que não se tem o contato direto com os usuários reais).

A mesma LSR já havia sido estudada por Julio et al. (2024), utilizando um Dinamômetro SAEHAN de Mão Digital DHD-1 SH1001, considerado um instrumento confiável para esse tipo de avaliação (REIS e ARANTES, 2011). Os resultados apontaram uma redução de aproximadamente 19% de transmissão de força, o que corrobora com os resultados do presente estudo.

Luvas para simular a redução das capacidades funcionais de pessoas com artrite (O'BRIEN *et al.*, 2014), foram utilizadas para a abertura de embalagens de medicamento; e os resultados apontaram uma redução na força de preensão dos usuários; bem como da destreza, amplitude de movimento e a sensibilidade tátil. Esses autores indicam que essas luvas permitem compreender as dificuldades normalmente experimentadas por indivíduos com dificuldades de preensão, mesmo na interação com produtos de consumo cotidiano.

Por outro lado, Bonfim *et al.* (2016) investigaram a influência do uso de uma luva com restrição de movimento, na transmissão da força de torque, durante a simulação de abertura de embalagens com tampas de rosca, utilizando uma luva desenvolvida pela Universidade de Cambridge (Cambridge Simulation Gloves), e encontraram que as forças de preensão (torque) exercidas com a luva, foram maiores que a força exercida sem a luva, apesar de não serem significativas (p.0,05). Considerando que as forças de torque exigem maior movimento do punho, os autores apontam que o uso da luva não interferiu nos movimentos dessa articulação, mas restringiram os movimentos dos dedos, o que é preconizado pelo fabricante da referida luva.

De modo geral, observa-se que a LSR pode ser útil em diferentes contextos, contribuindo para simular a interação manual com diferentes designs de interface, auxiliando profissionais na avaliação e adaptação de objetos de uso diário com foco na usabilidade e acessibilidade, antecipando a compreensão sobre as dificuldades que alguns grupos de usuários podem enfrentar.

Além disso, a LSR pode ser aplicada no contexto educacional, por exemplo em cursos de design, terapia ocupacional ou fisioterapia, como recurso didático para sensibilizar estudantes sobre as limitações motoras enfrentadas por parte da população. A LSR permite que pessoas sem limitações físicas experimentem situações simuladas de dificuldade funcional em atividades diárias; e promove uma abordagem mais empática e prática, levando ao desenvolvimento de soluções mais inclusivas.Apesar de ser uma ferramenta útil no processo de desenvolvimento de produtos, a simulação de limitações manuais, por meio

da LSR, não substitui a importância de testar soluções de tecnologia assistiva diretamente com os usuários finais.

5. CONCLUSÕES

O presente estudo avaliou, por meio de medidas de FPM, o efeito do uso de uma LSR na força de preensão palmar, discutindo sua potencial contribuição para o desenvolvimento de tecnologias assistivas.

Os achados indicam a funcionalidade da LSR na tarefa de simular a redução de força de preensão manual, demonstrando que pode ser um instrumento útil em P&D de tecnologias assistivas e em estudos que buscam compreender as limitações que idosos e pessoas com deficiência podem enfrentar na realização de atividades manuais, particularmente aquelas de maior exigência de força. Apesar da metodologia ser de abordagem experimental, estabelecendo como critério para as amostragens jovens adultos sem restrições motoras, manuais ou visuais, recomenda-se para futuros estudos a avaliação com diferentes faixas etárias e contextos funcionais, expandindo seu aproveitamento como ferramenta de intervenção na criação de produtos assistivos.

A promoção da independência e qualidade de vida para pessoas com incapacidades, mobilidade reduzida e deficiências é um dos objetivos da tecnologia assistiva, e a colaboração interdisciplinar entre áreas como o Design, Engenharias e Terapia Ocupacional, entre outros, é fundamental para desenvolver soluções efetivas e que promovam a inclusão.

AGRADECIMENTOS

O presente estudo foi desenvolvido com apoio do CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Processos: 308121/2022-8; 407473/2021- 1/Projeto 14279).

REFERÊNCIAS

BONFIM, G. H. C.; SILVA, D. C.; ALVES, A. L.; MERINO, G. S. A. D.; MEDOLA, F. O.; PASCHOARELLI, L. C. Hand movement restriction at the opening of child-resistant packaging: case study. *Product: Management & Development*, v. 14, n. 2, p. 141 - 151, 2016. DOI: https://doi.org/10.4322/pmd.2016.012

FIGUEIREDO, I. M.; SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C.; SILVA, F. C. M.; SOUZA, M. A. P. Teste de força de preensão utilizando o dinamômetro Jamar. *Acta Fisiátrica*, v. 14, n. 2, p. 104-110, 2007. DOI: https://doi.org/10.5935/0104-7795.20070002

NAIARA GARCIA, E.; DUDEQUE PIANOVSKI VIEIRA, A. M. Desafios contemporâneos: o uso da tecnologia assistiva como instrumento facilitador da aprendizagem. *Linguagens, Educação E Sociedade*, v. 40, p. 269–294, 2018. DOI: https://doi.org/10.26694/les.v1i40.7654

HUTTON, K.; MAGUIRE, M. How 'Empathetic modelling' positively influences Architects' empathy,informing their Inclusive Design - Thinking. *Ergonomics & Human Factors 2021*, 2021. Disponível em: https://publications.ergonomics.org.uk/uploads/07_63.pdf.

JULIO, M.; FERREIRA CARDIM, A. B.; AKINA KOGATI, K.; GOMES FAVORETTO, A.; DA SILVA SANTANA CASTRO, C.; PASCHOARELLI, L. C.; ORSI MEDOLA, F. Impressão 3D e arquivos de acesso aberto em tecnologia assistiva: avaliação de uso de adaptadores de cabo de talher. *Estudos Interdisciplinares sobre o Envelhecimento*, v. 29, n. 1, 2024. DOI: https://doi.org/10.22456/2316-2171.143063

LENARDT, M. H.; LOURENÇO, T. M.; BETIOLLI, S. E.; BINOTTO, M. A.; SÉTLIK, C. M.; BARBIERO, M. M. A. Handgrip strength in older adults and driving aptitude. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 76, n. 1, 2023. DOI: https://doi.org/10.1590/0034-7167-2021-0729pt

MEDOLA, F. O. Design de Produtos Assistivos para Idosos. *Estudos Interdisciplinares sobre o Envelhecimento*, v. 25, p. 14-23, 2020. DOI: https://doi.org/10.22456/2316-2171.118155

MISHRA, P.; PANDEY, C.; SINGH, U.; GUPTA, A.; SAHU, C.; KESHRI, A. Descriptive Statistics and Normality Tests for Statistical Data. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, v. 22, n. 1, 67-72, 2019. DOI: https://doi.org/10.4103/aca.ACA_157_18

NIKODELIS, Thormas; SAVVOULIDIS, Stratos; ATHANASAKIS, Petros; CHALITSIOS, Christos; LOIZIDIS, Theodoros. Comparative Study of Validity and Reliability of Two Handgrip Dynamometers: K-Force Grip and Jamar. *Biomechanics*, v. 1, n. 1, p. 73-82, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/biomechanics1010006

O'BRIEN, M.; FAUSSET, C. B.; MANN, E. L.; HARRINGTON, C. N. Using Impairment Simulation Tools to Demonstrate Age-Related Challenges in Everyday Tasks and Promote Universal Design. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, v. 58, n. 1, p. 2402-2405. DOI: https://doi.org/10.1177/1541931214581600

REIS, M. M.; ARANTES, P. M. M. Medida da força de preensão manual – validade e confiabilidade do dinamômetro saehan. *Fisioterapia e Pesquisa*, v.18, n.2, p. 176-81, 2011. DOI: https://doi.org/10.1590/S1809-29502011000200013.

Revisão dos Designs de Suporte de Cabeça: Desenvolvimento de modelo por meio de impressão 3D

Badauy, Maria Eduarda*[1]; Gonçalves, Pedro Henrique*[2]

1 – Graduanda em Design de Produto, UFG, mariabadauy@discente.ufg.br

2 – Doutor em Construção Civil, Docente do curso de Design de Produto, UFG, pedrogoncalves@ufg.br

* - Correspondência: Av. Esperança, s/n, FAV UFG - Campus Samambaia, Goiânia, Goiás, Brasil, 74690-900.

DOI 10.52050/9788579177163-05

RESUMO

A impressão 3D aplicada à produção de suportes de cabeça se mostra como promissora solução para o método de produção do dispositivo a baixo custo. Este trabalho objetiva o desenvolvimento de um protótipo de suporte de cabeça produzido por intermédio de impressão 3D e uma modelagem 3D otimizada da peça de junção, do arco do dispositivo com as cintas nele presentes. O trabalho conclui a possibilidade da utilização da manufatura avançada como método viável para a produção do dispositivo, como os Headpods ao público infantil com hipotonia muscular, abarcando suas necessidades a baixo custo em relação aos padrões do mercado.

Palavras-chave: Suporte de cabeça, Manufatura Avançada, Tecnologia Assistiva.

ABSTRACT

3D print applied to the production of head supports to be a promising solution for the production method of the device at a low cost. This work aims to develop a prototype of a head support produced by means of 3D printing and an optimized 3D model of the junction piece, the device arch and the straps present in it. The work concludes the possibility of using advanced manufacturing as a viable method for the production of the device, such as Headpods for children with muscular hypotonia, covering their needs at low cost in relation to market standards.

Keywords: *Head support, Advanced Manufacturing, Assistive Technology.*

1. INTRODUÇÃO

A hipotonia muscular infantil é um quadro clínico com diferentes causas. Apesar das causas díspares, as crianças afetadas pela hipotonia perdem seu tônus muscular, tendo ausência da capacidade de tensionar os nervos e a força muscular, sobretudo para a execução de movimentos de extensão em repouso, acarretando na dificuldade motora e na desestabilidade do tronco (Duarte, 2018, p.41-43).

O desenvolvimento de suportes de cabeça despontam com intuito de auxiliar crianças com esse quadro a realizarem suas atividades da vida diária (AVDs) de uma melhor forma: ajudando na alimentação, interação visual com seu ambiente, alongamento de músculos, tendões e nervos do pescoço, descompressão das vértebras cervicais, evitando assim deformidades por ficarem muito tempo em uma inalterada posição (Browm, 2018, p.142-143).

O suporte de cabeça se caracteriza como um dispositivo de tecnologia assistiva, que balanceia a cabeça do usuário em relação ao peso e centro de gravidade, executando o movimento de extensão cervical para posicionar a cabeça da criança em uma posição neutra, no caso dos Headpods sem a perda de outros movimentos cervicais. Sendo uma tecnologia voltada para adequação postural, tal aspecto que carece no âmbito de cadeiras de rodas e parapodium fabricados em escala industrial, é fundamentada pelo método de confecção de Design Centrado no Usuário (CDU), se adequando às demandas de adaptações específicas diante do problema de saúde apresentado. (Medola; Paschoarelli, 2018, p.11-12, tabela 01 p.15).

Os modelos que emergiram no mercado de suportes, tem seu valor de comercialização e dificuldade em sua utilização como intensos fatores para a não adesão ao dispositivo (Browm, 2018, p.143-146), evidenciando aspectos que requerem revisão nos designs desenvolvidos, com desígnio de proporcionar uma maior liberdade motora e conforto às crianças com esse quadro clínico a um custo reduzido, buscando assim, maior adesão ao tratamento utilizando o equipamento.

O desenvolvimento de produtos por intermédio de impressão 3D vem progressivamente possibilitando a execução e adaptação de tecnologias assistivas, as tornando mais acessíveis e passíveis de personalização. A aplicação da impressão 3D para a confecção de um modelo de suporte de cabeça gera a possibilidade de utilização de vários materiais e uma maior liberdade no design, eliminando etapas de produção e proporcionando assim soluções de baixo custo, abrangendo um público de recursos limitados (Prado; Sogabe, 2022, p. 16-17; 19-20), visto que, os suportes comercializados costumam ser de alto custo em sua cadeia produtiva.

Este artigo tem a finalidade de descrever a implementação da manufatura avançada e como o método de fabricação se aplica aos suportes de cabeça e quais serão os efeitos para o público infantil com deficiência motora cervical.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo é relacionado às bases conceituais do Design Thinking, empatia, experimentação e prototipação, configurando-se em forma de artigo original, elaborado a partir da revisão do design de suporte de cabeça Headpod e revisão de literatura, a qual demonstram a eficácia na utilização do modelo de suporte trabalhado no tratamento terapêutico de crianças com hipotonia muscular (Browm, 2018, p.142-148); (Tello.; Escacho, 2014, p.96-100).

Com base na literatura o mecanismo trabalhado precisa seguir aspectos de biomecânica e física para que haja um balanceamento do centro de gravidade da cabeça do usuário, tirando a sobrecarga de peso da cabeça ante o pescoço e coluna cervical; conseguindo executar os outros movimentos, em que os músculos e tendões responsáveis estão incapacitados de realizá-los sem uma ajuda.

Em vista disso, os quatro movimentos cervicais que o pescoço apresenta são: flexão cervical, extensão cervical, rotação cervical, lateralização cervical. Dentre esses movimentos, as crianças com hipotonia tendem a ficar em flexão cervical com lateralização para algum dos lados, ou seja, quanto maior o grau de flexão do pescoço, mais peso está sendo colocado sobre as vértebras cervicais dessa criança.

Posto isso, houve uma busca no mercado por quais eram os tipos de suportes já desenvolvidos, sua eficácia e procura pelo usuário. Como alternativa para crianças com hipotonia, os responsáveis optam por motivo do preço pela aquisição dos apoios de cabeças, sendo eles suportes de fixação da mesma, em sua maioria para carros, deixando-a de forma fixa ao encosto por uma faixa acolchoada na testa, representados pela Figura 1 - A.

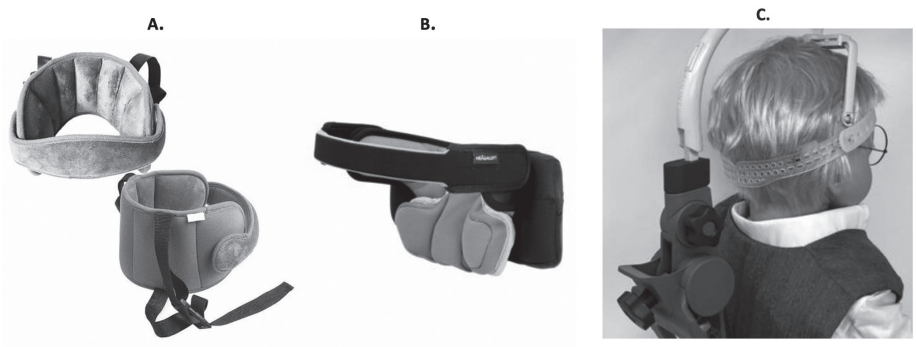
O objetivo desses tipos de suportes é deixar a cabeça estável durante o sono, esses modelos não se aplicam necessariamente para crianças com hipotonia muscular, mas são utilizados de forma alternativa adaptada para esse fim, devido ao seu custo não ser tão elevado, variando assim, de cinquenta reais a cento e cinquenta reais.

Já os suportes como o Headloft (Figura 1 - B); o HeadPod; o HeadActive; o HeadPod Active (Figura 1 - C), são voltados especificamente para o público afetado com hipotonia muscular infantil. O Headloft (Figura 1 - B) segue o mesmo princípio de funcionamento que os suportes para assento de carro, já os outros designs possuem um mecanismo que suspende a cabeça do usuário balanceando

seu centro de gravidade e permitindo que a criança fique em uma posição de extensão de pescoço neutra (Figura 1 - C).

Diferentemente dos suportes/apoios de cabeças voltados para assentos de carros, os HeadPods possuem um preço de comercialização de mercado bem elevado, variando de novecentos e cinquenta reais até cinco mil reais, a depender do site e do kit escolhido, não sendo acessível para um público com recursos financeiros limitados.

Figura 1 - Exemplos de suportes de cabeça



Fontes: https://portaldobebe.com.br/melhores-apoios-de-cabeca-infantis/ ;
https://maismovimento.com.br/product-category/suporte-de-cabeca/

Após a pesquisa sobre os tipos de suporte de cabeça existentes nota-se uma variedade de apoio para cabeça que são de fixação, não sendo interessante para crianças com hipotonia muscular, visto que, a cabeça da criança ficará na vertical de forma fixa ao encosto (Figura 1 - A; B) de uma cadeira ou parapodium o que impedirá sua interação física e visual com o meio e perda do movimento de rotação cervical. Devido a isso, o suporte de cabeça com mais eficiência e procura no mercado tem sido o headpod/headactive (Figura 1 - C). As marcas desenvolveram um suporte que dá liberdade motora à criança por seu sistema de suspensão sem impossibilitar as outras movimentações do pescoço.

O Kit Básico do Headpod é composto por: uma cinta frontal de silicone, uma cinta occipital de silicone, um arco regulável de plástico e uma cinta escalonada de silicone para prender ao braço de suspensão. (MAIS MOVIMENTO. Suporte de Cabeça. Site de vendas de equipamentos para crianças e adolescentes atípicos. Disponível em: < https://maismovimento.com.br/product-category/suporte-de-cabeca/ >. Acesso em: 09 abr. 2025.)

Dentre os modelos analisados de suportes, os problemas encontrados referentes ao suporte melhor avaliado pelos profissionais da saúde destacam-se: a durabilidade do material das cintas, custo de aquisição, desconforto

interferindo na adesão do usuário ao tratamento utilizando o dispositivo, o design da peça de junção das cintas com o arco, por não ser prático na hora de colocar o suporte na criança.

Baseado na pesquisa realizada dos modelos de suporte de cabeça vigentes no mercado, foram realizados testes a fim de, reproduzir o modelo do Headpod por meio de impressão 3D, com viés do estudo do mecanismo e a possibilidade de sua produção pelo método escolhido, além da otimização das peças presentes no modelo. Para tal finalidade o trabalho se seguiu da seguinte forma:

2.1 Levantamento dos requisitos de design e funcionalidade do suporte melhor avaliado no mercado, a partir da análise do Kit Básico do Headpod.

Sendo eles:

2.1.1 A presença da cinta occipital, que dará apoio a cabeça da criança por meio da sustentação do peso da cabeça pela sua nuca;

2.1.2 Uma cinta frontal que será posicionada na testa atuando no balanceamento da cabeça que será projetada para frente pela cinta occipital;

2.1.3 A queixeira que no Kit Básico do Headpod se apresenta como acessório, adquirido para casos específicos;

2.1.4 Uma peça de junção das cintas com o arco, para juntar as cintas occipitais, frontais e queixeira;

2.1.5 O arco, que poderá ser fixo ou regulável, que irá centralizar o peso balanceado pelas cintas, balanceando o peso da cabeça e seu centro de gravidade;

2.1.6 Uma cinta escalonada que se prenderá ao arco para regular a altura do suporte e prendê-lo ao braço de suspensão.

2.2 Seleção de software de modelagem 3D para criação do protótipo:

Sendo escolhido para a execução do projeto 3D o Autodesk Fusion 360, devido ao programa salvar os arquivos em nuvem, possibilitando assim, o trabalho colaborativo em equipe, tendo acesso ao projeto de qualquer lugar e computador e trabalhar de forma simultânea por mais de uma pessoa da equipe no mesmo arquivo de projeto.

2.3 Desenvolvimento do Modelo 3D: (Figura 2)

A modelagem do suporte de cabeça em 3D, foi dividido e modelado em peças de modo separadas, possuindo assim 9 modelagens. Sendo elas:

2.3.1 As cintas: occipital, frontal, escalonada e queixeira;

Para a modelagem das cintas dentro do Fusion as ferramentas utilizadas foram o esboço, no qual é desenhado o modelo em 2D, utilizando as ferramentas de linha, simetria, arco, círculo e spline. Em seguida, é feita a extrusão para dar espessura de 1mm às cintas. Após a extrusão são realizados arredondamentos que não foram desenhados no esboço dando acabamento às peças.

2.3.2 A peça de junção, dividida em três partes;

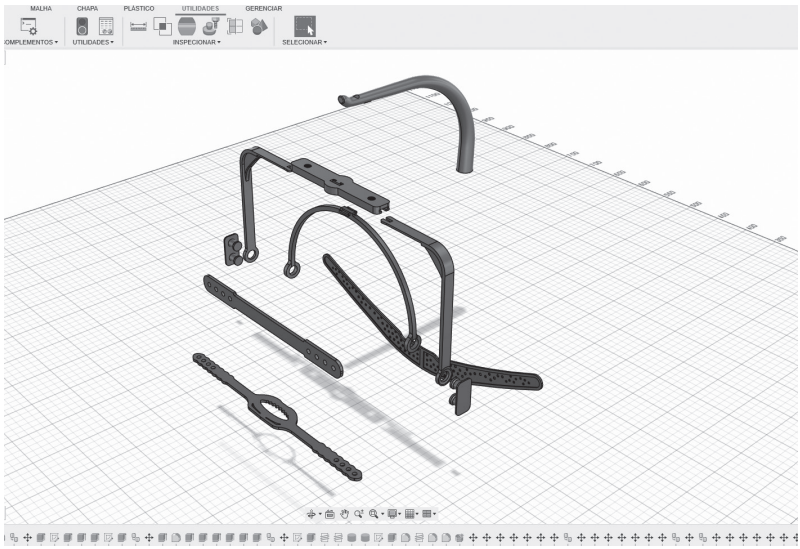
Modelada mantendo os mesmos passos citados para a confecção das cintas, adicionando a utilização da ferramenta de criação de modelagem de rosca na peça já extrusada.

2.3.4 O arco regulável que é modelado separadamente em três partes;

2.3.5 O braço de suspensão;

A modelagem do arco e do braço de suspensão seguem o mesmo processo.

Figura 2 - Print da modelagem 3D das peças do Headpod no Fusion 360



2.4 Escolha da impressora 3D:

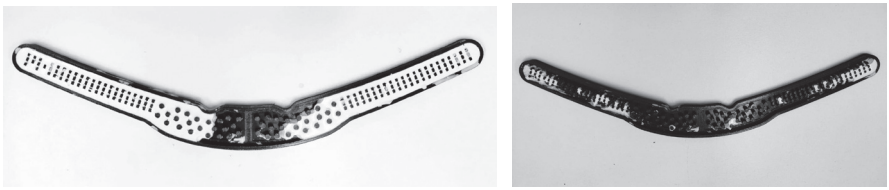
A impressora escolhida para confecção das peças do suporte é do tipo Modelagem por Deposição Fundida (FDM), que trabalha por sobreposição de material, tendo o filamento do material escolhido aquecido a uma determinada temperatura, a depender do material, sendo ele depositado em camada sobre camada.

2.5 Experimentações e produção:

Os primeiros testes foram para os modelos para cinta occipital, buscando por um modelo cuja o design seja mais resistente.

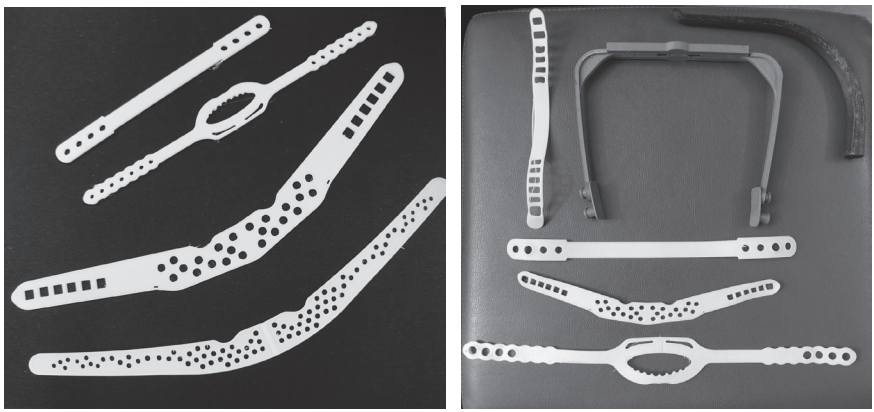
2.5.1 Após a modelagem no Fusion, foi impresso em 3D em filamento TPU (Poliuretano Termoplástico) o molde para teste do modelo da cinta desenvolvida. Teste inicial para utilização de látex, aplicando o látex para máscaras da marca DIMCLAY e posteriormente o silicone, smooth silicone dragonskin B da marca Redelease, para produção da cinta occipital. No entanto, o resultado não avançou bem, pois os materiais na hora do desmolde da peça rachavam; Figuras 03; 04.

Figura 03; 04 - Fotos do molde da cinta occipital impresso em 3D, preenchidos por látex, representação da falha ao desmoldar



Com a falha na utilização do látex e do silicone para a confecção da cinta occipital, novos testes foram realizados, imprimindo diretamente a cinta em 3D, sendo o TPE (Elastômero Termoplástico) o material escolhido pela resistência ao rasgo e abrasão e pela sua maleabilidade, realizando o teste do design para: resistência, formato, tamanho, espessura e dimensões; Figura 05.

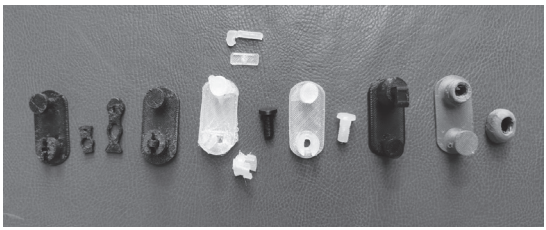
Figura 05; 06 - Foto do modelo de cinta frontal e queixeira em escala reduzida impresso em TPE juntamente dos modelos de cinta occipital em escala real impressos em TPE; Fotos das cintas impressas em TPE, do braço de suspensão impresso em Apex (terpoliéster semiflexível, com carbono) arco ajustável e peça de junção impresso em filamento de fibra de vidro.

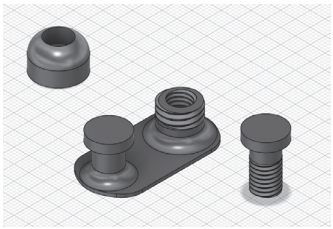


A segunda alternativa de material e produção se mostrou satisfatória, com isso foi impressa as outras cintas e a queixeira também em TPE. Se seguiu para a modelagem da peça de encaixe, ajuste da cinta escalonada e impressões das demais peças (Figura 06).

2.5.2 Com a impressão 3D de todas as peças, foi realizado o teste com o dispositivo montado em uma cabeça impressa nas dimensões de uma criança de 8 anos, 1ºprotótipo (Figura 09). A partir do teste se observou as necessidades de melhorias na peça de junção do arco com as cintas (Figura 07), sendo executado um modelo otimizado em 3D, por meio do Fusion; Figura 08.

Figura 07; 08 - Foto das impressões de teste das primeiras modelagens 3D da peça de junção antes da versão final; Print da modelagem 3D no Autodesk Fusion 360, versão final da peça de junção do arco com as cintas

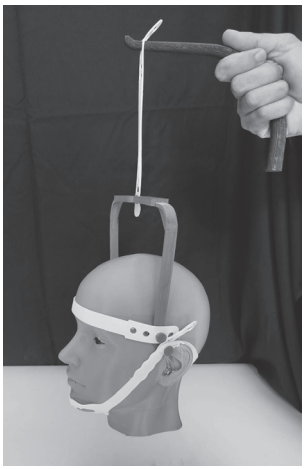


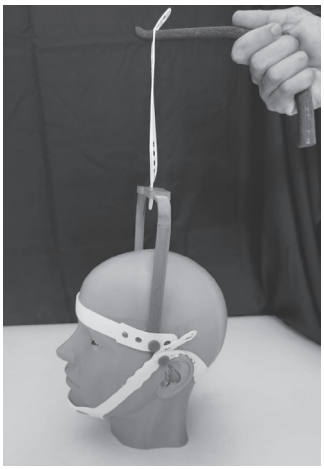


3. RESULTADOS

Como resultado obteve, a produção do primeiro protótipo do suporte de cabeça, tendo suas peças impressas em 3D, como indicado na Figuras 09; 10.

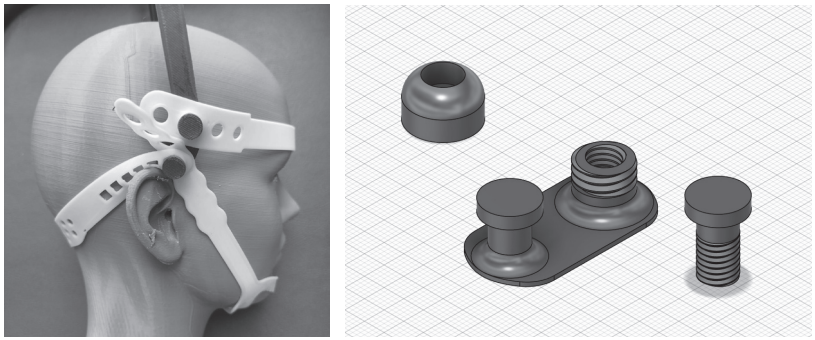
Figura 09; 10 - Foto do teste de utilização do suporte em cabeça impressa nas dimensões de uma criança de 8 anos





Com base no teste da utilização do protótipo (Figura 11), houve o redesign da peça de junção do arco com as cintas, desenvolvido em modelagem 3D por intermédio do Autodesk Fusion 360, modelo posteriormente impresso em 3D. Figuras 08.

Figura 08; 11 - Foto ampliada da peça de junção do arco com as cintas; Print do modelo 3D versão final da peça de junção do arco com as cintas



O desenvolvimento do protótipo e do modelo 3D, comprovam a efetividade do uso de impressão 3D como método de confecção do suporte de cabeça para alcance do público infantil de baixa renda, dispondo de um valor de produção em média de quarenta reais.

Além dos resultados alcançados em relação ao valor de produção e comprovação do método de fabricação escolhido, a partir do 1° Protótipo, nota-se de forma prática questões de aprimoramento no design desse modelo de suporte de cabeça, tendo como resultado: a abordagem de novos tipos de materiais, modificação das cintas em relação aos furos de encaixe fazendo eles como círculos, para uma melhor resistência ao rasgo e um novo modelo de peça de junção. Sendo realizadas pequenas otimizações.

4. DISCUSSÃO

Porém, ainda é um dispositivo que carece de pesquisa relacionadas ao seu uso domiciliar e em práticas clínicas devido aos pontos negativos mencionados nas bibliografias (Browm, 2018, p.142-148); (Tello.; Escacho, 2014, p.96-100) somados ao seu alto custo de aquisição no mercado.

Estas bibliografias, fornecem os benefícios do uso prolongado do Headpod, dispositivo analisado por esse artigo, na melhoria do controle ativo da cabeça e pescoço e para a deglutição ativa da criança, além de também apresentarem pontos negativos e de rejeição das crianças perante ao uso do suporte, o que auxiliou para análises de pontos a melhorar no design do suporte.

A partir da análise do artigo "Head Control Changes After Headpod Use in Children With Poor Head Control: A Feasibility Study" (Browm, 2018, p.142-148), é evidente os benefícios do uso do Headpod a longo prazo para o tratamento de crianças com hipotonia muscular por causas díspares, visto que, pelos dados coletados dos pacientes adeptos a pesquisa após 6 meses do uso ativo do dispositivo apresentam melhorias no controle da cabeça, conseguindo assim, mantê-la ereta por mais tempo de forma independente.

Contudo, apesar de resultados positivos, a pesquisa (Browm, 2018, p.142-148), teve dificuldades para achar crianças que se adaptassem ao suporte de cabeça, tendo um total de 14 participantes, tendo 5 crianças que abandonaram o estudo, sendo duas delas por não conseguirem, apesar da tolerância inicial, manter o uso do Headpod como prescrito e outras duas pela perda do acompanhamento, não conseguindo marcar com os pais a avaliação prevista após os 3 meses iniciais de uso.

Ademais, o artigo caracterizado como ensaio clínico aberto, "Eficacia del dispositivo Headpod durante la alimentación en niños con disfagia por patología neuromotriz: un ensayo clínico abierto" (Tello.; Escacho, 2014, p.96-100), também traz resultados positivos quanto a análise do Headpod, a partir da avaliação de 4 casos ativos, sendo inicialmente 5 porém com exclusão de um deles, para os uso do dispositivo durante a alimentação.

Os itens analisados com melhor avaliação durante o ensaio clínico, foram os aspectos postura de cabeça e pescoço e deglutição ativa, durante a utilização do Headpod para a alimentação, contudo conforme os sujeitos da pesquisa foram observados a um prazo prolongado de uso do dispositivo foi notável um número crescente de avaliações positivas em todos os itens analisados.

Portanto, é explícito que um acesso mais abrangente por parte do público de crianças com hipotonia muscular e profissionais da saúde, seria de grande relevância para o tratamento de quadros clínicos voltados para deficiência no controle de movimentos cervicais. Devido a isso, surge o presente artigo, validando a possibilidade do uso da impressão 3D como método de produção de suportes de cabeça como o Headpod, tendo seu preço de confecção pelo processo da manufatura avançada em média de 40 reais o que possibilitará o acesso a essa tecnologia o público com recursos financeiros limitados.

5. CONCLUSÕES

O trabalho realizado teve como propósito, a confirmação da possibilidade da utilização da impressão 3D, sendo ela uma manufatura avançada, como um eficaz método de produção para a tecnologia assistiva trabalhada, os suportes de cabeça, tais como o Headpod. Possibilitando que crianças com hipotonia

muscular tenham a possibilidade de acesso ao tratamento por meio da utilização dessa Tecnologia Assistiva.

Portanto as contribuição do presente trabalho para essa temática se apresentam, por meio do método de produção adotado, que trará a possibilidade para os usuários de recursos financeiros limitados a viabilidade de aquisição do dispositivo a um custo reduzido, além do design aprimorado que foi desenvolvido da peça de junção do arco com as cintas.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi possível graças ao grupo de pesquisa Laboratório de Estudos Inventivos (LabEITA) da Universidade Federal de Goiás (UFG). A pesquisa contou com o financiamento do Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação (MCTI).

REFERÊNCIAS

BROWN, J. E.; THOMPSON, M.; BRIZZOLARA, K. Head Control Changes After Headpod Use in Children With Poor Head Control: A Feasibility Study. *Pediatric Physical Therapy* 30(2): p. 142-148, Apr. 2018. | DOI: 10.1097/PEP.0000000000000492

DUARTE, R.C.B. Hipotonia na infância. *Resid Pediatr* 8(0 Supl.1): p.40-44, 2018.v8s1-07 | DOI: 10.25060

TELLO, C.L.; ESCACHO, M.C. Eficacia del dispositivo Headpod durante la alimentación en niños con disfagia por patología neuromotriz: un ensayo clínico abierto. *Fisioterapia* 37(2): p 96-100, Jun. 2014. | http://dx.doi.org/10.1016/j.ft.2014.06.004

MAIS MOVIMENTO. Suporte de Cabeça. Site de vendas de equipamentos para crianças e adolescentes atípicos. Disponível em: < https://maismovimento.com.br/product-category/suporte-de-cabeca/ >. Acesso em: 09 abr. 2025.

MEDOLA, F.O. e PASCHOARELLI, L.C. *Tecnologia Assistiva: desenvolvimento e aplicação*. Bauru-SP: Canal6 Editora-1° ed., 2018.

PORTAL DO BEBE. Melhores Apoios de Cabeça Infantis, 2024. Um espaço dedicado a compartilhar dicas, informações e recomendações úteis para outras famílias. Disponível em: <https://portaldobebe.com.br/melhores-apoios-de-cabeca-infantis/>. Acesso em: 06 mai. 2025.

PRADO, V. M.; SOGABE, M. T. *Impressão 3D no desenvolvimento de produtos de tecnologia assistiva: contribuições do design*. Projética, Londrina, v. 13, n. 1, p. 15-35 , 2022. DOI: 10.5433/2236-2207.2022v13n1p15 Submissão: 12 de mar. de 2021 Aceite: 17 mai. 2021.

SEVERINO, A.J. *Metodologia do trabalho científico*. São Paulo: Cortez Editora- 1°ed. (livro digital), 2013.

VOLPATO, N. *Manufatura Aditiva tecnologia e aplicação da impressão 3D*. São Paulo: Edgard Blücher Editora Ltda.

EIXO TEMÁTICO | Cuidados e Proteção Individual

RELATOS TÉCNICOS

Desenvolvimento de tecnologia assistiva para cortar unhas com manufatura aditiva

Silva, Arabella Natal Galvão*[1]; Carboni, Márcio Henrique de Sousa[2]; Silva, Alexsandra Santos[3]; Correa, Kamily de Oliveira[4]; Quintino, Nickolas Kanigoski[5]; Vaz, Felipe Augusto Rocha[6]

1 – Departamento de Expressão Gráfica, UFPR, arabellagalvao@ufpr.br
2 – Departamento de Expressão Gráfica, UFPR, mhcarboni@ufpr.br
3 – Departamento de Terapia Ocupacional, UFPR, aless_to@hotmail.com
4 – Departamento de Expressão Gráfica, UFPR, kamily.correa@hotmail.com
5 – Departamento de Expressão Gráfica, UFPR, nickolasquintino@ufpr.br
6 – Departamento de Expressão Gráfica, UFPR, augustorocha@ufpr.br
* - Correspondência: Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 100 – Bloco PA de Ciências Exatas, 4o andar - Jardim das Américas, Curitiba - PR, 81530-000.

DOI 10.52050/9788579177163-06

RESUMO

A curricularização da extensão busca integrar ensino e sociedade por meio de ações práticas nas Instituições de Ensino Superior. Este estudo objetivou relatar o desenvolvimento de um adaptador para cortador de unhas, realizado na disciplina de Ergonomia da UFPR em parceria com a Clínica Escola de Terapia Ocupacional e o Laboratório de Modelagem, Prototipagem e Inovação. Utilizou-se manufatura aditiva para concepção, prototipagem e aprimoramento dos dispositivos. Como resultado, dois modelos funcionais foram produzidos após diversas iterações. Conclui-se que a atividade contribuiu significativamente para a formação acadêmica, promovendo aplicações reais nas áreas de Engenharia, Design, Educação, Saúde e Terapia Ocupacional.

Palavras-chave: curricularização da extensão, manufatura aditiva, tecnologia assistiva.

ABSTRACT

The curricularization of extension aims to integrate education and society through practical actions within Higher Education Institutions. This study aimed to report the development of a nail clipper adapter, carried out in the Ergonomics

course at UFPR in partnership with the Occupational Therapy School Clinic and the Modeling, Prototyping, and Innovation Laboratory. Additive manufacturing was used in the design, prototyping, and refinement of the devices. As a result, two functional models were produced after several iterations. It is concluded that the activity significantly contributed to academic training, promoting real-world applications in the fields of Engineering, Design, Education, Health, and Occupational Therapy.
Keywords: *extension curricularization, additive manufacturing, assistive technology.*

1. INTRODUÇÃO

As Instituições de Ensino Superior (IES) públicas no Brasil operam com base em três pilares fundamentais: ensino, pesquisa e extensão. Em 2014, a Lei nº 13.005 instituiu o Plano Nacional de Educação (PNE), que define metas e estratégias para o desenvolvimento da educação no país ao longo de uma década. A estratégia 12.7 do PNE estabelece que as IES devem reservar, pelo menos, 10% da carga horária do curso em atividades e projetos de extensão universitária, priorizando ações para áreas de grande relevância social (BRASIL, 2014). Essa ação está sendo chamada nas IES de curricularização da extensão.

Neste contexto, esse relato baseia-se na aplicação da curricularização da extensão na disciplina de Ergonomia do curso de Bacharelado em Expressão Gráfica da Universidade Federal do Paraná (UFPR), ocorrida em 2024. O projeto desenvolvido foi um adaptador para cortador de unha que permitisse o corte de unhas com apenas uma das mãos movimentando-se funcionalmente. Esta demanda veio da Clínica Escola de Terapia Ocupacional (CETO) da UFPR para o projeto de extensão Laboratório de Modelagem, Prototipagem e Inovação (LAMPI), também da UFPR, ao qual a disciplina foi vinculada.

O adaptador desenvolvido caracteriza-se como uma Tecnologia Assistiva (TA), de acordo com a definição dada por Brasil (2015), pois tem por objetivo promover autonomia à Pessoa com Deficiência no ato de cortar as próprias unhas. Para materializar o produto utilizou-se de manufatura aditiva como meio de fabricação direta, sendo esta tecnologia definida como "um processo de fabricação por meio da adição sucessiva de material na forma de camadas, com informações obtidas diretamente de uma representação geométrica computacional 3D do componente (VOLPATO; CARVALHO, 2017, p. 15). A escolha deste método de produção deu-se pela necessidade de poucas unidades do produto e pela facilidade de acesso da CETO à infraestrutura disponibilizada pelo LAMPI. Assim, o objetivo deste relato é descrever o desenvolvimento de um

adaptador para cortador de unha inserido no contexto da curricularização da extensão.

2. DESENVOLVIMENTO

O LAMPI é um projeto de extensão do Departamento de Expressão Gráfica da UFPR cujo objetivo é suprir a demanda por assessoria em modelagem tridimensional e em prototipagem de artefatos que possam ser testados, analisados e/ou comprovados pelo público-alvo. Para isso, utiliza recursos como computadores de alta performance, impressoras 3D, com tecnologias de Modelagem por Fusão e Deposição (*Fused Deposition Modeling* - FDM) e Estereolitografia (*Stereolithography* - SLA), máquina de corte a laser, entre outros, atendendo demandas de pesquisadores, docentes ou estudantes de graduação e pós-graduação, bem como instituições ou empresas.

Desta forma, a experiência do LAMPI atendia a demanda da CETO, que está vinculada ao Departamento de Terapia Ocupacional. Ela oferece serviços à comunidade interna e externa da UFPR, por meio de estágios supervisionados de prática, nas áreas de desenvolvimento infantil e reabilitação neurofuncional, nos quais os estudantes acompanham pessoas que, em decorrência de condições neurológicas, como um Acidente Vascular Cerebral (AVC), apresentam limitações para realizar atividades básicas como comer, tomar banho, vestir, fazer higiene, entre outras.

Foi durante esses atendimentos que se percebeu a necessidade de um dispositivo que pudesse auxiliar pessoas com limitações no uso funcional de um dos membros superiores a realizar o corte das unhas das mãos. Após pesquisa das possibilidades, encontrou-se o modelo digital de um adaptador que poderia ser fabricado por manufatura aditiva, mas que necessitava de alguns ajustes em relação à maior estabilidade, possibilidade de ser utilizado com diferentes tamanhos de cortadores e de ter uma lixa acoplada para finalização. Além disso, este modelo necessitava de montagem após a produção e utilizava um eixo metálico para movimentação das peças, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Adaptador trazido pela CETO



Dessa forma, a CETO buscou auxílio do LAMPI com o intuito de beneficiar os pacientes atendidos, aprimorando o dispositivo apresentado. Como integrante da equipe do LAMPI, a professora responsável pela disciplina de Ergonomia vislumbrou o potencial de inserção da demanda como uma atividade extensionista.

A disciplina de Ergonomia é ministrada no quarto período do curso de Expressão Gráfica e tem como um de seus objetivos "desenvolver a percepção de que o foco principal de qualquer projeto é o ser humano" (SILVA, 2024). A demanda possibilitava a aplicação do conteúdo abordado na disciplina e possuía um nível de complexidade adequado, viabilizando a curricularização da extensão. Assim, a proposta de projeto para os alunos foi a adequação do modelo digital do adaptador apresentado na Figura 1, de modo que permitisse o uso com diversos modelos de cortador, além de possibilitar a inclusão de uma lixa de unha. A turma tinha 27 alunos, que foram organizados em 7 equipes. Apesar da proposta prever a adequação de um modelo existente, algumas equipes resolveram criar um produto novo que atendesse a demanda e incluísse as adequações. Dentre as soluções apresentadas, foram selecionadas duas para serem produzidas, o que ocorreu no semestre seguinte em razão do tempo necessário para testes e ajustes.

3. RESULTADOS

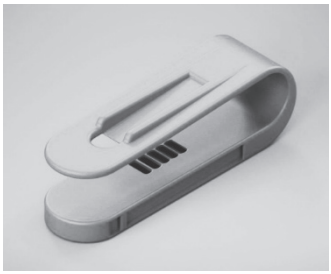
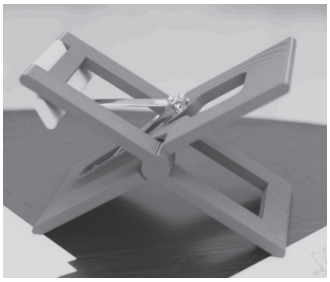
Para fins deste relato, cada modelo será identificado pela equipe que o criou: equipe B e equipe E. Ambas as equipes tiveram que definir os elementos do sistema em análise, como forma de contemplar os conteúdos de ergonomia, definindo a fronteira, os subsistemas, as entradas, saídas, interações e o processamento do sistema.

A equipe B fez um levantamento detalhado das dimensões de três modelos de cortadores de unha. O levantamento antropométrico foi feito com base em Paschoarelli *et. al.* (2008 e 2009). Em seguida, deu-se o desenvolvimento das alternativas, item obrigatório no trabalho, apresentando 12 (doze) possíveis soluções que foram analisadas por meio de uma matriz de avaliação. A equipe estabeleceu como critérios de avaliação na matriz: (1) baixo esforço; (2) evidência e uso simples; (3) prevenção de erros; (4) adaptável a cortadores; (5) lixa; (6) antiderrapante; (7) estética; (8) complexidade de produção. A alternativa mais bem avaliada na matriz é apresentada no Quadro 1.

A equipe E também realizou o levantamento de dimensões de três modelos de cortadores de unha. O levantamento antropométrico foi feito com base em Lee e Jung (2015) e Openshaw (2006). Essa equipe, por ser menor, apresentou 9 (nove) alternativas de solução, que foram analisadas na matriz de avaliação com os seguintes critérios: (1) facilidade de produção; (2) adaptabilidade aos cortadores; (3) segurança de uso; (4) durabilidade; (5) facilidade de uso. A alternativa mais bem avaliada consta no Quadro 1.

O Quadro 1 apresenta as informações iniciais de ambos os modelos: uma imagem da primeira versão extraída da apresentação realizada pelos estudantes e uma breve descrição de cada peça.

Quadro 1 - Características gerais dos dois produtos

EQUIPE	IMAGEM	DESCRIÇÃO
Equipe B		Adaptador criado sem articulação, aproveitando a própria flexibilidade do material para a movimentação necessária para pressionar a alavanca do cortador; impressão em peça única; apoio de um dedo de cada vez.
Equipe E		Adaptador criado com articulação para a movimentação necessária para pressionar a alavanca do cortador; impressão do conjunto montado; apoio para a mão inteira.

O modelo criado pela equipe B mostrou-se inovador em relação ao modelo trazido pela CETO, pois a proposta não possui articulação. A flexibilidade do material, o polímero PLA (Ácido Polilático), foi usada para gerar a movimentação necessária para pressionar a alavanca do cortador de unha. A regulagem para vários tamanhos de cortador é dada pelos encaixes na parte inferior. Quanto mais próximo da frente está o encaixe, menor é o cortador. A lixa de unha seria encaixada num canal na lateral da peça.

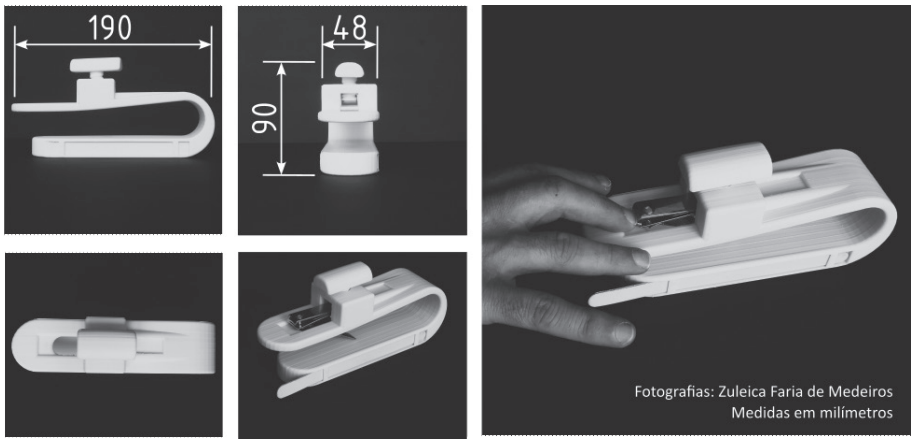
O modelo criado pela equipe E tem sua inovação centrada na maneira como foi produzido, pois o produto possui um eixo que é fabricado junto com as peças, como um único conjunto, sem necessidade de montagem. A regulagem para vários tamanhos de cortador se dá por uma aba, também articulada, que pressiona a alavanca do cortador em várias alturas. A lixa de unha seria colada na parte superior da peça.

A equipe do LAMPI realizou a impressão das duas versões iniciais de ambos os modelos, ajustando apenas parâmetros de preenchimento e posição da peça em relação à mesa de impressão. Na segunda versão, o produto da equipe B pôde ser testado com um cortador de unha. O produto da equipe E precisou de novo ajuste de parâmetro, agora em relação ao tipo de suporte, e na terceira versão, o produto também pôde ser testado.

Com o primeiro teste percebeu-se a necessidade de ajuste na modelagem das peças, pois se mostraram deficientes na forma de fixar o cortador de unha no adaptador. Ainda que a modelagem digital favoreça a visualização dos artefatos, o tempo durante a disciplina, 10 horas de aula, foi escasso para a realização de testes digitais da movimentação da alavanca do cortador e análise do impacto disso sobre as peças.

O adaptador da equipe B precisou de 7 versões para tornar-se funcional. A Figura 2 mostra o adaptador criado pela equipe B, na última versão impressa.

Figura 2 - Última versão do adaptador equipe B

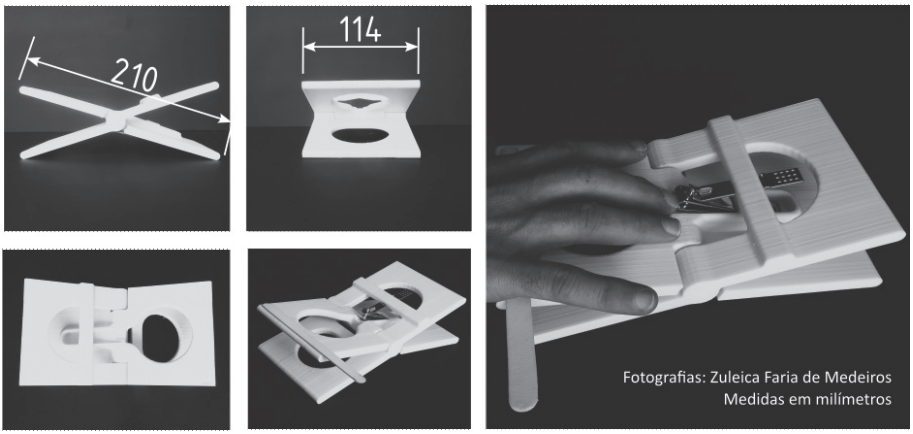


Inicialmente, os encaixes para regulagem do tamanho do cortador não funcionavam, pois como o cortador deve ser colocado com a alavanca para baixo, é necessário que a superfície fique lisa, para a alavanca deslizar com a movimentação. Com isso, era necessário que o corpo do cortador ficasse mais bem fixado, levando a equipe a criar um parafuso que pressionasse o cortador. Desta forma, vários modelos de cortador puderam ser testados e funcionaram. Contudo, a primeira versão do parafuso, que tinha diâmetro de 5mm, ficou frágil e quebrou, exigindo uma nova versão mais robusta, com diâmetro de 12mm, que se mostrou funcional. Durante esse processo, também houve o aumento da largura da caixa do parafuso, para que ficasse alinhado ao corpo principal e, com isso, reduzisse o número de suportes durante a impressão, resultando num melhor acabamento superficial. Finalmente, a última alteração foi o aumento da área de contato do dedo do usuário com o adaptador, prolongando a parte superior em relação à inferior, visando facilitar a ação de pressionar a alavanca. Em relação à ergonomia, o produto é funcional, mas exigirá treinamento dos pacientes para uso, pois apresenta certa instabilidade conforme os dedos vão sendo apoiados para corte. Mesmo com a aplicação de botões antiderrapante sob a peça, observa-se que ela escorrega algumas vezes.

O adaptador da equipe E precisou de 6 versões para tornar-se funcional. Inicialmente a equipe arredondou os cantos de toda a peça, tornando o adaptador mais anatômico. Nas novas versões, o problema mais visível estava na criação de suportes em excesso, o que gerava mais trabalho na pós-produção. A solução encontrada foi alterar os recortes internos, transformando-os em formas circulares, o que permitiu evitar o uso excessivo de suportes. Também foi diminuído o espaço para encaixar o cortador de unha, pois o defeito da primeira versão era que o cortador ficava frouxo. A aba articulada criada inicialmente para

pressionar a alavanca de qualquer tamanho de cortador mostrou-se ineficaz e frágil, quebrando após alguns usos. Assim, a base da peça foi totalmente alterada, retirando-se a aba articulada e incluindo uma haste fixa, que pressiona a alavanca de vários tamanhos de cortador. A Figura 3 mostra o adaptador criado pela equipe E, na última versão impressa.

Figura 3 - Última versão do adaptador equipe E



Em relação à ergonomia, o produto da equipe E mostra-se mais confortável, pois possibilita o apoio da mão inteira sobre a peça. Ainda que requeira treinamento do paciente, a percepção inicial indica maior facilidade de uso.

Com base no resultado apresentado é possível inferir que:

1. A curricularização da extensão abre possibilidades de interação dos estudantes com situações reais, contudo nem sempre o tempo disponível durante a disciplina é adequado para a demanda. Neste relato, a professora inicialmente avaliou que a demanda possuía um nível de complexidade adequado para as 10 horas disponíveis, porém a quantidade de versões e o tempo necessários para que as soluções se tornassem realmente funcionais demonstrou o equívoco desta avaliação. Uma revisão no cronograma da disciplina mostra-se necessária, aumentando a carga horária da atividade ou distribuindo-a ao longo do semestre, o que favoreceria a participação de todos os estudantes e não apenas de alguns.
2. O desenvolvimento de TA por estudantes mostrou-se uma atividade envolvente, na qual havia um desejo latente de auxiliar as pessoas que poderiam se beneficiar dos produtos. Tanto na fase inicial, durante a disciplina, como na fase posterior, com apenas duas equipes trabalhando, a vontade de resolver os problemas e tornar os produtos funcionais foi

observada e acrescida de entusiasmo a cada acerto. Desta forma, pode-se afirmar que este é um tema eficaz para a proposta deste trabalho.

3. A manufatura aditiva se mostrou vantajosa para o desenvolvimento deste projeto em diversos aspectos. Além de viável para a fabricação de poucas unidades do produto, também mostrou-se pedagogicamente adequada, pois permitiu agilidade no ciclo de concepção e testes, além de permitir aos estudantes o aprendizado com os erros de cada versão, o desenvolvimento da empatia em relação aos futuros usuários e o maior conhecimento deste processo produtivo. Como desvantagem, pode-se citar a necessidade de conhecimento prévio mais aprofundado da tecnologia em si. Este conhecimento foi suprido pela equipe do LAMPI, mas poderia otimizar o tempo de desenvolvimento caso os estudantes das equipes tivessem o mesmo nível.

A partir dos resultados alcançados pela equipe do LAMPI em conjunto com os estudantes envolvidos, a próxima etapa será realizada pela CETO, que fará a avaliação dos produtos junto aos pacientes, permitindo verificar se ambos ou ao menos um deles poderão ser utilizados definitivamente.

4. CONCLUSÕES

A curricularização da extensão foi aplicada na disciplina de Ergonomia do curso de Bacharelado em Expressão Gráfica da UFPR, em parceria com o projeto de extensão LAMPI e tendo como demandante a CETO. A TA desenvolvida neste contexto foi um adaptador para cortador de unhas que permitisse aos usuários cortarem as unhas utilizando apenas uma das mãos funcionalmente. Assim, o objetivo deste relato foi descrever o desenvolvimento de um adaptador para cortador de unha inserido no contexto da curricularização da extensão, sendo este objetivo plenamente atingido.

O desenvolvimento deste projeto permitiu identificar algumas contribuições, que poderão ser aplicadas em outros contextos de curricularização da extensão envolvendo o desenvolvimento de TA. Inicialmente, destaca-se a relação entre o cronograma de uma disciplina no ensino superior e o tempo necessário para o desenvolvimento de uma TA. A disciplina poderá abarcar o início do desenvolvimento, contudo dificilmente o produto chegará à fase de testes com usuários dentro do período da disciplina. Por outro lado, o envolvimento dos estudantes com o desenvolvimento da TA demonstrou ser este um tema eficaz, podendo contribuir com o aprendizado dos conteúdos de Ergonomia. Finalmente, o uso de manufatura aditiva como meio de fabricação mostrou-se pedagogicamente adequado, ainda que seja necessário conhecimento prévio mais aprofundado da tecnologia para otimizar o tempo de desenvolvimento.

A avaliação com pacientes em relação a eficiência e eficácia dos produtos desenvolvidos é fundamental para validar todo o processo de desenvolvimento. Desta forma, é indispensável a contribuição da equipe da CETO com a próxima fase do projeto. Outro aspecto de melhoria para este tipo de desenvolvimento é proporcionar uma maior aproximação entre os estudantes e os futuros usuários dos produtos, de modo que a compreensão da realidade das pessoas com deficiência permeie todo o processo, o que não foi possível na disciplina descrita neste relato.

REFERÊNCIAS

BRASIL. *Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014.* Aprova o Plano Nacional de Educação - PNE e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 151, nº 120-A, p. 1-8, 26 jun. 2014.

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). Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 152, nº 127, p. 2-8, 7 jul. 2015.

GÓES, Anderson R. T. et al. *Projeto Pedagógico do curso de Bacharelado em Expressão Gráfica*. 2023. Disponível em https://exatas.ufpr.br/cegraf/wp-content/uploads/sites/3/2014/09/PPC-Express%C3%A3oGr%C3%A1fica2023.pdf Acesso em 8 mai. 2025.

LEE, K.-S.; JUNG, M.-C. Ergonomic evaluation of biomechanical hand function. *Safety and Health at Work*, v. 6, n. 1, p. 9–17, mar. 2015. DOI: 10.1016/j.shaw.2014.09.002.

OPENSHAW, S.; TAYLOR, A. *Ergonomics and Design*: A Reference Guide. Edição. Muscatine: Allsteel Inc., 2006.

PASCHOARELLI, L. C.; SOUSA, B. C.; SILVA, D. C.; SILVA, J. C. P. da. A influência da variedade antropométrica entre mãos de destros e canhotos no design ergonômico de instrumentos manuais: um estudo preliminar. *Estudos em Design*, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2008.

PASCHOARELLI, L. C.; MENIN, M.; SILVA, D. C.; CAMPOS, L. F. A.; SILVA, J. C. P. da. Antropometria da mão humana: influência do gênero no design ergonômico de instrumentos manuais. *Ação Ergonômica*, v. 5, n. 2, p. 1-8, 2009.

SILVA, Arabella N. G.; *Ficha 2 – Plano de Ensino da disciplina de Ergonomia*. 2024. Plano de Ensino. Universidade Federal do Paraná. Não publicado.

VOLPATO, Neri; CARVALHO, Jonas de. Introdução à manufatura aditiva ou impressão 3D. In: VOLPATO, Neri. *Manufatura aditiva; Tecnologias e Aplicações da Impressão 3D*. Disponível em: Minha Biblioteca, Editora Blucher, 2017.

EIXO TEMÁTICO | Cuidados e Proteção Individual

RESUMOS

Avaliação de uso de talheres assistivos a partir da simulação de restrição de movimentos: percepção de aspectos práticos, estéticos e simbólicos dos produtos

Sartório, Taís Sanches*[1]; Moraes, Mariana Brunatti de[2]; Ezeugo, Alice V.[3]; Lima, Rebeca Rodrigues Barbosa[4]; Silveira, Zilda de Castro[5]; Medola, Fausto O.[6]; Pasquarella, Luis C.[7]

1 – Departamento de Design FAAC, Unesp, tais.sanches@unesp.br
2 – Departamento de Design FAAC, Unesp, mariana.brunatti@unesp.br
3 – Departamento de Design FAAC, Unesp, alice.ezeugo@unesp.br
4 – Departamento de Design FAAC, Unesp, rebeca-rodrigues.lima@unesp.br
5 – Departamento de Engenharia Mecânica EESC, USP, silveira@sc.usp.br
6 – Departamento de Design FAAC, fausto.medola@unesp.br
7 – Departamento de Design FAAC, Unesp, luis.paschoarelli@unesp.br
* -Correspondência: Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 - Vargem Limpa Bauru- SP, CEP: 17033-360.

Artigo aprovado e selecionado pelo comitê científico do V CBTA para *Special Edition*.

RESUMO

A alimentação é uma tarefa elementar para o ser humano, e se torna complexa para pessoas com limitações motoras, decorrentes de lesões de diversas origens, que geram tremor nas mãos e alteração da função manual para segurar e manter objetos. O presente estudo objetivou compreender a percepção de aspectos práticos, estéticos e simbólicos, de designs de colheres, a partir da simulação de uso. O método, de natureza aplicada, abordagem transversal e experimental, envolveu variáveis independentes (diferentes designs de colheres) e variável dependente (Diferencial Semântico). Os resultados indicam que o design das colheres influenciou significativamente ($p \leq 0,05$) a percepção dos usuários, indicando que aspectos práticos, estéticos e simbólicos devem ser conjuntamente considerados no desenvolvimento desse tipo de tecnologia assistiva.

Palavras-chave: dispositivo de auxílio à vida diária, diferencial semântico, design ergonômico.

ABSTRACT

Eating is an elementary task for human beings, but it becomes complex for people with motor limitations, resulting from injuries of various origins, which generate hand tremor and altered manual function to hold and maintain objects. Based on simulateduse, this study aimed to understand the perception of practical, aesthetic, and symbolic aspects of spoons designs. The method, of an applied nature, employed a cross-sectional and experimental approach, involving independent variables (spoons with varying handle designs) and a dependent variable (Semantic Differential). These results indicate that the design of the spoons had a significant influence ($p \leq 0.05$) on this evaluation process, suggesting that practical, aesthetic, and symbolic aspects should be jointly considered when developing this type of assistive technology.

Keywords: *assistive device for diary use, semantic differential, ergonomic design.*

Tecnologia assistiva para identificação do nível de líquidos em recipientes por pessoas com deficiência visual

Ferrarini, Cleyton Fernandes*[1]; Marins, Plinio César[2]; Saltorato, Patrícia[3]; Francisco, Kelliton José Mendonça[4]; Cardoso, Paulo Eduardo Capel[5]

1 – Departamento de Engenharia de Produção de Sorocaba, UFSCar, cleyton@ufscar.br
2 – Departamento de Engenharia de Produção de Sorocaba, UFSCar, plinio@ufscar.br
3 – Departamento de Engenharia de Produção de Sorocaba, UFSCar, saltorato@ufscar.br
4 – Instituto de Ciências Biomédicas, USP, kelliton@usp.br
5 - Faculdade de Odontologia, USP, paulocapel@usp.br
* - Correspondência: Rod. João Leme dos Santos, km 110, Itinga, Sorocaba, SP, Brasil, 18052-780

Artigo aprovado e selecionado pelo comitê científico do V CBTA para *Special Edition*.

RESUMO

A realização de atividades cotidianas por pessoas com deficiência visual, como o manuseio de líquidos para ingestão, apresenta desafios, riscos e constrangimentos. Buscou-se desenvolver um dispositivo portátil para alertar sobre o nível de líquidos e evitar transbordamentos. Realizaram-se entrevistas, análises de similares e o desenvolvimento de protótipos com sensores e invólucros produzidos por impressão 3D. Dois protótipos com alertas vibratórios foram produzidos considerando o baixo custo e um modelo foi concebido para integrar componentes para respostas sonoras, vibratórias e referentes à temperatura. Os resultados dos testes indicaram que os protótipos podem promover a autonomia e a segurança dos usuários.
Palavras-chave: Impressão 3D, Atividade de vida autônoma, Tecnologia Assistiva.

ABSTRACT

Performing daily activities such as handling liquids poses challenges for people with visual impairments, especially due to the risk of accidents and embarrassment. This study aimed to develop a portable assistive technology device to alert users to liquid levels and prevent overflows. Interviews with users, analysis of similar products,

and the development of prototypes using capacitive sensors and 3D printing were conducted. Three device models were created, offering functionality and portability tailored to users' needs. The devices enhanced participants' autonomy and safety and helped to address existing gaps in assistive technology research.
Keywords: *3D printing, Autonomous living activity, Assistive Technology.*

EIXO TEMÁTICO | Esporte, Lazer e Recreação

ARTIGOS COMPLETOS

A interação entre o brincar acessível e produtos assistivos

Galvão, Nelma*[1]; Miranda, Theresinha[2]

1 – Cetens 1, UFBR, nelma.galvao@ufrb.edu.br

2 – Faced 2, UFBA, tmiranda@ufba.br

* -Correspondência: Av Artemia Pires,10050, Condominio Ilha de Bali, Feira de Santana- Ba, 44085370.

DOI 10.52050/9788579177163-07

RESUMO

Apresenta-se resultados de pesquisa sobre legislações e publicações científicas, no período de 2016 a 2024, sobre o brincar da criança com deficiência intermediado por produtos assistivos. Documentos legais orientam proteção integral a criança com deficiência, relacionando ao uso de Tecnologia Assistiva (TA) como direito. As pesquisas desnudam que o uso dos produtos, serviços, metodologias voltadas para as necessidades específicas de meninos e meninas com deficiência ainda estão em fase inicial nas realidades cotidianas dos seus contextos de vida, sendo urgente a operacionalização de políticas públicas que apoiem as redes de apoio para desenvolvimento e acompanhamento de uso de TA.

Palavras-chave: tecnologia assistiva 1 criança com deficiência 2 brincar 3.

ABSTRACT

The results of research on legislation and scientific publications from 2016 to 2024 on the play of children with disabilities mediated by assistive products are presented. Legal documents guide comprehensive protection for children with disabilities, relating the use of Assistive Technology (AT) as a right. The research reveals that the use of products, services, and methodologies aimed at the specific needs of boys and girls with disabilities is still in its initial phase in the daily realities of their life contexts, and that the operationalization of public policies that support support networks for the development and monitoring of the use of AT is urgent.

Keywords: *assistive technology 1 child with disabilities 2 play 3.*

1. INTRODUÇÃO

A criança com deficiência, na dimensão da acessibilidade das suas vivências lúdicas, entremeadas pelo uso da Tecnologia Assistiva (TA), é o tema deste artigo. A Tecnologia Assistiva é apresentada no Relatório Global sobre TA (Global Report on Assistive Technology, 2022), como um termo que engloba "produtos de assistência e seus sistemas e serviços relacionados". Neste documento, é ressaltado que o primeiro passo para apoiar o desenvolvimento de crianças com deficiência, é assegurar o acesso qualificado e precoce aos recursos de TA adequados às suas necessidades, sendo também necessário atentar-se para os ajustes e substituições frequentes dos produtos, face o processo de crescimento durante a infância.

O uso dos produtos assistivos apoiam a criança no desempenho de várias funções, que vão envolver cognição, comunicação, audição, mobilidade, autocuidado e visão. Podendo estes produtos assumirem a forma de produtos físicos, de produtos digitais, como software e aplicativos para apoio à comunicação ou a rotina diária, adaptações para o espaço físico, dentre outros. Não se vinculam apenas ao uso pessoal, mas também as alterações nos espaços ambientais, coadunando com a nova perspectiva do paradigma biopsicossocial da deficiência, que considera a deficiência uma condição que resulta das interações entre a pessoa e o seu meio, sendo fundamental que interações plenas e funcionais, o mais precoce possível, ocorram entre a criança e o seu contexto, a fim de garantir o desenvolvimento infantil com equidade.

A realidade que envolve o desenvolvimento dos produtos assistivos para uso por crianças, envolve uma área complexa, que integra aspectos tecnológicos, acessibilidade do ambiente, habilidades individuais da criança, assertividade dos adultos que as acompanham, dentre outros. Sendo a interlocução estreita e propositiva entre os contextos nos quais a criança vive, o diferencial para a realização de uma avaliação com qualidade e consequente identificação de produtos adequados, que facilitem a apropriação e uso da TA por meninos e meninas com deficiência nas suas atividades cotidianas.

O texto apresentado no CBTA tem como objetivo apresentar e discutir a realidade da legislação e produção científica sobre os produtos assistivos voltados para a criança pequena com deficiência, de O a 6 anos, ressaltando-se que a brincadeira é eixo condutor do desenvolvimento infantil dessa faixa etária. É um estudo oriundo da pesquisa de pós-doutorado, intitulada "Apropriação e uso da Tecnologia Assistiva na primeira infância para a educação e o lazer da criança com deficiência: dimensões políticas, sociais e legais", destacando-se ainda que este trabalho compõe uma das fases do estudo longitudinal "Avaliação de usuário e desenvolvimento de produtos de TA", que foi aprovado por comitê

de ética em 12 de setembro de 2023, com o número. 68470423.7.0000.0056, com prazo de 10 anos para sua operacionalização.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Baseado em método qualitativo o estudo realizou uma pesquisa bibliográfica e documental (GIL, 2008), que teve como início o ano de 2016, quando foi promulgada a lei da primeira infância (BRASIL, 2016), até o ano de 2024, com os indicadores "primeira infância", "educação infantil", "tecnologia assistiva", "criança com deficiência".

A busca pela legislação se deu no portal gov.br, as publicações científicas foram coletadas na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), no portal de periódicos da CAPES. Concomitantemente foi realizada busca ativa por pesquisas nas quais ocorressem a combinação dos indicadores citados.

Para os documentos legais os critérios de análise envolveram: tipo de documento; ano de promulgação; título; vinculação com crianças na primeira infância com deficiência. Por sua vez, a análise das publicações teve como critério: tipo de publicação; ano; instituição; autor (a); título; faixa etária das crianças estudadas; tipo de deficiência; espaço em que o estudo se desenvolveu; tipo de tecnologia assistiva.

3. RESULTADOS

A Legislação recomenda proteção integral ao desenvolvimento da criança em todos os seus contextos, sendo o acesso a TA um direito constituído para a garantia da sua autonomia e independência. Entretanto as publicações científicas apontam que práticas cotidianas para o uso dos produtos, serviços, metodologias voltadas para as necessidades específicas dos meninos e meninas com deficiência ainda são incipientes, restringindo as interações entre as crianças e seus pares.

No que se refere a primeira infância tem-se no marco legal (Brasil, 2016), o dispositivo mais específico para a criança de 0 a 6 anos. Outro documento relevante para a realidade da criança pequena com deficiência foi promulgado em 2024, versando sobre a Política Nacional de Atendimento Educacional Especializado a Crianças de Zero a Três Anos (Atenção Precoce), a qual deve priorizar o "atendimento em programas de visitas domiciliares a crianças da educação infantil apoiadas pela educação especial e a crianças da educação infantil com sinais de alerta para o desenvolvimento, nos termos que especifica" (Brasil, 2024). No campo dos documentos instituídos pelos órgãos de Governança

em parceria com sociedade civil tem-se o Plano Nacional pela Primeira Infância (PNPI), criado em 2010 com prazo até 2020 e atualizado posteriormente em 2020 com validade até 2030 (PNPI) (Brasil, 2020). De forma geral o PNPI traz a criança pequena para o centro, valorizando o seu jeito de ser e estar no mundo, para que ela possa ser o sujeito da sua história. Esta concepção está em consonância com a Lei Brasileira de Inclusão (Brasil, 2015), que também fortalece essa centralidade nos serviços e suportes voltados para a pessoa com deficiência, desde a infância. O estudo panorâmico sobre os documentos legais brasileiros, indicam que o direito da criança pequena com deficiência de usufruir os mesmos espaços sociais que todas as crianças, está assegurado, principalmente quando o recorte são legislações que envolvem o direito a educação, vinculando-as a modalidade educacional da Educação Especial na perspectiva inclusiva. Sobre o direito ao lazer as orientações são mais gerais, focando na acessibilidade dos equipamentos e mobiliários e na acessibilidade para a informação e comunicação.

Aplicados os critérios de análise nas 8 dissertações, 2 teses, e 12 artigos encontrados, no BDTD e plataforma CAPES, constata-se que o lugar recorrente das pesquisas tem sido as unidades escolares da Educação Infantil (EI), nas creches e pré-escolas. Não foram encontrados estudos vinculados aos espaços de lazer. O período das investigações de 90% das pesquisas ocorreu durante ou após a pandemia SARS COVID-19. As interações marcadas pelos cuidados sanitários criaram uma atmosfera impositiva de distanciamento físico, interferindo no desenvolvimento biopsicossocial das crianças, cuja faixa etária é predominantemente marcada pela dependência sensorial e motora. Ocorreu uma interferência direta na construção de práticas cotidianas relacionadas a mobilidade e a comunicação, pois "as interações tendem a ficar mais restritas" (Estevão, 2023) e a mediação para autonomia e independência da criança comprometida. Os adultos antecipavam as suas ações na tentativa de garantir que a criança estivesse protegida, o que impactou na redução das experiências infantis, com interferência negativa na execução das atividades funcionais entre as crianças e delas com o ambiente.

A busca ativa por publicações identificou duas importantes redes de pesquisa sobre o tema, uma internacional vinculada ao projeto LUDI - Play for Children with Disabilities, e outra nacional, a Rede de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva - RPDTA. Trabalhando especificamente com o brincar da criança com deficiência, na Europa, o projeto LUDI desenvolveu uma pesquisa detalhada entre os anos de 2014 e 2018, permitindo a aproximação dos contextos e situações em que as crianças com deficiência costumam brincar. Envolveu 32 países, em uma rede internacional multidisciplinar com mais de 100 pesquisadores, além de profissionais atuantes na área, familiares e crianças com

deficiência, objetivando entender e buscar estratégias para melhorar a realidade do brincar dos meninos e meninas com deficiência (Allodi, Zapaterra, 2019). A RPDTA se constitui por pesquisadores, docentes e discentes de graduação e pós-graduação de cinco universidades, UFPR, UFSC, UTFPR, UNESP-Bauru, UDESC, além de instituições e Pessoas com Deficiência, todos envolvidos no estudo, desenvolvimento e acompanhamento tecnológico do campo da TA (Okimoto et al, 2022) Ressalta-se que dentre as publicações dos pesquisadores foram selecionadas para análise as que englobam a realidade das crianças de 0 a 6 anos de idade.

4. DISCUSSÃO

Encarnação et al (2018) indicam que brincar de forma divertida envolve sentimentos de liberdade e prazer, além de concentração, intensidade, seriedade, permitindo a criança dar vazão a sua necessidade intrínseca de participar do ambiente que a cerca. Entretanto, o brincar com qualidade está diretamente vinculado a perscrutar soluções adequadas, que possam promover a superação das restrições ou limitações advindas da condição funcional da criança tornando acessível o contexto e as vivências sociais que lhe são oferecidas. Dentre estas buscas, está a identificação de produtos assistivos adequados. Sobre esta questão, Encarnação e Jansens (2018) esclarecem que existe uma organização Internacional para Padronização (ISO) 9999 que classifica os produtos assistivos.

A ISO 9999, que teve sua última revisão em 2022 (ISO 9999, 2022), é amplamente usada em todo o mundo para fins de prescrição de produtos assistivos, inclusive aqui no Brasil. É um sistema de classificação que envolve três níveis, as classes, as subclasses e os grupos, vinculados entre si. Por exemplo, a classe mobilidade, tem como uma das subclasses, a cadeira de rodas, que tem com um dos grupos, a cadeira de roda motorizada. Cada tópico da classificação tem um código numérico com seis dígitos, sendo os dois primeiros referentes às classes, os outros dois que seguem subclasses e os dois últimos referem-se aos grupos. É um acervo de cerca de 70.000 produtos à disposição de forma online.

Ao comentar sobre esse potencial de busca, Encarnação e Jansens (2018) sugere que antes da prescrição de qualquer recurso seja realizada uma investigação minuciosa na ISO 9999. Ressaltando que este movimento envolve um trabalho coletivo e multiprofissional, no qual a criança deve ter a centralidade do processo. Eles sugerem uma relação de produtos assistivos a serem considerados quando se busca garantir o brincar com conforto, segurança e funcionalidade da criança com deficiência. Esse rol foi dividido em sete grupos que passam a ser apresentados em diálogo com publicações brasileiras sobre produtos assistivos vinculados a RPDTA.

1. Produtos para o assento e posicionamento. A criança com condições motoras adversas, demanda apoio para que possa controlar de forma mais autônoma possível a sua força muscular, organizando a sua postura e coordenação motora. Encarnação e Jansens (2018), chamam atenção para o tempo em que a criança pode ficar em uma mesma posição para brincar, salientando que é preciso atenção com pode lhe causar dor ou ao contrário, por não ter sensibilidade a dor no local, ulcerar a sua pele, machucando-se. Os autores sugerem que nessas condições seja realizada a busca na ISO 9999 (ISO 9999, 2022) por produtos assistivos para controle postural, ou para a integridade do tecido e para conforto. O que corresponderia aos sistemas de assentos, aos suportes de postura, aos bancos ou cadeiras de propósito específico e seus componentes de suporte, como apoios de cabeça, braço, quadril ou perna. Na realidade brasileira, Catecati et al (2022) apresenta um projeto de Parapodium de baixo custo para crianças com doenças neuromusculares. Trata-se de um equipamento que se estende da região torácica até os pés, gerando apoio ao tronco e aos membros inferiores, permitindo a criança ficar na posição ereta e usar livremente as mãos para atividades lúdicas.

2. Produtos assistivos para mobilidade. Brincar muitas vezes envolve movimentar-se pelo espaço. A criança com dificuldade neste aspecto pode se beneficiar de produtos, que na IS0 9999 (ISO 9999, 2022) vão aparecer como muleta, andador, cadeira de rodas manual, cadeira de roda motorizada, veículos conduzidos por duas pessoas. Encarnação e Jansens (2018) ponderam que o uso desses recursos no ambiente da brincadeira não deve ser focado no aprender a controlar o equipamento, e sim em conseguir brincar, ou seja, o objetivo funcional é participar da atividade lúdica. No Brasil, Sibila et al (2024), apresentam uma adaptação para um veículo lúdico motorizado para crianças com deficiências. Usaram da impressão 3D e por meio de modelos disponíveis na internet personalizaram dispositivos acionados por switches customizados, foi um trabalho colaborativo entre os usuários e os criadores permitindo o melhoramento do produto e maior eficácia do trabalho.

3. Produtos assistivos para a manipulação. Brincar, quase sempre, envolve manipular brinquedos. A ISO 9999 (2022) apresenta uma série de dispositivos que facilitam a preensão, o alcance ou a sustentação. Indo desde dispositivos de alta tecnologia, como manipuladores robóticos ou prótese, até dispositivos de operação e controle, como botões de pressão ou interruptores que podem permitir a uma criança controlar um brinquedo eletrônico. Sobre favorecer a manipulação dos objetos Silva et al (2024) e Coutinho et al (2024) apresentam órteses que podem facilitar estas atividades, destacando-se na segunda produção a precocidade do uso do produto, feito para bebês com menos de seis

meses, demonstrando o quanto o uso precoce da TA pode favorecer a evolução do desenvolvimento da criança, com "aquisição funcional do membro superior na coordenação olho-mão e no controle motor corporal (p 271)". Poier et al (2022) também apresentam vários dispositivos criados para manipulação de objetos, utilizando a impressão 3D, destacando-se o caso de uma criança de dois anos com agenesia em ambas as mãos, que pode usar com esse apoio, lápis, pincel, giz e colher, com a personalização de cores e resistência necessárias para o uso com segurança em atividades lúdicas.

4. Produtos assistivos para a comunicação. Como brincar pressupõe interagir e consequentemente se comunicar, às crianças com comprometimentos de fala podem ter um importante entrave para realizar brincadeira. Encarnação e Jansens (2018), sugerem que crianças com necessidades complexas de comunicação podem precisar de dispositivos de geração de fala, de saída de voz, que podem ser acionado a partir de informações escritas ou selecionando-se uma opção apropriada com ícones, por exemplo, em software de comunicação aumentativa e alternativa (CAA). Os autores salientam que existem sistemas compatíveis na ISO 9999(2022) com Ipads e Smartfones, sugerindo pela praticidade e rapidez com que são atualizados, que se escolha sempre que possível, esse tipo de recurso, desde que a criança tenha coordenação motora fina para manipular o equipamento. Avaliam ainda que escrever pode ser demorado, por isso dispositivos que permitem a saída de fala gravada ajudam na interação mais eficaz durante a brincadeira, sendo importante atenção ao vocabulário apropriado. Ainda tratando de comunicação é salientada a importância do texto conter opções de linguagens como braile, ou símbolos pictóricos, ou a Língua de Sinais. Scussel et al (2024), apresentam uma revisão bibliográfica sobre CAA na Educação Infantil, ratificando que a criação de um bom vocabulário com a modelação das palavras essenciais, combinada a presença de bons parceiros de comunicação, além de um processo contínuo de avaliação para o acompanhamento da ação, pode promover um ambiente de apoio e estímulo para o desenvolvimento da comunicação das crianças com TEA na educação infantil.

5. Produtos assistivos para acessar o computador ou tablete. Existem diferentes dispositivos de entrada que permitem o acesso direto aos equipamentos e que podem ser acionados quando a pessoa tem preservada, mesmo que parcialmente, a sua coordenação motora fina. Segundo Encarnação e Jansens (2018), na ISO 9999 (2022) é possível encontrar uma variedade de teclados, mouses, sistemas de rastreamento ocular ou ponteiros de cabeça. Entretanto, a criança pode ter dificuldade para usar estes dispositivos, nesses casos existem acionadores de seleção indireta, com interruptores mecânicos, eletromagnéticos, de controle elétrico, de proximidade, dentre outros.

6. Produtos assistivos para ver e ouvir. Para a criança com resíduo visual tem-se na ISO 9999(2022) variadas possibilidades de ampliar as imagens com as lentes, ou ainda dispositivos que podem exibir uma imagem capturada por uma câmera de vídeo e ampliá-las. Já para as crianças cegas têm-se as telas táteis de computador, ou os leitores de tela. No caso das crianças com deficiência auditiva tem-se os dispositivos para concentrar, amplificar e modular o som. Encarnação e Jansens (2018), indicam que para crianças com dificuldades sensoriais, os softwares de voz para texto ou indicadores sonoros, ambos encontrados na ISO 9999, podem também facilitar a interação.

7. Produtos assistivos para entender a situação de jogo. Encarnação e Jansens (2018) dizem que existem produtos assistivos na lista da ISO 9999 (2022) que podem apoiar as crianças com dificuldades para compreender o funcionamento da brincadeira. Produtos que podem ajudar a controlar o tempo, a marcar e identificar materiais, a deixar claros significados diferentes de um objeto, ou para facilitar a comunicação face a face. Encarnação e Jansens (2018), também sugerem que nestas situações a CAA pode ser usada, com o objetivo de facilitar o entendimento das instruções. Recomendam o uso do fone de ouvido como um produto assistivo nas situações de sobrecarga de estímulos. Ferrandi et al (2023), apresentam um recurso de suporte visual para um estudante com TEA na Educação Infantil, organizado como dois quadros de rotina, os quais usados em parceria com o professor, impactaram positivamente na construção da rotina da criança no espaço escolar, proporcionando situações de troca entre ela e seus pares, com o uso coletivo do recurso por toda a turma de Educação Infantil.

Além dos produtos assistivos que apoiam a atividade do brincar, outro aspecto importante a se considerar são os brinquedos em si. Ray-Kaeser et. Al (2019), ressaltam que para facilitar o uso do brinquedo pela criança com deficiência alguns aspectos precisam ser considerados, como por exemplo, a estrutura geral e as peças do brinquedo, que precisam ter formas flexíveis e ajustáveis, com dimensões e pesos diferentes. Os brinquedos precisam ser estáveis, grandes, leves, de forma a serem segurados de diferentes maneiras. Precisam ser fáceis de usar, simples, sem muitos passos para começarem a ser usados, permitindo que crianças com diferentes habilidades se interessem em explorá-los. Devem ser utilizados em diferentes posições ou desmontados para se ajustarem a posição da criança, e serem laváveis. Os brinquedos devem permitir experiências multissensoriais e multimodais, com efeitos sensoriais diferentes, como som, luz, imagem, movimento, vibrações, cheiros, texturas, cores. Porém, esses recursos precisam ser ajustáveis quanto ao volume do som e nível de dificuldade para serem usados pelas crianças. É importante que mensagens em diferentes formatos de comunicação estejam presentes. Os componentes do brinquedo

e do jogo, os botões, interruptores, conectores precisam se destacar para ser facilmente conectado, pressionado, encaixado, ligado.

De maneira geral os estudos reconhecem a necessária troca de saberes entre diferentes campos do conhecimento científico e profissional para a operacionalização com qualidade dos produtos de TA. Nesta direção Galvão Filho (2024, p 344) salienta a importância de "investimentos na estruturação de novas formações sólidas e aprofundadas na área da Tecnologia Assistiva e Acessibilidade", isso porque a ausência de recursos humanos com capacitação para prescrever e usar de forma adequada os produtos assistivos existentes e disponibilizados pelas políticas públicas, pode impactar negativamente no processo de inserção da TA no cotidiano das pessoas com deficiência.

5. CONCLUSÕES

As respostas para a complexidade do desenvolvimento, apropriação, uso e acompanhamento dos produtos assistivos para e por crianças é perpassada pela criação e sustentação de ações em rede, que envolvam pesquisadores, profissionais, familiares e a própria criança.

Essas redes precisam ser fomentadas por políticas públicas que focalizem no cumprimento da legislação já existente no Brasil. Urge ações factuais e concretas que cumpram os direitos preconizados. Que garantam o desenvolvimento pleno e integral da criança pequena, vinculando-os ao acesso à Tecnologia Assistiva que lhe for necessária

O conhecimento científico sobre Tecnologia Assistiva está posto, precisa ser popularizado, sair das Universidades e percorrer os contextos nos quais as crianças e suas famílias vivem e para isso é fundamental investir em uma formação que alinhe a prática e a teoria, para além dos muros da academia. Priorizando a construção de novos caminhos profissionais, com práticas interdisciplinares e contextualizadas, que tragam para o centro a criança com deficiência, que pode e quer brincar com qualidade, conforto e segurança.

REFERÊNCIAS

Allodi M. W., & Zappaterra T Users' Needs Report on Play for Children with Disabilities Parents' and children's views. Gruyter Poland Ltd, Warsaw/Berlin Part of Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston. 2019 Disponível em: https://sciendo.com/book/9783110537482.

BRASIL, Lei nº 13.257, de 8 de março de 2016. 2016 Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13257.htm. Acesso:20 de agosto de 2023

BRASIL, Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. 2015 Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm

BRASIL, Plano Nacional pela Primeira Infância 2010 - 2022 | 2020 – 2030. 2020 Disponível em: https://primeirainfancia.org.br/wp-content/uploads/2020/10/PNPI.pdf

BRASIL Lei nº 14.880, de 4 de junho de 2024. 2024 Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l14880.htm

Catecati T., Moraes G. G., Bortolan G. M. Z., Papst, M.C., Pera, J. H. P., Croce, T. I., Mager G.B., & Ferreira M.G.G. (2022). Desenvolvimento de dispositivo parapódium com base no processo open hardware In: Okimoto M. L. R., Foggiatto J.A., Paschoarelli L.C.,Medola F.O., Merino E.D., Ferreira M.G.G., & Diaz G.S.A. Rede de pesquisa e desenvolvimento em tecnologia assistiva 1.ed. – Bauru, SP : Canal 6 .2022. Disponível em: https://canal6.com.br/livros_loja/Rede_de_Pesquisa.pdf

Coutinho G. C., Sime M. M., & Bastos D. I. S. (2024) O uso de órteses em crianças com paralisia neonatal do plexo braquial nos primeiros seis meses de vida In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva 4, 2023, Florianópolis. Anais. Florianópolis Editora Udesc, 2024. Disponível em: https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/0000c0/0000c08e.pdf

Encarnação P., Ray-Kaeser S., Bianquin N. Guidelines for supporting children with disabilities' play: methodologies, tools, and contexts. 2018 Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Sylvie-Ray-Kaeser/publication/325735479_Guidelines_for_supporting_children_with_disabilities'_play_Methodologies_tools_and_contexts/links/5b27b2dfaca2721ae7f8f47a/Guidelines-for-supporting-children-with-disabilities-play-Methodologies-tools-and-contexts.pdf.

Encarnação P., Jansens R. What Assistive Technologies exist to enable participation in play? In: Encarnação P., Ray-Kaeser S.,& Bianquin N. Guidelines for supporting children with disabilities' play: methodologies, tools, and contexts. 2018 Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Sylvie-Ray-Kaeser/publication/325735479_Guidelines_for_supporting_children_with_disabilities'_play_Methodologies_tools_and_contexts/links/5b27b2dfaca2721ae7f8f47a/Guidelines-for-supporting-children-with-disabilities-play-Methodologies-tools-and-contexts.pdf.

ESTEVÃO R. A. Práticas de mediação do texto literário: contribuições para o processo de inclusão de uma criança com baixa visão numa EMEI Dissertação -- (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação. 2023 Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/58440.

Ferrandi, D., Souza, F., Rodrigues, J., Bernardino, M., Gonçalves, A. G., Pedro, K. M., & Lourenço, G. F. (2024) Desenvolvimento de recurso para estruturação da rotina escolar para estudante com Transtorno do Espectro do Autismo na Educação Infantil. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva 4, 2023, Florianópolis. Anais. Florianópolis Editora Udesc, 2024. Disponível em: https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/0000c0/0000c08e.pdf.

Galvão Filho, T. A. (2024) Tecnologia Assistiva: um itinerário da construção da área no Brasil Curitiba,CRV Global Report On Assistive Technology.(2022) Geneva: World Health Organization and the United Nations Children's Fund (UNICEF). Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789240049451 GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2008

Iso 9999 classification: International Standards Organization. (2022). ISO 9999:2022 In: Assistive products for persons with disability — Classification and terminology. Geneva, Switzerland: ISO. https://www.iso.org/standard/72464.html#lifecycle.

Okimoto M. L. R., Foggiatto J.A., Paschoarelli L.C.,Medola F.O., Merino E.D., Ferreira M.G.G., & Diaz G.S.A. Rede de pesquisa e desenvolvimento em tecnologia assistiva 1.ed. – Bauru, SP : Canal 6. 2022 Disponível em: https://canal6.com.br/livros_loja/Rede_de_Pesquisa.pdf.

Poier, P. H., Arce, R. P., Dourado, J.V. L.S., & Foggiatto, J. A. (2022) Dispositivos auxiliares para vida independente personalizados e produzidos por manufatura aditiva In: Okimoto M. L. R., Foggiatto J.A., Paschoarelli L.C.,Medola F.O., Merino E.D., Ferreira M.G.G., & Diaz G.S.A. (2022) Rede de pesquisa e desenvolvimento em tecnologia assistiva 1.ed. – Bauru, SP : Canal 6 2022. Disponível em: https://canal6.com.br/livros_loja/Rede_de_Pesquisa.pdf.

Ray-Kaeser, S., Perino O., Costa M., Schneider, E., Kindler V., & Bonarin A. Which toys and games are appropriatefor our children? In: Encarnação P., Ray-Kaeser S.,& Bianquin N. Guidelines for supporting children with disabilities' play: methodologies, tools, and contexts. 2018 https://www.researchgate.net/profile/Sylvie-Ray-Kaeser/publication/325735479_Guidelines_for_supporting_children_with_disabilities'_play_Methodolo gies_tools_and_contexts/links/5b27b2dfaca2721ae7f8f47a/Guidelines-for-supporting-children-with-disabilities-play-Methodologies-tools-and-contexts.pdf.

Scussel M.R., LOPES, R.; SILVA, P,de O., MONTE BLANCO, S. F.M.,& DOMENECH, S. C. (2024) Instrução a parceiros de Comunicação, por meio da modelação de palavras na educação infantil para crianças com TEA In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva 4, 2023, Florianópolis. Anais. Florianópolis Editora Udesc, 2024. Disponível em: https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/0000c0/0000c08e.pdf

Sibila E., Tahara D. Y., Martinez R., Agnelli L., Santos, M. M., Lourenço G., Fontes A. R. M., Luvizoto R., & Braatz D. Adaptação de um acionador para veículo motorizado infantil no contexto da tecnologia assistiva: desenvolvimento conceitual e prototipagem. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva 4, 2023, Florianópolis. Anais. Florianópolis Editora Udesc, 2024. Disponível em: https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/0000c0/0000c08e.pdf

Silva, A. L. S. da S., Baleotti, L. R., Medola, F. O., Pichler, R. F., Vasconcelos A.B., & Zucco, B.dos S. Desenvolvimento de órtese em Impressão 3D: abordagem colaborativa entre Terapia Ocupacional e Design In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva 4, 2023, Florianópolis. Anais. Florianópolis Editora Udesc, 2024. Disponível em: https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/0000c0/0000c08e.pdf

Exposição Acessível Cotidianizar: as diferentes formas de olhar

Batista, Mariane de Jesus*[1]; Reis, Lucas Santos[2]; Santos, Luciano Oliveira[3]; Coelho, Aides Oliveira[4]; Gomes, Luciene[5]

1 – Mestranda em Educação Científica, Inclusão e Diversidade, UFRB, marianebatista@aluno.ufrb.edu.br

2 – Brasilista, UFRB, lucasreis@ufrb.edu.br

3 – Bacharelando em Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade, UFRB, luciano.oliveira@aluno.ufrb.edu.br

4 – Bacharelando em Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade, UFRB, aidescoelho@aluno.ufrb.edu.br

5 – Professora Ajunta, UFRB, lucienegomes@ufrb.edu.br

* -Correspondência: Rua Rubens Francisco Dias, casa 94, condomínio Aquarela ville, papagaio, Feira de Santana, Bahia, Brasil, 44059-370.

DOI 10.52050/9788579177163-08

RESUMO

O direito ao lazer e à cultura é garantido por lei, mas pessoas com deficiência ainda enfrentam escassez de acesso a atividades culturais no Brasil. Este artigo objetiva apresentar a experiência de gerir um projeto acessível de exposição digital usando Tecnologia Assistiva (TA). A metodologia foi pesquisa-ação, identificando formatos existentes, selecionando obras, desenvolvendo e aplicando recursos de TA, e realizando a exposição. Resultados incluem a exposição "Cotidianizar" com maquetes táteis, legendas em braille, audiodescrição/LIBRAS via QR Codes e braille 3D. A experiência mostra a viabilidade de projetos acessíveis com poucos recursos e a necessidade de mais cultura inclusiva com TA.

Palavras-chave: lazer acessível, cultura acessível, tecnologia assistiva.

ABSTRACT

Although leisure and cultural access is legally guaranteed, people with disabilities in Brazil still face scarce opportunities. This article presents the experience of managing an accessible digital exhibition project using Assistive Technology (AT). The methodology involved action research: identifying formats, selecting works, developing/applying AT resources, and holding the exhibition. Results feature the "Cotidianizar" exhibition with tactile models, braille captions, audiodescription/ LIBRAS via QR Codes, and 3D braille items. The experience demonstrates accessible

project feasibility with limited resources and the need for more inclusive culture via AT.
Keywords: *accessible leisure, accessible culture, assistive technology.*

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Dumazedier (1979), o lazer se define como:

> " [...]o conjunto de ocupações, às quais o indivíduo pode entregar-se de livre vontade, seja para repousar, seja para divertir-se e entreter-se ou ainda para desenvolver sua informação ou formação desinteressada, sua participação social voluntária ou sua livre capacidade criadora após livrar-se ou desembaraçar-se das obrigações profissionais, familiares e sociais. (Dumazedier 1979, p. 12 apud Silva et all. 2011, p. 16)"

Para o autor, o lazer se caracteriza pela sua natureza emancipadora, sendo uma busca pelo prazer e pelo divertimento, além de favorecer o desenvolvimento pessoal e social, o que ocorre quando o indivíduo se liberta das responsabilidades cotidianas e encontra tempo para essas vivências. Marcellino (2007) complementa a discussão sobre o lazer ao destacar que a sociedade capitalista entende o lazer como um momento de consumo, refletindo a mercantilização das práticas culturais e de lazer. Essa perspectiva limita o potencial do lazer como espaço de liberdade e desenvolvimento pessoal, reduzindo-o a uma atividade voltada para o consumo e entretenimento. Para que o lazer cumpra seu papel transformador, é necessário repensar essa visão e promover práticas que valorizem a autonomia e a participação ativa dos indivíduos.

O direito ao lazer é garantido a todas as pessoas, independentemente de sua deficiência ou necessidade específica. Embora no Brasil, a Constituição Federal de 1988 considere no Artigo 215 que o Estado deve garantir "o pleno exercício dos direitos culturais e acesso às fontes da cultura nacional" (BRASIL, 1988), sabe-se que no país nem todas as pessoas conseguem participar de atividades relacionadas a ela, como aponta o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) através da pesquisa sobre o Sistema de Informações e Indicadores Culturais (SIIC) 2011-2022, onde entre outros dados, foi mostrado que 31,4% da população vivem em cidades sem museus, em 30,6% não há teatro e em 42,5%, não existem salas de cinema (BRASIL, 2023). Para além desses dados, grupos minoritários como pessoas com deficiência e neurodivergentes, seguem à margem, com acessos ainda escassos em diferentes sentidos, mesmo com os direcionamentos legais.

A Lei Brasileira de Inclusão (Lei 13.146) traz em seus artigos do 42 ao 45 diversos direitos e garantias para a pessoa com deficiência a bens culturais em formato acessível; a programas de televisão, cinema, teatro e outras atividades culturais e desportivas em formato acessível; e a monumentos e locais de importância cultural e a espaços que ofereçam serviços ou eventos culturais e esportivos (BRASIL, 2015).

Em se tratando especificamente de cultura e lazer, a Lei Federal de Incentivo à Cultura, Lei nº 8.313/1991, também conhecida como Lei Rouanet, traz previsão de acessibilidade cultural, baseada na LBI (Lei nº 13.146) e a Lei Paulo Gustavo (LPG) que, surgiu no período da pandemia de Covid-19, para amenizar os impactos financeiros no setor cultural provocados pela medida do isolamento social, adotada como medida sanitária contra o vírus. A lei também estabelece medidas para garantir acessibilidade nos projetos financiados. A acessibilidade cultural não se limita ao acesso físico e à comunicação, mas também à experiência sensorial e estética, garantindo que as pessoas com deficiência possam fruir e se envolver com a cultura de forma plena (BRASIL, 2023).

A definição de deficiência é um conceito baseado na interação entre o indivíduo e o ambiente em que as barreiras físicas, sociais e atitudinais podem dificultar a participação plena e efetiva, destacando a importância da eliminação das barreiras para a inclusão social. Essa definição é baseada no modelo biomédico estabelecido na LBI (2015), e por isso entende-se que o poder público deve promover a participação da pessoa com deficiência em atividades artísticas, intelectuais, culturais, esportivas e recreativas, assegurando que os espaços públicos e privados irão garantir a acessibilidade plena.

Para contribuir com a efetivação da acessibilidade, a área de conhecimento da Tecnologia Assistiva (TA) possui a caraterística interdisciplinar que visa buscar produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que melhoram as oportunidades de participação e a qualidade de vida de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida (GALVÃO FILHO et al., 2009, p. 09).

Uma das sete dimensões de acessibilidade afetadas no âmbito do lazer e cultura, é a acessibilidade comunicacional, que se refere à garantia de que toda a diversidade de pessoas possa se comunicar de forma eficaz e precisa. Ela visa eliminar barreiras na comunicação, tornando os ambientes e conteúdos mais acessíveis e inclusivos, devendo ser utilizada de forma a atender a legislação. Entre os recursos de TA que contribuem para a acessibilidade comunicacional estão a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS), Audiodescrição, Legenda, Linguagem simples; material em Braille; Software leitor de tela; Software ampliador de tela.

Durante a graduação, os estudantes do curso de Engenharia de Tecnologia Assistiva e Acessibilidade (ETAA), são expostos a vivenciar experiências com situações reais para exercícios de suas funções como engenheiros e engenheiras que irão desenvolver recursos e serviços para PCD. Para contribuir com essas vivências, no componente curricular "Elaboração e Gestão de Projetos de Acessibilidade" as/os discentes do curso propuseram uma exposição acessível como trabalho final da disciplina. Juntamente com a docente e com o apoio da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no Centro de Ciências e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade no Campus de feira de Santana , a equipe foi desafiada a colocar em prática os conhecimentos adquiridos durante o curso para elaborarem e gerenciarem o processo e finalização de um projeto de acessibilidade para uma exposição de desenhos digitais em formato físico, utilizando os recursos necessários ligados a Tecnologia Assistiva para garantir a acessibilidade das pessoas com deficiência e neurodivergentes, entendendo que os recursos podem auxiliar outras pessoas com diferentes necessidades.

Diante do exposto, esse artigo tem como objetivo apresentar a experiência de uma gestão de um projeto de acessibilidade para uma exposição de desenhos digitais em formato físico, utilizando os recursos de tecnologia assistiva necessários para garantir a acessibilidade às pessoas com deficiência.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este relato de experiência tem como base a metodologia tipo pesquisa-ação que é uma metodologia flexível que pode ser adaptada para diversos contextos e objetivos, dependendo das necessidades da investigação. Para se alinhar ao objetivo dessa exposição a pesquisa-ação Técnica busca aplicar práticas e soluções já existentes, adaptando-as para contextos específicos, a qual se alinha diretamente com a experiência vivenciada (TRIPP, 2005, p. 457).

O processo metodológico foi realizado nas seguintes etapas: A primeira etapa foi realizada uma pesquisa para identificar as formas existentes de exposição acessível de obras de arte e os recursos de tecnologia assistiva que poderiam ser utilizados nesse processo; A segunda etapa foi a escolha dos desenhos digitais, gentilmente cedidas pela artista. Na terceira etapa buscou-se identificar quais recursos de TA seriam utilizados para tornar acessíveis os desenhos digitais selecionados e indicar o gerenciamento da exposição; A quarta etapa demandou o planejamento das fases de confecção da exposição, alinhado à seleção de materiais, serviços e máquinas necessárias para produção dos recursos de acessibilidade. E na quinta etapa consistiu na realização da exposição "Cotidianizar: As diferentes formas de olhar" utilizando recursos de TA e promovendo a participação da comunidade externa e universitária.

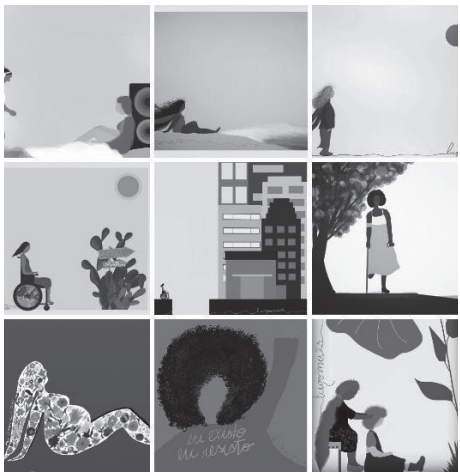
3. RESULTADOS

Na primeira etapa foram encontradas algumas formas de exposição de arte acessível. A pesquisa foi realizada de maneira assistemática no google, com objetivo de mapear como ocorrem as manifestações culturais acessíveis, que possibilitam o acesso de pessoas com deficiência, em conformidade com os princípios de acessibilidade previstos na LBI (2015). Como resultado algumas exposições acessíveis e que marcam a história da acessibilidade na arte, foram elas: "Presença a Ausência", uma exposição virtual acessível que aconteceu em 2021, reuniu obras de 22 artistas e disponibilizou recursos como audiodescrição, LIBRAS, legendas, tradução simultânea, navegação por teclado e leitura de tela; A exposição "Sentir pra Ver" acontece em São Paulo desde 2012 com obras em relevo tátil, braille, recursos sonoros e texturas, mediação com educadores com práticas inclusivas e a VOMA – *Virtual Online Museum of Art* (Internacional) lançada em 2020 que conta com visitar exposições com navegação assistida e usa leitores de tela e teclado para navegar.

Os recursos de tecnologia assistiva identificados nestas pesquisas foram principalmente a audiodescrição em museus e obras de artes visuais, bem como a utilização de maquetes para serem tateadas, muitas confeccionados com tecnologia digital do tipo manufatura aditiva (impressão 3D). Outro recurso utilizado, foram vídeos com interpretação da Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) e legendas para acesso comunicacional.

Após esse conhecimento dos recursos e das formas de acessibilidade que poderiam ser utilizadas na realização de uma exposição, os discentes seguiram para a próxima etapa da seleção dos desenhos digitais. Todos os desenhos digitais são autorais e refletem o público feminino em diversas situações e fases da vida, e alguns desenhos são também autobiográficos. Diante dos 212 desenhos digitais disponibilizados gratuitamente em seu *instagram*, os critérios de seleção foram: facilidade em tornar acessível as imagens de forma tátil e uma quantidade de desenhos que pudesse ser adaptada no curto tempo para confecção de toda exposição. Na imagem abaixo segue as 9 imagens selecionadas.

Figura 01 - Seleção das imagens para exposição



Com os desenhos digitais selecionados, os discentes iniciaram o processo criativo de como utilizar os recursos de tecnologia assistiva que eles conheciam para realizar a exposição de uma forma mais acessível. Os recursos que existem na UFRB são as impressoras 3D, máquinas de corte a laser e diversos materiais de artesanato, considerando também o baixo custo e que poderiam colaborar com a exposição.

Em paralelo a essa organização, a UFRB disponibilizou um processo seletivo para apoio a eventos acadêmicos dentro da universidade. No primeiro momento era a oportunidade de adquirir recursos financeiros para melhorar a qualidade do material da exposição, porém o edital apenas disponibilizou apoio financeiro para hospedagem de convidados externos e material de escritório. Apesar de todo processo seletivo com êxito na aprovação do edital, os discentes não utilizaram o recurso disponibilizado, visto que não iria agregar no plano de confecção dos desenhos digitais acessíveis.

Seguindo para a próxima etapa, os discentes realizaram o planejamento de execução da exposição com os recursos que tinham até o momento: impressoras 3D, máquinas de corte a laser e materiais de artesanato. A primeira ideia que surgiu para a apresentação das pinturas, seria no estilo "lambe lambe", uma forma de arte urbana que consiste em cartazes colados em espaços públicos, como muros, postes e viadutos, utilizando papel e cola que se originou no final do século XIX, evoluiu para uma expressão artística autônoma.

Alguns autores trazem a prática do lambe-lambe como expressão artística que ganha uma capacidade imensa quando símbolos e imagens são ressignificados poeticamente. Segundo Fuão (2011), o pensar criativo através da montagem produz conhecimento, revelando o potencial crítico e educativo

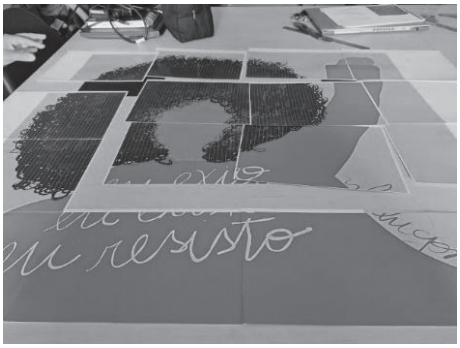
da colagem como linguagem visual. Já Vecchi (2017) destaca a importância do lambe-lambe como uma técnica artística que permite a expressão criativa de forma acessível e democrática. Essa prática, ao ocupar espaços urbanos com cartazes colados, promove a democratização da arte, tornando-a acessível a um público amplo e diversificado. Ainda enfatiza que o lambe-lambe é uma forma de arte que, ao mesmo tempo, é efêmera e impactante, capaz de transformar o espaço público e provocar reflexões naqueles que interagem com ele.

Figura 02 - Exemplo de estilo "lambe lambe"



Apesar da técnica "lambe-lambe" combinar com o estilo da artista, foi observado que ela não seria factível de ser efetivada, visto que uma das formas prevista de recursos de acessibilidade seriam as maquetes dos desenhos digitais, e com isso, foi decidido que as pinturas iriam ser impressas em diversos pedaços em tamanho A4 em papel fotográfico, para que fossem montadas de modo a alcançar o tamanho desejado, e mesmo com um custo baixo, havia uma expectativa para que pudessem causar um impacto visual para videntes como mostra a figura a seguir:

Figura 03 - Montagem do desenho



As imagens tiveram tamanhos diferentes e foram realizadas as colagens de suas partes, utilizando como base, lonas de trabalhos de pôsteres de

apresentação já não mais utilizadas pelos discentes da universidade, fixadas com grampos para melhor fixação dos desenhos nas molduras, que foram doadas.

Figura 04 - Colagem do desenho.

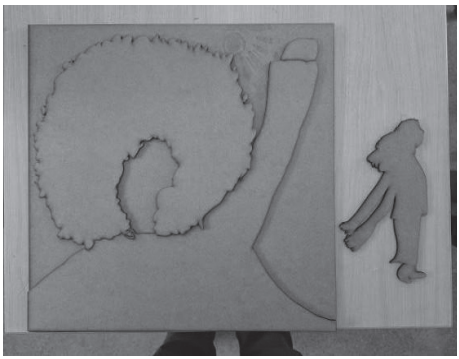


Com o apoio da máquina de corte a laser Visutec VS1390-SMART-130W foram realizadas as decorações em formato de flor para serem utilizadas nas molduras, a fim de melhorar a sua estética. Outro trabalho gerado pela máquina, que agregou a exposição foi o desenvolvimento das maquetes táteis, como recurso de tecnologia assistiva para pessoas com deficiência visual. Com elas, as pessoas com DV, podiam ter acesso aos desenhos expostos, juntamente com as legendas e audiodescrição que serão discutidos mais à frente.

Figura 05 - Colagem da moldura.



Figura 06 - Montagem da maquete tátil em MDF



As maquetes táteis foram projetadas no software CorelDrawn, por meio do processo de vetorização que é a conversão de imagens bitmap para vetores. A vetorização de uma imagem bitmap é o processo de transformar uma imagem feita de pixels — como uma foto ou um desenho escaneado — em uma imagem formada por formas vetoriais, ou seja, composta por linhas, curvas e cores baseadas em fórmulas matemáticas. Essa conversão permite que a imagem resultante possa ser redimensionada livremente, sem perder qualidade

Esse processo pode ser feito manualmente, desenhando por cima da imagem original com ferramentas de vetor, ou de forma automática, usando softwares que identificam os contornos e cores da imagem bitmap e os convertem em formas vetoriais. No entanto, a qualidade da vetorização automática depende muito da complexidade da imagem original. Imagens simples, com poucos detalhes e cores sólidas, costumam ser vetorizadas com bons resultados. Já imagens mais complexas, como fotografias ou ilustrações com muitos degradês e texturas, podem ter resultados menos precisos ou exigir ajustes manuais depois da conversão.

No caso dos desenhos da exposição, foi utilizada a técnica da vetorização automática e alguns retoques foram feitos manualmente para que o resultado fosse o mais fiel possível ao original. Os desenhos foram idealizados de forma que ficassem sobrepostos para dar ideia de profundidade, facilitando a compreensão das pessoas com perda visual que iriam utilizar o recurso durante a exposição. Com isso os arquivos foram convertidos em formato DXF e importados em outro software "Autolaser" para a realização dos cortes em MDF (*Medium Density Fiberboard*", que em português é traduzido como "painel de fibra de densidade média")

A seguir, os cortes foram montados sobre uma base de MDF e com a utilização dos materiais de artesanato presentes no Laboratório de Tecnologia Assistiva e Acessibilidade da UFRB, foi possível aplicar diferentes texturas para

melhor compressão e toque das pessoas com perda visual. Entre essas texturas estavam materiais de baixo custo financeiro como: tecidos, couro, algodão, massa de modelar, emborrachados (EVA), cordão e lã, tintas de diferentes cores, areia mágica, lixa, grama artificial, flores artificiais, "pom-pom" e cola quente para fixar esses materiais.

Figura 07 - Desenho original ao lado da maquete tátil.



Outro recurso de TA foram as legendas que iram ser colocadas à disposição dos visitantes da exposição. A legenda em braille foi desenvolvida pelo servidor técnico braillista da UFRB junto com a equipe da exposição que inseriu na impressão em braille os tecidos correspondentes a cada parte da maquete tátil, a fim de que a pessoa com deficiência visual tenha entendimento completo dos desenhos.

A audiodescrição também foi realizada em trabalho em conjunto com a equipe gestora e o braillista, destacando a presença do estudante com perda visual do tipo cegueira que validou a audiodescrição para os desenhos. A voz utilizada foi da própria artista que enriqueceu a narrativa da audiodescrição. Para a disponibilização desses recursos, os áudios foram depositados num repositório online (google drive) e direcionados para um link no formado de QrCode que foram apresentados através de cubos impressos em impressora 3D. Os cubos foram nomeados de "cubos acessíveis" visto que todas as faces foram adesivadas com o mesmo QRCODE, de modo que quando a pessoa com deficiência visual tivesse acesso aos cubos, eles não teriam dificuldade em identificar em qual face estava o QR CODE para ser acesso por seu aparelho de celular.

Figura 08 - Cubos acessíveis



Além disso, a mesma estratégia foi utilizada para o acesso aos conteúdos em áudio para a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS), sua tradução foi realizada pelas intérpretes de LIBRAS do Núcleo de Políticas de Inclusão da UFRB em formato de vídeo, que também foram inseridos no Google Drive e disponibilizados em outro cubo acessível. Com isso existiam dois cubos: um para a audiodescrição e outro com o conteúdo da audiodescrição em LIBRAS.

Figura 09 - Apresentação dos recursos acessíveis: maquete tátil, legenda e cubos acessíveis



O conteúdo da audiodescrição também foi disponibilizado em fonte aumentada tamanho 36 em fonte arial, para as pessoas com perda visual do tipo baixa visão, que solicitarem a leitura dos conteúdos. Caso a fonte não fosse ideal para a especificidade do usuário naquele momento, existem outros recursos para apoiar o acesso ao conteúdo. Além dos cubos acessíveis, era possível a impressão em fonte de tamanhos diferentes ou até mesmo o uso de lupas eletrônicas fixas e portáteis presentes na instituição de ensino na qual a exposição foi realizada.

Para garantir ainda mais acessibilidade na exposição, foi utilizado o recurso de manufatura aditiva para a impressão das palavras que estão presentes nos desenhos. Com isso o braillista da UFRB projetou o braille no software Fusion 360 e imprimiu no formato próximo aos desenhos originais para não perder a fidedignidade das obras de arte. Todas as impressões foram realizadas no Laboratório de Prototipagem Rápida e Desenvolvimento de Produtos (LabMaker) da universidade.

Figura 10 - Usuário tateando a maquete tátil



Durante o processo de desenvolvimento da exposição, foi criado o título que melhor representasse os desenhos da autora. Ela intitulou como "Cotidianizar: as diferentes formas de olhar", por trazer a reflexão de pessoas com deficiência, acessibilidade, mulheres e idosos como público principal de suas artes, diante das suas vivências do cotidiano, a fim de que as pessoas pudessem perceber em outra perspectiva as dificuldades enfrentadas por essa parcela da sociedade.

Figura 11 - Imagem de divulgação da exposição



A primeira edição da exposição aconteceu no auditório Paulo Freire da UFRB nos dias 23 e 24 de setembro de 2024 entre 9h e 15h. Os desenhos foram expostos com o suporte para banner em formato de semicírculo para melhor circulação dos visitantes. Os recursos de acessibilidade: maquetes táteis, cubos acessíveis e legendas foram dispostos em uma mesa com altura de 74 cm do chão até a base, para que as pessoas com deficiência física também pudessem ter acesso

a esses materiais. A equipe gestora também atuou como anfitriões e monitores da exposição.

Figura 12 - Apresentação completa de um dos desenhos na exposição



4. CONCLUSÕES

A primeira edição da Cotidianizar foi concluída com êxito, tornando a exposição o mais acessível possível de acordo com os recursos disponíveis pela instituição e a capacidade técnica da equipe gestora, que se diligenciou através dos seus conhecimentos adquiridos no curso da Engenharia de Tecnologia Assistiva e Acessibilidade, onde comprovou a possibilidade da realização de projeto acessível.

Fica evidente que o sucesso desse tipo de desenvolvimento depende do nível de integração entre os desenvolvedores e participantes da exposição, sendo necessário o acompanhamento por parte da comunidade acadêmica e social. Como também a necessidade de um planejamento para que a exposição fosse exitosa, e a gestão dos recursos limitados diante da realidade local.

Por fim, enfatiza-se que os resultados dessa experiência, reforça a necessidade de mais oportunidades de lazer cultural, utilizando baixas e altas tecnologias assistivas, promovendo a inclusão de pessoas com deficiência, executando seus direitos garantidos por lei e desfrutando dos espaços em equidade com os demais.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Cultura. Estudo do IBGE sobre setor cultural pode orientar políticas do MinC: Os dados são do Sistema de Informações e Indicadores Culturais (SIIC) 2011-2022. Brasília, 2023.

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, 6 julho 2015. Disponível em: https://www.normaslegais.com.br/legislacao/lei-13146-2015.htm. Acesso em: 10 jul. 2021.

BRASIL. Lei Complementar Nº 202 (Lei Paulo Gustavo). Brasília, 15 de dezembro de 2023. Disponível em:https://www.gov.br/secom/pt-br/acesso-a-informacao/comunicabr/lista-de-acoes-e--programas/lei- paulo-gustavo.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm.

FUÃO, Fernando Freitas. A Collage como trajetória amorosa. Porto Alegre: UFRGS Editora, 2011.

GALVÃO Filho, T. et al. *Tecnologia Assistiva.* Brasília: CAT/SEDH/PR, 2009.

MARCELLINO, Nelson Carvalho. *Lazer e Cultura*. Campinas: Alínea, 2007.

SILVA, Débora Alice Machado da *et al*. *A importância da recreação e do lazer.* Brasília: Gráfica e Editora Ideal, 2011. 56 p. ISBN 978-85-89196-36-9. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/128023/CADERNO%20INTERATIVO%204.pdf. Acesso em: 22 jun. 2025.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação E Pesquisa*, *31*(3), 443–466. 2005 VECCHI, Vea. Arte e Criatividade em Reggio Emilia: explorando o papel e a potencialidade do ateliê na educação da primeira infância. São Paulo: Phorte Editora, 2017.

EIXO TEMÁTICO | Esporte, Lazer e Recreação

RELATOS TÉCNICOS

Adaptação para facilitar o lazer

Rosa, Maria Eduarda[*1]; Cury, Marília Malosá[2]; Oliveira, Samuel Biedacha Galvão de[3]; Lajarin, Sérgio Fernando[4]; Silva, Alexssandra Santos[5]; Pereira Jorge, Iranise Moro[6]

1 – Departamento de Terapia Ocupacional, UFPR, eduardarosa@ufpr.br
2 – Departamento de Terapia Ocupacional, UFPR, mariliacury@ufpr.br
3 – Departamento de Engenharia Mecânica, UFPR, samuel.galvao@ufpr.br
4 – Departamento de Engenharia Mecânica, UFPR, espanhol@ufpr.br
5 – Departamento de Terapia Ocupacional, UFPR, aless.ufpr@gmail.com
6 – Departamento de Terapia Ocupacional, UFPR, iranise@ufpr.br
* - Correspondência: Av. Prefeito Lothário Meissner, 632, Bloco Didático II do Setor de Ciências da Saúde, Curitiba, Paraná, Brasil, 80210-170.

DOI 10.52050/9788579177163-09

RESUMO

O incentivo ao lazer pode ser limitado por barreiras motoras vivenciadas por pessoas com deficiência. Baseado em um caso real, uma tecnologia assistiva foi fabricada por manufatura aditiva (Impressão 3D), a fim de viabilizar a retomada da atividade de lazer desejada pelo paciente: fazer churrasco. O dispositivo criado - removível, compacto e transportável - visou o manuseio de grelhas. Os resultados demonstraram melhora ergonômica, praticidade e compatibilidade com diferentes modelos de grelha. A adaptação desenvolvida possibilitou a inclusão ao lazer e reforçou a atuação interdisciplinar em Tecnologias Assistivas.
Palavras-chave: Tecnologia Assistiva, Impressão 3D, Atividades de Lazer.

ABSTRACT

The encouragement of leisure activities can be limited by motor barriers experienced by people with disabilities. Based on a real case, an assistive technology was developed using additive manufacturing (3D printing) to enable the patient to resume a desired leisure activity: barbecuing. The device created — removable, compact, and portable — was designed for handling grill grates. The results demonstrated ergonomic improvement, ease of use, and compatibility with different grill models. The developed adaptation enabled inclusive leisure and reinforced the interdisciplinary approach in Assistive Technology.

***Keywords*:** *Assistive Technology, 3D printing, Leisure Activities.*

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência, também conhecida como Estatuto da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015), a Pessoa com Deficiência (PCD) tem impedimentos a longo prazo em uma ou mais áreas - física, mental, intelectual ou sensorial - e, frente a uma ou mais barreiras, pode ter sua participação na sociedade prejudicada, quando comparado a outras pessoas. Assim, o Estatuto define tecnologia assistiva como recursos e estratégias que objetivam promover a funcionalidade e a participação da PCD ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência e inclusão social (BRASIL, 2015).

A inclusão e a participação em atividades significativas de lazer são elementos centrais na promoção da qualidade de vida (RIBEIRO, 2024). Nesse sentido, a Associação Americana de Terapia Ocupacional (AOTA) aponta o lazer em um de seus domínios como uma ocupação fundamental na vida dos sujeitos (GOMES; RIBEIRO, 2021). Já o sociólogo francês Joffre Dumazedier (2001a) apresenta o lazer como uma diversidade de ocupações para as quais o ser humano se entrega de livre vontade e por diferentes motivos, como repousar, divertir-se, recrear-se e entreter-se. Além desta categorização, o mesmo autor (2001b) cria cinco categorias, de acordo com os interesses culturais do lazer: os interesses (1) físicos; (2) práticos ou manuais; (3) artísticos; (4) intelectuais; (5) sociais - o segundo e o quinto grupo se fazem relevantes para este trabalho, uma vez que tratam sobre o prazer em manipular objetos e materiais e o relacionamento em grupos e a sociabilidade. No contexto brasileiro, o churrasco configura-se como uma prática que transcende a função alimentar. Com muitos simbolismos e significados, esse hábito ultrapassa os limites da gastronomia, assumindo relevância nas esferas cultural, social e identitária. A análise do churrasco permite adentrar um universo de rituais e tradições que expressam, de maneira eloquente, a história e as formas de sociabilidade de um dado lugar, estabelecendo conexões entre práticas ancestrais e as atuais de socialização. Dessa forma, essa prática representa, além de valores simbólicos, um meio para construção de vínculos sociais (CACENOT, 2024).

Atualmente, alguns dos autores deste trabalho participam da disciplina Prática Específica em Terapia Ocupacional, a qual se articula com a Clínica Escola de Terapia Ocupacional (CETO), da Universidade Federal do Paraná (UFPR), que atende às demandas da comunidade externa.

No contexto dessa disciplina, foi encaminhado pela CETO o caso de I.B.L., 36 anos, sexo masculino, que reside com sua família e apresenta comprometimento

das habilidades motoras, cognitivas e sociais decorrentes de um Traumatismo Cranioencefálico (TCE). O paciente tem dificuldades no hemicorpo esquerdo, com padrãoem sinergia flexora de membros superiores e baixa motricidade fina. Durante os atendimentos, manifestou o desejo de retomar uma atividade de lazer significativa para si: fazer churrasco.

Além disso, alguns dos autores também participam do projeto de extensão Engenhar-MEC, da UFPR, que integra alunos de diversos cursos e tem como objetivo o desenvolvimento de tecnologias assistivas de baixo custo.

A partir da articulação entre esse projeto, a disciplina de Prática Específica e a CETO, foi proposto este trabalho, com o objetivo de desenvolver uma estratégia interdisciplinar para viabilizar a retomada da atividade de lazer desejada pelo paciente.

2. DESENVOLVIMENTO

Com base na demanda do caso, foi proposto o desenvolvimento de um suporte perpendicular para cabo de grelha tipo moeda, de modo a facilitar a pega e a manipulação da grelha. O projeto iniciou com a realização de medições do cabo de uma grelha utilizando um paquímetro digital, a fim de obter dados de comprimento e diâmetro, essenciais para a modelagem do projeto.

Na modelagem foram usados princípios de Projeto para Manufatura Aditiva (DFAM, do inglês *Design For Additive Manufacturing*), cujo objetivo principal foi otimizar o projeto de forma a facilitar/viabilizar a fabricação por Manufatura Aditiva, conhecida popularmente por Impressão 3D. Alguns desses princípios consistem em modelar cantos arredondados, otimizar a topologia, tentar eliminar ou reduzir regiões que necessitam de estruturas de suporte na impressão, modelar peças monolíticas ou com reduzidas operações de montagem, entre outras (GIBSON *et al.*, 2015).

O conjunto foi concebido com três peças: uma peça principal, correspondente ao corpo do cabo (figura 1), com as dimensões 127,0 x 182,0 x 70,0 mm, e duas peças auxiliares idênticas (figura 2), com as dimensões 45,0 x 45,0 x 13,5 mm, destinadas a garantir o encaixe no cabo de madeira da grelha. O sistema de encaixe entre as partes foi projetado para garantir estabilidade estrutural e facilidade de montagem manual.

Figura 01 - Peça principal

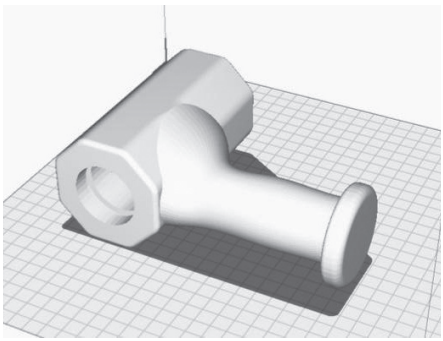
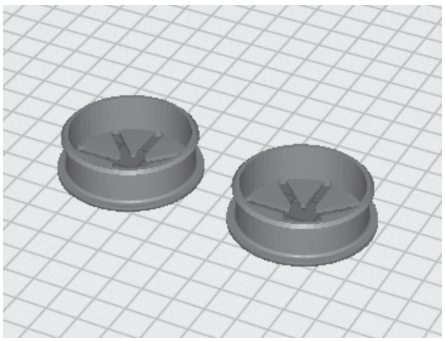


Figura 02 - Peça auxiliar



Para o design das peças de fixação, foi utilizado como referência um modelo de ilhós de silicone já existente (figura 3), o que permitiu criar uma solução flexível e adaptável a grelhas com diferentes diâmetros de cabo. Após a finalização da modelagem, os modelos foram exportados na extensão de arquivo STL (do inglês *Standard Tessellation Language*) e, posteriormente, carregados no programa de planejamento de processo.

Figura 03 - Ilhós de Silicone



A fabricação foi realizada por meio do princípio de extrusão de material, também conhecido como Fabricação por Filamento Fundido (FFF), que consiste em aquecer um material na forma de filamento e depositá-lo seletivamente sobre uma plataforma, camada sobre camada, até a obtenção completa do produto. As peças auxiliares que careciam de uma certa flexibilidade foram fabricadas em filamento flexível de TPU (Termoplástico de Poliuretano) e aquelas que precisavam de maior rigidez mecânica foram fabricadas em filamento de PETG (Polietileno Tereftalato Glicol). Ambos são materiais amplamente disponíveis, de baixo custo e de fácil processamento por manufatura aditiva. Foi utilizada uma impressora 3D CR10 V2 da *Creality*, com volume de impressão de 300

x 300 x 400mm (CxLxA), a qual contém mesa aquecida e estrutura aberta. O planejamento do processo de impressão foi realizado no programa *Open Source Ultimaker Cura* 5.0. Os principais parâmetros de impressão utilizados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 01 - Principais parâmetros do processo na fabricação por MA em TPU e PTEG

Parâmetro	Valores	
	TPU	PTEG
Altura da camada	0,24 mm	0,24 mm
Temperatura de impressão	230ºC	220ºC
Temperatura da 1ª camada	235ºC	225ºC
Temperatura da mesa de impressão	60ºC	80ºC
Velocidade de extrusão na 1ª camada	10 mm/s	30 mm/s
Velocidade de extrusão geral	20 mm/s	60 mm/s
Contornos sólidos na parede	4	5
Camadas sólidas inferior	4	5
Camadas sólidas superior	4	5
% de preenchimento interno	10%	20%
Geometria de preenchimento	Linear cruzado	Linear cruzado
Distância de retração	0	5 mm
Velocidade de retração	0	50 mm/s

3. RESULTADOS

Após a finalização do processo de produção, o dispositivo foi entregue às profissionais de Terapia Ocupacional da Clínica Escola de Terapia Ocupacional (CETO/UFPR) para a etapa de avaliação prática junto ao paciente. Essa fase ocorreu durante o atendimento terapêutico previamente agendado, respeitando o plano de intervenção estabelecido.

Na figura 04, pode-se observar o produto final já encaixado no cabo da grelha, demonstrando sua aplicação prática.

Figura 04 - Produto finalizado



Durante o atendimento, o paciente foi orientado sobre o uso da adaptação e teve a oportunidade de testá-la em condições simuladas do uso real (figura 5). As terapeutas observaram a interação do paciente com o dispositivo, prestando atenção à facilidade de encaixe, conforto durante a preensão, estabilidade do dispositivo e independência no manuseio da grelha. O paciente expressou satisfação e entusiasmo com a possibilidade da retomada dessa atividade de lazer significativa na rotina familiar.

Figura 05 - Simulação do uso real



O uso da manufatura aditiva permitiu a fabricação do produto com geometria complexa, de forma rápida e com baixo custo. Considerando apenas os materiais utilizados, o custo foi de aproximadamente R$20,00, sendo 140g de PETG em

15 horas de impressão e 10g de TPU em 40 minutos de impressão. A resistência mecânica da peça e novas possibilidades de materiais não foram analisados.

4. CONCLUSÕES

O desenvolvimento desta tecnologia assistiva teve como propósito proporcionar autonomia funcional no uso de grelhas de churrasco por pessoas com comprometimento motor em membros superiores, em específico aquelas que possuem padrão em sinergia flexora. Os objetivos foram plenamente alcançados. O dispositivo apresentou resultados positivos em termos de funcionalidade, acessibilidade e ergonomia.

A adaptação tem como principal contribuição a possibilidade de participação em uma atividade de lazer — o ato de fazer churrasco —, viabilizando sua realização em diversos contextos e ambientes. Por ser removível, de pequeno porte e facilmente transportável, a tecnologia assistiva desenvolvida permite que o lazer não esteja restrito ao ambiente doméstico, promovendo inclusão social, fortalecimento de vínculos afetivos e valorização da ocupação como meio de pertencimento e expressão.

Sugere-se, para o aperfeiçoamento do dispositivo desenvolvido, a realização de testes de resistência mecânica em diferentes condições de uso, incluindo variações de temperatura e repetição de esforços.

AGRADECIMENTOS

À CETO, da Universidade Federal do Paraná, pela identificação da demanda clínica e apresentação do caso que fundamentou o desenvolvimento da presente tecnologia assistiva, bem como pelo apoio na avaliação da funcionalidade do recurso.

Ao Projeto de Extensão Engenhar-MEC, da Universidade Federal do Paraná, pela atuação no desenvolvimento técnico nas etapas de modelagem, prototipagem e impressão tridimensional do dispositivo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. *Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência* (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 127, p. 2-11, 7 jul. 2015.

CACENOT, P. *Entre brasas e laços:* o churrasco gaúcho como símbolo de hospitalidade e coesão social. Revista Hospitalidade. São Paulo, v. 21, p.862-878, 2024.

DUMAZEDIER, J. *Lazer e cultura popular.* 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 2001a.

DUMAZEDIER, J. *Sociologia empírica do lazer*. 2. ed. São Paulo: Perspectiva; SESC, 2001b.

GIBSON, I., Rosen, D., Stucker, B. *Additive Manufacturing Technologies*: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. New York: Springer, 2015.

GOMES, D.; TEIXEIRA, L.; RIBEIRO, J. (2021). *Enquadramento da Prática da Terapia Ocupacional:* Domínio & Processo. 4ª Edição. Versão Portuguesa de Occupational Therapy Practice Framework: Domain and Process 4th Edition (AOTA - 2020). Politécnico de Leiria.

RIBEIRO, N. de S. *Um olhar da Terapia Ocupacional sobre o lazer da pessoa com deficiência:* revisão narrativa de literatura. 2024. 28 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Terapia Ocupacional) - Universidade Federal de São Paulo, Instituto de Saúde e Sociedade, Santos, 2024.

Praia Acessível – Qualidade de vida às pessoas com deficiência e mobilidade reduzida

Lourenço, Carla Cristina Felicio Vieira[1]; Lopes, Paulo Ricardo Gomes[2]; Picini, Barbara[3]; Martins, Cristina Dietrich Machowski[4]; Coden, Quelen Silveira[5]

1 – SEDEF/CPCD, carla.lourenco@sedef.pr.gov.br
2 – SEDEF/CPCD, pauloricardo.lopes@sedef.pr.gov.br
3 – SEDEF/CPCD, rt.barbara@sedef.pr.gov.br
4 –SEDEF/CPCD, terc.cristinamartins@sedef.pr.gov.br
5 –SEDEF/CPCD, quelen.coden@sedef.pr.gov.br
Correspondência: Rua Jacy Loureiro de Campos, SN, Centro Cívico Curitiba, Paraná, Brasil, 82590-300.

DOI 10.52050/9788579177163-10

RESUMO

O Projeto Praia Acessível visa garantir o direito ao lazer às pessoas com deficiência e com mobilidade reduzida por meio da instalação de infraestrutura adequada que assegure o acesso ao mar de forma segura e digna. A iniciativa conta com cadeiras anfíbias, equipe capacitada e estrutura de apoio nas praias do litoral paranaense. Implantado desde a temporada 2016/2017, o projeto apresentou crescimento significativo, passando de 57 atendimentos em seu início para 1.085 atendimentos na temporada 2024/2025, resultado do investimento contínuo e da ampla divulgação, que impulsionaram a participação dessa população nas atividades à beira-mar.
Palavras-chave: acessível, atendimento, participação.

ABSTRACT

The Praia Acessível Project aims to ensure the right to leisure for people with disabilities and reduced mobility by providing adequate infrastructure that enables safe and dignified access to the sea. The initiative includes amphibious wheelchairs, trained professionals, and support facilities on the Paraná coast. Since its launch in the 2016/2017 season, the project has shown significant growth—from 57 services to 1,085 in the 2024/2025 season. This progress reflects continuous investment and outreach, encouraging greater participation of people with disabilities in beach activities.

Keywords: accessibility, inclusion, leisure, reduced mobility, public policy

1. INTRODUÇÃO

A Constituição da República Federativa do Brasil, em seu artigo 1º, consagra a cidadania e a dignidade da pessoa humana como fundamentos do Estado democrático de direito. Em seu artigo 3º, estabelece como objetivos fundamentais a construção de uma sociedade livre, justa e solidária, e a promoção do bem de todos, sem preconceitos de origem, raça, sexo, cor, idade ou quaisquer outras formas de discriminação. Esse marco constitucional fundamenta o dever do Estado em garantir os direitos sociais de todos os cidadãos, com especial atenção aos grupos em situação de vulnerabilidade, como as pessoas com deficiência.

A Política Nacional da Pessoa com Deficiência estrutura-se a partir do princípio da equidade e da inclusão plena, e visa assegurar a essa população o pleno exercício de seus direitos fundamentais — entre eles, o direito ao lazer, previsto no artigo 6º da Constituição. Essa política prevê, ainda, que os entes federativos devem implementar ações articuladas, intersetoriais e territorializadas, com foco na superação das barreiras que impedem a participação social das pessoas com deficiência em condições de igualdade.

No âmbito estadual, a Lei nº 18.419/2015 institui o Estatuto da Pessoa com Deficiência do Estado do Paraná, que tem como finalidade estabelecer diretrizes para a formulação de políticas públicas que promovam e protejam os direitos dessa população. O artigo 5º da referida legislação elenca como princípios fundamentais o respeito à dignidade e autonomia individual, a igualdade de oportunidades, a acessibilidade e a participação plena e efetiva na vida em sociedade. Já o artigo 7º explicita as diretrizes da Política Pública Estadual para Promoção dos Direitos e Inclusão da Pessoa com Deficiência, alinhadas à Política Nacional para Integração da Pessoa com Deficiência e ao Programa Nacional de Saúde da Pessoa com Deficiência.

Dentre essas diretrizes, destaca-se a obrigatoriedade de inclusão da pessoa com deficiência em todas as iniciativas governamentais — notadamente nas áreas da educação, saúde, transporte, cultura, esporte e lazer — com respeito às suas particularidades e às condições de acessibilidade. A concepção de lazer como direito social, associada a compreensão de que é dever da sociedade se adequar e atender às demandas e especificidades das pessoas com deficiência — e não o contrário —, responsabiliza o Estado pela criação de condições que assegurem o acesso equitativo aos espaços públicos e às experiências culturais, recreativas e esportivas.

O Projeto Praia Acessível emerge, portanto, como uma resposta concreta ao arcabouço normativo vigente, materializando o compromisso do Estado com a

promoção da equidade, da inclusão sociocultural e da cidadania plena. Trata-se de uma iniciativa interinstitucional que conjuga políticas públicas, tecnologia assistiva e práticas inclusivas para viabilizar o acesso ao mar às pessoas com deficiência e mobilidade reduzida, garantindo-lhes segurança, autonomia e dignidade durante a fruição do lazer.

2. DESENVOLVIMENTO

O Projeto Praia Acessível tem como escopo principal promover o acesso de pessoas com deficiência e mobilidade reduzida às atividades de lazer nas praias do litoral do Estado do Paraná, com ênfase no banho de mar assistido. A iniciativa baseia-se na implementação de estruturas físicas e logísticas acessíveis, bem como na mobilização de equipes multidisciplinares capacitadas, configurando-se como um modelo de política pública intersetorial, replicável e alinhado aos princípios da acessibilidade universal.

Na temporada de 2024/2025, o projeto foi executado nos municípios de Guaratuba, Matinhos e Pontal do Paraná, totalizando seis pontos fixos e um ponto itinerante, distribuídos estrategicamente para ampliar a cobertura territorial e o alcance a população-alvo:

- Guaratuba: 1 ponto fixo;
- Matinhos**:** 2 pontos fixos (balneários de Caiobá e Riviera);
- Pontal do Paraná: 3 pontos fixos (balneários de Praia de Leste, Ipanema e Shangri-lá) e 1 ponto itinerante.

A temporada compreendeu o período de 28 de dezembro de 2024 a 2 de fevereiro de 2025, com funcionamento de terça a domingo, das 8h às 12h e das 15h às 19h, totalizando 37 dias de operação. Nesse intervalo, foram realizados 1.108 atendimentos, o que evidencia a crescente adesão do público e a consolidação do projeto como referência em acessibilidade no lazer costeiro.

Elemento central da operacionalização do projeto, as cadeiras anfíbias são equipamentos de tecnologia assistiva projetados para facilitar o deslocamento na areia e possibilitar o ingresso seguro no mar. Com estrutura flutuante, rodas adaptadas, cintos de segurança, encosto e apoio para membros, as cadeiras são conduzidas por profissionais capacitados, que realizam a transposição da cadeira de rodas para a anfíbia e acompanham o usuário durante toda a atividade.

O projeto é coordenado pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Social e Família (SEDEF), em parceria com a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) e a Secretaria de Estado do Esporte (Paraná Esporte), no âmbito do programa Verão Maior Paraná. A estrutura oferecida inclui tendas acessíveis para acolhimento e cadastro dos participantes, passarelas que conectam calçadas

à faixa de areia, sinalização visual, atividades lúdicas e recreativas, bem como materiais de apoio e proteção.

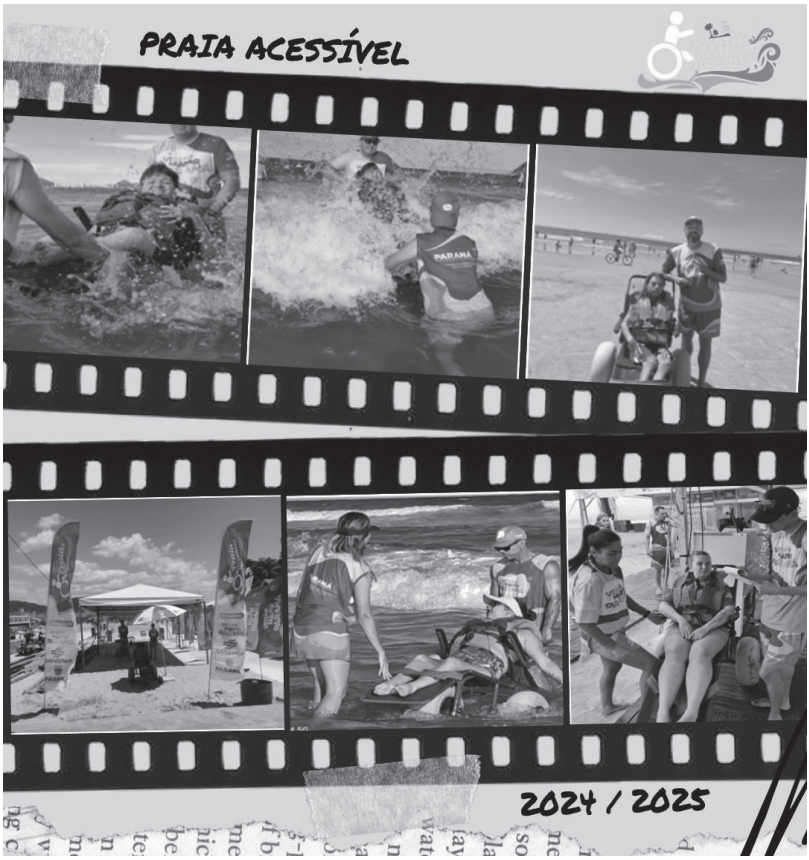
A equipe de atendimento é composta por profissionais de nível superior formados em Terapia Ocupacional, Fisioterapia e Educação Física, com competências específicas para atendimento de pessoas com deficiência e mobilidade reduzida. Esses profissionais são responsáveis pela assistência direta aos usuários, assegurando a qualidade técnica e a segurança durante as atividades. Complementarmente, profissionais de nível médio realizam o acolhimento inicial, registro das ações, controle dos materiais e suporte logístico.

Cabe à SEDEF a contratação e capacitação desses profissionais, garantindo a uniformização dos procedimentos e o alinhamento com os princípios de acessibilidade, inclusão e respeito à diversidade. A equipe da Coordenação de Política Estadual de Defesa dos Direitos da Pessoa com Deficiência (CPCD) atua como instância de supervisão e monitoramento da execução.

A SANEPAR contribui com a disponibilização de cadeiras anfíbias, coletes salva-vidas, pranchetas, tendas, mesas, cadeiras, cavaletes de sinalização, coolers para água e serviço de manutenção. Já a Secretaria de Estado do Esporte é responsável por desenvolver atividades esportivas, recreativas e culturais nos balneários, além de disponibilizar espaço físico para armazenamento dos equipamentos, garantir o acesso a sanitários acessíveis e apoiar a logística do projeto.

A articulação entre as instituições envolvidas, o planejamento estratégico e o investimento em estrutura, pessoal e equipamentos demonstram a robustez e a maturidade do Projeto Praia Acessível como uma política pública comprometida com a promoção da equidade, do bem-estar e da cidadania das pessoas com deficiência.

É oportuno, ainda, destacar por meio de registros fotográficos alguns momentos emblemáticos da execução do Projeto Praia Acessível. As imagens a seguir ilustram a estrutura física implantada, a atuação das equipes técnicas, as atividades desenvolvidas e, principalmente, a participação ativa das pessoas com deficiência e mobilidade reduzida. Esses registros visuais reforçam o impacto social da iniciativa e evidenciam sua relevância como política pública de inclusão no contexto do lazer.



3. RESULTADOS

O Projeto Praia Acessível tem demonstrado crescimento contínuo e impactos significativos ao longo dos anos. Observou-se um aumento expressivo no número de pessoas com deficiência e mobilidade reduzida que buscam o serviço, o que reforça sua relevância social. Esse crescimento impulsionou a ampliação dos recursos disponibilizados, incluindo:

a. Aquisição de novas cadeiras anfíbias, ampliando a capacidade de atendimento e possibilitando que mais pessoas possam usufruir do banho de mar com segurança e conforto.

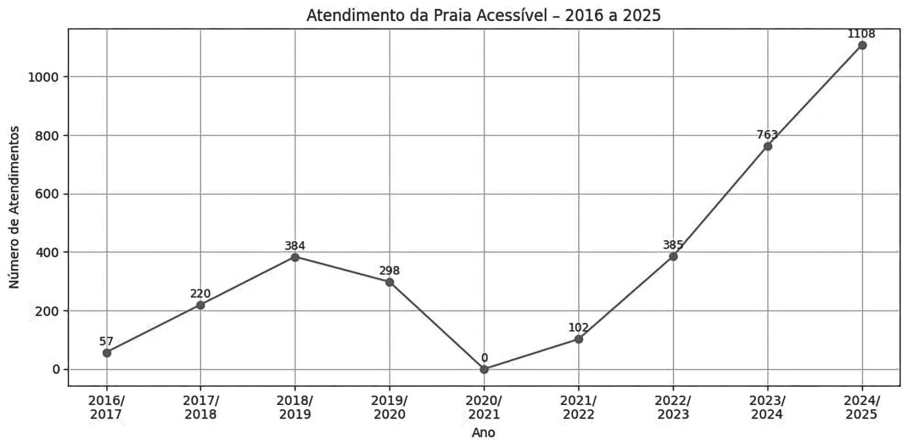
b. Aumento do quadro de profissionais capacitados, garantindo um atendimento qualificado, humanizado e seguro.

c. Implantação de um ponto itinerante no município de Pontal do Paraná, com o objetivo de descentralizar o serviço e facilitar o acesso de pessoas que residem ou frequentam outras regiões do litoral.

Além disso, os parceiros institucionais intensificaram seus investimentos na melhoria da acessibilidade, tanto na infraestrutura dos pontos de atendimento quanto na aquisição de materiais de apoio para os usuários (boias, coletes, equipamentos de auxílio) e equipamentos de proteção individual (EPIs) para os profissionais envolvidos no projeto.O Projeto também ganhou significativa visibilidade dentro das atividades do programa Verão Maior Paraná, consolidando-se como uma referência em acessibilidade e inclusão no litoral paranaense. Esse reconhecimento fortalece a imagem institucional do projeto e amplia sua capacidade de atrair novos parceiros e recursos.

Tabela 1- Tabela formulada pela Coordenação da Política Estadual dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Paraná.

ANO	2016 2017	2017 2018	2018 2019	2019 2020	2020 2021	2021 2022	2022 2023	2023 2024	2024 2025
Pontos de atendimento	6	6	6	6	0	6	6	6	7
Quantidade de atendimentos	57	220	384	298	0	102	385	763	1108



4. CONCLUSÕES

Ao longo dos 9 (nove) anos de execução, o Projeto Praia Acessível consolidou-se como uma política pública de referência no estado do Paraná no que se refere à promoção da inclusão e da acessibilidade nas praias. O projeto oferece às pessoas com deficiência e mobilidade reduzida a oportunidade de desfrutar do lazer, do banho de mar e do ambiente praiano de forma segura, digna e com autonomia.

O aumento progressivo na demanda e nos atendimentos a cada temporada demonstra que quando há investimento em tecnologia assistiva, formação profissional e infraestrutura inclusiva, as barreiras são superadas, e as pessoas se sentem mais seguras e motivadas a participar de atividades que promovem bem-estar, qualidade de vida e cidadania.

A sociedade contemporânea não aceita mais práticas excludentes. Projetos como este reafirmam o compromisso com a construção de uma sociedade mais justa, acessível e inclusiva, na qual o direito ao lazer, à convivência e à participação social é garantido a todos.

Para a temporada de 2025/2026, o Projeto Praia Acessível contará com:

- 6 (seis) pontos de atendimento fixos ao longo do litoral paranaense;
- 2 (dois) pontos itinerantes, ampliando o alcance territorial do serviço;
- 24 (vinte e quatro) profissionais especializados, entre terapeutas ocupacionais, fisioterapeutas e educadores físicos, responsáveis pela condução técnica dos atendimentos;
- 8 (oito) profissionais de apoio com formação em nível médio, responsáveis pelo acolhimento inicial das pessoas com deficiência e seus familiares.

O foco estratégico para os próximos anos será a ampliação das áreas de atendimento, visando reduzir a necessidade de deslocamento das pessoas com deficiência e mobilidade reduzida. O objetivo é consolidar o acesso pleno e descentralizado ao serviço, fortalecendo cada vez mais a política de inclusão no litoral do Paraná.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Secretaria de Estado do Desenvolvimento Social e Família– SEDEF,

Agradecemos à Secretaria do Esporte do Paraná,

Agradecemos à Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR,

Agradecemos à Fundação Araucária pelo fomento ao Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação em tecnologia Assistiva (NAPI-TA).

REFERÊNCIAS

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). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 jul. 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: jun de 2025.

PARANÁ. Lei nº 18.419, de 7 de janeiro de 2015. Institui o Estatuto da Pessoa com Deficiência do Estado do Paraná. Diário Oficial do Estado, Curitiba, PR, 8 jan. 2015. Disponível em: https://www.legislativo.pr.gov.br. Acesso em: jun 2025

EIXO TEMÁTICO | Esporte, Lazer e Recreação

RESUMOS

Desenvolvimento de tecnologia assistiva para atividade de lazer em paciente após Acidente Vascular Cerebral(AVC): um estudo de caso

Souza, Kassia Kevili dos Santos [*1]; Pereira Jorge, Iranise Moro[2]; Lajarin, Sergio Fernandes[3]; Silva, Alexsandra Santos [4]; Poier, Paloma Hohmann[5]

1 - Discente do curso de Terapia Ocupacional UFPR, kassia.souza@ufpr.br
2 - Docente do Departamento de Terapia Ocupacional, UFPR, iranise@ufpr.br
3 - Docente do Departamento de Engenharia Mecânica, UFPR Espanhol@ufpr.br
4 - Terapeuta Ocupacional na Clínica Escola de Terapia Ocupacional,UFPR. aless_to@ufpr.br
5 - Docente do Departamento de Terapia Ocupacional, UFPR, paloma.poier@ufpr.br
* - Correspondência: Av. Prefeito Lothário Meissner, 632 - Jardim Botânico, Curitiba - PR, 80210-170

Artigo aprovado e selecionado pelo comitê científico do V CBTA para *Special Edition.*

RESUMO

As atividades de lazer são frequentemente impactadas após um Acidente Vascular Cerebral (AVC). Este estudo tem como objetivo descrever o processo de concepção, aplicação e avaliação de um dispositivo de tecnologia assistiva para atividade de lazer de uma paciente pós-AVC, em atendimento na Clínica Escola de Terapia Ocupacional (CETO). A partir dessa experiência, observa-se que o uso de tecnologia assistiva personalizada, contribui diretamente na retomada de atividades significativas como o lazer, reforçando a abordagem centrada no cliente. Além disso, o uso da impressão 3D se mostrou uma alternativa viável, de baixo custo e com excelente aceitação.
Palavras-chave: Atividade de Lazer, Tecnologia Assistiva, Terapia Ocupacional.

ABSTRACT

Leisure activities are often affected after a stroke. The aim of this study is to describe the process of designing, applying and evaluating an assistive technology device for the leisure activities of a post-stroke patient being treated by Occupational Therapy at the Occupational Therapy School Clinic (CETO).

From this experience, it can be seen that the use of personalized assistive technology contributes directly to the resumption of meaningful leisure activities, reinforcing the client-centered approach. In addition, the use of 3D printing proved to be a viable, low-cost alternative with excellent acceptance.
Keywords: *Leisure Activity, Assistive Technology, Occupational Therapy.*

Parque acessível

Leoz, Giulia de Melo[1]; Vivan, Rafaela[2]; Gaspar de Moraes, Eloisa[3] ; Montaldi, Geovanna[4] Alcino, Margarete[5]; Coden Silveira, Quelen[6]

1 – Coordenação da Política Estadual de Defesa dos Direitos da Pessoa Com Deficiência, SEDEF, sedef.giulia@gmail.com

2 - Coordenação da Política Estadual de Defesa dos Direitos da Pessoa Com Deficiência, SEDEF, rt.rafavivan@gmail.com

3 - Coordenação da Política Estadual de Defesa dos Direitos da Pessoa Com Deficiência, SEDEF, eloisasedef@gmail.com

4 – Coordenação da Política Estadual de Defesa dos Direitos da Pessoa Com Deficiência, SEDEF, geovannamontaldisedef@gmail.com

5 - Coordenação da Política Estadual de Defesa dos Direitos da Pessoa Com Deficiência, SEDEF, margaretealcino@sedef.pr.gov.br

6 - Coordenação da Política Estadual de Defesa dos Direitos da Pessoa Com Deficiência, SEDEF, quelencoden@sedef.pr.gov.br

* - Correspondência: Rua Jacy Loureiro de Campos, s/n, Centro Cívico, Curitiba, Paraná, Brasil, 80.530-915

Artigo aprovado e selecionado pelo comitê científico do V CBTA para *Special Edition.*

RESUMO

O brincar é um direito das crianças com e sem deficiência, em igualdade de oportunidades e acesso. O Parque Acessível teve como objetivo potencializar a acessibilidade ao lazer às crianças com deficiência, assegurando a socialização e o acesso aos brinquedos dos parques com dignidade e segurança. Foram repassados recursos para 88 municípios do estado do Paraná, por meio do fundo FIA, com repasse na modalidade fundo a fundo, e 40 cidades já instalaram os kits de brinquedos. Assim, permitindo o acesso dos jovens com deficiência a um espaço público acessível e igualitário, e conscientizando sobre a importância da utilização dos espaços públicos.

Palavras-chave: Inclusão Social, Crianças com Deficiência, Políticas Públicas.

ABSTRACT

Play is a right for all children, with or without disabilities, with equal opportunities and access. The Accessible Park project aimed to enhance leisure accessibility for

children with disabilities, ensuring socialization and dignified, safe access to playground equipment. Funds were allocated to 88 municipalities in the state of Paraná through the FIA fund, using a fund-to-fund transfer model, and 40 cities have already installed the playground equipment kits. This initiative enables children with disabilities to access an inclusive and equitable public space while raising awareness about the importance of utilizing public spaces.
Keywords: *Social Inclusion, Children with Disabilities, Public Policies.*

EIXO TEMÁTICO | Melhorias Ambientais, Ferramentas e Máquinas

ARTIGOS COMPLETOS

Acessibilidade comunicacional e sentido de pertencimento no centro histórico de Curitiba

Vara, Gabriela*[1]; Fernandes, Maria de Fátima[2]; Medeiros, Ketlin Mikaela[3]; Petrikick, Djovana[4]; Nohama, Percy[5]; Nogueira, Guilherme[6]

1 – Programa de Pós Graduação em Tecnologia em Saúde, PUCPR, gabivsipoli@hotmail.com.br
2 – ESSU (Escola Superior de Saúde Única) - Uninter, mfatimafv@hotmail.com.br
3 – Programa de Pós Graduação em Tecnologia em Saúde, PUCPR, ketlin.medeiros@hotmail.com
4 – Graduação em Engenharia Biomédica, PUCPR, djovanapetrikic@gmail.com
5 – Programa de Pós Graduação em Tecnologia em Saúde, PUCPR, percy.nohama@pucpr.br
6 – Programa de Pós Graduação em Tecnologia em Saúde, PUCPR, nogueira.g@pucpr.br
* - Correspondência: Rua Imaculada Conceição, 1155. Bairro Prado Velho, Curitiba, Paraná, Brasil, 80215-901.

DOI 10.52050/9788579177163-11

RESUMO

Este estudo visa analisar a relação entre pessoas com necessidades complexas de comunicação e a urbe, a fim de subsidiar a criação de pictogramas que auxiliem no aumento da acessibilidade. Foram realizadas entrevistas com voluntários, das quais originaram-se as notas dadas pelos participantes da relevância dos pontos de interesse previamente levantados em relação às suas vivências . Averiguou-se que a falta de acessibilidade gera, na maioria dos casos, a ausência de sentimento de pertencimento ao espaço urbano. Concluiu-se pela importância da participação dessas pessoas no processo de pesquisa e dos pictogramas que serão realizados.
Palavras-chave: Centro Histórico de Curitiba, Comunicação Aumentativa e Alternativa, Espaço Urbano.

ABSTRACT

This study aims to analyze the relation of such people and the city, in order to, in the future, support the creation of pictograms that will increase accessibility. Interviews were conducted with volunteers, from which participants ratings of the relevance of the points of interest previously raised in relation to their experiences originated. It was found that the lack of accessibility generates, in most cases, an absence of a feeling of belonging to the urban space. It was concluded that the

participation of such people in the research process and the pictograms that will be created are important.
Keywords: *Historic Center of Curitiba, Augmentative and Alternative Communication, Urban Space.*

1. INTRODUÇÃO

Desde o princípio dos tempos, a pessoa com deficiência foi colocada em uma posição marginalizada, excluída e privada de seus direitos básicos como ser humano. Estima-se que, atualmente, 18,6 milhões de brasileiros de 2 anos ou mais possuem algum tipo de deficiência e 1,1% da população nacional tem dificuldade para se comunicar, compreender e ser compreendido (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua [PNAD] – IBGE 2023). A fim de superar as barreiras, a comunidade de pessoas não verbais ou com necessidades complexas de comunicação (NCC), utiliza-se a Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA), definida por Glennem (1997) como outras formas de comunicação que não a oral, por meio de sinais, gestos, expressões faciais ou símbolos pictográficos.

Analisando o contexto das cidades atuais, percebe-se a necessidade de existirem placas e sinalizações como elementos informativos para a população como um todo, devido ao aumento da complexidade e pluralidade que os espaços urbanos vêm incorporando ao longo dos anos (RODRIGUES, 2016). Para que todos os grupos de pessoas possam participar desse lugar a acessibilidade tem que existir nos espaços da cidade, configurando-se, segundo Orlandi (2003), como formas de equiparação de possibilidades a toda a população. Propõe-se - tanto neste trabalho, como na futura dissertação de mestrado – a averiguação de tais aspectos especificamente no Centro Histórico da cidade de Curitiba.

A Zona Histórica (ZH), delimitada pela lei de zoneamento do município – Lei nº 15.511/2019 – foi definida como base para a área de recorte dessa pesquisa por se entender que abriga elementos significativos do desenvolvimento da cidade, que contém não apenas um marco histórico da cidade, seu início, formação do povo curitibano, identidade e cultura, mas também uma concentração de serviços públicos, comércio, igrejas e diversas atividades culturais e de lazer. A área possui edifícios e monumentos de diferentes períodos da história da cidade, que mostram seu desenvolvimento e evolução, abrigam necessidades atuais e conectam os cidadãos ao seu passado.Tendo em vista a importância de outros elementos históricos que circundam o limite administrativo demarcado pela Prefeitura Municipal de Curitiba (PMC), como o Passeio Público de Curitiba, parque mais antigo e primeiro zoológico da cidade (1866) (Prefeitura Municipal de Curitiba, 2024), Teatro Guaíra, marco do modernismo paranaense e um dos maiores complexos culturais da América Latina (Centro Cultural Teatro Guaíra,

2024), dentre outros exemplares da cultura e história de nossa cidade, optou-se, para o presente trabalho, por aumentar a delimitação da área de recorte, a fim de que os referidos pontos sejam incluídos no estudo.

Hoje, o setor de estudo dispõe de mapas em alguns pontos estratégicos, que contêm, em sua grande maioria, apenas números e palavras, método que para a população do estudo, que são pessoas com NCC e seus parceiros de comunicação, se mostra ineficiente. A autora Jane Jacobs questiona em seu livro Morte e Vida das Grandes Cidades (2014), sua primeira edição publicada em 1961, "se nós como sociedade e mais especificamente profissionais do planejamento urbano nos tornamos tão displicentes, que não importa mais o real funcionamento das coisas, mas sim a impressão exterior que elas transmitem". Essa pergunta permeia até os dias de hoje, quando se olha para a cidade e vê que ela não funciona para todos.

Dessa forma, entende-se como fundamental o planejamento e sinalização de maneira mais clara e precisa de espaços e possíveis deslocamentos, contribuindo com a independência e inclusão na cidade de toda e qualquer pessoa. A Lei 13.146, de 6 de julho de 2015, conhecida como Estatuto da Pessoa com Deficiência, embasa o presente projeto, uma vez que, em seu art. 3°, V, conceitua o termo comunicação como 'forma de interação dos cidadãos que abrange (...) os caracteres ampliados' e 'meios e formatos aumentativos e alternativos de comunicação'. Nos arts. 28, XV e 42, I, o referido diploma legal também reforça a necessidade do "acesso da pessoa com deficiência, em igualdade de condições, a jogos e a atividades recreativas, esportivas e de lazer, no sistema escolar", bem como estabelece o dever do poder público de adotar soluções destinadas à eliminação, à redução ou à superação de barreiras, para a promoção do acesso a todo patrimônio cultural.

Nesse cenário, entende-se que a acessibilidade nesses espaços pode ser aumentada pelo uso de pictogramas, que, segundo Mariana Couto e Silva (2020), são representações gráficas claras de objetos, conceitos e ações e que têm grande relevância por sua eficácia na forma de transmitir mensagens de forma breve. Tal auxílio ocorre, pois, segundo Bonotto et al. (2020), a CAA é utilizada em sua grande maioria por pessoas que estão desenvolvendo a sua linguagem e amplificação de vocabulário e habilidades comunicacionais. Assim, a disponibilidade desses recursos, no caso do presente estudo a existência de pictogramas no contexto urbano, pode servir como suporte a essa construção e na inserção desse indivíduo no espaço com o qual ele se relaciona.

Destarte, esse aumento da acessibilidade torna provável que os cidadãos criem uma boa e pessoal relação com o ambiente em que estão inseridos, visto que há um vínculo entre a memória das pessoas e sua consciência de tempo

e espaço. Essa é, então, uma das maneiras de potencializar o sentimento de pertencimento dos indivíduos. Ao falarmos em memória, estamos falando também de afetos, sensações, percepções e experiências. (NASCIMENTO JR., 2007). Em suma, quando temos um acesso democrático ao espaço urbano, onde todos têm as suas necessidades atendidas, permite-se ao usuário a criação desses vínculos, referenciais e suas identidades dentro da urbe em que estão inseridos (COHEN, R.; DUARTE, C. 2008)

Este artigo tem como objetivo inicial analisar as respostas de pessoas com necessidades complexas de comunicação, a fim de compreender como elas se relacionam com o espaço do Centro Histórico de Curitiba. Como parte do trabalho de dissertação de uma das autoras, que visa identificar quais pontos de interesse, previamente levantados pela autora, são considerados mais relevantes para esse público, com o intuito de subsidiar a seleção e inclusão desses elementos em um léxico pictográfico de contexto local, o qual será incorporado ao léxico já existente dentro do aplicativo de CAA Amplisoft.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do proposto estudo, foram necessárias visitas técnicas ao Centro Histórico de Curitiba, a pé e de carro, por parte da autora, para que fosse possível - deixando de lado seus aspectos pessoais - fazer o levantamento dos elementos entendidos como mais relevantes para a construção da imagem mental da população frequentadora da área. Isso para que, posteriormente, esses elementos sejam transformados em pictogramas a serem incorporados no léxico desenvolvido, a fim de que a área fique mais acessível àqueles com NCC. Nessas visitas, uma das pesquisadoras utilizou o celular para tirar fotos dos pontos de interesse, que foram incluídos no questionário aplicado a população de interesse.

Após as visitas técnicas, que ocorreram de forma randômica entre 20/09/2024 até 10/11/2024, os pontos de interesse levantados foram organizados em forma de questionário Google Forms. Tal questionário possui perguntas iniciais a serem propostas para voluntários, a fim de entender a relação que estes já possuem com o espaço. Na sequência, foram colocadas as palavras com imagens relacionadas para que os voluntários pudessem classificá-las com notas em escala Likert de 1 a 5, sendo 1 “Discordo totalmente” e 5 “Concordo totalmente”, no aspecto da relevância desses elementos para eles (Figura 01). Futuramente, para o trabalho final de mestrado, serão desenvolvidos e incluídos no léxico pictogramas referentes aos elementos considerados relevantes, que serão aqueles que apresentarem média acima de 3,5 da escala considerada.

Figura 01 - Modelo de pergunta para questionário de validação do léxico



Fonte: Autora, 2024

Para compor a classe de voluntários da pesquisa que será apresentado nesse artigo, o perfil se caracterizou por indivíduos com NCC, representando um terço da amostragem obtida para a pesquisa de origem. A amostragem foi por conveniência, considerando 10 voluntários incluindo indivíduos com transtorno do espectro autista (TEA), paralisia cerebral (PC), deficiência intelectual (DI) ou com sequelas de acidente vascular encefálico (AVE).

Os voluntários que participaram na pesquisa atenderam aos seguintes critérios:

- Inclusão: indivíduos de qualquer gênero, com necessidades complexas de comunicação, que façam uso de CAA e que tenham idade entre 10 e 70 anos.
- Exclusão: indivíduos que não conheçam a região da cidade abrangida pelo estudo.

A aplicação do questionário foi realizada no Laboratório de Engenharia de Reabilitação (LER) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), localizado na Rua Imaculada Conceição, 1155, Bloco 08 – Prado Velho, Curitiba - PR.

Foram apresentados aos voluntários 23 elementos para validação nesta etapa do projeto, para que as entrevistas pudessem acontecer de maneira mais rápida

e dinâmica, a fim de não perder o interesse dos participantes. Outros 27 pontos de interesse haviam sido levantados, totalizando 50, mas não foram incluídos no questionário, pois já constavam nos mapas oficiais da prefeitura e, portanto, considerou-se que já haviam sido validados.

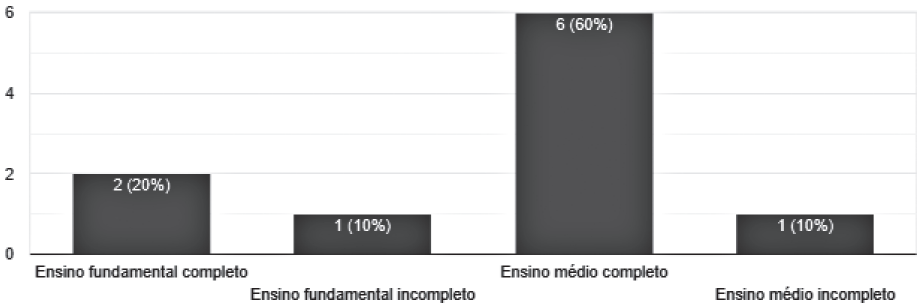
Posteriormente aos questionários aplicados, dados quantitativos foram levantados por meio de gráficos e tabelas gerados automaticamente pelo Google Forms, com as médias para cada ponto de interesse, resultados importantes para a pesquisa final, mas que contribuíram para a análise das conexões dos usuários com o espaço. A relação entre essas médias e a relevância desse espaço para os voluntários foi averiguada a partir da avaliação da conversa obtida durante as entrevistas.

Esta pesquisa faz parte de uma das etapas do projeto de mestrado da autora principal deste artigo, intitulada "Proposta de um Léxico Pictográfico para o Cidadão em sua Cidade: Estudo de caso – O Centro Histórico de Curitiba", que foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da PUCPR pelo parecer nº 7.351.254.

3. RESULTADOS

Os resultados nessa seção referem-se à análise das respostas obtidas junto aos voluntários da pesquisa. Das pessoas que responderam ao questionário, 60% eram do sexo masculino e 40% feminino. O grau de escolaridade dos participantes variou entre Ensino Fundamental Incompleto a Ensino Médio completo, como pode-se observar na Figura 02.

Figura 02 - Gráfico grau de escolaridade dos voluntários



Fonte: Autora, 2025

A média de frequência de visita à área de estudo mostra que 70% dos voluntários a frequentam uma vez por ano, 10% a visitam mensalmente e 20% comparecem duas vezes por semana. Os principais motivos apontados para essas visitas são atividades de passeio, lazer e a realização de serviços.

Levando em consideração respostas individuais variadas de 1 a 5, a média para os elementos apontados na pesquisa encontram-se listados na tabela 01.

Dos 23 elementos apresentados aos voluntários, apenas 2 tiveram média abaixo de 3,5 e não terão pictogramas desenvolvidos sobre eles no trabalho que originou o presente artigo.

4. DISCUSSÃO

A relação qualitativa entre os voluntários e o espaço analisado, foi analisada a partir dos relatos obtidos nas entrevistas. Os participantes compartilharam experiências pessoais que revelaram como e quando visitaram o local, destacando lembranças e percepções subjetivas associadas ao ambiente urbano.

Dos dez entrevistados, apenas dois relataram frequentar semanalmente o Centro Histórico, e ambos o fazem por necessidade, devido a tratamentos em clínicas situadas na região. Apesar dessa frequência, as memórias e o conhecimento espacial relatados por esses participantes estavam mais relacionados a visitas anteriores realizadas para lazer, o que indica que a relação afetiva com o lugar não se constrói necessariamente pela frequência, mas pela qualidade das experiências vividas. Além disso, ficou evidente que a precariedade da acessibilidade, num geral, e da mobilidade urbana na região impacta significativamente a forma como essas pessoas interagem com o espaço, uma vez que 100% dos entrevistados têm algum tipo de dificuldade quanto à mobilidade física. O deslocamento, para muitos, exige planejamento cuidadoso a fim de evitar obstáculos e intercorrências, o que reduz a espontaneidade e o desejo de permanência na área.

Tabela 01 - Média dos elementos de relevância no Centro Histórico de Curitiba

Elemento	Média
TEATRO GUAÍRA	4,9
PRÉDIO HISTÓRICO UFPR (Praça Santos Andrade)	4,8
EDIFÍCIO DO CORREIO E TELÉGRAFO DE CURITIBA	3,7
PRAÇA OSÓRIO	4,5
GALERIA TIJUCAS	3,7
SECRETARIA DE ESTADO E DA CULTURA	4,2
PRAÇA SANTOS DUMONT	3,5
GALERIA CONDOR	3,9
CASA ANDRADE MURICY	4,6
SOCIEDADE GARIBALDI	3,7
PALÁCIO BELVEDERE	3,9

Elemento	Média
RUÍNAS DO SÃO FRANCISCO	3,5
BEBEDOURO DO LARGO DA ORDEM	4,0
RUA SÃO FRANCISCO	3,7
PRAÇA DEZENOVE DE DEZEMBRO	4,4
SHOPPING MUELLER	4,4
COLÉGIO ESTADUAL DO PARANÁ	4,8
BAR DO ALEMÃO	3,0
GALERIA JÚLIO MOREIRA	3,2
FONTE DA MEMÓRIA	4,0
PALÁCIO AVENIDA	4,5
PAINEL POTY LAZZAROTTO - TRAVESSA NESTOR DE CASTRO	4,6
FEIRINHA DO LARGO DA ORDEM	4,3

Fonte: Autora

Nesse sentido, Vital (2012) define "urbanidade" como a promoção de maiores possibilidades de inclusão social e de convivência no ambiente urbano. No entanto, as informações coletadas apontam a ausência dessa urbanidade no Centro Histórico de Curitiba, tanto devido às barreiras físicas como as comunicacionais, que dificultam o acesso e a circulação de pessoas com deficiência em geral.

As informações coletadas apontam a ausência de urbanidade no Centro Histórico de Curitiba, tanto devido às barreiras físicas como as comunicacionais, que dificultam o acesso e a circulação de pessoas com deficiência em geral.

Metade dos entrevistados declarou conhecer pouco o local, atribuindo essa limitação justamente à falta de acessibilidade. O transporte público, embora seja a principal forma de acesso para muitos, não supre as deficiências estruturais das calçadas e vias públicas, que se mostram inadequadas para o uso de muletas e cadeiras de rodas.

A discussão sobre a relação entre o espaço urbano e sua percepção pelos cidadãos é abordada por Lynch (1997), ao afirmar que a cidade é constantemente construída por múltiplos agentes, e que sua legibilidade, entendida como a capacidade de estruturar, reconhecer e navegar no ambiente, depende diretamente das experiências dos indivíduos. No caso estudado, a maior sensação de pertencimento e legibilidade relatada pelos participantes esteve associada a visitas escolares realizadas durante o período escolar. Nesses momentos, a intervenção de profissionais qualificados e o caráter recreativo e educativo das

visitas pareceram mitigar temporariamente as barreiras do espaço, promovendo a sensação de uma vivência mais inclusiva.

Esses achados sugerem que a forma como o espaço urbano é experienciado está diretamente relacionada não apenas à sua configuração física, mas também à mediação social que ocorre no ambiente. A ausência da execução das políticas públicas existentes voltadas à acessibilidade urbana compromete a efetivação da urbanidade, reforçando desigualdades no direito à cidade.

5. CONCLUSÕES

Com o objetivo analisar como as pessoas com NCC se relacionam com o Centro Histórico de Curitiba e os pontos de interesse previamente levantados pela autora, com o intuito de subsidiar a seleção e inclusão desses elementos em um léxico pictográfico, foi possível concluir que o procedimento não só é válido como se faz necessário, para que não só o indivíduo se sinta parte do processo, mas que também tenha as suas reais necessidades supridas.

Incluir o usuário nos procedimentos prévio e posterior ao desenvolvimento dos pictogramas, mostrou-se necessário para que não haja inclusão de termos que não são de interesse do público-alvo e para que sejam incluídas aquelas que farão a sua experiência no espaço público melhor e entender que o espaço urbano e o sentimento de pertencimento dos usuários possam ser beneficiados com a inclusão das melhorias comunicacionais.

Espera-se que este trabalho possa ter implicações importantes na área da comunicação dentro dos centros urbanos, auxiliando na promoção de acessibilidade para pessoas com necessidades complexas de comunicação, contando que venha a ajudar a melhorar a qualidade de vida desses indivíduos e aumentar a sua independência.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, ao NAPI TA e à Fundação Araucária pela concessão de bolsas de pesquisa, fundamentais para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto nº 6.949/09, de 25 de agosto de 2009. Promulga a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu protocolo facultativo, assinados em Nova York. Brasília, DF, 2009.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 06 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, DF, 2015.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Institui a Lei do Estatuto da Cidade. Brasília, DF, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 1.526, de 11 de outubro de 2023 - Altera as Portarias de Consolidação GM/MS nºs 2, 3 e 6, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre a Política Nacional de Atenção Integral à Saúde da Pessoa com Deficiência (PNAISPD) e Rede de Cuidados à Pessoa com Deficiência (RCPD) no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS). Brasília, 2023.

Centro Cultural Teatro Guaíra. Sobre o Teatro Guaíra. Disponível em: <https://www.teatroguaira.pr.gov.br/Pagina/Sobre-o-Teatro-Guaira>. Acesso em: 04/10/2024.

COUTO E SILVA, M. O. *Requisitos de projeto para o design de pictogramas de sinalização destinados a crianças*. Dissertação (Mestrado em Design) – Escola de Engenharia / Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

COHEN, Regina; DUARTE, Cristiane Rose de S. Subsídios metodológicos na construção de uma "acessibilidade plena": a produção da identidade e da subjetividade de pessoas com deficiência. *Revista Lugar Comum*, n. 28-29, p. 107–119, 2008

CURITIBA. Lei nº 15.511/2019 - Dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo no Município de Curitiba e dá outras providências. Disponível em: https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/lei-ordinaria/2019/1552/15511/lei-ordinaria-n-15511-2019-dispoe-sobre-o-zoneamento-uso-e-ocupacao-do-solo-no-municipio-de-curitiba-e-da-outras-providencias. Acesso em: 02/04/2024.

GLENNEN, S. L. Introduction to augmentative and alternative communication. Em S.L. Glennen & D. DeCoste (Eds). *The handbook of augmentative and alternative communication*, (pp. 3-20). San Diego, Singular, 1997.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua – Pessoas com Deficiência 2022. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/0a9afaed04d79830f73a1136dba23b9.pdf> Acesso em: 02/04/2024.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades 2022. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/curitiba/panorama. Acesso em: 02/04/2024.

JACOBS, J. *Morte e Vida de Grandes Cidades*. São Paulo: Martins Fontes, 2014.

LYNCH, K. *A imagem da cidade*. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

NASCIMENTO JR., José do. Antropologia e museus: revitalizando o diálogo. In: ABREU, Regina; CHAGAS, Mario de Souza; SANTOS, Myrian Sepúlveda dos (Org.). *Museus, coleções e patrimônios*: narrativas polifônicas. Rio de Janeiro: Garamond/Minc/Iphan/Demu, 2007.

ORLANDI, S. C. *Percepção do portador de deficiência física com relação à qualidade dos espaços de circulação urbana*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.Prefeitura Municipal de Curitiba. Passeio Público de Curitiba. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/servicos/passeio-publico-de-curitiba/832> Acesso em: 04/10/2024.

RODRIGUES, D. *Inclusão e Educação:* Doze olhares sobre a educação inclusiva. São Paulo: Summus, 2006.

VITAL, G. *Projeto sustentável para a cidade:* o caso de Uberlândia. São Paulo: tese de Doutorado, USP/FAU, 2012.

Protocolo técnico para fabricação de órteses 3D em ambiente ambulatorial: inovação sustentável e ergonômica no setor público

Santos, Bárbara Tatiele [*1]; Brendler, Clariana Fischer[2]

1 – Programa de Pós-Graduação em Design, UFRGS, barbara.santos.designer@gmail.com

2 – Programa de Pós-Graduação em Design, UFRGS, clafischer@hotmail.com

* -Santos, Bárbara Tatiele: Laboratório Design Virtual - VID, Prédio da Engenharia Nova – Av. Osvaldo Aranha, 99 – Campus Centro, Centro, Porto Alegre – RS, Brasil – CEP 90035-190.

DOI 10.52050/9788579177163-12

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um protocolo técnico padronizado para a produção de órteses por impressão 3D em ambientes ambulatoriais. A proposta visa substituir o método tradicional com gesso por uma alternativa sustentável, ergonômica e reprodutível. O protocolo considera tecnologias acessíveis, uso de PLA como material base, permitindo sua aplicação em unidades de saúde pública. Os resultados esperados indicam redução de resíduos hospitalares, menor sobrecarga ocupacional e padronização do processo. Trata-se de uma solução inovadora, com potencial de impacto positivo na rotina clínica e nos objetivos ambientais do setor de saúde.

Palavras-chave: protocolo técnico, saúde pública, sustentabilidade.

ABSTRACT

This article presents the development of a standardized technical protocol for the production of orthoses using 3D printing in outpatient settings. The proposal aims to replace the traditional plaster-based method with a sustainable, ergonomic, and reproducible alternative. The protocol considers accessible technologies, the use of PLA as the base material, enabling its implementation in public healthcare units. The expected outcomes include a reduction in hospital waste, decreased occupational overload, and process standardization. This is an innovative solution with the potential to positively impact clinical routines and support the environmental goals of the healthcare sector.

Keywords: *technical protocol, public health, sustainability.*

1. INTRODUÇÃO

A crescente incorporação de tecnologias digitais na área da saúde tem favorecido o desenvolvimento de soluções mais sustentáveis e padronizáveis para procedimentos clínicos, sobretudo em ambientes ambulatoriais. Na ortopedia, a substituição de métodos tradicionais por alternativas tecnológicas é um desafio relevante, especialmente em unidades vinculadas ao Sistema Único de Saúde (SUS), onde as condições de trabalho e infraestrutura demandam processos otimizados e reprodutíveis (SILVA et al., 2021, p. s/p.; GARCIA; ALMEIDA; SANTOS, 2023, p. s/p.).

O uso do gesso como método de imobilização, embora consolidado, apresenta desvantagens como desconforto, geração de resíduos, limitação ergonômica para os profissionais de saúde e impacto ambiental (KUMAR et al., 2021, p. s/p.; MCCAIN, 2019, p. s/p.). A manufatura aditiva — notadamente a impressão 3D — surge como alternativa promissora ao possibilitar a produção de órteses personalizadas, laváveis, ventiladas e fabricadas com materiais biodegradáveis como o ácido polilático (PLA) (FERREIRA; RODRIGUES; PINTO, 2021, p. s/p.; MCDERMOTT et al., 2021, p. s/p.).

Contudo, a aplicação prática dessa tecnologia em larga escala ainda é limitada pela ausência de protocolos técnicos padronizados que assegurem sua viabilidade no cotidiano clínico. A padronização é essencial para garantir reprodutibilidade, qualidade do produto e segurança no uso clínico, sem exigir habilidades manuais avançadas por parte dos profissionais envolvidos (ZHANG et al., 2022, p. s/p.; KUMAR et al., 2021, p. s/p.).

A impressão 3D em órteses tem potencial para reduzir significativamente os custos e o tempo de produção, além de minimizar os impactos ambientais associados ao descarte do gesso tradicional (DAMADO, 2020). A personalização oferecida pela manufatura aditiva garante melhor ajuste anatômico e conforto para o paciente, fatores que influenciam diretamente na adesão ao tratamento e na eficácia clínica (GONÇALVES et al., 2023). Além disso, o uso de materiais biodegradáveis, como o PLA, está alinhado às práticas sustentáveis recomendadas para a saúde pública, contribuindo para a redução da pegada ambiental dos serviços de saúde.

Entretanto, a implementação ampla dessa tecnologia no ambiente do SUS enfrenta desafios relacionados à falta de protocolos padronizados para fabricação e controle de qualidade das órteses 3D (ZHANG et al., 2022). A ausência de diretrizes claras pode comprometer a segurança do paciente e a consistência dos produtos, além de demandar habilidades técnicas que nem sempre estão disponíveis nas equipes clínicas. Portanto, o desenvolvimento de um protocolo técnico padronizado é fundamental para garantir a reprodutibilidade, a

segurança e a integração dessa tecnologia aos fluxos de trabalho existentes, promovendo processos mais ergonômicos, eficientes e ambientalmente responsáveis (NORMAN, 2013; VEZZOLI; MANZINI, 2008).

Este artigo propõe o desenvolvimento de um protocolo técnico padronizado para a fabricação de órteses 3D no ambiente ambulatorial. A proposta busca responder à necessidade de processos mais eficientes, ambientalmente responsáveis e ergonômicos, alinhados aos princípios do design centrado no usuário e da sustentabilidade hospitalar (NORMAN, 2013, p. s/p.; VEZZOLI; MANZINI, 2008, p. s/p.).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo exploratório, de natureza aplicada, teve como objetivo desenvolver um protocolo técnico para a fabricação de órteses impressas em 3D, com ênfase na sustentabilidade, na ergonomia ocupacional e na padronização do processo produtivo. A metodologia foi estruturada em três etapas: (1) análise do processo convencional de engessamento, (2) levantamento técnico sobre impressão 3D na saúde e (3) elaboração do protocolo.

2.1 Análise do processo tradicional

A análise crítica do processo tradicional de imobilização com gesso foi realizada com base em observações práticas e levantamento bibliográfico. Estudos apontam que, embora eficaz, o engessamento exige habilidades manuais especializadas, expõe os profissionais a riscos musculoesqueléticos e produz resíduos não recicláveis, como a gipsita e bandagens contaminadas (TAYLOR et al., 2018, p. s/p.; JONES; SMITH, 2017, p. s/p.; KACZMAREK et al., 2020, p. s/p.).

Para a parte de observação prática inicialmente, foi realizada uma observação sistemática do processo ambulatorial de produção de órteses em gesso. Foram considerados os seguintes aspectos: tempo de confecção, exigência de habilidades manuais dos profissionais, geração de resíduos e limitações ergonômicas e funcionais para o paciente. Em seguida, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com profissionais da saúde e registro fotográfico do processo de aplicação.

2.2 Levantamento técnico da impressão 3D

Foi realizada uma revisão técnica e científica baseada no protocolo PRISMA e nos critérios PICO, envolvendo bases de dados nacionais e internacionais. A revisão contemplou práticas clínicas relacionadas à impressão 3D de órteses,

materiais utilizados (com foco no PLA), tipos de impressoras e softwares de modelagem digital, com atenção especial à aplicabilidade em contextos ambulatoriais (OLIVEIRA; MARTINS, 2020, p. s/p.; FORESTI, 2020, p. s/p.; SILVA et al., 2021, p. s/p.).

O material coletado foi analisado qualitativamente para subsidiar as decisões de projeto e produção do protocolo. Essa abordagem possibilita uma compreensão aprofundada dos aspectos técnicos, operacionais e humanos envolvidos no processo de fabricação de órteses, considerando as necessidades dos profissionais de saúde. A análise qualitativa permite identificar padrões, dificuldades e oportunidades que não seriam evidentes por meio de análises quantitativas, especialmente no que diz respeito à ergonomia, usabilidade e sustentabilidade dos materiais utilizados.

Além disso, a interpretação criteriosa dos dados qualitativos contribui para o desenvolvimento de diretrizes claras e práticas, que facilitam a adoção do protocolo em ambientes ambulatoriais com diferentes níveis de infraestrutura e recursos. Dessa forma, o protocolo proposto busca não apenas a padronização técnica, mas também a adequação às realidades clínicas e ambientais, promovendo processos mais eficientes, seguros e sustentáveis.

2.3 Desenvolvimento do protocolo

Com base nos dados coletados, foi desenvolvido um protocolo dividido em seis etapas sequenciais: (1) medição do membro superior, (2) modelagem personalizada em software CAD, (3) parametrização e fatiamento, (4) impressão via tecnologia FDM utilizando PLA, (5) pós-processamento e (6) entrega. O protocolo prevê operação com softwares gratuitos para o sistema público de saúde e impressoras de entrada, visando à reprodutibilidade e à capacitação simplificada da equipe (MAVROIDIS et al., 2018, p. s/p.; THOMAS; MANTHENA, 2021, p. s/p.).

A construção do protocolo deve ser validada com base em critérios de aplicabilidade clínica, viabilidade técnica e potencial de padronização, considerando aspectos como conforto do paciente, segurança biomecânica e facilidade de replicação do processo por profissionais não especializados em fabricação digital.

3. RESULTADOS

A implementação prática do protocolo técnico desenvolvido ainda será realizada, mas os resultados foram estimados com base em dados da literatura científica, estudos de caso similares e projeções técnicas aplicadas ao ambiente

ambulatorial. Para isso, foram considerados artigos recentes sobre o uso da impressão 3D na confecção de dispositivos ortopédicos. Também foram analisados benchmarks de eficiência, custo e impacto ambiental de materiais como o ácido polilático (PLA), comparando-os com métodos tradicionais, como o uso de gesso ortopédico.

Além disso, as estimativas consideraram variáveis como tempo médio de produção, consumo de material, grau de personalização alcançável e ergonomia na aplicação clínica. Essas projeções permitiram antecipar ganhos potenciais em sustentabilidade, conforto do paciente, padronização e redução de esforço físico por parte dos profissionais de saúde. Embora os dados sejam prospectivos, a triangulação entre literatura especializada, estudos de caso e análise técnica conferiu maior robustez às expectativas relacionadas à aplicação do protocolo no cotidiano ambulatorial.

Tempo estimado de produção: com base em estudos que aplicam a impressão 3D em órteses clínicas, estima-se que o tempo médio total varie entre 3 a 4 horas por unidade (SILVA et al., 2021; FORESTI, 2020). Esse tempo é inferior à média observada na produção com gesso, que pode ultrapassar 5 horas (LOPES et al., 2021).

Sustentabilidade ambiental: o uso do PLA como material base pode gerar significativa redução de resíduos hospitalares e menor impacto ambiental, dada sua origem renovável e biodegradável (FERREIRA et al., 2021; MCCAIN, 2019). A literatura projeta reduções de até 65% nos resíduos descartados (SANTOS; PEREIRA, 2023).

Redução da carga ergonômica dos profissionais: a automatização de etapas críticas tende a reduzir o esforço físico e a exigência de habilidades manuais especializadas. Estudos indicam benefícios ergonômicos significativos com a adoção de fluxos digitais (THOMAS; MANTHENA, 2021; KACZMAREK et al., 2020).

Padronização e replicabilidade: a estrutura modular do protocolo favorece a replicação em diferentes contextos clínicos após treinamentos básicos. Isso está alinhado a diretrizes de padronização técnica em manufatura aditiva para a saúde (KUMAR et al., 2021; ZHANG et al., 2022).

Conforto e funcionalidade previstos: as órteses impressas apresentam maior ajuste anatômico, ventilação e leveza, favorecendo a aceitação e a adesão dos pacientes (MCDERMOTT et al., 2021; OLIVEIRA; MARTINS, 2020).

Para complementar a análise dos resultados com a implementação do protocolo técnico de fabricação de órteses 3D, foi elaborada uma tabela comparativa entre o método tradicional em gesso e a proposta utilizando impressão 3D com PLA. A comparação contempla critérios operacionais,

ergonômicos, ambientais e clínicos, com foco na aplicabilidade em ambientes ambulatoriais vinculados ao Sistema Único de Saúde (SUS).

Os parâmetros utilizados foram definidos a partir da literatura especializada e de experiências documentadas em estudos de caso, considerando tanto aspectos qualitativos quanto estimativas quantitativas presentes na literatura.

Tabela 01 - Comparativo projetado entre órteses em gesso e órteses 3D em PLA no ambiente ambulatorial

Critério	Método Tradicional (Gesso)	Impressão 3D com PLA (Projetado)
Personalização anatômica	Limitada	Alta (baseada em escaneamento ou medidas)
Ergonomia para o profissional	Baixa (demanda força manual, sujeira)	Alta (uso digital e automatizado)
Conforto do paciente	Baixo (peso, calor, umidade)	Alto (ventilado, leve, lavável)
Reutilização ou adaptação	Não reutilizável	Possível (ajustes no modelo digital)
Geração de resíduos sólidos	Alta (gesso, ataduras, resíduos)	Baixa (uso racional de filamento PLA)
Impacto ambiental	Alto (material não biodegradável)	Reduzido (PLA biodegradável)
Custo unitário estimado*	R$ 20–30	R$ 15–25 (com infraestrutura já existente)

Como evidenciado na Tabela 1, a impressão 3D com PLA apresenta vantagens expressivas em relação ao método tradicional em gesso. O tempo médio de produção pode ser reduzido de cinco para cerca de três a quatro horas por unidade (SILVA et al., 2021; FORESTI, 2020), ao mesmo tempo em que promove maior conforto ao paciente devido à leveza e ventilação da órtese (MCDERMOTT et al., 2021; OLIVEIRA; MARTINS, 2020).

Do ponto de vista ambiental, projeta-se uma redução de até 65% na geração de resíduos hospitalares (SANTOS; PEREIRA, 2023), dado o uso de materiais biodegradáveis como o ácido polilático (PLA). Além disso, a automatização dos processos contribui para a redução da carga ergonômica dos profissionais e favorece a padronização das etapas, viabilizando sua replicabilidade em diferentes unidades de saúde após treinamentos básicos (KACZMAREK et al., 2020; KUMAR et al., 2021; ZHANG et al., 2022).

4. DISCUSSÃO

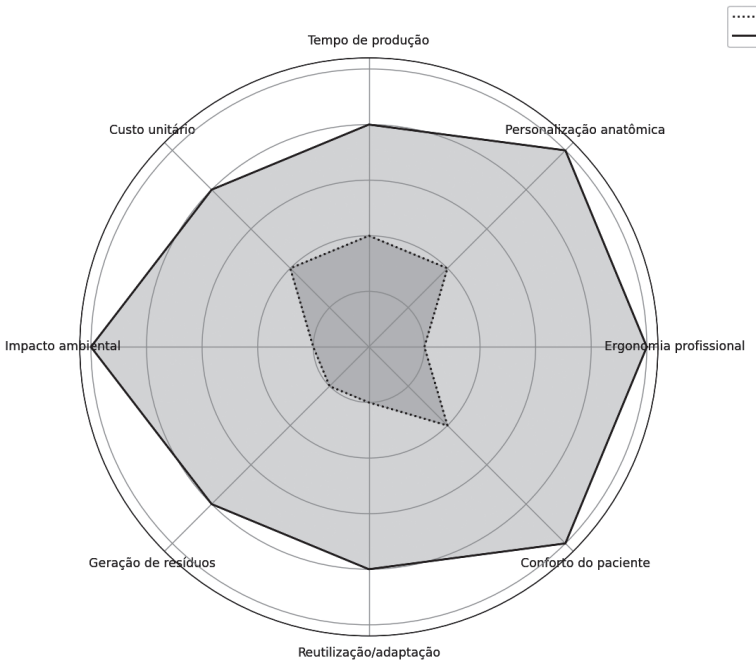
A proposta de um protocolo técnico para a produção de órteses 3D no ambiente ambulatorial se insere no contexto de inovação tecnológica aplicada à saúde, alinhando-se às recomendações de sustentabilidade, eficiência e melhoria de processos (KUMAR et al., 2021; ZHANG et al., 2022). A substituição do gesso por PLA representa uma inovação com impacto ambiental positivo, dada a menor geração de resíduos e a utilização de materiais biodegradáveis (FERREIRA et al., 2021; MCCAIN, 2019; JONES; SMITH, 2017).

Do ponto de vista da ergonomia profissional, a digitalização do processo reduz significativamente a sobrecarga física associada ao engessamento tradicional (THOMAS; MANTHENA, 2021; KACZMAREK et al., 2020). A adoção de ferramentas acessíveis e softwares de código aberto reforça a viabilidade do protocolo, especialmente em unidades de saúde pública (MAVROIDIS et al., 2018; GARCIA; ALMEIDA; SANTOS, 2023).

Outro aspecto relevante é a padronização. A inexistência de protocolos técnicos na produção de órteses impressas tem gerado variações na qualidade dos dispositivos, dificultando sua adoção institucional (ZHANG et al., 2022; MCDERMOTT et al., 2021). O protocolo aqui proposto responde a essa lacuna ao estruturar um fluxo técnico baseado em critérios clínicos, ergonômicos e sustentáveis.

Com o objetivo de sintetizar visualmente os resultados esperados a partir da aplicação do protocolo técnico proposto, foi elaborado um gráfico radar comparativo entre órteses fabricadas com gesso tradicional e aquelas produzidas por impressão 3D utilizando PLA. A figura busca representar, de forma integrada, os principais indicadores avaliados com base em dados da literatura, projeções técnicas e benefícios ergonomicamente mensuráveis no contexto ambulatorial.

Figura 01 - Gráfico em radar projetado



O gráfico evidencia uma performance significativamente superior das órteses em PLA em quase todos os critérios analisados, incluindo conforto do paciente, ergonomia profissional, impacto ambiental, reutilização e personalização anatômica (MCDERMOTT et al., 2021; KUMAR et al., 2021; THOMAS; MANTHENA, 2021).

A fabricação por impressão 3D apresenta vantagens claras em termos de sustentabilidade — com menor geração de resíduos e uso de materiais biodegradáveis como o PLA (FERREIRA et al., 2021; SANTOS; PEREIRA, 2023) —, além de permitir fluxos produtivos mais rápidos e adaptáveis. A padronização e replicabilidade do processo também são destacadas como diferenciais técnicos relevantes (ZHANG et al., 2022), reforçando a aplicabilidade prática do protocolo proposto em unidades de saúde com recursos limitados.

Embora os resultados esperados sejam consistentes com a literatura (SILVA et al., 2021; OLIVEIRA; MARTINS, 2020), destaca-se como limitação a ausência de aplicação prática em campo, o que será abordado em fases futuras do projeto.

5. CONCLUSÕES

Este estudo apresentou o desenvolvimento de um protocolo técnico padronizado para a fabricação de órteses por manufatura aditiva, com foco

na aplicação prática em ambientes ambulatoriais. A proposta busca substituir o uso tradicional do gesso por uma solução mais sustentável, ergonômica e tecnicamente reprodutível, por meio da adoção de ferramentas digitais acessíveis e do uso de materiais biodegradáveis, como o ácido polilático (PLA). O protocolo foi concebido com base em princípios do design centrado no usuário e da sustentabilidade hospitalar, considerando as particularidades operacionais de unidades vinculadas ao Sistema Único de Saúde (SUS).

A partir da análise da literatura técnica e científica, os resultados projetados indicam benefícios relevantes, como a redução significativa de resíduos hospitalares, a melhoria da ergonomia para os profissionais de saúde, a viabilidade de personalização anatômica e o aumento do conforto e da adesão dos pacientes. Além disso, a estrutura modular do protocolo favorece sua replicabilidade em diferentes contextos clínicos, mesmo em locais com infraestrutura limitada, exigindo capacitações pontuais para sua implementação.

Entretanto, é necessário reconhecer a principal limitação deste estudo: a ausência, até o momento, de validação prática em campo. A implementação real do protocolo poderá revelar variáveis operacionais não contempladas neste estágio teórico. Assim, recomenda-se a realização de estudos-piloto em ambientes ambulatoriais diversos, a fim de mensurar os impactos clínicos, operacionais, econômicos e ambientais de forma concreta. A validação contribuirá para o aperfeiçoamento do protocolo e irá consolidar sua adoção como prática padrão para imobilizações ortopédicas sustentáveis no SUS.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

REFERÊNCIAS

DAMADO, M. Gesso – *Vantagens e desvantagens*. Medicina Ortopédica, 21 fev. 2020.

FERREIRA, C. A.; RODRIGUES, L.; PINTO, M. *Sustentabilidade no uso do PLA em dispositivos médicos*. Revista Brasileira de Polímeros, v. 31, n. 4, p. 312–319, 2021.

FORESTI, F. *Protocolo de produção e avaliação de órteses impressas em 3D*. Dissertação (Mestrado) — USP, São Carlos, 2020.

GARCIA, M. R.; ALMEIDA, E.; SANTOS, A. *Capacitação em impressão 3D na saúde pública: desafios e perspectivas*. Revista Gestão e Tecnologia em Saúde, v. 5, n. 2, p. 45–52, 2023.

GONÇALVES, M. et al. *Aplicação da manufatura aditiva na fabricação de órteses e próteses*. Revista Científica de Engenharia e Tecnologia, v. 3, n. 2, p. 45–58, 2023.

JONES, P.; SMITH, T. *Impacto ambiental do descarte de gesso hospitalar*. Environmental Health Review, v. 29, n. 3, p. 198–204, 2017.

KACZMAREK, M. et al. *Ergonomics in digital orthotic production: A clinical review*. Journal of Assistive Technology, v. 14, n. 3, p. 215–223, 2020.

KUMAR, S. et al. *Standards for 3D-printed medical devices: challenges and perspectives*. Additive Manufacturing in Health, v. 12, p. 112–119, 2021.

LOPES, A. P. et al. *Tempo de confecção de órteses tradicionais: uma análise crítica*. Cadernos de Prática Clínica, v. 9, n. 1, p. 33–41, 2021.

MAVROIDIS, C. et al. *Integrated CAD/CAM for orthotic design*. Medical Engineering & Physics, v. 64, p. 1–9, 2018.

MCCAIN, R. *Biopolímeros na saúde: ciclo de vida do PLA*. Journal of Circular Economy in Healthcare, v. 3, n. 1, p. 55–62, 2019.

MCDERMOTT, M. M. et al. *Design digital de órteses: desempenho funcional e usabilidade*. Medical Design and Technology, v. 11, p. 87–95, 2021.

NORMAN, D. *O design do dia a dia*. Rio de Janeiro: Rocco, 2013.

OLIVEIRA, R.; MARTINS, J. *Impressão 3D na produção de órteses ambulatoriais: revisão sistemática*. Revista de Reabilitação, v. 27, n. 3, p. 244–251, 2020.

SANTOS, B. T.; PEREIRA, R. L. *Projeção de resíduos na substituição do gesso por impressão 3D*. Cadernos de Sustentabilidade Hospitalar, v. 7, p. 43–50, 2023.

SILVA, J. et al. *Viabilidade do uso da impressão 3D na produção de órteses em ambientes clínicos*. Tecnologia em Saúde, v. 22, n. 1, p. 10–18, 2021.

TAYLOR, M. et al. *Comparative performance of traditional casting materials*. Journal of Orthopedic Materials, v. 42, n. 2, p. 110–117, 2018.

THOMAS, D.; MANTHENA, S. *Reducing clinician workload through digital orthosis manufacturing*. Healthcare Engineering, v. 25, p. 78–85, 2021.

VEZZOLI, C.; MANZINI, E. *Design para a sustentabilidade ambiental*. São Paulo: Edusp, 2008.

ZHANG, H. et al. *Implementing 3D-printed orthoses in primary care: guidelines for standardization*. International Journal of Medical Device Design, v. 4, n. 2, p. 111–120, 2022.

EIXO TEMÁTICO | Melhorias Ambientais, Ferramentas e Máquinas

RELATOS TÉCNICOS

Adaptadores auriculares e impressão 3D: manufatura rápida aplicada a produtos ergonômicos

SOUSA, Reges Washington Magalhães *[1]; GONÇALVES, Pedro Henrique[2];

1 – Faculdade de Artes Visuais, UFG, regesmagalhaes@discente.ufg.br

2 – Faculdade de Artes Visuais, UFG, pedrogoncalves@ufg.br

* -Correspondência: Rua 19 n° 208 Apt. 703 Centro, Goiânia-GO.

DOI 10.52050/9788579177163-13

RESUMO

A manufatura aditiva tem ampliado as possibilidades no design de tecnologias assistivas personalizadas, com ênfase em ergonomia e usabilidade. Este estudo objetiva desenvolver adaptadores auriculares ergonômicos, impressos em 3D, para fones de ouvido com fio. Utilizou-se três ciclos iterativos de design-avaliação-redesign, com modelagem CAD e impressão em PLA e TPU. Os protótipos testados revelaram melhorias em conforto e estabilidade, destacando a eficácia do uso de materiais flexíveis. Os resultados apontam o potencial da impressão 3D na criação de dispositivos vestíveis acessíveis e adaptáveis, com aplicabilidade em contextos de saúde, educação e inclusão.

Palavras-chave: manufatura aditiva, adaptadores auriculares, ergonomia.

ABSTRACT

Additive manufacturing has expanded possibilities in the design of customized assistive technologies, with emphasis on ergonomics and usability. This study aims to develop ergonomic ear adapters, 3D-printed for wired earphones. An iterative design-evaluation-redesign cycle was used, with CAD modeling and printing in PLA and TPU. The tested prototypes showed improvements in comfort and stability, highlighting the effectiveness of using flexible materials. The results indicate the potential of 3D printing in creating accessible and adaptable wearable devices, with applicability in health, education, and inclusion contexts.

Keywords: *additive manufacturing, ear adapters, ergonomics.*

1. INTRODUÇÃO

A impressão 3D tem se consolidado como uma técnica eficiente nos processos de desenvolvimento industrial, especialmente por viabilizar a Prototipação Rápida (PR) a baixo custo. Segundo Hopkinson et al. (2005), essa tecnologia evoluiu para o que se denomina Manufatura Rápida (MR), que consiste na produção direta de peças finais a partir de sistemas originalmente voltados à prototipagem. A MR surge como uma alternativa à manufatura tradicional por eliminar a necessidade de ferramentas e demonstrar-se econômicas, além de tornar o processo produtivo mais flexível. (HOPKINSON et al., 2005)

Ademais, produtos fabricados utilizando a MR são potencialmente mais eficientes energeticamente, promovendo um menor gasto de material, pois se baseia na Manufatura Aditiva (MA), uma forma de fabricação onde o material é adicionado, em contraposição à manufatura tradicional, onde o material é muitas vezes retirado para a obtenção do produto final, gerando aparas e desperdício contínuo.

A aplicabilidade da MR se dá especialmente no campo das tecnologias assistivas (TA), onde há grande demanda em projetos sob medida. O desenvolvimento de dispositivos auxiliares como adaptadores, órteses e próteses se beneficiam da possibilidade de customização dimensional e testagem rápida, o que garante maior ajuste ao formato anatômico e singular de cada indivíduo gerando maior satisfação durante seu uso. (KERMAVNAR et al., 2021)

Entretanto, a criação e o desenvolvimento de produtos de tecnologia assistiva utilizando a MR traz grandes desafios, em especial aos produtos vestíveis, nos quais ergonomia, flexibilidade e leveza são fatores essenciais para a eficiência e progressão do uso desses dispositivos e são fatores que devem ser considerados ao projetar utilizando MR, especialmente no que se refere às regiões mais sensíveis do corpo, como as orelhas. (YAN et al., 2023)

É importante destacar que, segundo a Pesquisa Nacional de Saúde de 2019, aproximadamente 1,1% da população brasileira com 2 anos ou mais de idade apresenta muita dificuldade ou não consegue ouvir de modo algum. Há também uma demanda crescente por soluções voltadas a públicos com hipersensibilidade auditiva - condição que pode tornar desconfortável ou mesmo inviável o uso prolongado de dispositivos intra-auriculares convencionais - como é o caso das pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA). Os dados e observações aqui citados reforçam a importância de estudos que explorem a manufatura aditiva como ferramenta no desenvolvimento de produtos assistivos personalizados para esses públicos. (IBGE, 2021)

Tendo como base a ergonomia como ponto central no desenvolvimento de produto utilizando MR, Kermavnar et al. (2021) destacam a possibilidade

de aplicação do processo "design-avaliação-redesign" o que permite que modificações sejam realizadas durante o desenvolvimento de produtos com base nas avaliações dos usuários através de protótipos físicos em tamanho real, tornando o processo mais interativo.

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um protótipo de tecnologia assistiva vestível e usável enquanto produto final que servirá como suporte de um fone de ouvido com fios de modelo tradicional utilizando o método "design-avaliação-redesign" para aprimoramento de sua ergonomia e eficiência. Os resultados obtidos deverão demonstrar o potencial da impressão 3D e da manufatura aditiva no design e prototipação de dispositivos anatômicos para orelhas com orientações técnicas de projeto e modelagem CAD além de sugestões de materiais para impressoras 3D compatíveis com o conforto que sejam duráveis, flexíveis e confortáveis para o uso prolongado em uma região sensível do corpo como a orelha externa.

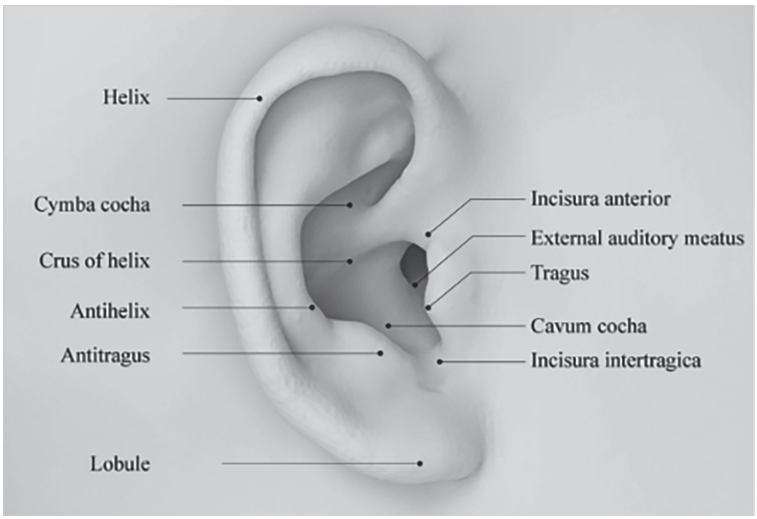
2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo utilizou uma abordagem de desenvolvimento iterativo baseada no ciclo design-avaliação-redesign, com foco na ergonomia e usabilidade de um adaptador auricular para fones de ouvido com fio impresso em 3D. As etapas metodológicas seguiram a seguinte sequência:

2.1 Estudo da Anatomia Auricular

Foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre a anatomia da orelha humana com foco nas estruturas externas relevantes para o encaixe de dispositivos auriculares. Para Alvord e Farmer (1997) a orelha externa é composta pela aurícula - também referida como pinna - e suas várias partes, incluindo o hélix, anti-hélix, tragus, anti-tragus, lóbulo, cymba concha, cavum concha, incisura intertrágica, incisura anterior e a cruz do hélix, conforme representada na Figura 1.

Figura 1 - Representação da auricula segundo Alvord e Farmer (1997)



Fonte: LIU, Kexiang et al, Statistical shape analysis of the Chinese external ear for ergonomic design of in-ear products, Ergonomics, v. 0, n. 0, p. 1–20, . (LIU et al., *[S.d.]*)

2.2 Pesquisa de Mercado e Produtos Similares

Buscando estabelecer um panorama de produtos similares, realizou-se uma análise de mercado em plataformas como Mercado Livre, Amazon e Shopee, com as palavras-chave: "adaptador fone ouvido", "suporte auricular" e "gancho auricular". Dois modelos compatíveis foram identificados como referência formal e funcional (Figura 2).

Figura 2 - Modelos distintos de fixadores para AirPods

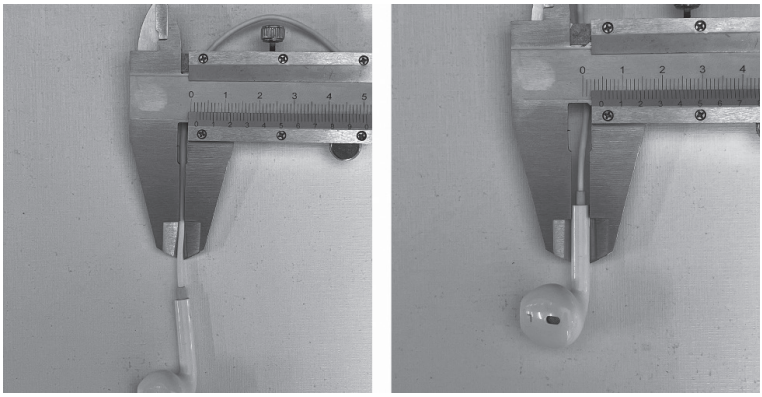


Fonte: Disponível em: https://amazon.com. Acesso em: 26 maio 2025.

2.3 Medição e Análise do Dispositivo Base

Utilizou-se um paquímetro manual para obter as medidas do modelo de fones intra-auriculares com fio (similar ao Apple EarPods), especialmente o diâmetro do cabo e as dimensões da base (Figura 3).

Figura 3 - Medição com paquímetro



Fonte: Elaborado pelos autores

2.4 Desenvolvimento Conceitual e Modelagem 3D

A partir das informações anatômicas e das medidas coletadas, foram realizados esboços manuais para definição do conceito formal do adaptador. Esses esboços orientaram a modelagem tridimensional no software Autodesk Fusion 360.

O design inicial consistia em uma estrutura curva que contorna a aurícula, com um copo de suporte em formato cônico de modo que acomode a base dos fones de ouvido, e foi acrescentado um corte de 2mm no copo para possibilitar a passagem do fio dos fones de ouvido.

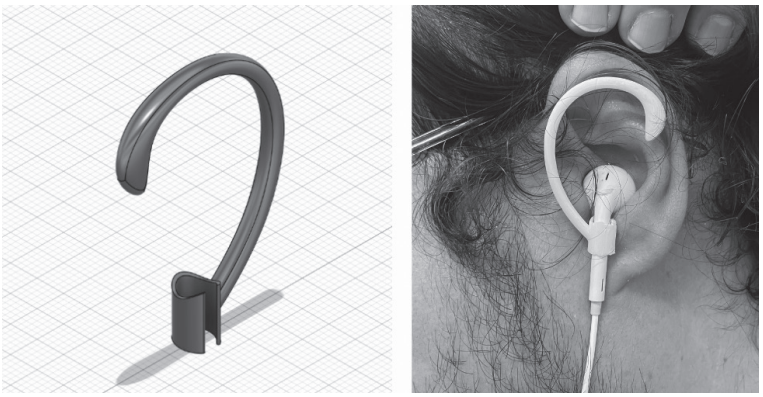
2.5 Prototipação e Iterações

Com o modelo CAD finalizado, foram realizadas impressões 3D utilizando filamentos como o ácido polilático (PLA) e o Poliuretano Termoplástico (TPU), um material flexível porém ainda assim de alta resistência (BESKO et al., 2017). Os protótipos foram testados com usuários, visando avaliar conforto, estabilidade e adaptação anatômica. As impressões e feedbacks deram origem a pelo menos duas iterações de redesign.

3. RESULTADOS

A modelagem e impressão do primeiro modelo seguiram os contornos propostos pelo esboço conceitual, com fechamento protuberante na parte superior da aurícula. Como resultado, a adaptação do modelo ao formato da orelha se mostrou insuficiente devido ao seu tamanho e espessuras do material (Figura 4). O PLA foi inicialmente testado nesta versão por sua facilidade de impressão (BESKO et al., 2017), porém revelou-se inadequado para aplicações de contato com a pele pela sua rigidez.

Figura 4 - Modelo 1



Fonte: Elaborado pelos autores

No segundo modelo, buscou-se maior adaptabilidade ao formato da aurícula ao prolongar a extensão de contato do adaptador com a orelha, além de acrescentar espessura ao material de forma que permitisse um encaixe mais justo (Figura 5). Também foram realizados ajustes no cone de suporte da base dos fones de ouvido, aumentando a espessura do material e melhorando a conexão do adaptador com o restante da peça. Neste modelo foi utilizado um filamento flexível chamado TPU, demonstrando maior resistência durante o uso, o que colaborou para que os resultados desse redesign se mostrassem mais satisfatórios em relação à estabilidade dos adaptadores nos usuários e no encaixe dos fones de ouvido. Entretanto, foram identificados novos ajustes com o objetivo de melhorar o desempenho do adaptador.

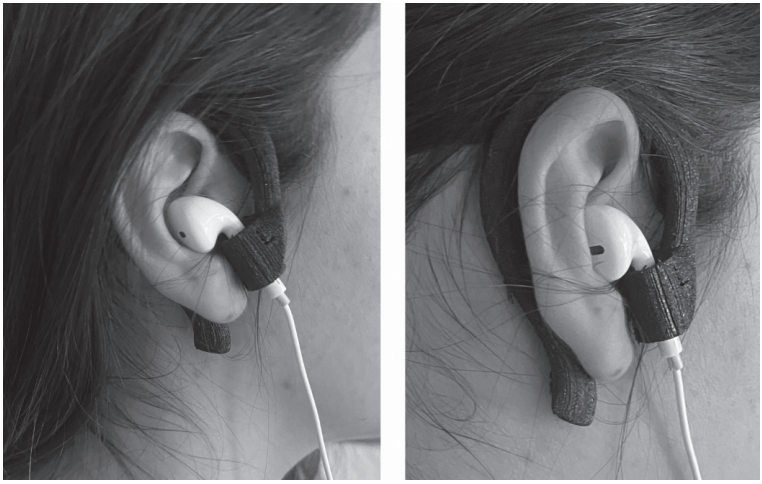
Figura 5 - Modelo 2



Fonte: Elaborado pelos autores

Por fim, foram realizados ajustes complementares na extensão do suporte que faz contato do adaptador com a orelha. Visto que o material TPU flexível se mostrou estável no modelo 2, optou-se por diminuir a distância entre a base de contato com o copo de suporte, de forma que o adaptador abraçasse a orelha ao ser colocado. O copo de suporte foi reposicionado para fora da estrutura, permitindo maior liberdade no encaixe dos fones e possibilitando o uso em posição lateral — ideal para usuários com hipersensibilidade a modelos intra-auriculares (Figura 6).

Figura 6 - Uso do suporte Modelo 3 - variação do fone em posição lateral



Fonte: Elaborado pelos autores

Os três ciclos de prototipagem permitiram a identificação de problemas estruturais, ergonômicos e de resistência, culminando em um modelo funcional com melhor adaptação anatômica, uso mais confortável e estabilidade aceitável para usuários com orelhas menores.

4. DISCUSSÃO

Os testes comparativos entre os modelos revelaram que o uso de filamento TPU flexível representa uma alternativa viável e superior ao PLA quando se trata de produtos vestíveis em regiões sensíveis do corpo. A evolução formal do produto, orientada por feedbacks práticos, permitiu um aprimoramento significativo na adaptação e na experiência de uso.

O estudo aponta para uma aplicabilidade real desse dispositivo de tecnologia assistiva (TA) em contextos de educação inclusiva, acessibilidade e adaptação de soluções existentes no mercado para públicos com necessidades específicas, e sua contribuição principal está na demonstração da aplicabilidade da manufatura aditiva e da manufatura rápida no desenvolvimento de tecnologias assistivas (TA) customizadas e prontas para uso, com baixo custo, rápida interação no processo de design e potencial de personalização. Também é possível ajustar e replicar o dispositivo para outros modelos de fones e acessórios auriculares, incluindo suportes para protetores e aparelhos auditivos, a fim de oferecer customização estética e funcional a públicos com hipersensibilidade auditiva.

A fim de aprimorar os estudos relacionados ao conforto e estabilidade, destaca-se a necessidade de aplicar testes de usabilidade usando uma amostra ampla e sistemática de usuários para validação quantitativa do conforto e desempenho do adaptador. Ademais, recomenda-se a realização de escaneamento 3D da orelha para personalização total e a avaliação de novos materiais com toque mais macio e acabamento menos abrasivo do que os materiais utilizados neste estudo.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou a possibilidade de desenvolver adaptadores auriculares ergonômicos e funcionais por meio de impressão 3D, utilizando uma abordagem iterativa de design centrado no usuário, além de apresentar diretrizes técnicas e ergonômicas para projetos similares que envolvam dispositivos auriculares. Ao longo de três ciclos de prototipagem, foi possível identificar e solucionar problemas relacionados à rigidez do material, à estabilidade da peça e ao conforto anatômico.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi possível graças à oportunidade do autor de participar do Laboratório de Estudos Inventivos (LabEITA) da Universidade Federal de Goiás (UFG). A pesquisa contou com o financiamento do Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação (MCTI).

REFERÊNCIAS

ALVORD, L. S.; FARMER, B. L. Anatomy and orientation of the human external ear. *Journal of the American Academy of Audiology*, v. 8, n. 6, p. 383–390, dez. 1997.

BESKO, M.; BILYK, C.; SIEBEN, P. G. Aspectos técnicos e nocivos dos principais filamentos usados em impressão 3D. *Gest. Tecnol. Inov.*, v. 1, n. 3, p. 9–18, set./dez. 2017.

HOPKINSON, N.; HAGUE, R. J. M.; DICKENS, P. M. (Orgs.). *Rapid manufacturing: an industrial revolution for the digital age*. 1. ed. Chichester: Wiley, 2005.

IBGE. Pesquisa Nacional de Saúde. Rio de Janeiro, RJ: Ibge, 2021.

KERMAVNAR, Tjaša; SHANNON, Alice; O'SULLIVAN, Leonard W. The application of additive manufacturing / 3D printing in ergonomic aspects of product design: A systematic review. *Applied Ergonomics*, v. 97, p. 103528, nov. 2021.

LIU, K. et al. Statistical shape analysis of the Chinese external ear for ergonomic design of in-ear products. *Ergonomics*, [s.l.], [s.n.], [s.d.].

YAN, Yan *et al.* In-ear earphone design-oriented pressure sensitivity evaluation on the external ear. *Ergonomics*, v. 66, n. 9, p. 1354–1368, set. 2023.

Adequação da acessibilidade para a plataforma de elevação vertical das estações tubo de Curitiba: Requisitos e parâmetros

Souza, Arlen Douglas Marinho de*[1]; Almeida, Carlos Vinicius de[2]; Okimoto, Maria Lúcia Leite Ribeiro[3]; Sierra, Isabella de Souza[4].

1 – Departamento de Design, UFPR, Curitiba, Paraná, arlendouglas@ufpr.br
2 – Departamento de Design, UFPR, Curitiba, Paraná, carlosv.almeida@ufpr.br
3 – Departamento de Engenharia Mecânica, UFPR, Curitiba, Paraná, lucia.demec@ufpr.br
4 – Departamento de Expressão Gráfica, UFPR, Curitiba, Paraná, isabella.sierra@ufpr.br
* - Correspondência: Rua Rio Negro, 341, Educandos, Manaus, Amazonas, Brasil, 69070-130.

DOI 10.52050/9788579177163-14

RESUMO

O estudo de Miranda (2013) identificou problemas ergonômicos relacionados ao dimensionamento e alcance nas plataformas de acessibilidade das estações-tubo de Curitiba. Com base na NBR ISO 9386-1 (2013), esta pesquisa propõe soluções para resolução desses problemas. Utilizou-se a estrutura metodológica do Design Science Research, através do qual houve um aprofundamento nas normativas vigentes quanto à acessibilidade. Com base nessas normativas e na avaliação da acessibilidade de Miranda, formularam-se requisitos e parâmetros que solucionariam os problemas observados. Observou-se que somente o cumprimento das normas foi insuficiente, sendo preciso considerar os avanços tecnológicos e as necessidades dos usuários por meio de testes reais.
Palavras-chave: Acessibilidade, Inclusão, Plataforma de acessibilidade.

ABSTRACT

Miranda's (2013) study identified ergonomic issues related to sizing and reach on the accessibility platforms of Curitiba's tube stations. Based on NBR ISO 9386-1 (2013), this research proposes solutions to address these problems. The methodological framework of Design Science Research was used, through which a deeper analysis of current accessibility standards was conducted. Based on these standards and Miranda's accessibility assessment, requirements and parameters were formulated to solve the identified issues. It was observed that mere compliance with standards

was insufficient, making it necessary to consider technological advances and user needs through real-world testing.
Keywords: *Accessibility, Inclusion, Accessibility platform.*

1. INTRODUÇÃO

A Lei nº 10.098/2000 estabelece diretrizes para garantir a acessibilidade de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, exigindo adaptações em edifícios, espaços urbanos e meios de transporte (LAQUALE, 2017). Conforme Simões e Bispo (2006), deficiência é a perda ou alteração de uma função do corpo; incapacidade é a limitação para realizar atividades; e desvantagem é o prejuízo social resultante dessas condições, considerando fatores como idade e cultura.

Acessibilidade refere-se à possibilidade e condição de acesso seguro e autônomo a espaços, equipamentos, transportes, informações e serviços públicos ou privados, urbanos ou rurais, para pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida (LBI,2015).

No ano de 1972, a URBS - Urbanização de Curitiba S.A, recebeu autorização legal para atuar no desenvolvimento urbano. Em 1989, o sistema estação-tubo foi aprovado para implantação na cidade de Curitiba, conforme a figura 1 (MIRANDA et al., 2012).

Figura 1 - Sistema estação-tubo Fonte: Tribuna[1] (20--)



As estações-tubo são estruturas cilíndricas e fechadas, projetadas para servir como pontos de embarque e desembarque rápido, otimizando o fluxo

1 https://www.tribunapr.com.br/noticias/curitiba-regiao/duas-estacoes-tubo-do-ligeirao-norte-sul--voltam-a-operar-a-partir-desta-terca-feira/cognitivas

de passageiros e reduzindo o tempo de parada dos veículos. Essas estruturas passaram a compor a paisagem urbana curitibana como marcos de eficiência no transporte coletivo.

Com o objetivo de atender às demandas por acessibilidade, o projeto original incluiu a instalação de plataformas elevatórias, que permitem o embarque de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, especialmente cadeirantes, sem a necessidade de rampas convencionais (MIRANDA et al., 2012). De acordo com a NBR 15655-1 (2009), a plataforma elevatória é uma estrutura guiada, projetada para vencer desníveis entre pavimentos, proporcionando acesso seguro e autônomo para usuários com ou sem cadeira de rodas.

Miranda (2013) investigou a acessibilidade das plataformas elevatórias em Curitiba, considerando não apenas aspectos técnicos, mas também as necessidades físicas, e emocionais dos usuários. Por meio de observação, foram descritas as etapas realizadas por usuários com mobilidade reduzida ao utilizar a plataforma elevatória nas estações-tubo de Curitiba. Ao entrar, era necessário o usuário acionar a plataforma até o nível da estação e, após o embarque, o cobrador a retornava ao nível da calçada. Na saída, o processo se invertia: o cobrador elevava a plataforma, o usuário a acionava para descer até a calçada e então finalizava o trajeto (MIRANDA, 2013).

Miranda (2013) apontou, por meio de vivência, observação e Think Aloud, problemas no uso das plataformas elevatórias por pessoas com mobilidade reduzida, tais como insegurança, dificuldade para identificar e acionar botões, dimensões inadequadas do equipamento e posturas desconfortáveis para usuários e assistentes, além de questões ergonômicas nas interfaces e dimensionamento insuficiente da base da plataforma para um usuário e assistente. Os problemas ergonômicos nas interfaces da plataforma, foram:

1. Ausência de aba de segurança para impedir o descolamento do usuário com cadeira de rodas durante a operação do equipamento;
2. Dificuldade em localizar o acionamento, porque os botões estavam dentro de uma caixa de comando com tampa sem indicação visual;
3. A caixa de acionamento está em uma altura inadequada considerando o usuário em pé.

Com o objetivo de promover a inclusão de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, a ABNT destaca a norma NBR ISO 9386-1 (2013), que estabelece requisitos técnicos para garantir a acessibilidade em edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, assegurando ambientes adequados para todos. Esses são:

- Requisitos dimensionais

De acordo com a ABNT NBR ISO 9386-1 (2013), em locais públicos plataformas elevatórias para acomodar cadeiras de rodas devem ter pelo menos 900 x 1400 mm. Em construções privadas, podem ser ajustadas conforme o espaço disponível (Vide tabela 1).

Tabela 01 - Requisitos dimensionais

Uso principal	Dimensões planas mínimas (largura x comprimento
Quando as portas estão localizadas a 90° entre si (acompanhante ao lado da cadeira de rodas)	1 100 x 1 400
Acompanhante em pé atrás do usuário em cadeira de rodas	800 x 1 600
Usuário só, tanto em pé como em cadeira de rodas	800 x 1 250
Usuário só e em pé (não adequado para uso com cadeira de rodas)	650 x 650
Usuário só e em pé (com percurso de até 500 mm)	325 x 350

Fonte: ABNT NBR ISO 9386-1

- Componentes de segurança

Consoante a norma em destaque deve-se, no projeto de plataformas verticais de acessibilidade, incorporar como item obrigatório visando a minimização de riscos, os seguintes itens:

1. Freios de segurança e limitadores de velocidades;
2. Materiais resistentes à combustão;
3. Base com material antiderrapante;
4. Sensor anti-esmagamento;
5. Aba de segurança, para plataformas com o percurso acima de 500 mm.

A acessibilidade nos meios de transporte é um direito garantido pela Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015), que determina, no capítulo X art. 48, a obrigatoriedade da adaptação de todas as instalações e veículos para atender de forma equitativa toda a população. Em Curitiba, onde aproximadamente 158 mil pessoas possuem algum tipo de deficiência — o que corresponde a 8,9% dos habitantes, segundo o Censo do IBGE (2020) —, assegurar condições adequadas de mobilidade é essencial para promover inclusão social e cidadania. Além disso, iniciativas voltadas à acessibilidade aliadas a políticas de controle de gastos energéticos, contribuem significativamente para o aumento do uso do transporte coletivo (MIRANDA, 2013) favorecendo o bem-estar da população como um todo. A relevância deste

estudo encontra-se no fomento ao investimento de infraestrutura acessível e eficiente, que garanta para além do cumprimento da legislação, o respeito à diversidade humana.

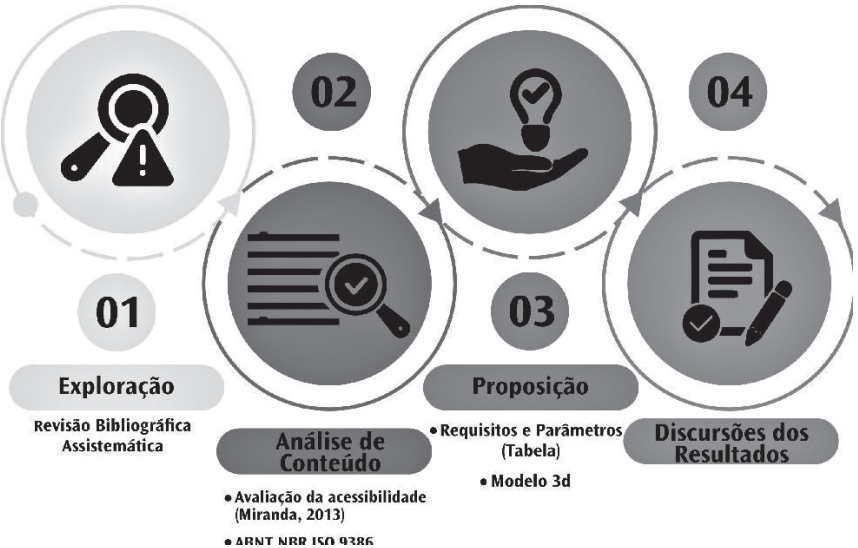
Neste contexto, baseando-se na NBR ISO 9386-1 (2013)— que estabelece requisitos quanto à segurança, ao dimensionamento e à operacionalização de plataformas de elevação vertical — surgiu o seguinte questionamento: seria a aplicação da norma NBR ISO 9386-1 (2013) suficiente para a resolução dos problemas ergonômicos interfaciais da plataforma elevatória das estações-tubo de Curitiba? Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é elaborar propostas que visem à resolução dos problemas interfaciais destacados por Miranda (2013) nas plataformas de elevação das estações-tubo de Curitiba, tendo como base a NBR ISO 9386-1 (2013).

2. DESENVOLVIMENTO

A pesquisa embasou-se na estrutura metodológica do Design Science Research (DSR). A escolha se deu devido esse método se apresentar como que melhor "estabelece e operacionaliza a pesquisa quando o objetivo desejado é um artefato ou uma recomendação" (Dresh et al., 2015, p. 67).

A estratégia de desenvolvimento da pesquisa foi conduzida em quatro fases (figura 2): Exploração (Fase 01), Análise de conteúdo (Fase 02), proposição (Fase 03) e, por fim, Discussões dos resultados (Fase 04).

Figura 2 - Etapas da Pesquisa.



Fonte: Os autores (2025)

O protocolo de coleta de dados desta pesquisa partiu da fase de Exploração, na qual se iniciou uma Revisão Bibliográfica Assistemática (RBA) para a coleta de dados e seleção dos principais autores que sustentam a fundamentação teórica, buscando por temas relacionados à Ergonomia, Acessibilidade e às normas técnicas que regulamentam as plataformas de elevação. Esse processo foi crucial para a seleção de trabalhos voltados à avaliação do mobiliário urbano "estação-tubo", utilizados na identificação dos problemas presentes neste equipamento.

Em seguida, passou-se para a etapa de Análise de conteúdo das literaturas selecionadas Bardin (2016), sendo elas a avaliação de acessibilidade de Miranda (2013) e a ABNT NBR ISO 9386-1 (2013), para então iniciar a etapa de Proposição.

Na etapa de proposição, com o auxílio do software vetorial CorelDRAW e tendo como base a ABNT NBR ISO 9386-1 (2013), foi formulada uma tabela contendo os requisitos para a adequação da plataforma de acessibilidade das estações-tubo e os parâmetros para resolução dos problemas ergonômicos interfaciais destacados por Miranda (2013). Para fins didáticos, utilizou-se o software de modelagem *SketchUp* para o desenvolvimento de um modelo 3D da plataforma da estação-tubo, contendo as alterações propostas com foco na acessibilidade, incorporando os requisitos e empregando os parâmetros listados na tabela desenvolvida.

A etapa 4, referente à discussão dos resultados, utilizou o presente artigo para sua concretização, apresentando as limitações deste estudo e possíveis sugestões para seu enriquecimento teórico.

3. RESULTADOS

Na avaliação de Miranda (2013), foram identificados problemas ergonômicos nas interfaces das plataformas elevatórias, como dificuldade em localizar o acionamento e altura inadequada da caixa de comando para o assistente. Esses problemas foram solucionados ao longo dos últimos 10 anos, com o comando agora sob responsabilidade do cobrador dentro da estação-tubo, fora do alcance direto dos usuários. Sendo assim, no quadro 1, apresentado a seguir, estão listados requisitos que solucionariam os problemas interfaciais que ainda constam na plataforma atualmente, e os parâmetros para completude desses.

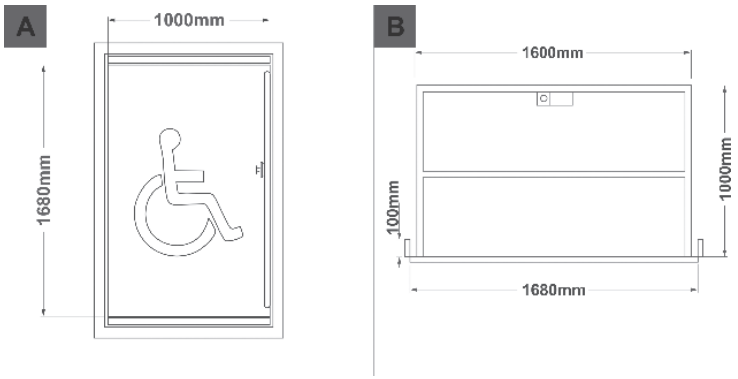
Quadro 01 - Adequação para resolução dos problemas ergonômicos interfaciais na plataforma de elevação vertical da estação-tubo.

Requisitos	Parâmetros
Abarcar o usuário e um assistente	A base da plataforma deve ter uma área útil de no mínimo 1000 mm de largura por 1680mm de profundidade
Evitar o deslocamento da pessoa com cadeira de rodas durante a operação do equipamento	• A plataforma deve está munida com uma aba de segurança com no mínimo 100mm de altura cobrindo toda a largura útil frontal da base da plataforma • Deve possuir uma barra lateral com uma altura mínima de 100mm incluindo outra barra intermediária dentro no mínimo 300mm da base da plataforma.
Possuir um dispositivo de emergência ao alcance do usuário e do assistente	Na barra lateral superior deve estar posicionado um botão de cor vermelha, com a indicação de sua funcionalidade devidamente identificada, para o acionamento do freio de segurança

Fonte: Os autores (2025), com base na ABNT NBR ISO 9386-1.

Conforme a ABNT NBR 9050 (2015), às dimensões totais exigidas para uma cadeira de rodas aberta são de 700 mm de largura e 1.150 mm de profundidade. Sendo assim como uma forma de intervenção a figura 3, no item A, apresenta a base da plataforma com área útil de 1.000 mm x 1.680 mm, tornando viável para o uso conjunto do usuário com um assistente (Figura 4, item A).

Figura 3 - Representação gráfica do dimensionamento proposto, onde (A) apresenta as dimensões para a base da plataforma na vista superior e em (B) a complementação com as proporções das abas de segurança e barra lateral.

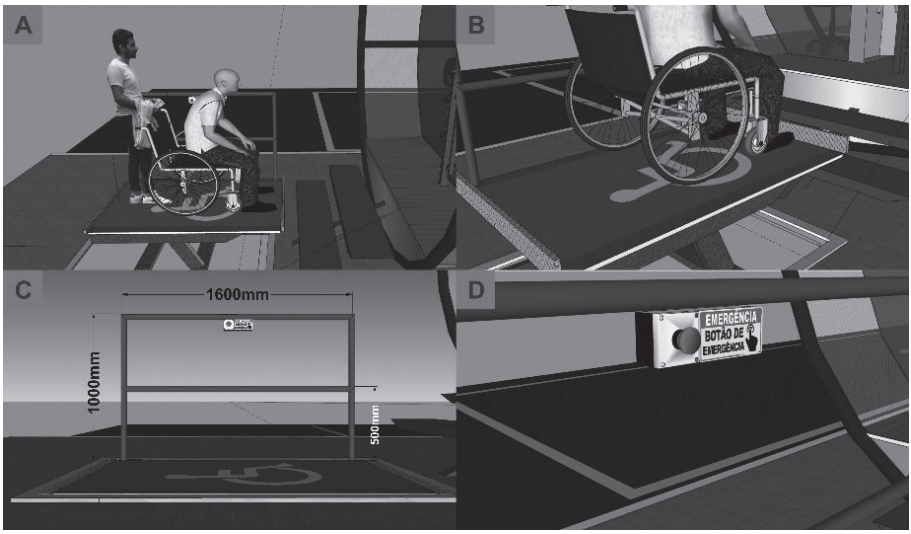


Fonte: Os autores (2025)

Ainda conforme a norma ABNT NBR ISO 9386-1/2013 plataformas que realizam um percurso acima de 500mm devem apresentar uma aba de segurança

de no mínimo 100mm, por tanto foi acrescentada uma aba de segurança, que será acionada automaticamente durante a ascensão da plataforma (figura 4, item B) cobrindo a parte frontal e posterior da plataforma. Quanto a barra lateral, essa foi disposta de acordo como exige a norma contendo uma segunda barra intermediária estando a 50mm de altura (figura 4, item C), e para conferir a seguridade do usuário durante o manuseio do equipamento, foi acoplado à barra superior um sistema com o botão de emergência (figura 4, item D), devidamente identificado, que aciona o freio de segurança.

Figura 4 - Representação 3d da adequação dos problemas ergonômicos, onde (A) apresenta a interação conjunta entre o usuário e o assistente, em (B) a representação das abas de segurança, em (C) a barra lateral e em (D) o sistema com o botão que aciona o freio de segurança.



Fonte: Os autores (2025)

4. CONCLUSÕES

Este estudo, teve como objetivo propor soluções alinhadas às normas da ABNT para melhorar a segurança, acessibilidade e funcionalidade do equipamento. A análise combinou normas técnicas, requisitos de acessibilidade e a experiência dos usuários, resultando em propostas focadas na ergonomia e usabilidade. Conclui-se que, embora o cumprimento normativo seja essencial, ele não é suficiente por si só, sendo necessário considerar avaliações contínuas, avanços tecnológicos e as reais necessidades dos usuários.

Além das adaptações já propostas neste estudo, outras melhorias poderiam ser implementadas, como realizar a substituição do acionamento manual por sistemas automatizados com sensores de presença, tornando assim o uso

mais intuitivo. Melhorias na comunicação visual como, sinalizações em braille, pictogramas e alto contraste, assim como a consideração do conforto térmico e acústico nos materiais da plataforma.

Para continuidade, sugere-se a realização de testes em campo com usuários reais, enfatizando a ergonomia participativa, além da ampliação dos estudos para outras estruturas do transporte público.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 9050:2004 – Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos. Rio de Janeiro, 2004. NBR 9050:2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 9050:2015 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 15646: 2009 – Acessibilidade – plataforma elevatória veicular e rampa de acesso veicular para acessibilidade em veículos com características urbanas para o transporte coletivo de passageiros – Requisitos de desempenho, projeto, instalação e manutenção. Rio de Janeiro, 2009a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 15655-1: 2009 – Plataformas de Elevação Motorizadas para Pessoas Com Mobilidade Reduzida – Requisitos para Segurança, Dimensões e Operação Funcional. Parte 1: Plataformas de Elevação Vertical. Rio de Janeiro, 2009b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR ISO 9386-1:2013 – Plataformas de Elevação Motorizadas para Pessoas Com Mobilidade Reduzida – Requisitos para Segurança, Dimensões e Operação Funcional. Parte 1: Plataformas de Elevação Vertical. Rio de Janeiro, 2013.

BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2016.

BRASIL. Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 dez. 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l10098.htm Acesso em: 28 nov. 2024.

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, 6 de julho de 2015; Disponível em: > https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm< .Acesso em dezembro de 2024.

LAQUALE, Adonis Alexandre. *A pessoa com deficiência e o direito à acessibilidade*. 2017. Disponível em: https://www.eduvaleavare.com.br/wp-content/uploads/2017/06/artigo8.pdf. Acesso em: 28 nov. 2024.

MIRANDA, Cristina. *AVALIAÇÃO DA ACESSIBILIDADE DO EQUIPAMENTO URBANO: estudo exploratório sob a ótica do design.* 2013. 118 f. Dissertação de mestrado Programa de Pós-Graduação em Design. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MIRANDA, Cristiana; ALMEIDA E SILVA, Caio Marcio; OKIMOTO, Maria Lúcia Leite Ribeiro. Notas acerca da acessibilidade ao sistema de transporte público de Curitiba: o caso da plataforma elevatória da estação-tubo. *Ação Ergonômica, Curitiba*, v. 7, n. 3, p. 34-55, 2012.

Serviços e ações fazem parte da atenção à pessoa com deficiência, que é prioridade em Curitiba. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/servicos-e-acoes-fazem-parte-da-atencao-a-pessoa-com-deficiencia-que-e-prioridade-em-curitiba/69369#:~:text=Das%20158%20mil%20pessoas%20(8%2C9%%20da%20popula%C3%A7%C3%A3o),e%20Estat%C3%ADstica)%2C%20divulgado%20na%20%C3%BAltima%20sexta%2Dfeira%20(07/ 7). > Acesso em: 14 mai. 2025

SIMÕES, J. F. BISPO, R. *Design inclusivo*: acessibilidade e usabilidade em produtos, serviços e ambientes. 2. ed. Lisboa: Centro Português de Design, 2006.

URBS. História do transporte. Disponível em: https://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/historia-transporte. Acesso em: 29 nov. 2024.

Desenvolvimento e validação de um dispositivo de baixo custo para dinamometria portátil da extensão de joelho

Antonio Vinicius Soares[*1]; Eduarda Hoepers Gonçalves[2]; Emanuely Seraphin Batista[3]; Susana Cristina Domenech[4]; Fabrício Noveletto[5]

1 – Programas de Pós-graduação em Design e Saúde e Meio Ambiente, UNIVILLE, antonio.vinicius@univlle.br
2 – Curso de Fisioterapia, UNIVILLE, eduardagoncalves@univille.br
3 – Curso de Fisioterapia, UNIVILLE, emanuely.batista@univille.br
4 – Programa de Pós-Graduação em Design, UDESC, susana.domenech@udesc.br
5 – Departamento de Engenharia Elétrica (Grupo de Engenharia Biomédica), UDESC, fabricio.noveletto@udesc.br
* Correspondência: R. Paulo Malschitzki - Zona Industrial Norte, Joinville - SC, Brasil, 89219-710.

DOI 10.52050/9788579177163-15

RESUMO

A dinamometria portátil é amplamente utilizada para avaliar a força muscular, sendo considerada uma ferramenta prática, acessível e objetiva, especialmente relevante na população idosa. Este estudo teve como objetivo desenvolver e validar clinicamente um dispositivo de baixo custo para mensurar a força extensora do joelho. A metodologia envolveu o desenvolvimento de um equipamento ergonômico e a realização de testes clínicos com idosos, analisando sua eficácia e aplicabilidade. Os resultados demonstraram que o dispositivo fornece medições confiáveis, superando limitações mecânicas enfrentadas por examinadores. Conclui-se que o equipamento proposto apresenta viabilidade prática e contribuições relevantes para a saúde e tecnologia assistiva.
***Palavra-chave*:** dinamométrica portátil, força muscular, tecnologia assistiva.

ABSTRACT

Portable dynamometry is widely used to assess muscle strength, being considered a practical, accessible, and objective tool, especially relevant in the elderly population. This study aimed to develop and clinically validate a low-cost device to measure knee extensor strength. The methodology involved the development of an ergonomic device and conducting clinical tests with elderly individuals, analyzing its effectiveness and applicability. The results demonstrated that the

device provides reliable measurements, overcoming mechanical limitations faced by examiners. It is concluded that the proposed equipment presents practical feasibility and relevant contributions to health and assistive technology.
Keywords: *portable dynamometry, muscle strength, assistive technology.*

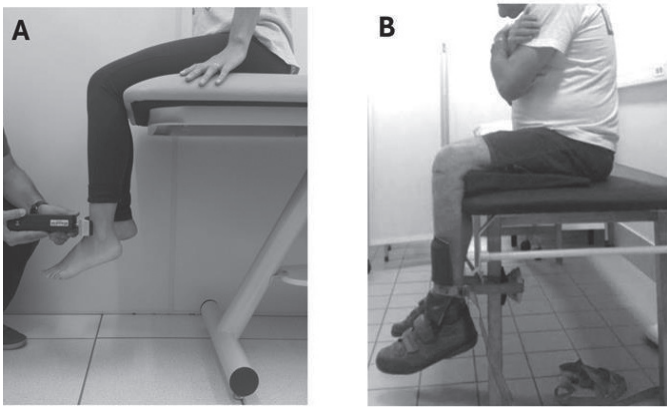
1. INTRODUÇÃO

A dinamometria portátil (DP) é uma técnica amplamente utilizada na avaliação da força muscular por sua natureza não invasiva, praticidade e confiabilidade dos dados. Em ambientes clínicos, o teste manual de força continua sendo o método mais comum para documentar déficits musculares (BOHANNON, 2005), apesar de suas limitações reconhecidas, como subjetividade, baixa confiabilidade entre examinadores, influência da cooperação do paciente e dependência da experiência do avaliador (BOHANNON, 2005; CUTHBERT; GOODHEART, 2007; DANNESKIOLD-SAMSOE et al., 2009).

Diante disso, a dinamometria portátil tem se destacado como uma alternativa mais precisa, especialmente em idosos, nos quais a força extensora do joelho apresenta forte correlação com equilíbrio, mobilidade e desempenho funcional (ALONSO et al., 2018). A DP tem ganhado popularidade em ambientes clínicos devido à sua natureza não invasiva, facilidade de uso e capacidade de fornecer medições objetivas e confiáveis (BOHANNON, 2005; PINTO-RAMOS et al., 2022).

O músculo quadríceps femoral é frequentemente avaliado por meio da DP (ANDREWS; THOMAS; BOHANNON, 1996; FELÍCIO et al., 2021; MYONG et al., 2023). No entanto, o teste clássico exige que o examinador estabilize o equipamento manualmente, o que representa uma desvantagem mecânica significativa, já que envolve um músculo de grande potência (Figura 1A). Adaptações que fixam o dinamômetro à mesa de exame foram propostas para melhorar a estabilidade da avaliação, como mostrado na Figura 1B (BACHASSON et al., 2014), mas reduzem a portabilidade e exigem estrutura física específica, o que limita sua aplicabilidade em diferentes contextos clínicos.

Figura 1 - A, teste clássico usando DP (os autores), e B, DP fixada à mesa de exame



(adaptado de Bachasson et al., 2014)

Considerando essas limitações, este estudo teve como objetivo desenvolver e validar clinicamente um dispositivo de baixo custo para mensuração da força extensora do joelho. Desta forma, oferecer melhor ergonomia, maior praticidade e confiabilidade na mensuração.

2. DESENVOLVIMENTO

Este é um estudo quantitativo, descritivo e transversal, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, sob o número 4.593.781. A coleta de dados ocorreu entre fevereiro de 2021 e dezembro de 2023. Inicialmente, os participantes receberam palestras explicativas sobre a pesquisa. Foram incluídos idosos com idade igual ou superior a 60 anos, cadastrados em Centros de Referência de Assistência Social (CRAS). Foram excluídos os que apresentavam limitações físicas, se recusaram a realizar os procedimentos ou não assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

As avaliações foram realizadas em visita única, com duração média de 40 minutos. Os dados foram organizados em formulário estruturado contendo informações sociodemográficas e clínicas, como idade, sexo, etnia, estado civil, escolaridade, altura, peso, índice de massa corporal, circunferências abdominal e de panturrilha, além de presença de comorbidades. Aspectos cognitivos e de humor foram avaliados por meio do Teste de Desenho do Relógio e da Escala de Depressão Geriátrica.

A sarcopenia foi classificada conforme os critérios da *European Working Group on Sarcopenia in Older People* (EWGSOP2), considerando força muscular, massa muscular e desempenho físico. Idosos com força reduzida

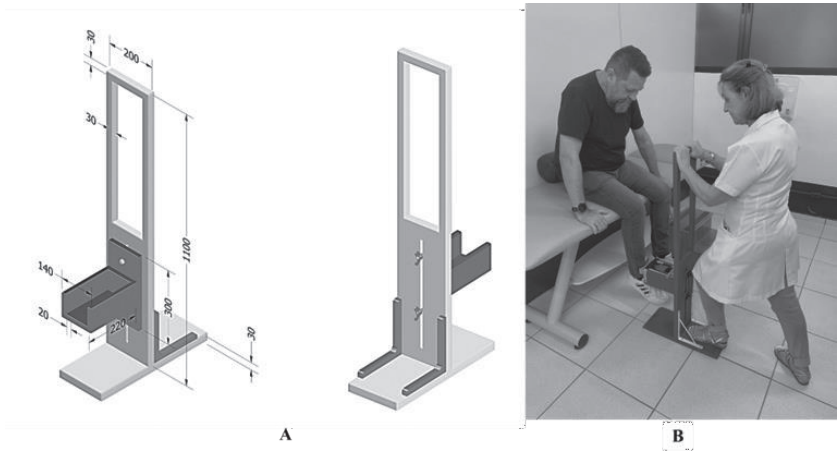
foram classificados como pré-sarcopênicos; com força e massa reduzidas, como sarcopênicos; e com desempenho físico também comprometido, como sarcopênicos graves.

A força muscular foi avaliada pelo Teste de Sentar e Levantar (tempo >15 segundos indica força reduzida) e pela força de preensão manual, utilizando dinamômetro (Takei®, Japão), com pontos de corte de <27 kg para homens e <16 kg para mulheres. A massa muscular foi estimada pela circunferência da panturrilha, com fita inextensível, considerando valores <34 cm para homens e <33 cm para mulheres. O desempenho físico foi avaliado por meio do Timed Up and Go Test (tempo >20 segundos) e do Teste de Velocidade de Marcha (<0,8 m/s).

A força de extensão do joelho foi mensurada com dinamômetro portátil multiarticular (Chatillon®, EUA). O participante permanecia sentado com o joelho a 90°, e o equipamento era posicionado acima do tornozelo, acoplado a um dispositivo de estabilização desenvolvido pelos pesquisadores. O teste consistia em duas contrações isométricas do quadríceps de 3 a 5 segundos, sendo considerada a melhor medida. Todos os testes foram realizados por duas avaliadoras treinadas.

O protótipo foi construído em madeira, fixado com parafusos, permitindo a estabilização do dinamômetro durante a avaliação. A Figura 2A apresenta o esquema do dispositivo; na Figura 2B, observa-se sua aplicação clínica com o equipamento acoplado ao paciente.

Figura 2 - A: protótipo do dispositivo desenvolvido; B: aplicação clínica com HHD estabilizado



Fonte: os autores

Os dados foram organizados no Microsoft Excel® e analisados no software GraphPad Prism® 8. As variáveis foram expressas em médias, desvios padrão

e frequências. A comparação entre os grupos (pré-sarcopênicos e não sarcopênicos) foi realizada com teste t de s*tudent* (dados paramétricos) ou Mann-Whitney (dados não paramétricos). Para análise de frequência, foi utilizado o teste de qui-quadrado, considerando nível de significância de 5% ($p<0,05$).

3. RESULTADOS

Neste estudo, foram avaliados 276 idosos, com exclusão de 10 participantes: 7 com diagnóstico de sarcopenia e 3 que não completaram os testes. A classificação dos idosos, conforme a definição atual de sarcopenia (CRUZ-JENTOFT et al., 2019), revelou que 33% (n=87) foram classificados como pré-sarcopênicos, e 67% (n=179) como não sarcopênicos.

A Tabela 1 apresenta a distribuição das características dos participantes, incluindo médias, desvios padrões, e os resultados dos testes estatísticos. Em relação às variáveis antropométricas e demográficas, não houve diferença significativa entre os grupos de idosos pré-sarcopênicos e não-sarcopênicos ($p>0,05$ para todas as variáveis). No entanto, diferenças significativas foram observadas nos testes de desempenho funcional e força muscular.

Tabela 1 - Características dos Participantes e Resultados dos Testes Funcionais e de Força Muscular

VARIÁVEIS	Pré-sarcopênicos	Não sarcopênicos	
Perfil epidemiológico e antropometria	**(n=87)**	**(n=179)**	**Valor p**
Idade (anos)*	72,1 (6,9)	70,5 (6,3)	0,059
Sexo (feminino, masculino; %)**	71,3% - 28,7%	63,1% - 36,9%	0,189
Índice de Massa Corporal (kg/m)*	29,7 (4,6)	29,0 (4,7)	0,214
Circunferência Abdominal (cm)	103,1 (11,5)	101,5 (11,9)	0,299
Avaliação da Sarcopenia			
Circunferência da Panturrilha (cm)*	39,0 (3,6)	38,8 (3,7)	0,838
Teste Timed Up and Go (s)*	9,2 (2,6)	8,2 (2,1)	0,001
Teste de Velocidade de Marcha (m/s)	1,4 (0,3)	1,5 (0,3)	0,001
Teste de Sentar e Levantar (s)*	12,3 (3,5)	11,9 (4,7)	0,132
Teste de Força de Aperto de Mão (kg)*	21,8 (6,5)	28,3 (8,5)	0,001
Força de Extensão do Joelho (kg)*	21,2 (7,6)	27,2 (9,1)	0,001

* Teste t student; ** Teste de Mann-Whitney test

Os resultados evidenciam que os idosos pré-sarcopênicos apresentaram pior desempenho nos testes funcionais, como o Timed Up and Go (p=0,001) e a Velocidade de Marcha (p=0,001), assim como nos testes de força muscular, como a Força de Aperto de Mão (p=0,001) e a Força de Extensão do Joelho (p=0,001), quando comparados aos não sarcopênicos. Esses achados confirmam déficits funcionais e de força muscular associados à sarcopenia.

Esses dados corroboram a associação entre sarcopenia e perda funcional e muscular, conforme demonstrado por outros estudos (ALONSO et al., 2018; FELÍCIO et al., 2021; WANG; OLSON; PROTAS, 2002; YEUNG et al., 2018). Apesar da ausência de diferenças significativas nas medidas físicas, o desempenho funcional e a força foram consideravelmente inferiores nos idosos com sinais iniciais de sarcopenia.

A realização dos testes específicos para a força extensora do joelho com dinamômetro portátil (HHD) foi conduzida por duas examinadoras treinadas, sem complicações técnicas. Mesmo entre os participantes com maior força, como os homens, que costumam apresentar valores mais elevados nos testes dinamométricos (ANDREWS; THOMAS; BOHANNON, 1996; BOHANNON, 2005; FELÍCIO et al., 2021), o dispositivo semostrou seguro, eficaz e funcional para a avaliação clínica.

Embora o principal objetivo do estudo tenha sido a validação clínica de um dispositivo de baixo custo, os dados entre os grupos comparativos ressaltam a importância da medição precisa da força muscular, especialmente no diagnóstico e acompanhamento da sarcopenia. A literatura aponta a redução da força muscular como o principal critério para a identificação da sarcopenia (BEAUDART et al., 2019; CRUZ-JENTOFT et al., 2019; MARTONE et al., 2019; YEUNG et al., 2018), reforçando a relevância do instrumento desenvolvido.

Além disso, o dispositivo de dinamometria portátil utilizado para medir a força de extensão do joelho foi validado, demonstrando eficácia na avaliação da força muscular, sem complicações durante os testes. A avaliação da força muscular é um critério essencial para o diagnóstico e acompanhamento da sarcopenia, destacando a importância deste dispositivo para as intervenções terapêuticas.

4. CONCLUSÃO

Não há dúvida quanto à importância da avaliação da força muscular na prática clínica, especialmente nos idosos, devido ao risco elevado de desenvolvimento da sarcopenia, uma condição muscular altamente incapacitante e de alta prevalência. A avaliação precisa da força muscular é essencial para diagnosticar e monitorar a sarcopenia, sendo crucial aprimorar as técnicas de avaliação. Embora

a DP seja uma opção viável, há limitações no uso desse dispositivo para avaliar a força de extensão do joelho, considerando a potência dessa musculatura.

O dispositivo utilizado nesta pesquisa, que facilita a utilização da DP, representa uma solução promissora, pragmática e de baixo custo. Ele se integra perfeitamente a um DP para medir a força de extensão do joelho, mostrando uma funcionalidade eficaz e sem complicações. Os resultados obtidos demonstram que o dispositivo é uma ferramenta útil na prática clínica para a avaliação da força muscular, particularmente em idosos, e pode contribuir para o diagnóstico e acompanhamento da sarcopenia.

Com base nos resultados, este dispositivo tem o potencial de ser uma solução acessível e eficaz, com perspectivas de utilização em ambientes clínicos, e pode eventualmente estar disponível comercialmente para atender à demanda de avaliações musculares em larga escala.

REFERÊNCIAS

ALONSO, A. C. et al. Association between handgrip strength, balance, and knee flexion/extension strength in older adults. *PLOS ONE*, v. 13, n. 6, p. e0198185, 1 jun. 2018.

ANDREWS, A. W.; THOMAS, M. W.; BOHANNON, R. W. Normative Values for Isometric Muscle Force Measurements Obtained With Hand-held Dynamometers. *Physical Therapy,* v. 76, n. 3, p. 248–259, 1 mar. 1996.

BACHASSON, D. et al. Mesure ambulatoire de la force maximale volontaire isométrique du quadriceps chez le patient BPCO. *Revue des Maladies Respiratoires*, v. 31, n. 8, p. 765–770, out. 2014.

BEAUDART, C. et al. Assessment of Muscle Function and Physical Performance in Daily Clinical Practice: A position paper endorsed by the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases (ESCEO). *Calcified Tissue International*, v. 105, n. 1, p. 1–14, jul. 2019.

BENFICA, P. D. A. et al. Reference values for muscle strength: a systematic review with a descriptive meta- analysis. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, v. 22, n. 5, p. 355–369, set. 2018.

BOHANNON, R. W. Test-Retest Reliability of Hand-Held Dynamometry During a Single Session of Strength Assessment. *Physical Therapy*, v. 66, n. 2, p. 206– 209, 1 fev. 1986.

BOHANNON, R. W. Manual muscle testing: does it meet the standards of an adequate screening test? *Clinical Rehabilitation*, v. 19, n. 6, p. 662–667, set. 2005.

CRUZ-JENTOFT, A. J. et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. Age and Ageing, v. 48, n. 1, p. 16–31, 1 jan. 2019. CUTHBERT, S. C.; GOODHEART, G. J. On the reliability and validity of manual muscle testing: a literature review. *Chiropractic & Osteopathy*, v. 15, n. 1, p. 4, dez. 2007.

DANNESKIOLD-SAMSØE, B. et al. Isokinetic and isometric muscle strength in a healthy population with special reference to age and gender. *Acta Physiologica*, v. 197, n. s673, p. 1–68, out. 2009.

FELÍCIO, D. C. et al. Knee extension strength and handgrip strength are important predictors of Timed Up and Go test performance among community dwelling elderly women: a crosssectional study. *Sao Paulo Medical Journal*, v. 139, n. 1, p. 77–80, fev. 2021

PINTO-RAMOS, J. et al. Handheld dynamometer reliability to measure knee extension strength in rehabilitation patients—A cross-sectional study. *PLOS ONE*, v. 17, n. 5, p. e0268254, 17 maio 2022.

EIXO TEMÁTICO | Melhorias Ambientais, Ferramentas e Máquinas

RESUMOS

Ergocapability Protocol® como ferramenta de apoio à prescrição de Tecnologia Assistiva para inclusão laboral: relato técnico

Cabral, Ana Karina Pessoa da Silva*[1]; Merino, Giselle Schmidt Alves Díaz[2]

1 – Departamento de Terapia Ocupacional, UFPE; PPGERO, UFPE; PPErgo, UFPE, anakarina.cabral@ufpe.br

2 – Departamento de Design, UDESC; PPGDesign, UDESC; POSDESIGN, UFSC, giselle.merino@udesc.br

* - Correspondência: Av. Jorn. Aníbal Fernandes, 273 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-560.

Artigo aprovado e selecionado pelo comitê científico do V CBTA para *Special Edition*.

RESUMO

Este relato técnico descreve a aplicação do *ErgoCapability Protocol*® como ferramenta de apoio à prescrição de Tecnologia Assistiva (TA) para inclusão laboral de pessoas com deficiência (PcD). O protocolo possibilitou a avaliação da capacidade funcional dos trabalhadores e das capacidades exigidas nas tarefas, comparando-as, e nos casos de inadequação, forneceu recomendações de adequações ambientais e dispositivos de TA, em uma instituição localizada em Recife-PE. Conclui-se que pode ser uma ferramenta útil para sistematização do processo de avaliação e colocação de PcD em postos de trabalho de diferentes organizações, com foco nas capacidades do ser humano, valorizando seus talentos e habilidades.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva, Trabalho, Inclusão Laboral, Pessoa com Deficiência, Protocolo.

ABSTRACT

This technical report describes the application of the ErgoCapability Protocol® as a tool to support the prescription of Assistive Technology (AT) for the labor inclusion of people with disabilities (PwD). The protocol enabled the assessment of the functional capacity of workers and the capabilities required for tasks, comparing them, and in cases of inadequacy, providing recommendations for environmental adaptations and AT devices, in an institution located in Recife-PE. It is concluded that it can be a useful tool for systematizing the process of assessment and placement of PwD

in jobs in different organizations, focusing on human capabilities, valuing their talents and skills.
Keywords: *Assistive Technology, Work, Labor Inclusion, People with Disabilities, Protocol.*

Mobilidade urbana inclusiva: impactos do semáforo sonoro na acessibilidade para deficientes visuais

Evangelista, Tacila Fernanda Carneiro *[1]; Motta, Helen Cristina Nogueira [2]; Piekas, Mari Ines[3]; Okimoto, Maria Lúcia Leite Ribeiro [4]

1 – Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Design, UFPR, tacila.evangelista@ufpr.br
2 – Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Design, UFPR, helen.motta@ufpr.br
3 – Pós-Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Design, UFPR, mari.piekas@ufpr.br
4 – Professora Doutora do Programa de Pós-Graduação em Design, UFPR, lucia.demec@ufpr.br
* - Correspondência: Rua XV de Novembro, 1299, P. D. Pedro I, 8º andar, LabDSI, Centro, Curitiba - PR, 80.060-000

Artigo aprovado e selecionado pelo comitê científico do V CBTA para *Special Edition.*

RESUMO

A acessibilidade urbana aos indivíduos com deficiência visual é um direito garantido por lei e pode acontecer por meio de diversos recursos, como piso tátil e avisos sonoros, otimizando a independência. Este artigo objetiva analisar a botoeira sonora de um semáforo em Curitiba-PR, considerando sua acessibilidade às pessoas com deficiência visual. Para tanto foi realizada uma Pesquisa de Campo, seguida de avaliação pelos princípios do Desenho Universal. Assim foi possível avaliar a acessibilidade, compreendendo as fragilidades e falhas. Também foram identificadas oportunidades de melhoria, que podem impactar as áreas de Design, Ergonomia e Tecnologia Assistiva.
Palavras-chave: acessibilidade urbana, desenho universal, deficiência visual.

ABSTRACT

Urban accessibility for individuals with visual impairments is a right guaranteed by law and can be provided through resources such as tactile paving and audible signals, enhancing independence. This article aims to analyze the audible push button of a traffic light in Curitiba - PR, considering its accessibility. To this end, a field study was conducted, followed by an evaluation based on Universal Design. This approach made it possible to evaluate the accessibility, identifying weaknesses.

Opportunities for improvement were identified, which may impact the fields of Design, Ergonomics, and Assistive Technology.
Keywords: *urban accessibility, universal design, visual impairment.*

Panorama da contribuição do Design no congresso brasileiro de pesquisas em Tecnologia Assistiva

Nascimento Ferreira, Camili[1]; Nerci Saboia, Flávia[2]; De Oliveira Moretto, Júlia[3]; Veras de Castro, Erika[4]; Pereira das Neves, Érica[5]

1 – Departamento de Design, UNESP, camili.ferreira@unesp.br
2 – Departamento de Design, UNESP, f.saboia@unesp.br
3 – Departamento de Design, UNESP, julia.o.moretto@unesp.br
4 – Departamento de Design, UNESP, erika.veras@unesp.br
5 – Departamento de Design, UNESP, erica.neves@unesp.br*
* - Correspondência: Av. Eng. Luiz Edmundo C. Coube, 14-01, Núcleo Habitacional Presidente Geisel, Bauru, São Paulo, Brasil, 17033-360.

Artigo aprovado e selecionado pelo comitê científico do V CBTA para *Special Edition*.

RESUMO

A crescente demanda por soluções inclusivas evidencia a necessidade de integrar o design à tecnologia assistiva (TA). Este estudo teve como objetivo mapear a produção científica brasileira sobre design e TA nas quatro edições (2016–2023) do Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica e análise categorial de artigos publicados nos anais e livros do evento. Os resultados indicam forte presença de estudos sobre metodologias, acessibilidade digital, saúde e reabilitação. Conclui-se que o design tem papel estratégico na inclusão, ressaltando a importância de abordagens colaborativas e centradas no usuário.
Palavras-chave: Congresso Brasileiro de Tecnologia Assistiva, Design inclusivo, Design centrado no usuário.

ABSTRACT

The growing demand for inclusive solutions highlights the need to integrate design into assistive technology (AT). *This study aimed to map Brazilian scientific production on design and AT based on the four editions* (2016–2023) *of the Brazilian Congress on Assistive Technology. A bibliographic review and categorical analysis*

of articles published in conference proceedings and related publications were conducted. Results indicate a strong presence of studies on methodologies, digital accessibility, health, and rehabilitation. It is concluded that design plays a strategic role in promoting inclusion, emphasizing the importance of collaborative and user-centered approaches.
Keywords: *Brazilian Congress on Assistive Technology, Inclusive Design, User-Centered Design*

Rede de laboratórios de pesquisa em saúde 5.0 da UNIFESP para desenvolvimento e inovação em Tecnologia Assistiva.

Rodrigues, Amanda Amorim[*1]; de Godoy, Carlos Marcelo Gurjão[2]; Kunkel, Maria Elizete[3]; da Silva, Tiago Silva[4]; Ferretti , Eliana Chaves[5]; Coelho, Regina Célia[6]; dos Santos, Vagner Rogério[7]

1 – Escola Paulista de Medicina, UNIFESP, aarodrigues@unifesp.br
2 – Instituto de Ciência e Tecnologia, UNIFESP, gurjao.godoy@unifesp.br
3 – Instituto de Ciência e Tecnologia, UNIFESP, elizete.kunkel@unifesp.br
4 – Instituto de Ciência e Tecnologia, UNIFESP, silva.tiago@unifesp.br
5 – Instituto de Saúde e Sociedade, UNIFESP, eliana.ferretti@unifesp.br
6 – Instituto de Ciência e Tecnologia, UNIFESP, rccoelho@unifesp.br
7 – Escola Paulista de Medicina, UNIFESP, vagner.rogerio@unifesp.br
* - Correspondência: Rua Miguel Biondi, 97, Jardim Aliança, Guarulhos, São Paulo, Brasil, 07060-080.

Artigo aprovado e selecionado pelo comitê científico do V CBTA para *Special Edition.*

RESUMO

A Rede de Laboratórios de Pesquisa em Saúde 5.0 da UNIFESP integra saúde, engenharia, computação e design para desenvolver tecnologias assistivas centradas no usuário. Inspirada na Sociedade 5.0, prioriza inclusão e bem-estar de pessoas com deficiência e demais populações que demandam suporte tecnológico para sua autonomia e inclusão social. Com atuação colaborativa entre seis laboratórios, potencializa recursos, amplia a troca de conhecimentos e acelera o desenvolvimento de soluções, como plataformas de simulação, dispositivos para controle de tremores e tecnologias de comunicação. A rede fortalece a pesquisa aplicada, estimula a inovação social e gera impacto econômico e social relevantes.
Palavras-chave: Rede de Pesquisa, Saúde 5.0, Tecnologias Assistivas.

ABSTRACT

UNIFESP's Health Research Laboratory Network 5.0 integrates health, engineering, computing and design to develop user-centered assistive technologies. Inspired by

Society 5.0, it prioritizes the inclusion and well-being of people with disabilities and other populations that require technological support for their autonomy and social inclusion. With collaborative action among six laboratories, it leverages resources, expands the exchange of knowledge and accelerates the development of solutions, such as simulation platforms, tremor control devices and communication technologies. The network strengthens applied research, stimulates social innovation and generates relevant economic and social impact.
Keywords: ***R****esearch Network, Healthcare 5.0, Assistive Technologies.*

EIXO TEMÁTICO | Tecnologias Assistivas emergentes e com IA

ARTIGOS COMPLETOS

Abordagens participativas no design de Tecnologia Assistiva: uma análise bibliométrica

Sardá, Gabriela Cristina[*1]; Lima, Júlia Gouveia[2]; Prandini, Marcos Benedicto[3]; Catecati, Tiago[4]; Palmeira, Eduardo Gabriel Queiroz[5]; Gomes de Siqueira, Alexandre[6]; Gomes Ferreira, Marcelo Gitirana[*7]

1 – Departamento de Design, UDESC, gabriela.sarda@edu.udesc.br
2 – Departamento de Design, UDESC, julia.lima28@edu.udesc.br
3 – Departamento de Design, UDESC, marcosbenedicto@gmail.com
4 – Departamento de Design, UDESC, tcatecati@gmail.com
5 – Departamento de Design, UDESC, eduardo.palmeira@edu.udesc.br
6 – Herbert Wertheim College of Engineering, University of Florida (UF), agomesdesiqueira@ufl.edu
7 – Departamento de Design, UDESC, marcelo.ferreira@udesc.br
* -Correspondência: Av. Madre Benvenuta, 1907, Itacorubi, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 88035-901.

DOI 10.52050/9788579177163-16

RESUMO

O abandono de Tecnologias Assistivas (TAs) e a desconsideração da opinião dos usuários com deficiência justificam o interesse pelo design participativo nesta área. Este estudo analisou artigos de periódicos sobre a aplicação de abordagens participativas no design de TAs, pesquisando nas bases de dados Scopus e Web of Science. Observou-se um interesse crescente pelo tema, sobretudo na Europa e América do Norte, com foco nas TAs associadas ao envelhecimento populacional. Detectou-se, ainda, a insuficiente participação do usuário com deficiência nos estágios intermediários do design (Ideação), onde sua contribuição seria essencial para a aceitação da tecnologia e seu não abandono.
Palavras-chave: Design, Tecnologia Assistiva, Abordagens Participativas.

ABSTRACT

The abandonment of Assistive Technologies (ATs) and the ignoring of the opinions of their users justifies the interest in participatory design in this area. This study analyzed papers on the application of participatory approaches to AT design, searching Scopus and Web of Science databases. A growing interest in the subject was observed, especially in Europe and North America, with a focus on AT related

to population aging. It was also found that disabled users do not participate enough in the intermediate stages of design, where their contribution would be essential for the technology to be accepted and not abandoned.
Keywords: *Design, Assistive Technology, Participatory Approaches.*

1. INTRODUÇÃO

A Tecnologia Assistiva (TA) pode ser definida como um amplo conjunto de dispositivos, serviços, metodologias e práticas concebidas e utilizadas para atenuar os problemas enfrentados por pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida, promovendo a funcionalidade relacionando à sua atividade e participação, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (COOK; POLGAR, 2015; BRASIL 2020).

O abandono ou a não aceitação das TAs é uma questão recorrente tanto na literatura quanto na vida diária. Quase 30% das TAs são abandonadas, especialmente no primeiro ano de utilização (PHILLIPS; ZHAO, 1993). Estes autores indicam a falta de consideração pela opinião do usuário como principal fator do abandono, sugerindo maior atenção às suas necessidades (a longo prazo) na aquisição ou no desenvolvimento de TA. Pesquisas mais recentes confirmam estes achados e reforçam a importância do envolvimento do utilizador na taxa de abandono (MARTIN et al., 2010; SUGAWARA et al., 2018).

O Design Participativo (KENSING; BLOMBERG, 1998; SCHULER; NAMIOKA, 2017; MULLER; KUHN, 93) implica o envolvimento ativo das partes interessadas (pessoas com deficiência, familiares, profissionais da saúde, designers, etc.) no processo de design, para que o produto ou serviço melhor atenda às necessidades e desejos dos seus usuários; esta abordagem também é conhecida como Co-design (KING et al., 1989; KLEINSMANN; VALKENBURG, 2008). Destaca-se, ainda, a proximidade destas abordagens ao Design Centrado no Usuário (GULLIKSEN et al., 2010; WILKINSON; DE ANGELI, 2014) ou ao Design Centrado no Humano (HARTE et al., 2017; MAGUIRE, 2001). No entanto, ao contrário do Design Participativo ou Co-design, o Design Centrado no Usuário ou Centrado no Ser Humano pode ou não envolver o usuário final nas etapas de design.

Diante do abandono ou não aceitação das TAs e da insuficiente participação colaborativa dos usuários com deficiência nos estágios intermediários de Ideação do design, este estudo justifica-se pela necessidade de compreender como as abordagens de design participativo acima referidas, utilizando dos seus respectivos métodos e ferramentas, têm sido aplicadas no desenvolvimento e avaliação de TAs. A motivação reside na identificação de padrões e tendências emergentes que possam subsidiar futuras pesquisas e práticas mais eficazes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo utilizou a análise bibliométrica para mapear padrões e tendências em publicações sobre abordagens participativas no design de Tecnologias Assistivas (TAs), seguindo diretrizes de Donthu et al. (2021). A análise quantitativa abrangeu: ano de publicação, origem geográfica, objetivos, tipos de deficiência, TAs investigadas, etapas do processo de design com abordagens participativas e seus métodos e ferramentas utilizados.

As buscas foram conduzidas nas bases Scopus e Web of Science (coleção principal) em fevereiro de 2024. O termo de busca inicial que relacionava dois tópicos ("*participatory design*" AND "*assistive technology*") foi aprimorado iterativamente conforme Fabbri et al. (2013), incluindo sinônimos e variantes ortográficas que resultaram no termo final: "*participat* design*" OR "*participat* method**" OR "*particip* approach*" OR "*scandinavian approach*" OR "*co-design**" OR "*user cent* design*" OR "*person cent* design*" OR *co-creation*) AND "*assistive technolog**" OR *orth*s** OR *orthotics* OR *proth*s** OR "*artificial limb*" OR "*self-help device*" OR "*artificial replacement*" OR *bracing* OR *splint*.

Aplicaram-se filtros para tipo de documento (somente artigos de periódicos) e idioma (limitando-se ao português, inglês, espanhol e francês), sem delimitação temporal, uma vez que o primeiro artigo publicado data de 2005, reforçando a emergência da temática. Obtiveram-se 578 registros (385 na Scopus e 193 na Web of Science), reduzidos a 442 após remoção de duplicatas. A seleção dos artigos ocorreu em duas etapas: triagem (análise de título, resumo e palavras-chave) e elegibilidade (leitura completa). Os critérios de inclusão foram: estudos que desenvolveram ou avaliaram TA colaborativamente, propuseram metodologias com abordagens participativas ou mencionaram explicitamente o uso de design colaborativo nos resultados e conclusões. Excluíram-se estudos secundários e sem participação de usuários finais de TA — trabalhos com pessoas sem deficiência como representantes também foram excluídos (MARTINS et al., 2023).

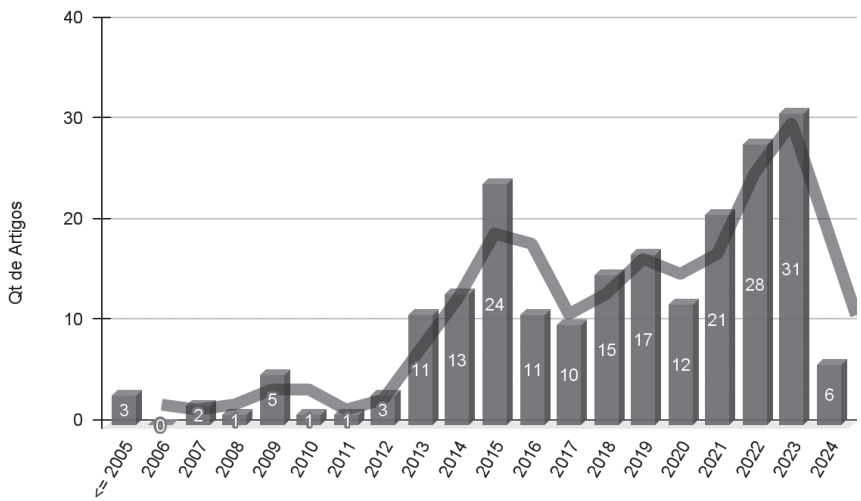
Na etapa de triagem, os 442 registros foram importados para o software Rayyan, onde três pesquisadores (um especialista e dois assistentes), independentemente, analisaram títulos, resumos e palavras-chave. As divergências foram resolvidas por meio de discussão até alcançar consenso, cabendo ao pesquisador especialista a decisão final quando necessário. Dos artigos triados, 252 avançaram para a etapa de elegibilidade, na qual o pesquisador especialista realizou a seleção a partir da leitura integral, resultando em 215 artigos incluídos na análise bibliométrica. Todo o processo foi documentado em planilhas Google Sheets, abrangendo organização dos dados, registro dos critérios de inclusão e exclusão, e extração de dados. A visualização dos

resultados foi realizada por meio de gráficos que apresentam: classificação de TA, distribuição geográfica, abordagens metodológicas, produção anual, etapas do processo de design e perfil dos participantes.

3. RESULTADOS

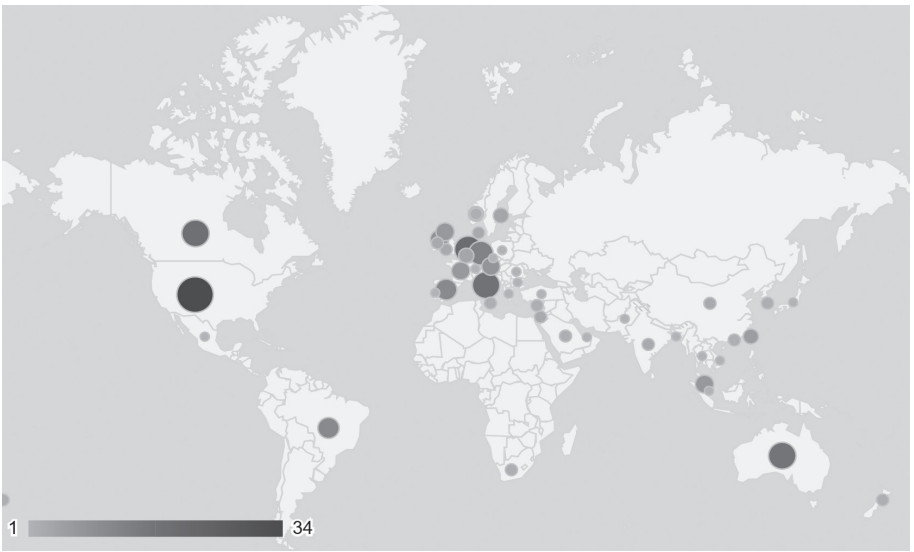
Esta seção apresenta os resultados da análise bibliométrica realizada sobre os 215 artigos que compõem o portfólio total da pesquisa. A Figura 01 exibe a evolução do número de publicações ao longo dos anos, abrangendo o período de 2005, ano da primeira publicação identificada, até 2024, data em que as buscas nas bases de dados foram realizadas para subsidiar esta análise.

Figura 01 - Quantidade de artigos ao longo dos anos



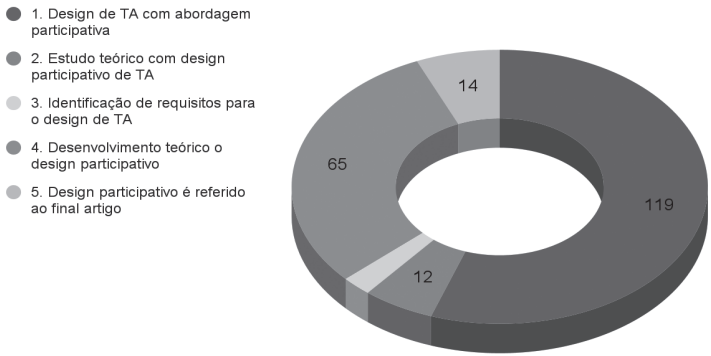
A Figura 02, por sua vez, ilustra a distribuição geográfica das afiliações institucionais dos autores dos artigos analisados no momento de suas publicações. Os países com o maior número de artigos são: Inglaterra (45); Estados Unidos (34); Holanda (20); Canadá (19); Itália (18); Austrália (17); Alemanha (13); Brasil (11); e Espanha (11).

Figura 02 - Distribuição da origem geográfica



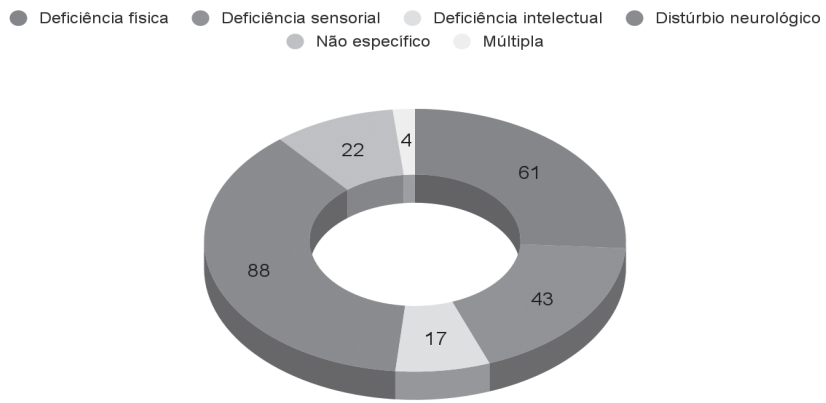
Prosseguindo na apresentação dos resultados, a Figura 03 organiza os 215 artigos selecionados, agrupando-os em cinco categorias distintas com base em seus objetivos, postos de forma abrangente. A primeira categoria, que compreende 119 artigos (55,3%), detalha o design ou a avaliação de produtos, serviços, aplicativos ou protótipos de Tecnologias Assistivas (TAs) utilizando abordagens participativas. A segunda e terceira categorias reúnem, respectivamente, doze estudos (5,6%) de natureza teórica que também abordam o design ou a avaliação de TA com enfoques participativos, e cinco artigos (2,3%) dedicados à identificação (participativa) de necessidades, prioridades ou diretrizes para o design de TA. A quarta categoria, com 65 artigos (30,2%), é composta por estudos teóricos sobre abordagens de design participativo, incluindo a proposição de métodos, técnicas e diretrizes para o design de TA. Por fim, a quinta categoria, com 14 artigos, embora não empregue diretamente abordagens participativas, destaca sua relevância em seções finais, como nas conclusões. Dentre o total analisado, 136 artigos (56,3%) pertencentes às três primeiras categorias são considerados mais relevantes para este estudo. Isso porque eles envolvem a participação direta de usuários com deficiência no processo de design ou de avaliação da TA, o que permite análises mais aprofundadas. Este subconjunto é denominado 'portfólio central', em contraposição com o 'portfólio total', que engloba os 215 artigos iniciais.

Figura 03 - Classificação dos artigos quanto ao seu objetivo, de forma abrangente



Embora os modelos biopsicossociais, como a Classificação Internacional de Funcionalidade (CIF) proposta pela OMS (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2023), ofereçam uma perspectiva mais abrangente e inclusiva da deficiência, esta análise bibliométrica optou pela utilização de um modelo médico. Esta escolha fundamenta-se na maior facilidade de aplicação na identificação das deficiências nos artigos analisados. Estas deficiências foram então categorizadas em: físicas, sensoriais, intelectuais/psiquiátricas e (distúrbios) neurológicos. A Figura 04 representa graficamente a participação de cada categoria de deficiência abordada por cada um dos artigos do portfólio total, observando, entretanto, que um único artigo pode se destinar a mais de um tipo de deficiência.

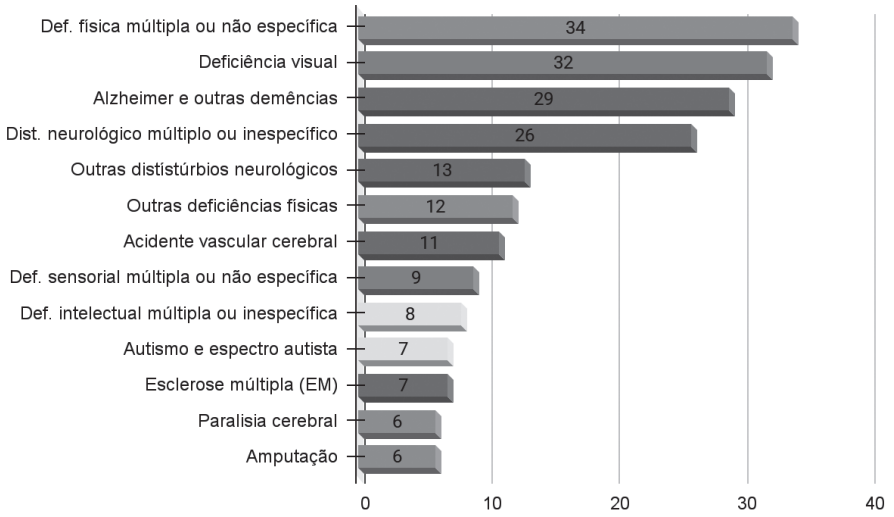
Figura 04 - Categoria de deficiência



A Figura 05 complementa a Figura 04 exibindo os tipos (ou subcategorias) de deficiência (ou distúrbios) que aparecem nos artigos com maior frequência.

Outro resultado relevante para esta análise é a proporção de artigos sobre TAs que se destinam a populações específicas: 30 artigos (14%) abordam crianças e adolescentes, e 64 artigos (30%) focam nas pessoas idosas.

Figura 05 - Tipo de deficiência



Passando da deficiência para a classe de TA desenvolvida, verifica-se no portfólio central de 136 artigos: 100 (74%) referem-se a produtos físicos, 60 (44%) a sistemas de software ou aplicativos, 35 (26%) a serviços de TA, e 10 (7%) a estratégias de TA. A fim de classificar as TAs encontradas no portfólio central de artigos, utilizou-se como referência a norma ISO 9999 (2022), que estabelece uma terminologia e um sistema de classificação para 'produtos assistivos'. A Tabela 01 detalha a quantidade de publicações relacionadas a cada uma das onze classes propostas por esta norma. É importante salientar que, para os propósitos deste estudo, a classificação da norma foi aplicada de forma abrangente a todas as TAs, e não apenas a produtos físicos.

Tabela 01 - Classes de Tecnologia Assistiva

Classe de Tecnologia Assistiva (ISO 9999:2022)	Quant.	%
04 – TA para medição, estimulação ou treino de funções fisiológicas e psicológicas	17	12,5
06 – Órteses e próteses	11	8,1
09 – TA para atividades de autocuidado e participação nos autocuidados	14	10,3

Classe de Tecnologia Assistiva (ISO 9999:2022)	Quant.	%
12 – TA para atividades e participação relacionada com a mobilidade pessoal e os transportes	20	14,7
15 – TA para atividades domésticas e participação na vida doméstica	18	13,2
18 – Mobiliário/acessórios e outras TAs para atividades de apoio em ambientes internos e externos criados pelo humano	2	1,5
22 – TA para comunicação e gestão de informação	59	43,4
24 – TA para controle ou transporte ou deslocamento ou manipulação de objetos e dispositivos	10	7,4
27 – TA para controle ou adaptação ou medição de elementos físicos	2	1,5
28 – TA para atividades laborais e participação no emprego	2	1,5
30 – TA para atividades de recreio e lazer	2	1,5
Não especificado	4	2,9

Com base nas abordagens de design participativo referenciadas no portfólio de artigos, a Figura 06 apresenta a frequência absoluta com que cada uma é explicitamente mencionada. É importante notar que alguns artigos podem referenciar múltiplas abordagens. Nesse cenário, o "Design Centrado no Usuário" (ou Humano) é a abordagem mais proeminente, referenciada em 105 artigos (49% dos 215). Em seguida, o "Design Participativo" é encontrado em 77 artigos (36%), e o "CoDesign" em 69 artigos (32%). Para uma análise temporal, a Figura 07 complementa esses dados ao detalhar as tendências de referência dessas abordagens nos últimos doze anos.

Figura 06 - Abordagens participativas utilizadas

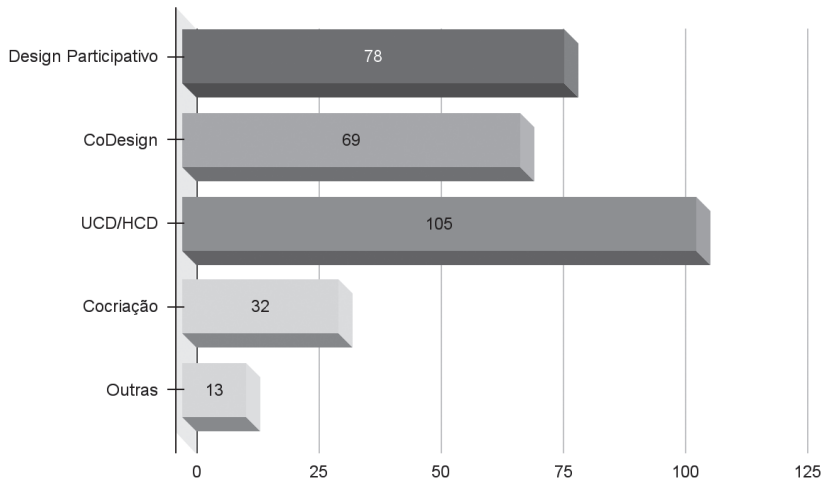
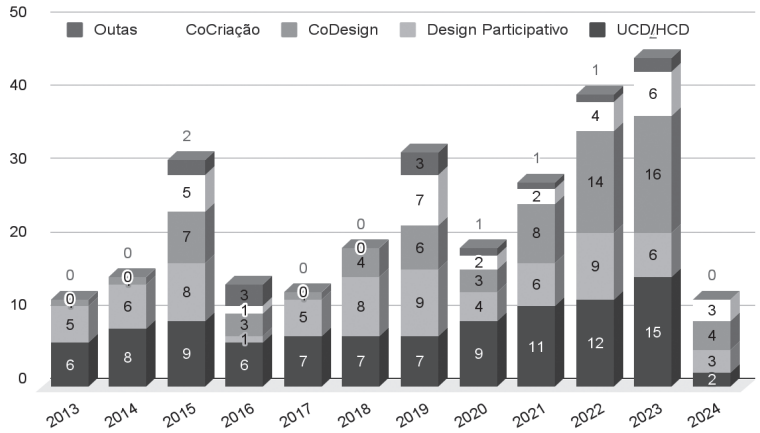


Figura 07 - Abordagens de participação ao longo dos anos



Por fim, a Figura 08 ilustra os estágios (ou etapas) do processo de design nos quais há a participação efetiva da pessoa com deficiência no projeto, considerando aqui tão somente os artigos do portfólio central do estudo (136 artigos). Aqui são utilizados os cinco estágios do processo de Design Thinking proposto por Tim Brown e pela IDEO (BROWN, 2010). Neste estudo, a estes cinco estágios é acrescentado o de "Implementação" da TA desenvolvida. A Figura 08 é complementada pela Figura 09 que exibe os Métodos e Ferramentas de participação utilizadas nos artigos do portfólio central.

Figura 08 - Estágios do processo de design

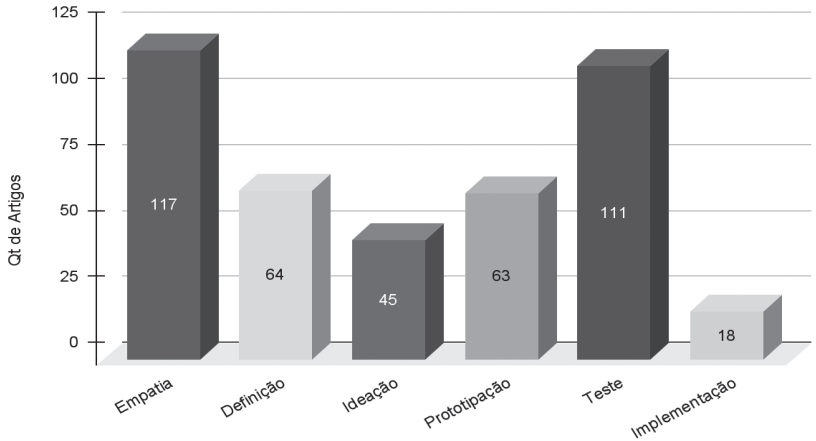


Figura 09 - Métodos e ferramentas utilizados

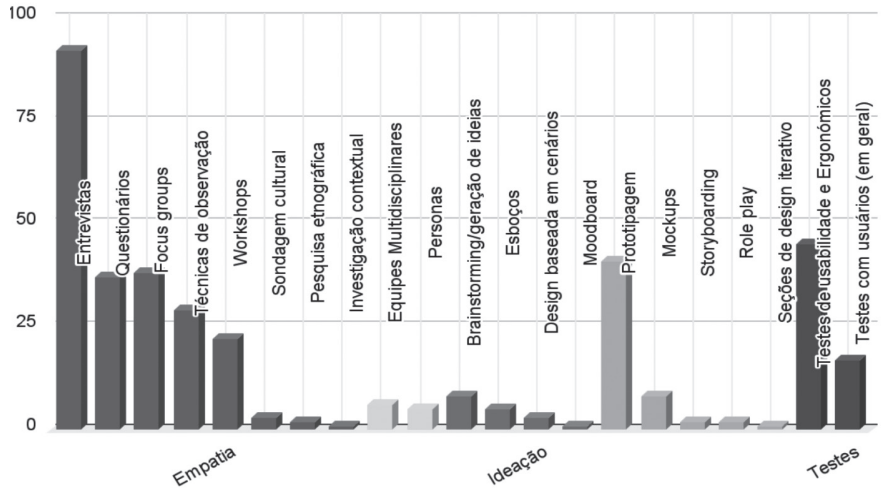


Figura 09 – Métodos e ferramentas utilizados

4. DISCUSSÃO

Uma análise inicial da literatura selecionada, conforme apresentado na Figura 01, revela uma tendência crescente na aplicação de abordagens participativas no design de Tecnologias Assistivas (TAs) e no volume de pesquisas sobre o tema. Essa tendência se intensifica a partir da década de 2010, o que sugere um reconhecimento progressivo do valor das práticas participativas neste domínio do design. É relevante observar que apenas duas das publicações selecionadas são anteriores a 2005.

No que se refere à distribuição geográfica das afiliações institucionais dos autores dos artigos analisados, observa-se uma predominância dos países ricos do Ocidente, com destaque à Europa Ocidental (168 artigos) e América do Norte (54 artigos) — ver Figura 02. Isto pode ser parcialmente explicado pelo envelhecimento da população destes países e pela crescente demanda por tecnologias que auxiliam nos problemas que costumam acometer as pessoas idosas. O fato das abordagens participativas de design terem surgido nestes continentes também podem ter influenciado nestes resultados. Observa-se, por fim, uma notável escassez de publicações de países asiáticos sobre abordagens colaborativas no design de TA. Como exemplo, apesar da China ser hoje um dos países líderes na produção de artigos científicos, apenas duas publicações do portfólio total tiveram a participação de pesquisadores de instituições chinesas.

Com relação à categoria de deficiência abordada nos artigos (Figura 04 e Figura 05), observa-se uma prevalência dos distúrbios neurológicos (88 ou 41%

dos artigos do portfólio total da análise), das deficiências físicas (61 artigos ou 28%) e das deficiências sensoriais (43 artigos ou 20%). Internamente a estas categorias, observa-se uma forte presença de deficiências relacionadas do envelhecimento: Alzheimer (entre outras demências e distúrbios neurológicos), AVCs, deficiências visuais e problemas decorrentes de quedas ou outros acidentes domésticos.

A análise das classes de TA no portfólio central de artigos (Tabela 01) revela a proeminência das cinco primeiras categorias da Norma ISO 9999 (2022): 'TA para atividades e participação relacionadas com a mobilidade pessoal e os transportes' (20 artigos), 'TA para atividades domésticas e participação na vida doméstica' (18 artigos), 'TA para medição, estimulação ou treino de funções fisiológicas e psicológicas' (17 artigos), 'TA para atividades de autocuidado e participação nos autocuidados' (14 artigos), e 'Órteses e próteses' (11 artigos). Contudo, a categoria 'Sistemas de Comunicação e Informação' (Categoria 22) se sobressai significativamente, sendo referenciada em 59 artigos. Essa categoria engloba uma vasta gama de dispositivos e aplicativos computacionais que visam aprimorar a comunicação de indivíduos com deficiências sensoriais, cognitivas ou neurológicas. Exemplos incluem o desenvolvimento de tábuas de comunicação alternativa para tablets.

No que se refere à abordagem participativa referenciada pelos artigos, se sobressai o "Design Centrado no Usuário" (ou "Design Centrado no Humano") em relação às demais, tal como ilustrado na Figura 06. Porém, quando se considera a sobreposição conceitual entre as abordagens do "Design Participativo" e do "CoDesign" – estes termos são muitas vezes utilizados de forma intercambiável – ambos em conjunto são referenciados por 124 artigos (58%). Outro aspecto passível de ser observado na Figura 07 é o leve crescimento das menções ao "CoDesign", frequentemente considerado como uma evolução ou um sinônimo moderno do "Design Participativo".

Com respeito aos estágios do processo de design nos quais pessoas com deficiência se envolvem (Figura 08), observa-se uma predominância em pesquisas e desenvolvimentos relacionados às fases iniciais de identificação de desejos e necessidades dos usuários e estabelecimento de requisitos do projeto da TA (Empatia e Definição). Essa proeminência também se estende às fases finais de testes com usuários, utilizando protótipos (Prototipagem e Testes). Essa ênfase nos estágios inicial e final do processo de design ocorre em detrimento do estágio central de Ideação, que apresenta maior potencial para o engajamento e a contribuição da pessoa com deficiência no projeto da TA.

Finalizando esta discussão, a análise dos métodos e das ferramentas – relacionadas ao projeto participativo – mais utilizadas no portfólio central de

artigos (Figura 09) corrobora os achados do parágrafo anterior. A grande maioria destes métodos e ferramentas servem usualmente para a identificação dos desejos e necessidades dos usuários (Empatia) ou para testes das tecnologias desenvolvidas com usuários (Prototipagem e Teste). Poucos são os métodos e ferramentas destinados às fases de Ideação. Como exemplo, o Brainstorming é mencionado tão somente em oito artigos do portfólio.

Finalizando esta discussão, a análise dos métodos e ferramentas de design participativo mais utilizados no portfólio central de artigos (Figura 09) corrobora os achados do parágrafo anterior. A maioria dessas estratégias são usualmente empregadas para a identificação das necessidades e desejos dos usuários (Empatia) ou para a validação das tecnologias desenvolvidas por meio de testes com usuários (Prototipagem e Teste). Em contrapartida, poucos métodos e ferramentas são destinados às fases de Ideação, como exemplo, o Brainstorming que é mencionado em apenas oito artigos.

5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa mapeou e analisou artigos de periódicos sobre abordagens participativas no design e avaliação de Tecnologias Assistivas (TAs), indexados nas bases Scopus e Web of Science. Observou-se um crescente interesse e intensificação das pesquisas nesse tema a partir da década de 2010. Geograficamente, essas pesquisas são predominantemente conduzidas em países da Europa Ocidental e América do Norte. Isso pode ser justificado tanto pelo envelhecimento da população nessas regiões quanto pela origem das abordagens participativas de design nesses continentes. Os tipos de deficiência e as categorias de TAs analisadas também refletem as demandas do processo de envelhecimento populacional, uma questão prevalente em países desenvolvidos. Pesquisas focadas em deficiências sensoriais (especialmente visuais) e distúrbios neurológicos (como Alzheimer e outras demências), típicos da terceira idade, e suas respectivas TAs, são mais frequentes. Em contraste, estudos sobre deficiências mais comuns em países de baixa renda, como o desenvolvimento de próteses para vítimas de minas terrestres, são menos representados. Outra importante conclusão deste estudo refere-se à participação do usuário com deficiência no processo de design. Essa participação concentra-se nos estágios iniciais e finais, criando uma lacuna nos estágios centrais de ideação. Acredita-se que esses estágios centrais apresentam um maior potencial para a contribuição da pessoa com deficiência, o que poderia fomentar um maior envolvimento e reduzir o abandono da tecnologia desenvolvida.

Esta é a análise inicial do conjunto de artigos selecionados. Outras análises mais aprofundadas do conteúdo estão em andamento. De particular interesse é

a investigação das principais descobertas, desafios e oportunidades identificadas nos 136 artigos que compõem o portfólio central da pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES, FAPESC e UDESC pelo apoio prestado ao desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

BRASIL. SENADO FEDERAL. *Estatuto da Pessoa com Deficiência.* 4.ed. Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2020. 53 p.

BROWN, T. *Design Thinking:* Uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues. Rio de Janeiro: Alta Books, 2010.

COOK, A. M.; POLGAR, J. M. *Cook and hussey's assistive technologies:* principles and practice. 4.ed. St. Louis: Mosby Elsevier, 2015.

DONTHU, N.; KUMAR, S.; MUKHERJEE, D.; PANDEY, N.; LIM, W. M. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, v. 133, p. 285-296. 2021.

DUQUE, E.; FONSECA, G.; VIEIRA, H.; GONTIJO, G.; ISHITANI, L. A systematic literature review on user centered design and participatory design with older people. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, n. 18, 2019, Vitória, ES, Brazil. *Proceedings of the* […] New York: Association for Computing Machinery, 2019. Artigo 9, p. 1-11.

ERLINGSSON, C. L.; MAGNUSSON, L.; HANSON, E. Family caregivers' health in connection with providing care. *Qualitative Health Research*, v. 22, n. 5, p. 640-655. 2011.

FABBRI, S. C. P. F.; FELIZARDO, K. R.; FERRARI, F. C.; HERNANDES, E. C. M.; OCTAVIANO, F. R.; NAKAGAWA, E. Y.; MALDONADO, J. C. Externalising tacit knowledge of the systematic review process. *IET Software,* v. 7, n. 6, p. 298-307. 2013.

GULLIKSEN, J.; GÖRANSSON, B.; BOIVIE, I.; BLOMKVIST, S.; PERSSON, J.; CAJANDER, Å. Key principles for user-centred systems design. *Behavior & Information Technology*, v. 22, n. 6, p. 297-409. 2010.

HARTE, R.; GLYNN, L.; RODRÍGUEZ-MOLINERO, A.; BAKER, P. M.; SCHARF, T.; QUINLAN, L. R.; ÓLAIGHIN, G. A human-centered design methodology to enhance the usability, human factors, and user experience of connected health systems: A three-phase methodology. *JMIR Human Factors*, v. 4, n. 1. 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 9999:2022:* Assistive products for persons with disability: Classification and terminology. Geneva: ISO, 2022.

KENSING, F.; BLOMBERG, J. Participatory design: Issues and concerns. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, v. 7, n. 3, p. 167-185. 1998.

KING, S.; CONLEY, M.; LATIMER, B.; FERRARI, D. *Co-design:* A process of design participation. 1.ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989.

KLEINSMANN, M.; VALKENBURG, R. Barriers and enablers for creating shared understanding in co-design projects. *Design Studies*, v. 29, n. 4, p. 369-386, jul. 2008.

MAGUIRE, M. Methods to support human-centred design. *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 55, n. 4, p. 587-634, out. 2001.

MARTIN, J. K.; MARTIN, L. G.; STUMBO, N. J.; MORRILL, J. H. The impact of consumer involvement on assistive with and use of assistive technology. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, v. 6, n. 3, p. 225-242, out. 2010.

MARTINS, H. V. P.; SETTI, J. A. P.; GUIMARÃES, C.; CAMPOS, D. P. Development of a robotic orthosis for fingers flexion motion by surface myoelectric control: Open source prototype. *Biomedical Signal Processing and Control*, v. 85, p. 105014. 2023.

MULLER, M. J.; KUHN, S. Participatory design. *Communications of the ACM*, v. 36, n. 6, p. 24-28. 1993.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF)*. [Coordenação da tradução: Cássia Maria Buchalla]. São Paulo: EDUSP, 2003.

PHILLIPS, B.; ZHAO, H. Predictors of assistive technology abandonment. *Assistive Technology*, v. 5, n. 1, p. 36-45. 1993.

SCHULER, D.; NAMIOKA, A. (eds.). *Participatory design:* Principles and practices. Boca Raton, FL: CRC Press, 2017.

SUGAWARA, A. T.; RAMOS, V. D.; ALFIERI, F. M.; BATTISTELLA, L. R. Abandonment of assistive products: assessing abandonment levels and factors that impact on it. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology,* v.13, n.7, p. 716-723, jan. 2018.

WILKINSON, C. R.; DE ANGELI, A. Applying user centred and participatory design approaches to commercial product development. *Design Studies*, v. 35, n. 6, p. 614-631. 2014.

Acionador de sopro e sucção de baixo custo e sem fonte de energia

Martinez, Rodrigo Andrade[*1]; Agnelli Martinez, Luciana Bolzan[2]; Ferreira, Kétlin Cristina[3]; Corsi, Carolina[4]; Santos, Mariana Martins dos[5]; Luvizoto, Renato[6]; Braatz, Daniel[7]

1 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - PPGEP, UFSCar, ramartinez@gmail.com
2 – Departamento de Terapia Ocupacional, UFSCar, luagnelli@ufscar.br
3 – Departamento de Terapia Ocupacional, UFSCar, ketlin@estudante.ufscar.br
4 – Departamento de Engenharia de Produção, UFSCar, carol.corsi7@gmail.com
5 – Departamento de Engenharia de Produção, UFSCar, mari.santos.fisio@gmail.com
6 – Departamento de Engenharia de Produção, UFSCar, luvizoto@ufscar.br
7 – Departamento de Engenharia de Produção, UFSCar, braatz@ufscar.br
* Correspondência: Rod. Washington Luís, km 235 - SP-310 - CDPRO-DEP-UFSCar - São Carlos - CEP 13565-905.

DOI 10.52050/9788579177163-17

RESUMO

A escassez de acionadores de sopro e sucção, devido ao alto custo, impulsiona a busca por alternativas acessíveis em tecnologia assistiva. Este estudo propôs desenvolvimento e testes preliminares de um acionador de sopro e sucção de baixo custo, operado sem fonte de energia. A metodologia envolveu quatro etapas, incluindo a elaboração de modelo conceitual; a construção de protótipo físico com componentes mecânicos simples e materiais acessíveis, seguindo-se para testes de bancada, que confirmaram bom funcionamento e sensibilidade a comandos de sopro e sucção. A solução tem potencial para contribuir com a popularização e acesso a este importante recurso.
Palavras-chave: Tecnologia Assistiva, Interação Homem-Máquina, Autonomia Funcional.

ABSTRACT

The scarcity of commercial sip-and-puff switches due to high cost and energy dependence drives the search for accessible alternatives in assistive technology. This study proposed and validated a low-cost sip-and-puff switch that operates without a power source. The methodology involved the use of simple mechanical

components and readily available materials for the construction and evaluation of prototypes through bench testing. The results confirmed the effective operation of the device, its sensitivity to oral commands, and its adaptability to various equipment. This solution significantly contributes to the advancement of accessible assistive resources, with potential for interdisciplinary applications in health, engineering, design, education, and rehabilitation.
Keywords: *Assistive Technology, Human–Machine Interaction, Functional Autonomy.*

1. INTRODUÇÃO

A Tecnologia Assistiva (TA) desempenha um papel essencial na promoção da autonomia e participação de pessoas com deficiência ou com alguma limitação funcional, oferecendo soluções que ampliam suas capacidades em atividades cotidianas (BASTOS et al., 2023; COOK; POLGAR, 2015). Os dispositivos de TA encontram-se entre os "Fatores Ambientais" do modelo biopsicossocial proposto pela Organização Mundial de Saúde (CIF/OMS, 2003) e agem sobre a funcionalidade, podendo atuar como facilitadores das atividades humanas, na medida em que forem implementados de acordo com as reais necessidades do indivíduo.

Dentro desse campo, os denominados acionadores adaptados (*adapted switches*) — dispositivos que permitem o controle de tecnologias com respostas simples a estímulos, como pressão, movimento ou fluxo de ar — têm sido amplamente utilizados para modificar ou facilitar a forma de ativação a equipamentos elétricos e eletrônicos, através de botões diversos que substituem o mecanismo convencional para ligar e desligar.

Os modelos comumente utilizados permitem acionamento por pressão ou por toque, para diferentes aplicações e públicos, podendo ter diferentes configurações e tamanhos, além de acionadores de tração (DAMASCENO, 2020, GALVÃO FILHO, 2009, VOOS, 2015), sendo que podem ser acoplados a qualquer parte do corpo que apresente alguma movimentação voluntária, aproveitando o movimento residual do usuário (CTA, 2025). Existem, ainda, os modelos que funcionam por sopro, som ou pelo piscar dos olhos (BERSCH, 2017; CTA, 2025), com características e aplicações específicas, os quais podem funcionar como importantes alternativas para substituir o acesso manual e se destacam entre os usuários com grave comprometimento motor global e com mobilidade restrita nos membros superiores.

Os tipos de acionamento podem ser divididos em elétricos, pneumáticos, hidráulicos e mecânicos, sendo que a escolha do tipo de acionamento depende

da aplicação, das características funcionais do usuário, do tipo de energia a ser utilizada e das características do sistema a ser acionado.

A finalidade é oferecer uma alternativa para que pessoas com deficiência, idosos ou pessoas com alguma condição especial de saúde, especialmente as que apresentam dificuldades relacionadas aos membros superiores, possam interagir com equipamentos eletrônicos diversos, tais como brinquedos, computadores, equipamentos de comunicação, eletrodomésticos, entre outros, com impacto positivo na funcionalidade e independência em diferentes situações e contextos (RASMUSSEN et al, 2023; SONZA, SALTON, EGAMI, 2022).

Entre os diferentes tipos de acionadores, os modelos baseados em sopro e sucção caracterizam-se por detectar variações de pressão geradas pelo usuário ao soprar ou sugar por um tubo, sendo eficazes para acionar mecanismos simples ou enviar comandos binários. Contudo, muitos acionadores disponíveis no mercado dependem de componentes eletrônicos, sensores de pressão ou fontes externas de energia, o que pode aumentar seu custo e limitar sua adoção em contextos de baixa renda (WHO, 2022).

No mercado brasileiro, considera-se que a baixa oferta de acionadores limita o acesso da população, uma vez que os produtos importados apresentam custo elevado, além de reduzido suporte técnico e atendimento personalizado, dificultando a experiência do usuário. O alto custo contrasta com a necessidade de personalização, pois adaptações específicas não são realizadas após o investimento inicial elevado. Dessa forma, ressalta-se a importância de se desenvolver acionadores artesanais simples, baratos, ou mesmo gratuitos, dependendo das necessidades específicas do usuário (GALVÃO FILHO, 2009)

A crescente utilização de adaptações de baixo custo ocorre para que a parcela da população que não tem acesso a materiais de alta tecnologia, possa ser beneficiada e incluída em suas atividades (ARAÚJO, MARCELINO, MARTINS, 2025). Dispositivos assistivos de baixo custo têm sido desenvolvidos para diferentes aplicações e contextos, buscando a mesma funcionalidade e desempenho dos produtos comerciais, mas com menor preço e utilizando materiais acessíveis (ARIZA, PEARCE, 2022; BENTES, 2020; MOTTA, 2022; PAIVA et al, 2019; PIOVEZANNI, ROCHA, BRACCIALLI, 2014 SAMESHIMA et al, 2013; Schüler et al, 2013; XAVIER et al, 2021).

Neste contexto, torna-se relevante o desenvolvimento de acionadores mecânicos, de baixo custo, portáteis e energeticamente autônomos, que possam ser facilmente replicados e adaptados às necessidades específicas de cada usuário. Este artigo tem como objetivo apresentar o projeto e os testes preliminares (de bancada) de um acionador de sopro e sucção desenvolvido e construído com materiais acessíveis e princípios mecânicos simples, sem

necessidade de fonte de energia externa. Como objetivo específico estabeleceu-se a comparação entre o protótipo físico funcional e outros modelos de acionadores de sopro de baixo custo disponíveis.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Na primeira etapa da pesquisa foi realizada uma busca de acionadores de sopro e sucção, disponíveis no mercado nacional, bem como projetos faça-você-mesmo, disponíveis na internet.

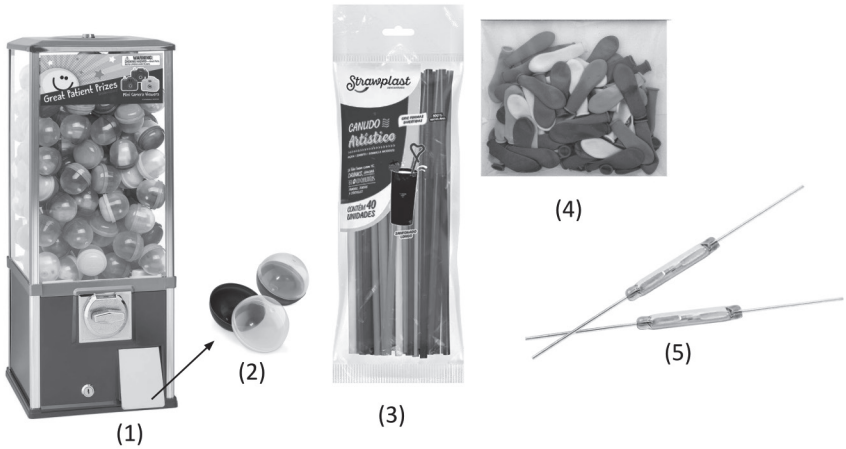
Diante da busca realizada na primeira etapa do projeto, identificou-se que nenhum acionador encontrado possuía características de baixo custo e, ao mesmo tempo, robustez de funcionamento. Desse modo, a segunda etapa consistiu na elaboração de um modelo conceitual de um acionador de sopro, mecânico e sem necessidade de fonte de energia externa.

Na terceira etapa foram prospectados materiais de baixo custo para confecção do dispositivo, visando obter um protótipo físico funcional para testes de bancada.

Foram encontrados e utilizados sensores do tipo *reed switches* magnéticos, também conhecidos como interruptores de lâmina ou interruptores de palheta, que são um tipo de interruptor elétrico que é ativado por um campo magnético. Eles possuem um invólucro de vidro, onde internamente existem duas lâminas de metal flexíveis, feitas de um material ferromagnético (que é atraído por um ímã). Essas lâminas são contatos elétricos que podem se tocar ou se separar, completando ou interrompendo um circuito elétrico. Têm um custo unitário de aproximadamente de R$2 (dois reais).

Para o corpo do sensor foi utilizado uma esfera plástica bipartida (encontrada em máquinas de moeda para venda de brindes infantis), onde nesta condição podem ser encontradas por um custo de R$1 (um real). A figura 1 apresenta a proveniência e os materiais utilizados para a construção do protótipo do sensor.

Figura 01 - Proveniência e materiais utilizados para construção do protótipo: (1) máquinas de moeda para venda de brindes infantis onde é facilmente encontrada a (2) esfera plástica bipartida, (3) Canudos plásticos, (4) balão de festa, (5) Reed Switch´s encontrado em lojas de componentes eletrônicos.



Foi utilizado também um canudo descartável e para a parte móvel foi utilizada uma membrana elástica proveniente de um balão de festa.

A quarta e última etapa consistiu na realização de testes de bancada por parte da equipe composta por pesquisadores da engenharia e da área da reabilitação. Foram feitos dois ciclos de teste funcional com o protótipo, em laboratório, conectando-se o acionador a um brinquedo eletrônico adaptado para isso. Um ciclo envolveu a função de sopro, com 100 acionamentos, e um ciclo envolveu a função de sucção, também com 100 acionamentos.

Posteriormente, o modelo desenvolvido foi comparado aos dispositivos disponíveis e identificados na primeira etapa do projeto, especificamente em relação aos seguintes aspectos e critérios: Tipo de acionador; Fonte de Energia; Custo Estimado; Complexidade de Montagem; Integração com Dispositivos; Robustez contra Acionamento Involuntário; Disponibilidade e acesso aos materiais e componentes; Aplicações.

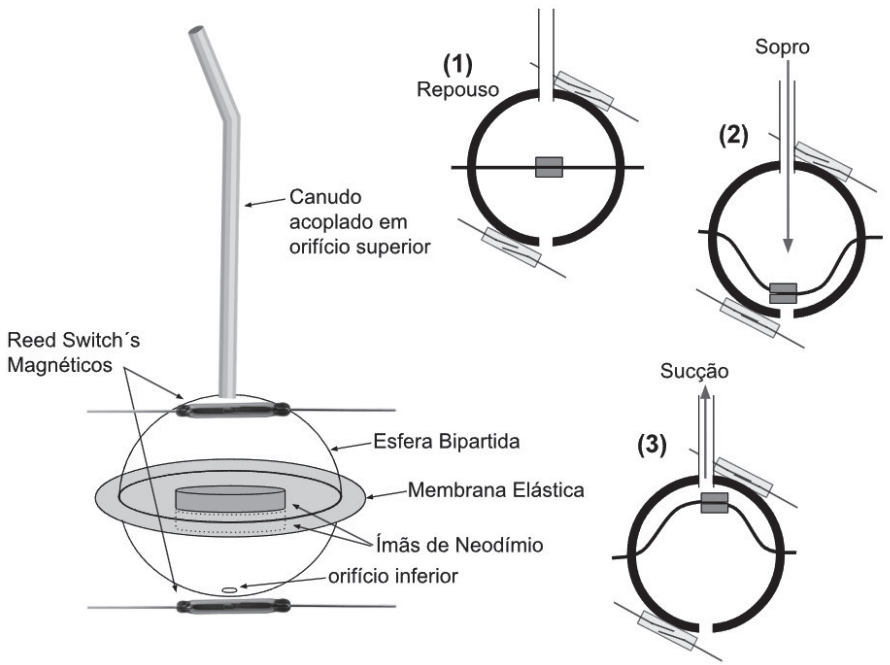
3. RESULTADOS

Na primeira etapa, ou seja, de busca por acionadores de sopro e sucção, foi encontrado, no mercado nacional, apenas o produto disponível na Loja

Civiam[1] por R$2.990,00 (em 31/07/2025). Em relação a projetos faça-você-mesmo, disponíveis na internet, foram encontrados: um acionador educacional de baixo custo proposto pelo portal *Science Buddies*[2], um mouse de sopro e sucção baseado em sensores de cigarros eletrônicos e plataforma Arduino publicado no *Thingiverse*[3], e o Sip-and-Puff Analog Switch da plataforma *MakersMakingChange*[4], que utiliza sensores de pressão e peças impressas em 3D.

O Modelo conceitual elaborado na segunda etapa do projeto está apresentado na Figura 2, através de uma representação esquemática do acionador e de seu funcionamento, sendo composto por dois ímãs fixados a uma membrana elástica (um imã de cada lado).

Figura 02 - Modelo conceitual do acionador e de seu funcionamento



1 https://www.lojaciviam.com.br/tecnologia-assistiva/acionadrores/acionador-de-sopro-e-succao-sipand-puff-tecnologia-assistiva-para-mobilidade-reduzida

2 https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/HumBio_p069/human-biology-health/adaptive-puff-switch

3 https://www.thingiverse.com/thing:1090461

4 https://www.makersmakingchange.com/product/sip-and-puff-switch-analog/01tJR000000698rYAA

A membrana elástica é posicionada entre duas metades de uma esfera plástica bipartida, na qual são feitos orifícios (na parte superior e inferior da esfera), sendo previsto um local para a fixação de um canudo e para a fixação de sensores do tipo reed switch´s magnéticos, próximos aos orifícios.

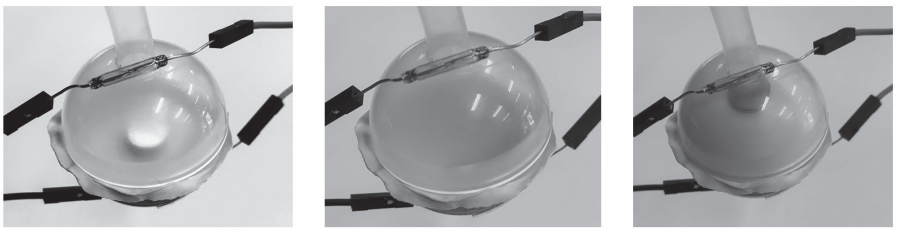
No estado de repouso, (1) a elasticidade da membrana mantém os ímãs centralizados na esfera, afastados dos reed switches. Ao soprar o canudo (2), a membrana desloca-se para baixo, aproximando o ímã do reed switch inferior e acionando-o por fechamento de contato. Ao succionar o canudo (3) a membrana desloca-se para cima, acionando o reed switch magnético superior.

A Figura 3 mostra o protótipo físico construído e a Figura 4 ilustra o movimento do ímã (internamente) durante o sopro e durante a sucção.

***Figura 3** - Protótipo inicial - prova de conceito*



Figura 4 - Movimento do ímã interno com sopro e sucção



Os resultados dos testes de bancada realizados (quarta etapa) apontaram um bom funcionamento do acionador, que proporcionou boa interação dos pesquisadores com o equipamento eletrônico (brinquedo). Identificou-se eficácia do protótipo desenvolvido, uma vez que o brinquedo foi ativado (ligado) em todos os acionamentos com sopro e também nos acionamentos com a sucção, de forma que não houve incidência de acionamentos involuntários. Ao final dos testes, o experimentador relatou fadiga, recomendando uma membrana com menor coeficiente de elasticidade.

Como resultados apresentam-se, ainda, as características técnicas e funcionais do dispositivo, as quais foram sistematizadas na Tabela 1, em comparação direta com dispositivos cujos projetos foram compartilhados na internet, a saber: *Science Buddies*, *Thingiverse Mouse* e *MakersMakingChange Analog Switch*.

Tabela 01 - Comparação entre o acionador proposto e dispositivos disponíveis

Acionador Critério	Proposto	Science Buddies [1]	Thingiverse Mouse [2]	MMC Analog Switch [3]
Tipo	Mecânico ✓	Mecânico ✓	Eletrônico ✘	Eletrônico ✘
Fonte de Energia	Não necessária ✓	Não necessária ✓	Necessária ✘	Necessária ✘
Custo Estimado	Baixo ✓	Muito baixo ✓	Baixo ✓	Moderado ✘
Complexidade de Montagem	Baixa ✓	Muito baixa ✓	Alta ✘	Moderada ✘
Integração com Dispositivos	Alta ✓	Limitada ✘	Alta ✓	Alta ✓
Robustez contra Acionamento Involuntário	Alta ✓	Baixa ✘	Alta ✓	Alta ✓
Disponibilidade e acesso aos materiais e componentes	Alta ✓	Alta ✓	Média	Baixa ✘
Aplicações	Avançadas	Educacionais	Avançadas	Avançadas

Apesar de todas as soluções abordarem o mesmo princípio funcional (comando por variação de pressão bucal), o acionador desenvolvido neste estudo apresenta características que o diferenciam significativamente. Em particular, trata-se de um dispositivo totalmente mecânico, que não requer fonte de energia externa, com construção simples e potencial de resistência frente a acionamentos involuntários causados por fatores como vento, vibrações, inclinação ou movimento. Ao contrário do modelo disponível na plataforma

Science Buddies, cujo acionamento é sensível a pequenas variações ambientais, o dispositivo proposto foi projetado para garantir estabilidade operacional em diferentes contextos de uso. O projeto mostrado no Science Buddies propõe a filtragem de acionamentos involuntários, duplos cliques involuntários (e assim melhor compatibilidade), através da adoção de um microprocessador, o que aumentaria o custo e traria a necessidade de uma fonte de alimentação elétrica.

4. DISCUSSÃO

Apesar do crescente reconhecimento da área de TA no Brasil, a produção nacional ainda é incipiente, com poucas opções acessíveis em termos de custo e qualidade (BASTOS et al, 2023; BERSCH, 2017; COSSA et al, 2017; GALVÃO FILHO, 2022), fazendo-se necessário subsidiar o desenvolvimento de soluções sustentáveis, em busca de dispositivos assistivos de qualidade, ao mesmo tempo em que sejam acessíveis e ampliem as opções de mercado.

Nesse contexto, o acionador de sopro e sucção de baixo custo aqui apresentado, desenvolvido sem necessidade de fonte de energia, mostra-se como uma possibilidade de ampliar o acesso a esse tipo de recurso, visto que apresentou desempenho funcional adequado em testes de bancada. O sistema respondeu de forma consistente aos comandos de sopro e sucção, com tempo de resposta compatível com o uso em dispositivos assistivos. Foi possível observar baixa resistência ao fluxo de ar e ausência de acionamentos involuntários, mesmo em condições simuladas de vento, vibração e inclinação, o que evidencia a robustez mecânica do dispositivo. A construção foi realizada com materiais acessíveis e técnicas simples, o que facilita sua replicação em diferentes contextos.

Os testes de laboratório realizados, embora ainda não tenham envolvido usuários finais, foram importantes para identificar a eficácia do funcionamento do dispositivo e para direcionar as próximas etapas do desenvolvimento. Os testes apontaram, por exemplo, para a necessidade de melhoria envolvendo o material da membrana, especialmente considerando que pessoas com determinadas deficiências ou condições especiais de saúde podem apresentar condições respiratórias adversas.

Embora seja mecânico, o acionador demonstrou alto potencial de integração com dispositivos assistivos e eletrônicos por meio de adaptadores padrão de mercado, viabilizando aplicações avançadas, como controle de sistemas de comunicação aumentativa e alternativa, brinquedos adaptados, recursos educacionais acessíveis e dispositivos computacionais.

O funcionamento foi mantido após os testes de laboratório, sem necessidade de ajustes ou manutenção, apontando para durabilidade em uso contínuo. Além

disso, o acionador demonstrou compatibilidade com dispositivos adaptados já utilizados em contextos clínicos e educacionais, por meio de adaptadores físicos padrão.

A comparação visual e documental dos dispositivos similares disponíveis publicamente evidenciou os benefícios do acionador proposto, quanto à simplicidade construtiva, robustez e independência energética, sendo que a Tabela 1 resume essa comparação e reforça o caráter complementar e inovador da solução apresentada. Tais características o tornam especialmente promissor para ambientes com restrições de infraestrutura ou recursos técnicos. Considera-se importante a continuidade da presente pesquisa, para que o modelo seja validado junto a pessoas com deficiências e outros usuários finais de TA.

Para além de conceitos e aplicações práticas, a produção e o desenvolvimento do dispositivo assistivo a partir de materiais acessíveis e recursos físicos atualmente disponíveis, contribui para a disseminação de soluções que podem ser replicadas, aprimoradas e/ou implementadas por diferentes públicos e em contextos diversos. Destaca-se que existem algumas iniciativas no Brasil voltadas para a formação e disseminação de informações envolvendo a construção de dispositivos de TA, fornecendo instrução em relação aos componentes e materiais utilizados em determinados produtos, divulgando recursos acessíveis e/ou disponibilizando o passo a passo de projetos de desenvolvimento (CTA, 2025).

Dessa forma, as possibilidades que emergem do desenvolvimento da TA aqui apresentada vão além do uso e da aplicação do produto em si, mas relacionam-se à importância de se ampliar as opções disponíveis e disseminar informação e conhecimento na área.

5. CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo apresentar o projeto e testes preliminares de um acionador de sopro e sucção mecânico, de baixo custo e sem necessidade de alimentação elétrica, para aplicação na área de Tecnologia Assistiva. Os resultados obtidos mostraram-se promissores quanto à viabilidade de aplicação do dispositivo e os objetivos foram alcançados, visto que o dispositivo mostrou-se: funcional e sensível aos comandos de sopro e sucção; com potencial para diferentes aplicações assistivas; sustentável e acessível, com custo reduzido e sem necessidade de alimentação elétrica.

A principal contribuição prática do estudo está na oferta de uma solução acessível e replicável, que pode ser implementada em contextos clínicos, educacionais e domiciliares, especialmente em regiões com menor acesso a

recursos tecnológicos. Por sua simplicidade de construção e uso, o acionador pode ser fabricado em oficinas locais, escolas técnicas e centros de reabilitação, ampliando significativamente o acesso a recursos de assistência funcional e comunicacional.

Para o aperfeiçoamento futuro desta tecnologia, serão necessários testes com usuários finais, preferencialmente em contextos reais de uso, incluindo adaptações para diferentes níveis de força inspiratória e expiratória (havendo a necessidade de encontrar membranas com menores coeficientes de elasticidade), bem como a exploração de módulos intercambiáveis que permitam ajustes personalizados (como um módulo direcional potenciométrico acoplado, propondo uma modificação no modelo do Thingiverse citado). Além disso, recomenda-se, na evolução do projeto construtivo, incluir aspectos facilitadores de montagem, manutenção e descarte, deste modo, com potencial de culminar no desenvolvimento de kits educativos e tutoriais abertos, que facilitem a disseminação do projeto em iniciativas de formação técnica e inclusão social.

Pretende-se dar continuidade ao projeto de desenvolvimento, a fim de difundir o conceito de uma solução de tecnologia assistiva de baixo custo e contribuir para a democratização do acesso a dispositivos de tecnologia assistiva, ampliando o repertório de soluções disponíveis para profissionais da reabilitação, cuidadores e usuários finais, visando a promoção de autonomia e a inclusão social de pessoas com deficiências.

Por fim, considera-se que os investimentos em pesquisa e o desenvolvimento local de TA possibilitam a criação de dispositivos a custos mais baixos e com potencial de personalização. Além disso, parcerias entre instituições acadêmicas, organizações do terceiro setor e empresas privadas podem ser catalisadoras para o avanço na área.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nosso agradecimento à FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos - Convênio 01.21.0073.00) e à empresa cofinanciadora MRI Eletrônica pelo apoio fornecido para o desenvolvimento do projeto.

Este trabalho foi financiado pela bolsa DTI-A do CNPq.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, T. C. O. S. C; MARCELINO, J. F. Q.; MARTINS, L. B. Mobiliário escolar para crianças com paralisia cerebral: Uma revisão sistemática. *Revista Projetar* - Projeto e Percepção do Ambiente, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 160–173, 2025. DOI: 10.21680/2448-296X.2025v10n1ID35950.

ARIZA, J. Á; Pearce, J. M. Low-Cost Assistive Technologies for Disabled People Using Open-Source Hardware and Software: A Systematic Literature Review *in IEEE Access*, vol. 10, pp. 124894-124927, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3221449

BASTOS, P. A. L. S., SILVA, M. S., RIBEIRO, N. M., MOTA, R. S., GALVÃO FILHO, T. (2023). Tecnologia assistiva e políticas públicas no Brasil. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional,* 31, e3401.

BENTES, R. N. O uso de tecnologias assistivas (ta) com materiais de baixo custo no ensino de geografia para o processo de ensino-aprendizagem dos alunos com surdez. *Revista Brasileira de Educação em Geografia*, Campinas, v. 10, n. 19, p. 592-605, jan./jun., 2020 DOI: https://doi.org/10.46789/edugeo.v10i19.752

BERSCH, R. *Introdução à tecnologia assistiva*. Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2025.

CIF/OMS - Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde [Centro Colaborador da Organização Mundial da Saúde para a Família de Classificações Internacionais, org.; coordenação da tradução Cassia Maria Buchalla]. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo – EDUSP; 2003.

COSSA, R. B.; SILVA, N. A.; GLAVAM, R. B.; MACHADO, M. L. Tecnologia assistiva e inovação como ferramentas de propulsão da inclusão social e cidadania. *Revista Espacios*, 38(17), 2017. P. 1-11

CTA. Centro Tecnológico de Acessibilidade. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul. Tecnologia Assistiva: Nossos Recursos de TA. 2025. Disponível em: https://cta.ifrs.edu.br/category/tecnologia-assistiva/nossos-recursos-de-ta/ Acesso em: 25 jul. 2025.

DAMASCENO, L. L. A tecnologia assistiva e as possibilidades de intervenção pedagógica para alunos com deficiência. In: CASTRO, A. S. A., BASTOS, E. R. O., and SOUZA, Z. F. J., eds. *Educação inclusiva*: formação e experiências [online]. Feira de Santana: UEFS Editora, 2020, pp. 191-208. ISBN: 978-65-89524-90-8. https://doi.org/10.7476/9786589524908.0011.

GALVÃO FILHO, T. A. *Tecnologia assistiva para uma escola inclusiva* [recurso eletrônico]: apropriação, demanda e perspectivas. Tese (doutorado). Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Educação, 2009. Disponível em:chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/10563/1/Tese%20Teofilo%20Galvao.pdf

GALVÃO FILHO, T. *Tecnologia assistiva:* um itinerário da construção da área no Brasil. Curitiba: Editora CRV. 2022.

MOTTA, T. C. *Tecnologias assistivas.* Guia (Projeto Instrucional – Especialização em Educação Inclusiva). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal (RN), 2022. ISBN: 978-65-84831-25-4. Disponível em: https://www.google.com/url?q=https://memoria.ifrn.edu.br/bitstream/handle/1044/2272/Tecnologias%2520Assistivas.pdf?sequence%3D5%26isAllowed%3Dy&sa=D&source=docs&ust=1748488540355194&usg=AOvVaw2XIt3_tY1qnwGIp-0g0IHhv.

PAIVA et al. Tecnologia Assistiva de baixo custo como colaboração na alfabetização de alunos com baixa visão. Capítulo 18. In Wesselovicz, G.; Cazini, J. *Diálogos sobre inclusão* [recurso eletrônico] Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Diálogos Sobre Inclusão; v. 1) Formato: PDF ISBN 978-85-7247-362-0 DOI 10.22533/at.ed.620192805

PIOVEZANNI, M. A. T.; ROCHA, A. N. D. C.; BRACCIALLI, L. M. P. Eficácia de mobiliário escolar adaptado de baixo custo no desempenho funcional de criança com paralisia cerebral. *Revista Educação Especial*, [S. l.], v. 27, n. 49, p. 485–498, 2014. DOI: 10.5902/1984686X7289. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/7289. Acesso em: 28 maio. 2025.

RASMUSSEN, K. M., CHOLE, D. M., HUGHES, R., THRELKELD, K., & JANES, W. E. (2023). Caregiver-reported impact of access to switch-adapted toys on play for children with complex medical conditions. *Child*: care, health and development, 49(6), 955–960. https://doi.org/10.1111/cch.13106

SAMESHIMA, F.; SILVA, F.; LIMA, N.; GONÇALVES, F. Tecnologia assistiva de baixo custo no atendimento de alunos com deficiência física. *Informática na educação*: teoria & prática, Porto Alegre, v. 16, n. 2, 2013. DOI: 10.22456/1982-1654.43429. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/index.php/InfEducTeoriaPratica/article/view/43429. Acesso em: 28 maio. 2025.

SCHÜLER, E. et al. Production of Low Cost Assistive Technology. MEDES '13 Proceedings of the Fifth International Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems. Luxemburgo, 2013. p. 297-301.

SONZA, A. P.; SALTON, B. P.; EGAMI, B. K. N. O Desenho Universal para aprendizagem, a tecnologia assistiva e suas possibilidades. *In* SONZA et al. *Mosaico acessível*: tecnologia assistiva e práticas pedagógicas inclusivas na educação profissional. Maringá: Gráfica e Editora Massoni, 2022. ISBN 978-65-87542-45-4. Disponível em: https://dspace.ifrs.edu.br/xmlui/handle/123456789/872

VOOS, I. C. A criança com paralisia cerebral, o brinquedo e a tecnologia assistiva: relato de um caso. *RENOTE*, Porto Alegre, v. 13, n. 2, 2015. DOI: 10.22456/1679-1916.61376. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/61376. Acesso em: 28 maio. 2025.

XAVIER B.A.M.; COUTINHO G.C.; SIME M.M.; MARINHO F.D. Dispositivos de tecnologia assistiva para crianças e adolescentes com deficiência física confeccionadas em projeto de extensão para comunidade. *Rev. Interinst. Bras. Ter. Ocup.* Rio de Janeiro. 2021. v.5(1): 45-60. DOI: 10.47222/2526-3544.rbto34354

Análise dos impactos na educação causados pela difusão e desenvolvimento das tecnologias assistivas

Lajas, Ana[*1]; Padilha, Thalinne[2]; De Jesus, Paulo[3]; Schaefer, Jones[4]; Canciglieri, Osiris[5]; Da Paz, Alessandra[6]

1 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, PUCPR, lyrio.ana@pucpr.edu.br
2 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, PUCPR, thalinne.padilha@pucpr.edu.br
3 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, PUCPR, jesus.paulo@pucpr.edu.br
4 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, PUCPR, jones.schaefer@pucpr.edu.br
5 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, PUCPR, osiris.canciglieri@pucpr.edu.br
6 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, PUCPR, alessandra.paz@pucpr.edu.br
* -Correspondência: Rua Aluízio Plombon, 14, Santa Felicidade, Curitiba, Paraná, Brasil, 82015-160.

DOI 10.52050/9788579177163-18

RESUMO

Este estudo analisou os impactos das tecnologias assistivas (TAs) no contexto educacional, por meio de uma revisão sistemática da literatura nas bases Scopus e Web of Science. Foram identificadas soluções digitais, físicas e baseadas em inteligência artificial que promovem inclusão, personalização do ensino e equidade. A partir da sistematização dos dados, a pesquisa destacou os impactos econômicos, psicossociais e educacionais das TAs, bem como suas dificuldades de implementação. Os resultados reforçam o papel estratégico dessas tecnologias na superação de barreiras e na construção de ambientes escolares mais acessíveis, dinâmicos e responsivos às necessidades dos estudantes.
Palavras-chave: Tecnologia Assistiva, Educação Inclusiva, Tecnologias Educacionais Emergentes.

ABSTRACT

This study analyzes the impacts of assistive technologies (ATs) *in the educational context, through a systematic review of the literature in the Scopus and Web of Science databases. Digital, physical and specific solutions in artificial intelligence that promote inclusion, personalized teaching and equity were provided. Based on the systematization of the data, a research highlighted the economic, psychosocial*

and educational impacts of ATs, as well as their implementation difficulties. The results reinforce the strategic role of these technologies in overcoming barriers and building more accessible, dynamic and responsive school environments to the needs of students.
Keywords: *Assistive Technology, Inclusive Education, Emerging Educational Technologies.*

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cerca de 18,6 milhões de brasileiros com dois anos ou mais convivem com algum tipo de deficiência, conforme estimativas do terceiro trimestre de 2022. Entre as limitações mais comuns destaca-se a dificuldade de locomoção, presente em aproximadamente 3,4% da população com deficiência. Além disso, observam-se desigualdades marcantes no acesso à educação: a taxa de analfabetismo entre pessoas com deficiência é de 19,5%, em contraste com os 4,1% registrados entre aquelas sem limitações (BRASIL, 2024a). Esses dados evidenciam barreiras estruturais e sociais que comprometem o acesso à educação e, consequentemente, à inclusão plena desses indivíduos na sociedade.

Diante desse cenário, surgem com relevância crescente as Tecnologias Assistivas (TAs), um conjunto de recursos, serviços e estratégias voltados à ampliação da autonomia e da participação de pessoas com deficiência. Essas tecnologias têm como objetivo eliminar ou reduzir as barreiras que dificultam o desempenho funcional em diversos contextos, especialmente no educacional (BRASIL, 2024b). As TAs representam uma ponte entre as limitações do indivíduo e as exigências do meio, promovendo maior independência e inclusão (BERSCH, 2012). Englobando não apenas dispositivos físicos, as TAs também têm um papel fundamental no desenvolvimento de estratégias pedagógicas e adaptações curriculares que potencializam o desempenho funcional dos alunos em diferentes ambientes, ampliando seu acesso à educação (COOK; POLGAR, 2015). No ambiente escolar, as TAs contribuem significativamente para assegurar condições equitativas de aprendizagem, ao adaptar materiais, espaços e formas de comunicação às necessidades específicas de cada estudante.

Entre os exemplos mais recorrentes estão os softwares leitores de tela, utilizados por estudantes com deficiência visual, as próteses auditivas e sistemas de frequência modulada (FM), voltados a estudantes com deficiência auditiva, além dos dispositivos de comunicação alternativa, como tablets com aplicativos baseados em símbolos, essenciais para alunos com limitações na fala. Também se destacam adaptações físicas, como mesas ajustáveis e materiais em braile, que tornam o espaço mais acessível e funcional (BRASIL, 2024b). Tais

recursos não apenas asseguram o direito à educação inclusiva, como também promovem maior participação, autonomia e desenvolvimento acadêmico. Além disso, é preciso considerar não apenas o acesso a dispositivos, mas o suporte pedagógico e institucional necessário para o uso efetivo das TAs no cotidiano escolar (MITTLER, 2003).

Este artigo propõe uma análise dos impactos econômicos e psicossociais das tecnologias assistivas no contexto educacional. Busca-se compreender de que maneira essas ferramentas contribuem para a qualidade do ensino, para a construção de uma escola mais acessível e para a formulação de políticas públicas inclusivas. A partir dessa reflexão, pretende-se oferecer subsídios teóricos e práticos que reforcem o papel das Tecnologias Assistivas como instrumentos centrais na promoção da equidade e na redução das desigualdades no ambiente escolar.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo adotou como abordagem metodológica uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), com o objetivo de reunir, analisar e sintetizar evidências científicas sobre os impactos das tecnologias assistivas no contexto educacional. A revisão foi conduzida nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, reconhecidas por sua abrangência e rigor acadêmico.

Para a busca inicial, foram utilizadas palavras-chave selecionadas estrategicamente, com base nas discussões realizadas em reuniões com o orientador e no suporte do grupo de pesquisa. Os termos empregados foram: "*Assistive Technology*", "*Inclusive Education*", "*Accessibility in Education*", "*Educational Technology*" e "*Special Needs Learning*". A combinação dessas palavras foi feita por meio do operador booleano OR, permitindo uma busca mais ampla e inclusiva de diferentes abordagens relacionadas ao tema.

A primeira etapa da busca resultou em 2.538 artigos nas duas bases combinadas. Para refinar os resultados e garantir a pertinência ao escopo da pesquisa, foram aplicados: critérios de inclusão que consideraram o recorte temporal entre 2020 e 2024, de modo a assegurar a atualidade das publicações; a seleção exclusiva de artigos científicos revisados por pares, excluindo-se resumos de conferências, capítulos de livros e relatórios técnicos; a exigência de textos redigidos em língua inglesa, dada sua predominância na literatura científica internacional; e a priorização de estudos aplicados ao contexto educacional, especialmente em ambientes formais de ensino. Além disso, registros duplicados foram eliminados, resultando em um conjunto de 256 artigos para triagem.

Na sequência, foi realizada uma análise preliminar dos títulos e resumos, com o intuito de verificar a aderência dos estudos ao tema de interesse. Foram

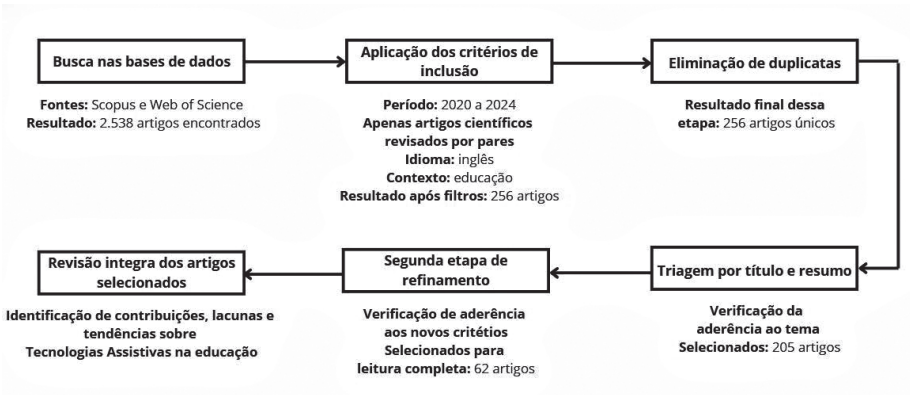
considerados critérios como a presença de tecnologias assistivas, o foco na inclusão educacional e a aplicação prática dessas ferramentas em instituições de ensino. Com base nessa triagem, 205 artigos foram selecionados.

Foi realizada uma segunda etapa de refinamento com o objetivo de garantir maior rigor metodológico e alinhamento ao escopo da pesquisa. Para isso, foram definidos critérios adicionais de exclusão, priorizando estudos que apresentassem aplicação prática documentada, resultados observáveis e foco na experiência educacional do aluno, além de metodologia clara, amostras representativas e evidências de impacto na aprendizagem ou inclusão e publicação em periódicos com revisão por pares reconhecida.

Desta forma, a seleção priorizou tecnologias digitais emergentes aplicadas em contextos formais de ensino, com potencial inclusivo ou de personalização. Excluíram-se estudos teóricos, genéricos, sem vínculo com a prática pedagógica, ou centrados em infraestrutura, gestão ou políticas educacionais. Assim, como produto obteve-se 62 estudos para análise aprofundada.

Esses estudos foram submetidos à leitura integral e revisão crítica, buscando identificar as principais contribuições, lacunas teóricas e tendências emergentes no uso de tecnologias assistivas, incluindo ferramentas digitais, dispositivos físicos e soluções baseadas em inteligência artificial voltadas à inclusão escolar. A adoção desse procedimento sistemático visa garantir rigor metodológico e fundamentação sólida às discussões e recomendações apresentadas neste artigo. O processo realizado foi ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma da metodologia utilizada.



Fonte: elaborado pelos autores (2025).

3. RESULTADOS

A análise dos artigos selecionados na revisão sistemática permitiu identificar um conjunto diversificado de Tecnologias Assistivas (TAs) e soluções digitais aplicadas ao contexto educacional. Na Tabela 1, são descritos os principais recursos identificados, conforme suas funcionalidades e áreas de aplicação.

Tabela 1 - Descrição das TAs identificadas

TIPOS DE TAs	DESCRIÇÃO DO RECURSO	AUTORES
Tecnologias visuais	Imagens, gráficos, animações e infográficos para facilitar o processamento cognitivo e a memorização.	Shamim; Ali; Khurshid, 2023
Análise de sentimentos por IA	Uso de SVM para classificar sentimentos em textos de estudantes, apoiando a escuta ativa.	Dake; Gyimah, 2023
Interfaces cérebro-computador (BCIs)	Captação de sinais neurais para gerar feedbacks em tempo real sobre engajamento e atenção.	Xia; Chiu; Li, 2024
Modelo PERKT de personalização da aprendizagem	Recomendação de exercícios com base no conhecimento do aluno por meio de redes neurais e diagnóstico cognitivo.	Pei et al., 2024
Ambientes de aprendizagem inteligentes (SLE)	Uso de tecnologias como lousas digitais, plataformas LMS e conexão remota para ensino mais eficiente.	Adarkwah et al., 2024
Infraestruturas Inteligentes educacionais (SIoET)	Infraestrutura baseada em dispositivos conectados com *edge computing* para personalização e sustentabilidade do ensino.	Chandra; Arya; Singh, 2024

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Um dos grupos mais recorrentes foi o das tecnologias visuais, como imagens, gráficos, animações e infográficos. Esses elementos foram empregados com o objetivo de facilitar o processamento cognitivo e apoiar a memorização e a compreensão dos conteúdos escolares (SHAMIM; ALI; KHURSHID, 2023).

Também foi identificada uma ferramenta de análise de sentimentos com uso de inteligência artificial, desenvolvida para interpretar textos escritos por estudantes. Utilizando algoritmos como o *Support Vector Machine* (SVM), a tecnologia foi capaz de classificar emoções expressas em categorias como "bom", "ruim" e "excelente", com níveis relevantes de acurácia, demonstrando potencial como instrumento de apoio pedagógico (DAKE; GYIMAH, 2023).

As interfaces cérebro-computador (BCIs) surgiram como um recurso emergente voltado à autorregulação da aprendizagem. Elas operam a partir da leitura de sinais neurais para oferecer feedbacks em tempo real sobre o estado

emocional e cognitivo dos estudantes, permitindo ajustes nas estratégias de ensino conforme o nível de atenção e engajamento (XIA; CHIU; LI, 2024).

No campo da personalização da aprendizagem, destaca-se o modelo PERKT (*Personalized Exercise Recommendation based on Knowledge Tracing*), que utiliza redes neurais e diagnóstico cognitivo para recomendar atividades adequadas ao nível de conhecimento do aluno. A ferramenta apresentou bons índices de desempenho eprevisibilidade (PEI et al., 2024).

Além dos recursos individuais, a revisão identificou soluções aplicadas em ambientes inteligentes de aprendizagem (Smart Learning Environments – SLEs). Em um estudo realizado em Gana, professores relataram benefícios ao utilizar lousas digitais, plataformas LMS e aplicativos educacionais para ministrar aulas, relatando ganhos na motivação, produtividade e qualidade da avaliação (ADARKWAH et al., 2024).

Por fim, destaca-se o modelo SIoET (Social Internet of Educational Things), uma infraestrutura inteligente voltada à gestão de ambientes educacionais por meio de dispositivos conectados e computação de borda. Essa tecnologia foi associada à maior eficiência energética e personalização do ensino, especialmente em contextos de ensino superior (CHANDRA; ARYA; SINGH, 2024).

4. DISCUSSÃO

Com o objetivo de facilitar a compreensão e a visualização dos impactos das Tecnologias Assistivas analisadas, foi elaborada a Tabela 2, que apresenta de forma sintética os principais aspectos identificados na revisão, incluindo os tipos de tecnologia, seus impactos e as dificuldades de implementação.

Tabela 2 - Principais impactos das TAs analisadas.

Tecnologia Assistiva	Impactos Econômicos	Impactos Psicossociais	Impactos Educacionais	Dificuldade Implementação	Autor
Tecnologias visuais (infográficos , animações, mapas mentais)	Baixo custo de produção e alto retorno na aprendizagem	Aumenta engajamento e confiança dos alunos	Melhora compreensão e retenção	Necessita de formação docente	Shamim; Ali; Khurshid, 2023
Análise de sentimentos por IA	Reduz necessidade de avaliação manual, mas exige infraestrutura computacional	Favorece escuta ativa e identificação de emoções	Facilita intervenções pedagógicas personalizadas	Baixa acurácia inicial; demanda infraestrutura	Dake; Gyimah, 2023

Tecnologia Assistiva	Impactos Econômicos	Impactos Psicossociais	Impactos Educacionais	Dificuldade Implementação	Autor
Interfaces cérebro- computador (BCIs)	Possível redução de apoio psicopedagógico; sensores ainda caros	Apoia autorregulação e reduz estresse	Aprimora atenção, engajamento e desempenho	Equipamentos caros; aceitação variável	Xia; Chiu; Li, 2024
Modelo PERKT (recomendação adaptativa de exercícios)	Otimiza uso de tutores; requer investimento em IA e dados	Promove autonomia e motivação	Adapta conteúdos ao nível do estudante	Requer dados robustos e conectividade	PEI et al., 2024
Ambientes de aprendizagem inteligentes (SLE)	Reduz custos operacionais com deslocamento e papel	Reduz estresse docente; melhora bem-estar	Facilita avaliação, personalização e feedback	Problemas de conexão, LMS e capacitação	ADARKWAH et al., 2024
SIoET (*Social Internet of Educational Things*)	Melhora Eficiência energética; requer infraestrutura robusta	Conecta aprendizes; melhora comunicação	Promove Ambientes responsivos e personalizados	Exige redes 5G/6G e dispositivos interconectados	Chandra; Arya; Singh, 2024

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A partir da análise dos artigos selecionados, observa-se que o avanço das tecnologias digitais e da inteligência artificial (IA) tem impulsionado novas formas de ensino, centradas no estudante e orientadas à personalização do aprendizado. Um dos destaques é a implementação de sistemas de aprendizado adaptativo, capazes de ajustar o conteúdo com base no progresso e nas necessidades individuais dos estudantes. Essa abordagem é especialmente benéfica para alunos com dificuldades de aprendizagem ou com deficiências específicas, pois permite que avancem em seu próprio ritmo, com suporte personalizado (KLOPOV et al., 2023).

Outro ponto discutido na literatura é o potencial das tecnologias assistivas na educação hospitalar e domiciliar. Em contextos nos quais o estudante está temporariamente afastado do ambiente escolar, como em casos de hospitalização ou tratamento médico prolongado, o uso de ferramentas como videoconferência, quadros interativos, plataformas virtuais e realidade virtual permite a continuidade do processo educacional. Esses recursos não apenas garantem a permanência dos alunos nas atividades escolares, como também fortalecem seu vínculo com a turma e promovem sua inclusão social e acadêmica (ALMAZROUI, 2023).

As evidências do estudo reforçam que os ambientes de aprendizagem inteligentes funcionam como tecnologias assistivas estruturais ao promoverem condições mais flexíveis, tecnológicas e centradas no estudante. Os benefícios

psicossociais percebidos pelos docentes incluem maior autonomia, motivação e satisfação com a prática pedagógica. No entanto, os desafios apontados, como a dificuldade de interpretar emoções dos alunos no ambiente virtual e a instabilidade de conexão, revelam a importância de políticas públicasque garantam infraestrutura digital e formação continuada. Além disso, o estudo destaca que as interações sociais, ainda mais eficazes em ambientes presenciais, devem ser consideradas no desenho pedagógico de soluções digitais inclusivas (ADARKWAH et al., 2024).

A revisão também identificou tecnologias assistivas digitais capazes de realizar a identificação automatizada de emoções e opiniões espontâneas expressas pelos estudantes, promovendo a valorização de sua voz e reforçando práticas de escuta ativa no ambiente educacional. Além disso, favorece intervenções pedagógicas mais empáticas ao possibilitar a detecção precoce dos sentimentos de frustração ou insatisfação. A ferramenta também se destaca por seu potencial inclusivo, especialmente para estudantes que enfrentam dificuldades em se expressar oralmente ou em contextos formais (DAKE; GYIMAH, 2023). Apesar das limitações identificadas quanto à precisão do modelo e à necessidade de infraestrutura computacional, o estudo demonstra um campo promissor para o desenvolvimento de soluções inclusivas baseadas em inteligência artificial, com aplicabilidade crescente em contextos educacionais mediados por tecnologia.

A proposta do modelo PERKT representa um avanço significativo no campo das Tecnologias Assistivas digitais ao oferecer recomendações de aprendizagem personalizadas e baseadas em evidências, contribuindo diretamente para a redução de barreiras cognitivas e pedagógicas. A possibilidade de adaptação automática do conteúdo, conforme o desempenho e as dificuldades individuais, promove maior autonomia discente e potencializa o engajamento e a motivação dos alunos. Embora exija infraestrutura tecnológica adequada para sua implementação, o modelo reforça o potencial das soluções baseadas em IA na criação de ambientes educacionais mais equitativos, personalizados e responsivos às necessidades dos estudantes, especialmente aqueles que demandam apoio específico para superar dificuldades de aprendizagem (PEI *et al.*, 2024).

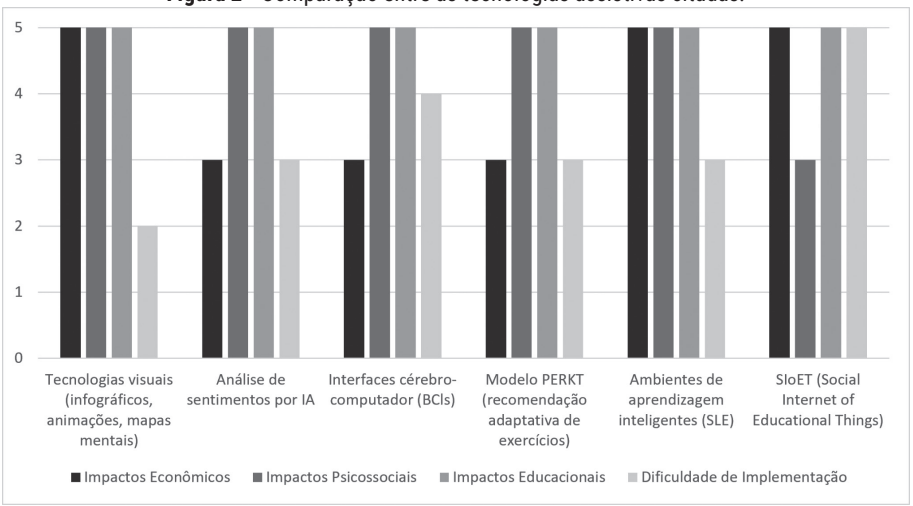
O uso de interfaces cérebro-computador (BCIs) também pode ser aplicada na educação, com foco na regulação da aprendizagem por meio de *feedbacks* fisiológicos e neurológicos imediatos sobre o estado mental do estudante. A revisão demonstra que essas tecnologias contribuem para a personalização do ensino, redução de emoções negativas, estímulo à autorregulação e melhoria da qualidade do aprendizado. Apesar dos avanços, desafios tecnológicos, como a

variabilidade dos dados captados por dispositivos de baixo custo, a necessidade de infraestrutura adequada, ainda limitam sua plena integração em contextos escolares, exigindo mais pesquisas e maior colaboração interdisciplinar entre neurocientistas, engenheiros e educadores (XIA; CHIU; LI, 2024).

Outras formas da utilização de tecnologias para o desenvolvimento de TAs foram apresentadas, reforçando ainda mais o campo promissor que está sendo apresentado. Nesse contexto, o conceito de *Social Internet of Educational Things* (SIoET) representa uma evolução do Internet das Coisas aplicada ao contexto educacional, utilizando dispositivos inteligentes dentro das salas de aula e permitindo a comunicação direta entre eles, trocando informações de maneira colaborativa, adaptando-se ao comportamento dos estudantes e promovendo ambientes de aprendizagem mais responsivos (CHANDRA; ARYA; SINGH, 2024).

A Figura 2 apresenta um gráfico de barras comparativo com base nos dados sintetizados na Tabela 1, utilizando uma escala de 1 a 5, na qual 1 representa impacto reduzido (ou baixa dificuldade de implementação) e 5 indica impacto elevado (ou alta complexidade). Essa pontuação foi atribuída de forma simbólica, com base na análise qualitativa dos artigos revisados e tem como objetivo facilitar a interpretação e visualização dos resultados. A análise revela que tecnologias assistivas, como as tecnologias visuais e os ambientes de aprendizagem inteligentes (SLE), apresentaram altos níveis de impacto de forma equilibrada entre os aspectos econômico, psicossocial e educacional, combinados a uma dificuldade de implementação moderada, o que as torna alternativas estratégicas para adoção em contextos educacionais diversos. Por outro lado, recursos como as interfaces cérebro-computador (BCIs) e o modelo SIoET demonstraram grande potencial de impacto, especialmente em termos de personalização e sustentabilidade, porém acompanhados de um nível mais elevado de complexidade técnica e exigências estruturais. Já tecnologias baseadas em inteligência artificial, como os sistemas de análise de sentimentos e recomendação personalizada (PERKT), destacaram-se principalmente pelos impactos psicossociais e educacionais, ainda que dependam de infraestrutura robusta para alcançar plena eficácia. Essa visualização reforça a importância de considerar não apenas os benefícios das TAs, mas também os obstáculos operacionais que podem interferir em sua efetiva implementação.

Figura 2 - Comparação entre as tecnologias assistivas citadas.



Fonte: elaborado pelo autor (2025)

Dessa forma, a discussão reforça o papel estratégico das tecnologias assistivas na construção de uma educação verdadeiramente inclusiva, equitativa e de qualidade, como defendem as diretrizes educacionais contemporâneas. A articulação entre soluções digitais baseadas em inteligência artificial, modelos pedagógicos flexíveis e suporte institucional adequado configura um caminho viável e promissor para enfrentar os desafios da exclusão educacional. Ao considerar a diversidade de contextos e necessidades dos estudantes, essas tecnologias tornam-se instrumentos centrais para garantir o acesso, a permanência e o sucesso acadêmico de todos, independentemente de suas limitações ou condições específicas.

5. CONCLUSÕES

A presente pesquisa evidenciou o papel fundamental das tecnologias assistivas na promoção de uma educação mais inclusiva, equitativa e acessível. Por meio de uma revisão sistemática da literatura, foi possível identificar recursos e ferramentas que, aplicados ao ambiente educacional, contribuem significativamente para a superação de barreiras de aprendizagem enfrentadas por estudantes com deficiência, dificuldades cognitivas ou em situações de afastamento escolar, como em contextos hospitalares.

Os resultados revelaram que tecnologias visuais, leitores de tela, legendas descritivas, softwares interativos e sistemas de aprendizado adaptativo têm impacto direto na compreensão, retenção do conteúdo e participação ativa desses alunos no processo de ensino. Além disso, a análise demonstrou que a

integração entre inteligência artificial, metodologias pedagógicas inovadoras e soluções digitais proporciona um ambiente de aprendizagem mais dinâmico e personalizado, alinhado às necessidades individuais dos estudantes.

A discussão dos estudos também destacou a importância de políticas públicas e estratégias institucionais que valorizem e incentivem o uso de tecnologias assistivas, ampliando seu acesso e garantindo suporte técnico e pedagógico para sua efetiva implementação.

Conclui-se que as tecnologias assistivas não devem ser vistas apenas como ferramentas de apoio, mas como componentes centrais na construção de um sistema educacional inclusivo. A continuidade dos estudos nessa área é essencial para aprofundar o conhecimento sobre sua aplicabilidade, bem como para fomentar o desenvolvimento de novas soluções que atendam de forma mais eficaz à diversidade presente nas salas de aula. Além das tecnologias tradicionalmente utilizadas para acessibilidade, a revisão também identificou o surgimento de ferramentas computacionais baseadas em inteligência artificial, como os sistemas de análise de sentimentos aplicados a textos escritos por estudantes. Essas soluções, ainda em fase de aprimoramento, ampliam as possibilidades de escuta pedagógica ao permitir a identificação automatizada de emoções e dificuldades de aprendizagem, inclusive em contextos em que os alunos enfrentam barreiras na expressão oral. A adoção de tecnologias como essa revela um movimento crescente de expansão das tecnologias assistivas para o campo da análise emocional e da personalização pedagógica, consolidando seu papel estratégico na promoção de práticas educacionais mais inclusivas,empáticas e responsivas às necessidades dos estudantes.

A construção da Tabela 1 e da Figura 2 contribuiu significativamente para a sistematização e a comparação dos impactos das tecnologias assistivas identificadas na literatura. Esses instrumentos permitiram uma visualização integrada dos aspectos econômicos, psicossociais e educacionais de cada recurso, bem como das respectivas dificuldades de implementação, oferecendo subsídios práticos para a tomada de decisão em contextos educacionais diversos.

Apesar dos avanços e impactos positivos identificados ao longo desta revisão, é importante reconhecer algumas limitações presentes nos estudos analisados. Grande parte das pesquisas contou com amostras reduzidas, muitas vezes restritas a um único curso, instituição ou nível educacional, o que limita a generalização dos resultados. Além disso, diversas intervenções apresentaram curta duração, concentrando-se em sessões únicas ou em períodos breves, sem avaliação dos efeitos de longo prazo das tecnologias assistivas implementadas. Observou-se ainda que muitos experimentos foram realizados em ambientes controlados, como laboratórios ou simulações, sem aplicação direta em

contextos escolares reais. Outro aspecto relevante é que os estudos, em sua maioria, focaram na eficácia técnica das soluções, como desempenho de algoritmos, em detrimento da análise de impactos pedagógicos mais amplos, como aprendizagem, motivação ou inclusão dos alunos. Por fim, destaca-se que a maior parte das pesquisas foi conduzida em países da Ásia, Europa e América do Norte, havendo escassa atenção às particularidades culturais e estruturais de contextos como América Latina e África.

Assim, reforça-se a importância de análises comparativas na formulação de políticas e estratégias voltadas à ampliação do uso eficaz das tecnologias assistivas no ambiente escolar.

Diante das limitações identificadas e considerando os avanços observados na literatura, destaca-se a necessidade de que futuras pesquisas aprofundem a investigação empírica em contextos escolares reais, especialmente em instituições públicas e em cenários com diversidade sociocultural, como os encontrados na América Latina. É fundamental que os estudos ampliem o foco para além da eficácia técnica das tecnologias assistivas, explorando seus impactos pedagógicos, sociais e emocionais, bem como sua influência nas práticas docentes e no engajamento dos estudantes. Sugere-se ainda o desenvolvimento de soluções de baixo custo e alta escalabilidade, voltadas para realidades com infraestrutura limitada, como escolas rurais, quilombolas, indígenas ou hospitalares. Além disso, torna-se urgente o debate sobre o uso ético e responsável da inteligência artificial na educação, incluindo a proteção de dados sensíveis e a mitigação de vieses algorítmicos. Por fim, recomenda-se o fortalecimento da produção científica em contextos do Sul Global, com incentivo a colaborações interinstitucionais e valorização de saberes locais no desenvolvimento de tecnologias assistivas culturalmente contextualizadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - PPGEPS da Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR, CNPq, CAPES, Fundação Araucária pelo apoio a esta pesquisa. Este trabalho foi apoiado pela PUCPR, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Fundação Araucária Convênio APC FA NAPI - Tecnologia Assistiva 054/2023.

REFERÊNCIAS

ALMAZROUI, Karima. *Learning as the best medicine: Proposal for SMART schooling for hospitalized children*. *Heliyon*, v. 9, e16845, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16845. Acesso em: [27 fev. 2025].

BERSCH, Márcia E. B. *Tecnologia assistiva*: fundamentos e recursos. Porto Alegre: UFRGS, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. O que é Tecnologia Assistiva? Brasília: Ministério da Saúde, 2024. Disponível em:https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/saude-da-pessoa-com-deficiencia/faq/o-que-e-tecnologia-assistiva. Acesso em: 6 dez. 2024. (Referência identificada como BRASIL, 2024a)

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pessoas com deficiência têm menor acesso à educação, ao trabalho e à renda. Agência de Notícias, 2024. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37317-pessoas-com-deficiencia-tem-menor-acesso-a-educacao-ao-trabalho-e-a-renda. Acesso em: 6 dez. 2024. (Referência identificada como BRASIL, 2024b)

CHANDRA, Saurabh; ARYA, Rajeev; SINGH, Maheshwari Prasad. Intelligent resource management in 5G/6G network by adopting edge intelligence for higher education systems. *e-Prime: Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, v. 8, 100517, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.prime.2024.100517. Acesso em: 8 maio 2025.

COOK, Albert M.; POLGAR, Susan M. *Assistive technologies*: principles and practice. 4. ed. St. Louis: Mosby, 2015.

DAKE, Delali Kwasi; GYIMAH, Esther. Using sentiment analysis to evaluate qualitative students' responses. *Education and Information Technologies*, [S.l.], v. 28, p. 4629–4647, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10639-022-11349-1. Acesso em: 8 maio 2025.

KLOPOV, Ivan et al. *Digital Transformation of Education Based on Artificial Intelligence*. *TEM Journal*, [S.l.], v. 12, n. 4, p. 2625-2634, Nov. 2023. DOI: 10.18421/TEM124-74.

MITTLER, Peter. *Working towards inclusive education*: social contexts. London: David Fulton Publishers, 2003.

PEI, Pei; RAGA JR., Rodolfo C.; ABISADO, Mideth. *Enhanced personalized learning exercise question recommendation model based on knowledge tracing*. *International Journal of Advances in Intelligent Informatics*, Yogyakarta, v. 10, n. 1, p. 13–26, fev. 2024. Disponível em: https://doi.org/10.26555/ijain.v10i1.1136. Acesso em: 8 maio 2025.

SHAMIM, Saima; ALI, Mubashrah; KHURSHID, Khawaja Muhammad. Visual data and pattern analysis for smart education. *Future Internet,* v. 16, n. 6, p. 206, 2024. Disponível em: https://www.mdpi.com/1999-5903/16/6/206. Acesso em: 27 fev. 2025.

XIA, Qi; CHIU, Thomas K. F.; LI, Xiuhan. A scoping review of BCIs for learning regulation in mainstream educational contexts. *Behaviour & Information Technology*, v. 43, n. 10, p. 2096–2117, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1080/0144929X.2023.2241559. Acesso em: 8 maio 2025.

Barreiras à pesquisa e desenvolvimento de TA por meio de abordagens participativas de design: uma revisão da literatura

Sardá, Gabriela Cristina[*1]; Lima, Júlia Gouveia[2]; Prandini, Marcos Benedicto[3]; Catecati, Tiago[4]; Palmeira, Eduardo Gabriel Queiroz[5]; Susana Cristina Domenech[6]; Ferreira, Marcelo Gitirana Gomes[*7]

1 – Departamento Design, UDESC, gabriela.sarda@edu.udesc.br
2 – Departamento Design, UDESC, julia.lima28@edu.udesc.br
3 – Departamento Design, UDESC, marcosbenedicto@gmail.com
4 – Departamento Design, UDESC, tcatecati@gmail.com
5 – Departamento Design, UDESC, eduardo.palmeira@edu.udesc.br
6 – Departamento de Ensino à Distância, UDESC, susana.domenech@udesc.br
6 – Departamento Design, UDESC, 69577498434@udesc.br
* -Correspondência: Av. Buriti, 680 ap. 705B, Itacorubi, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 88034-500

DOI 10.52050/9788579177163-19

RESUMO

O frequente abandono de Tecnologias Assistivas (TA) ressalta a importância da perspectiva do usuário no seu desenvolvimento. Este estudo teve como objetivo examinar as barreiras que dificultam a pesquisa e o desenvolvimento de TA por meio de abordagens participativas de design. Para isso, foi realizada uma análise bibliométrica de 136 artigos das bases Scopus e Web of Science resultando na identificação e categorização de 26 grupos de barreiras, consolidados em onze categorias e relacionadas aos quatro componentes do modelo HAAT. Os resultados indicam que os componentes Pessoa e Contexto apresentam o maior número de barreiras mencionadas, seguidos por Tecnologia e Atividade. Conclui-se que a variabilidade das necessidades dos usuários e a complexibilidade técnica da TA são desafios críticos, destacando a necessidade de abordagens que otimizem a participação da pessoa com deficiência e melhorem a usabilidade da tecnologia.

Palavras-chave: Design Participativo, Tecnologia Assistiva, Barreiras.

ABSTRACT

The frequent Assistive Technology (AT) abandonment highlights the importance of the user's perspective in its development. This study aimed to examine the barriers hindering the research and development of AT through participatory design approaches. For this purpose, a bibliometric analysis of 136 articles from the Scopus and Web of Science databases was conducted, leading to the identification and categorization of 26 groups of barriers, consolidated into 11 categories and related to the four components of the HAAT model. The results indicate that the Person and Context components present the highest number of mentioned barriers, followed by Technology and Activity. It is concluded that the variability of user needs and the technical complexity of AT are critical challenges, emphasizing the need for approaches that optimize the participation of people with disabilities and improve technology usability.
Keywords: *Participatory Design, Assistive Technology, Barriers.*

1. INTRODUÇÃO

A Tecnologia Assistiva (TA) engloba dispositivos, serviços e estratégias para mitigar desafios de pessoas com deficiência (COOK; POLGAR, 2008). Mais especificamente, um Dispositivo de TA otimiza as capacidades funcionais de indivíduos com deficiência (U.S. CONGRESS, 1988). Entretanto, o abandono de TAs é uma preocupação recorrente, com cerca de 30% dos dispositivos sendo descontinuados, especialmente no primeiro ano (PHILLIPS; ZAO, 1993). A principal causa apontada é a falta de consideração pela perspectiva do usuário, o que ressalta a necessidade de priorizar suas necessidades de longo prazo no desenvolvimento e aquisição de TAs. Pesquisas recentes corroboram a importância do envolvimento do usuário para reduzir as taxas de abandono (MARTIN et al., 2010; RIEMER-REISS; WACKER, 2000).

O Design Participativo (KENSING; BLOMBERG, 1998; SCHULER; NAMIOKA, 2017; MULLER; KUHN, 1993), também conhecido como Co-design (KING et al., 1989; KLEINSMANN; VALKENBURG, 2008), envolve ativamente as partes interessadas (pessoas com deficiência, familiares, terapeutas, designers, etc.) na criação de produtos e serviços. Essa abordagem assegura que o resultado atenda às necessidades dos usuários finais, distinguindo-se do Design Centrado no Usuário (UCD) ou Humano (GULLIKSEN et al., 2010; WILKINSON; DE ANGELI, 2014; HARTE et al., 2017; MAGUIRE, 2001), que pode ou não incluir a participação direta do usuário. A aplicação do Design Participativo é crucial para engajar pessoas com deficiência no desenvolvimento de TAs, melhorando sua relação

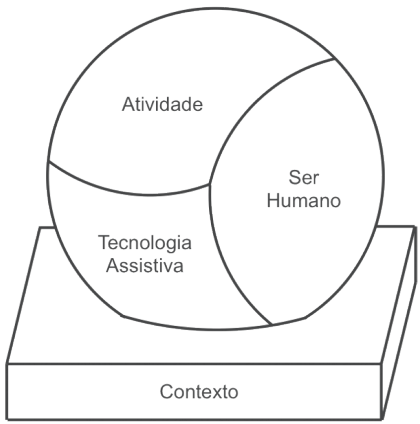
afetiva com a tecnologia e, consequentemente, reduzindo a probabilidade de abandono.

No entanto, apesar dos benefícios evidentes, a pesquisa e a implementação de abordagens participativas no design de TA enfrenta desafios e obstáculos significativos. Utilizando como referencial o modelo HAAT (Human Activity Assistive Technology) de Cook e Polgar (2015), este artigo visa examinar as barreiras que dificultam a pesquisa e o desenvolvimento de TA por meio de abordagens participativas de design, tal como o Design Participativo, o Co-design, o Design Centrado no Usuário (UCD) ou no Humano e a Cocriação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa utilizou como referência, no que se refere à TA, o Modelo HAAT (Human Activity Assistive Technology), proposto por Cook e Polgar (2015) e apresentado na Figura 01. Este modelo propõe uma estrutura conceitual para compreender o papel da TA no dia-a-dia da pessoa com deficiência. É um modelo que se presta tanto para as pesquisas acadêmicas quanto para a prática clínica. Quatro são os seus componentes: Pessoa, Atividade, Tecnologia e Contexto. O componente Pessoa inclui elementos físicos, cognitivos e emocionais; a Atividade inclui o trabalho, a produtividade e o lazer; a Tecnologia de apoio inclui facilitadores intrínsecos e extrínsecos; e o Contexto inclui contextos físicos, sociais, culturais e institucionais.

Figura 01 - Modelo HAAT de TA



Esta pesquisa se baseou inicialmente em um portfólio de 136 artigos que abordam o design ou a análise de produtos, serviços ou estratégias de TA por meio de abordagens colaborativas. O escopo da seleção de artigos

também abrange aqueles que descrevem abordagens teóricas (metodologias, métodos, frameworks, entre outros) para o design ou análise colaborativa de TAs. Adicionalmente, são considerados estudos que empregam abordagens colaborativas na identificação de necessidades, preferências ou prioridades para o design de TAs.

Por meio da leitura cuidadosa desses artigos e com o auxílio da plataforma Gemini Pro, são identificadas e agrupadas barreiras e dificuldades relacionadas ao design colaborativo de produtos. Inicialmente, 26 grupos de barreiras foram formados por similaridade de conteúdo. Em uma rodada subsequente de agrupamento, esses 26 grupos foram consolidados em 11 novas categorias, as quais foram relacionadas aos quatro componentes do modelo HAAT, tal como apresentado na Tabela 01.

Tabela 01 - Exemplo de Tabela que pode ser apresentada no artigo

HAAT	Categoria de Barreira ou Dificuldade	#
Pessoa	Dificuldades no engajamento e participação do usuário	19
	Desafios relacionados à compreensão e à evolução das necess. do usuário	10
	Lacunas de conhecimento e familiaridade com a tecnologia	8
Atividade	Impacto da TA na experiência e execução da atividade	6
Tecnologia	Desafios Técnicos na Implementação e Engenharia	14
	Segurança e Confiança na Tecnologia	3
	Desenvolvimento e Melhoria Contínua da Tecnologia	2
	Aspectos Financeiros da Tecnologia	1
Contexto	Fatores de Grande Escala e Validação em Pesquisa	20
	Gestão de Expectativas e Colaboração entre Stakeholders	11
	Barreiras Institucionais e Ambientais	6

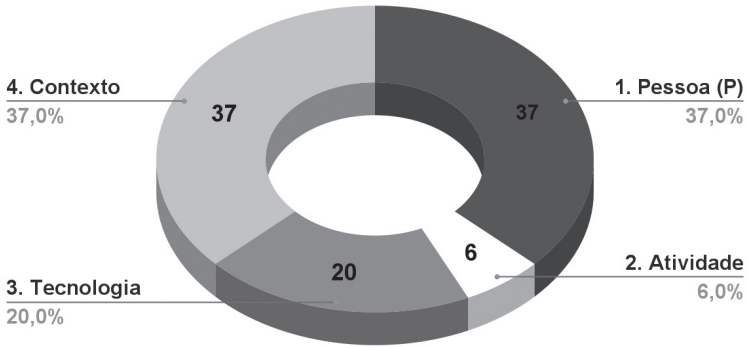
Do portfólio de 136 artigos analisados, 81 (59,6%) artigos identificaram um total de 100 menções às barreiras categorizadas. Em contrapartida, 55 (40,4%) artigos não fizeram referência às dificuldades ou obstáculos encontrados na participação da pessoa com deficiência no processo de design de suas Tecnologias Assistivas (TA).

No portfólio de 136 artigos analisados, 81 (59,6%) artigos identificaram 100 menções a barreiras categorizadas. No entanto, 55 (40,4%) artigos não mencionaram as dificuldades ou obstáculos enfrentados pela pessoa com deficiência em sua participação no processo de design de Tecnologias Assistivas (TA).

3. RESULTADOS

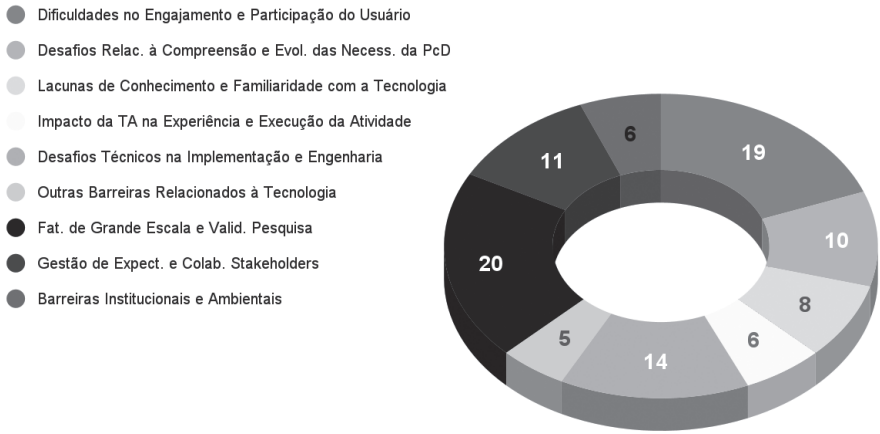
As barreiras aqui apresentadas são inicialmente consideradas, de forma agregada, com relação aos componentes Pessoa, Tecnologia, Atividade e Contexto do Modelo HAAT, tal como ilustrado na Figura 02. Observa-se um equilíbrio no predomínio das barreiras enquadrada nos componentes Pessoa e Contexto: 37 artigos distintos fazem menção às barreiras relacionadas a estes dois componentes, que juntos contabilizam 74% do portfólio de 136 artigos selecionados. Também significativa é a quantidade de artigos que mencionam relacionadas a questões técnicas no design da TA .

Figura 02 - Distribuição da quantidade de artigos com menções às barreiras por componente do Modelo HAAT.



A Figura 03, por sua vez, desdobra as barreiras de cada componente do modelo HAAT em categorias que agrupam as barreiras identificadas por similaridade. A fim de facilitar o entendimento das figuras, mantêm-se o padrão de cores para cada uma das quatro dimensões do modelo, variando a sua luminosidade (de escuro a claro) em função da frequência de artigos que mencionam barreiras em cada uma das categorias.

Figura 03 - Distribuição da quantidade de artigos por categoria de barreiras mencionada

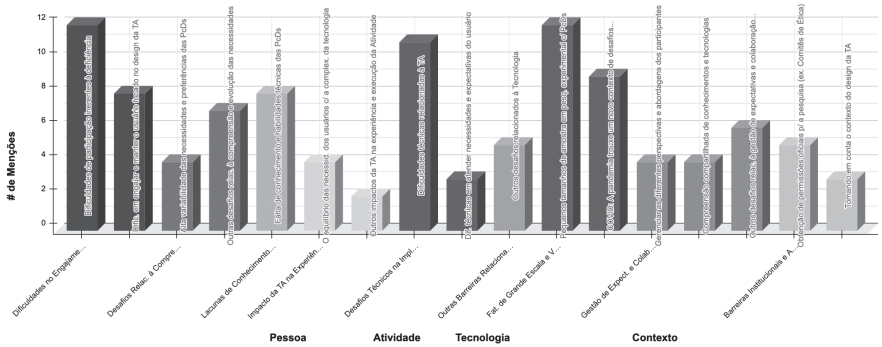


A Figura 04 detalha individualmente cada barreira identificada neste estudo. Para facilitar a compreensão, o padrão de cores da Figura 03 foi mantido, permitindo correlacionar cada barreira à sua respectiva categoria. Barreiras com baixa recorrência (1 ou 2 menções) foram agrupadas em colunas intituladas "Outro(a)s...", a fim de otimizar a visualização na Figura 04.

Primeiramente, as barreiras associadas ao componente "PESSOA" do Modelo HAAT estão ligadas às características, necessidades e preferências individuais da Pessoa com Deficiência (PcD), englobando suas habilidades, experiências e o impacto de sua condição. A categoria mais citada neste estudo é "DIFICULDADES NO ENGAJAMENTO E PARTICIPAÇÃO DO USUÁRIO" (representada pela coluna azul escura na Figura 03), mencionada em 19 artigos. Destas, 12 artigos destacam as "Dificuldades de participação inerentes à deficiência", que indicam como condições como deficiências cognitivas, sensoriais ou de comunicação podem limitar a participação plena no processo de design. Além disso, 8 menções abordam as "Dificuldades em engajar e manter o usuário focado no design da TA", uma barreira crucial, visto que a participação ativa da PcD é essencial para o sucesso do design da Tecnologia Assistiva (TA). A segunda categoria de barreiras mais referenciada no componente "Pessoa" são os "DESAFIOS RELACIONADOS À COMPREENSÃO E À EVOLUÇÃO DAS NECESSIDADES DO USUÁRIO" (coluna azul de luminosidade média na Figura 03), presente em 10 artigos. Nesta categoria, sobressai a "Alta variabilidade das necessidades e preferências dos usuários finais", pois cada PcD possui particularidades que frequentemente demandam soluções de TA altamente personalizadas. Os "Outros desafios relacionados à compreensão e evolução das necessidades" incluem desde a dificuldade em compreender as necessidades da PcD até a tendência de designers e engenheiros

em “adivinhar” estas necessidades (e preferências). Finalmente, a terceira categoria de barreiras, “LACUNAS DE CONHECIMENTO E FAMILIARIDADE COM A TECNOLOGIA” (coluna azul claro na Figura 03), mencionada em 8 artigos, refere-se à “Falta de conhecimento e habilidades técnicas dos usuários finais”, ou seja, nem toda PcD possui conhecimento ou familiaridade com as tecnologias empregadas na TA que utiliza.

Figura 04 - Distribuição da quantidade de artigos por categoria específica de barreiras mencionada.



As barreiras associadas ao componente “ATIVIDADE” do Modelo HAAT dizem respeito às tarefas, ocupações e papéis que a Pessoa com Deficiência (PcD) deseja ou necessita desempenhar. Elas se referem a como a TA pode tanto facilitar quanto dificultar essa participação. Todas essas barreiras são agrupadas sob uma única categoria: “IMPACTO DA TA NA EXPERIÊNCIA E EXECUÇÃO DA ATIVIDADE”. Essa categoria foi mencionada em 6 artigos do portfólio analisado e é representada pela coluna amarela na Figura 03. Ela aborda a integração ou a interferência da TA nas atividades diárias da PcD, com o objetivo de evitar sobrecargas e garantir que a tecnologia funcione como um facilitador, e não como um empecilho, na realização das tarefas. Dentro dessa categoria, o desafio mais frequentemente citado (em 4 artigos) é a busca por um “Equilíbrio no design da TA entre as necessidades do usuário e a complexidade da tecnologia, tornando-a informativa e fácil de usar”. Isso implica que a TA não deve exigir um esforço físico ou cognitivo excessivo da PcD para ser utilizada. Além disso, questões relativas à invasividade da TA também são mencionadas como um fator importante a ser considerado no processo de design.

Já as barreiras referentes ao componente “TECNOLOGIA” do Modelo HAAT relacionam-se primariamente às dificuldades técnicas inerentes ao desenvolvimento e à implementação das soluções de TA, abrangendo também as limitações na execução de funcionalidades. A principal categoria de barreiras

dentro deste componente são os "DESAFIOS TÉCNICOS NA IMPLEMENTAÇÃO E ENGENHARIA", que foram mencionados em 14 artigos. Essa categoria engloba as características intrínsecas à própria tecnologia (assistiva), como seu design, funcionalidade, confiabilidade e a capacidade de atender às necessidades da Pessoa com Deficiência (PcD) na execução de suas atividades (coluna em vermelho escuro na Figura 03). Dentro desta primeira categoria destaca-se primeiramente a barreira "Dificuldades técnicas relacionadas à TA", mencionada em 11 artigos. Uma segunda barreira, "Dificuldades técnicas em atender às necessidades e expectativas do usuário", foi mencionada em 3 artigos. Esta última difere da anterior ao focar menos na complexidade intrínseca da tecnologia e mais na implementar as funcionalidades necessárias para satisfazer plenamente as necessidades e preferências da PcD. As "OUTRAS BARREIRAS RELACIONADAS À TECNOLOGIA" (coluna em vermelho claro na Figura 03) agrupam barreiras mencionadas com menor frequência. Elas variam desde a integração de recursos de segurança e confiabilidade na TA até o seu custo, por vezes elevado.

As barreiras relacionadas ao componente "CONTEXTO" do Modelo HAAT estão intrinsecamente ligadas aos ambientes físico, social, cultural, institucional e político nos quais a Pessoa, a Atividade e a Tecnologia Assistiva interagem. A categoria de barreiras mais proeminente neste componente são os "FATORES DE GRANDE ESCALA E VALIDAÇÃO EM PESQUISA", mencionados em 21 artigos e visualmente representados pela coluna em verde-escuro na Figura 03. Dentro dessa categoria, o principal desafio é o "Pequenos tamanhos de amostra em pesquisa experimental com PcDs", um problema recorrente que afeta a validação estatística dos resultados em pesquisas acadêmicas, citado em 12 artigos. Adicionalmente, a pandemia de COVID-19 trouxe um novo conjunto de desafios, impactando o acesso e a interação com a TA. Uma segunda categoria de barreiras frequentemente referenciada é a "GESTÃO DE EXPECTATIVAS E COLABORAÇÃO ENTRE STAKEHOLDERS", mencionada em 14 artigos e representada pela coluna em verde de luminosidade média na Figura 03. Essa categoria destaca a dificuldade em alinhar visões, coordenar a participação e gerenciar as expectativas de todos os envolvidos no processo de design da TA. Ela abrange cinco barreiras distintas, embora mencionadas com menor frequência individualmente. Por fim, a terceira categoria de barreiras vinculadas ao contexto são as "BARREIRAS INSTITUCIONAIS E AMBIENTAIS", citadas em 8 artigos e representadas pela coluna em verde-claro na Figura 03. Essas barreiras incluem, inicialmente, a dificuldade na "Obtenção de permissões oficiais para a pesquisa" (5 artigos), como a aprovação por um Comitê de Ética. Também se aborda a dificuldade em "Tomar em conta o contexto do design da

TA", que envolve a consideração de necessidades locais e instalações existentes, mencionada em 3 artigos.

4. DISCUSSÃO

Os resultados da análise dos 100 artigos revelam uma distribuição clara na frequência de menções aos componentes do Modelo HAAT. Os componentes PESSOA e CONTEXTO são os mais destacados, cada um com 37 menções, sublinhando sua relevância nas pesquisas sobre Tecnologia Assistiva (TA). O componente TECNOLOGIA aparece com 20 menções, enquanto o componente ATIVIDADE é o menos citado, com apenas 6 menções.

No que tange ao componente PESSOA, a principal dificuldade identificada reside no engajamento e na manutenção do engajamento da pessoa com deficiência (PcD) no processo de design de sua própria TA. Este engajamento é crucial para o sucesso do projeto e para evitar o abandono da tecnologia desenvolvida. Grande parte dessa dificuldade é atribuída, pelos autores dos artigos, às dificuldades inerentes à própria deficiência, que podem prejudicar a comunicação eficaz da PcD com os demais participantes do projeto. É importante notar que essa observação se alinha com o perfil da maioria das TAs desenvolvidas e descritas nos artigos analisados: muitas delas pertencem à classe dos Dispositivos para a Gestão da Informação e Comunicação, conforme a Norma ISO 9999 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2022). Esses dispositivos são, por natureza, projetados para auxiliar pessoas com deficiências de comunicação. Outro desafio significativo é a dificuldade da equipe de design em compreender as necessidades e preferências da PcD. Isso se deve à grande variabilidade destas necessidades e preferências, assim como à sua constante evolução ao longo do tempo. Além disso, a falta de conhecimento ou familiaridade da PcD com a tecnologia a ser desenvolvida também se mostra como uma barreira relevante. Muitas das tecnologias apresentadas, de acordo com os autores, exigem conhecimentos técnicos complexos para que a PcD possa participar de forma mais efetiva no processo de design, indo além das etapas de levantamento de necessidades por meio de questionários e entrevistas, e dos testes finais de protótipos ou produtos acabados.

Apesar de menos referenciado, as barreiras referentes à ATIVIDADE também mereceram um especial cuidado pelos autores dos artigos. Aqui se destaca a busca por um equilíbrio (integração) entre as necessidades das PcDs e a complexidade da tecnologia, de tal forma a não exigir esforços físico e cognitivos excessivos e a levar ao design de uma TA com boa usabilidade. Neste aspecto, as barreiras e dificuldades que dizem respeito ao componente ATIVIDADE se situam entre aquelas relativas ao componente PESSOA – foco nas necessidades e preferências

das PcDs – e aquelas relativas à TECNOLOGIA – foco na complexidade técnica da TA.

Na TECNOLOGIA, terceiro componente mais mencionado nos artigos estudados, sobressaem-se como barreiras – conforme adiantado no parágrafo anterior – as dificuldades de técnicas advindas da própria tecnologia utilizada no projeto da TA. Isto decorre do fato dos projetos apresentados em artigos de periódicos buscarem incorporar novas e sofisticadas tecnologias em termos de hardware. A incorporação da eletrônica, das modernas tecnologias de informação e comunicação, bem como, mais recentemente das tecnologias de Inteligência Artificial (IA), concorrem para este aumento da complexidade dos dispositivos de TA, tornando a complexidade da tecnologia uma barreira crítica à participação da PcD no design da sua TA, por meio de abordagens participativas de design.

Por fim, no que se refere ao componente CONTEXTO, os artigos analisados enfatizam a dificuldade em se obter amostras de PcDs (estatisticamente) significativas, a fim de testar a tecnologia desenvolvida e, mais ainda, de participar do processo de design. Grandes amostras são necessárias para a corroboração (ou refutação) de hipóteses propostas para a pesquisa. Por não conseguir uma validação quantitativa (estatística) das hipóteses apresentadas, recorre-se a análise de natureza qualitativa, que nem sempre são aceitas – ou bem vistas – por determinados conselhos editoriais de periódicos. Outra barreira, circunstancial, para a pesquisa do design de TA por meio de abordagens participativas frequentemente mencionadas se refere à epidemia do COVID-19 ocorrida, oficialmente de acordo com a OMS, de 11 de março de 2020 a 5 de maio de 2023.

Por fim, no que diz respeito ao CONTEXTO, os artigos analisados frequentemente destacam a dificuldade em obter amostras estatisticamente significativas de Pessoas com Deficiência (PcDs). Isso é crucial tanto para testar a tecnologia desenvolvida quanto, e ainda mais importante, para a participação delas no processo de design. Amostras grandes são essenciais para corroborar ou refutar as hipóteses de pesquisa de forma robusta. A incapacidade de realizar uma validação quantitativa e estatística das hipóteses leva, muitas vezes, os pesquisadores a realizar avaliações e análises de natureza qualitativa da sua pesquisa. Embora valiosas, essas análises nem sempre são aceitas ou bem vistas por alguns conselhos editoriais de periódicos científicos, o que pode dificultar a publicação de pesquisas na área. Outra barreira, de natureza circunstancial, que impactou a pesquisa em Design Participativo de TA foi a pandemia de COVID-19. Oficialmente declarada pela OMS de 11 de março de 2020 a 5 de maio de 2023, a COVID-19 impactou um grande número das pesquisas descritas nos artigos

analisados, tendo em vista que restringiu severamente a interação e o acesso, elementos fundamentais para as abordagens participativas de design.

5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa examinou as barreiras no design participativo de Tecnologia Assistiva (TA) utilizando o modelo HAAT. Os resultados destacam que os componentes PESSOA e CONTEXTO são os mais relevantes, com 37 menções cada. As principais dificuldades incluem o engajamento e a participação da pessoa com deficiência (PcD), a complexidade técnica da TA e a dificuldade em obter amostras significativas para validação estatística da pesquisa. A análise detalhada dessas barreiras reafirma a importância de considerar as necessidades individuais dos usuários e os fatores ambientais no desenvolvimento de TA.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem pelo apoio a esta pesquisa ao CNPq (7816185212911060), à CAPES (PAEP-20232514834P), à FAPESC (2021TR823 e 2023TR632) e à UDESC.

REFERÊNCIAS

COOK, A. M.; POLGAR, J. M. *Cook and hussey's assistive technologies:* principles and practice. 3.ed. St. Louis: Mosby Elsevier, 2008.

GULLIKSEN, J.; GÖRANSSON, B.; BOIVIE, I.; BLOMKVIST, S.; PERSSON, J.; CAJANDER, Å. Key principles for user-centred systems design. *Behavior & Information Technology*, v. 22, n. 6, p. 297-409. 2010.

HARTE, R.; GLYNN, L.; RODRÍGUEZ-MOLINERO, A.; BAKER, P. M.; SCHARF, T.; QUINLAN, L. R.; ÓLAIGHIN, G. A human-centered design methodology to enhance the usability, human factors, and user experience of connected health systems: A three-phase methodology. *JMIR Human Factors*, v. 4, n. 1. 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 9999:* Assistive products for persons with disabilities – Classification and terminology. Geneva: ISO, 2022.

KENSING, F.; BLOMBERG, J. Participatory design: Issues and concerns. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, v. 7, n. 3, p. 167-185. 1998.

KING, S.; CONLEY, M.; LATIMER, B.; FERRARI, D. *Co-design:* A process of design participation. 1.ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989.

KLEINSMANN, M.; VALKENBURG, R. Barriers and enablers for creating shared understanding in co-design projects. *Design Studies*, v. 29, n. 4, p. 369-386, jul. 2008.

MAGUIRE, M. Methods to support human-centred design. *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 55, n. 4, p. 587-634, out. 2001.

MARTIN, J. K.; MARTIN, L. G.; STUMBO, N. J.; MORRILL, J. H. The impact of consumer involvement on assistive with and use of assistive technology. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, v. 6, n. 3, p. 225-242, out. 2010.

MULLER, M. J.; KUHN, S. Participatory design. *Communications of the ACM*, v. 36, n. 6, p. 24-28. 1993.

PHILLIPS, B.; ZHAO, H. Predictors of assistive technology abandonment. *Assistive Technology*, v. 5, n. 1, p. 36-45. 1993.

RIEMER-REISS, M. L.; WACKER, R. R. Factors associated with assistive technology discontinuance among individuals with disabilities. *Journal of Rehabilitation*, v. 66, n. 3, p. 44-50, jul. 2000.

SCHULER, D.; NAMIOKA, A. (eds.). *Participatory design:* Principles and practices. Boca Raton, FL: CRC Press, 2017.

UNITED STATES. *Technology-Related Assistance for Individuals With Disabilities Act of 1988*. Public Law 100-407. [S. l.]: U.S. Congress, 1988. Disponível em: https://www.govinfo.gov/content/pkg/STATUTE-102/pdf/STATUTE-102-Pg1044.pdf. Acesso em: 11 maio 2025.

WILKINSON, C. R.; DE ANGELI, A. Applying user centred and participatory design approaches to commercial product development. *Design Studies*, v. 35, n. 6, p. 614-631. 2014.

Classificação Automática de Cenas Acústicas para Apoio à Hipersensibilidade Auditiva no TEA: Uma Abordagem Simulada

Neto, José Ricci[*1]; Macegoza, Thiago Vinícius[1]; Parreira, Wemerson Delcio[2]; Itturriet, Fábio Pires[1,3]; Borges, Renata Coelho[1,3]

1 – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Curitiba, Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT), jneto.2020@alunos.utfpr.edu.br; thiago.2000.macegoza@gmail.com

2 – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, PUC-Campinas, wemerson.delcio@puc-campinas.edu.br

3 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB), UTFPR - Campus Curitiba, renatacoelho@utfpr.edu.br; fabioitturriet@utfpr.edu.br

* -Correspondência: Av. Sete de Setembro, 3165, Rebouças, Curitiba, Paraná, Brasil, 80230-901.

DOI 10.52050/9788579177163-20

RESUMO

A hipersensibilidade auditiva em pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA) pode prejudicar a autonomia em ambientes ruidosos, afetando o bem-estar sensorial. Este estudo visa simular um sistema assistivo de reconhecimento automático de cenas acústicas para subsidiar respostas adaptativas baseadas no perfil sensorial do usuário. Utilizou-se Máquinas de Vetores de Suporte (SVM), testando diferentes funções *kernel* em base de dados pública. O modelo com *kernel*-RBF obteve alta revocação, F1-score e acurácia superior a 85%. Os achados destacam o potencial de tecnologias assistivas embarcadas para promover a inclusão e melhorar o bem-estar sensorial de pessoas neurodivergentes.

Palavras-chave: Transtorno do Espectro Autista (TEA), Máquinas de Vetores de Suporte (SVM), Tecnologias assistivas.

ABSTRACT

Auditory hypersensitivity in individuals with Autism Spectrum Disorder (ASD) can impair autonomy in noisy environments, affecting sensory well-being. This study aims to simulate an assistive system for automatic recognition of acoustic scenes to support adaptive responses based on the user's sensory profile. Support Vector Machines (SVM) were used to test different kernel functions in a public database. The model with kernel-RBF obtained high recall, F1-score and accuracy above 85%.

The findings highlight the potential of embedded assistive technologies to promote inclusion and improve the sensory well-being of neurodivergent individuals.
Keywords: *Autism Spectrum Disorder* (ASD), *Support Vector Machines* (SVM), *Assistive Technologies.*

1. INTRODUÇÃO

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é uma condição do neurodesenvolvimento que afeta aproximadamente 1 em cada 100 crianças globalmente, segundo estimativas da Organização Mundial da Saúde (OMS) (ZEIDAN et al., 2022). Caracteriza-se por dificuldades na comunicação social, padrões comportamentais restritos e alterações sensoriais, incluindo disfunções no processamento auditivo. Dentre essas alterações, a hipersensibilidade a estímulos sonoros é particularmente relevante, afetando até 70% dos indivíduos com TEA, de acordo com estudos clínicos recentes (WILLIAMS; SUZMAN; WOYNAROSKI, 2021). Essa hipersensibilidade pode se manifestar como desconforto intenso, ansiedade ou reações de sobrecarga sensorial frente a sons de alta intensidade, sons repetitivos ou ambientes imprevisivelmente ruidosos.

Ambientes urbanos modernos, como escolas, centros comerciais e transportes públicos, frequentemente apresentam paisagens sonoras dinâmicas e não estruturadas. A superposição de sons, variações rápidas de intensidade e a presença de ruídos impulsivos podem representar um desafio significativo para indivíduos com TEA, impactando sua qualidade de vida e limitando sua participação social. A exposição contínua a ambientes acusticamente hostis pode desencadear respostas de luta ou fuga, comportamentos de evitação e até crises sensoriais, dificultando a inclusão e a autonomia (POTGIETER et al., 2020). No Brasil, a Lei nº 13.146/2015 (Estatuto da Pessoa com Deficiência) estabelece o direito à acessibilidade, à autonomia e à participação plena na sociedade para pessoas com deficiência, incluindo indivíduos com transtornos do espectro autista, reforçando a importância do desenvolvimento de tecnologias assistivas que minimizem barreiras sensoriais.

Sistemas de Classificação de Cenas Acústicas (*Acoustic Scene Classification* – ASC) têm se consolidado como ferramentas eficientes para a categorização automática de ambientes sonoros, com aplicações em áreas como vigilância, dispositivos móveis e tecnologias assistivas (MACEGOZA et al., 2025). Em linhas gerais, a ASC envolve a extração de características relevantes do sinal de áudio e a aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina para associar essas características a rótulos de cena específicos. Entre os métodos de classificação, as Máquinas de Vetores de Suporte (*Support Vector Machines* – SVM) destacam-se pela robustez em problemas de alta dimensionalidade e pela capacidade de

generalização mesmo com conjuntos de dados relativamente pequenos. O uso de SVMs em ASC tem sido explorado com sucesso em diversas aplicações, embora os desafios permaneçam no que diz respeito à variabilidade acústica e à robustez em cenários reais (DING et al., 2024).

Estudos recentes têm investigado a aplicação de ASC em contextos assistivos, incluindo a adaptação de ambientes inteligentes para pessoas com deficiências sensoriais. Entretanto, o uso específico de ASC para apoio a indivíduos com TEA ainda é limitado, com poucos trabalhos explorando classificadores leves, de baixa complexidade computacional, que possam ser futuramente implementados em sistemas embarcados ou dispositivos portáteis (MULIMANI; VENKATESH; KOOLAGUDI, 2025). A combinação de classificadores tradicionais como SVM com técnicas de extração de características acústicas eficientes surge, portanto, como uma alternativa promissora para aplicações em tempo real voltadas à mitigação de sobrecarga sensorial em indivíduos neurodivergentes.

Neste contexto, este estudo visa simular um sistema assistivo de reconhecimento automático de cenas acústicas, com o objetivo de subsidiar respostas adaptativas baseadas no perfil sensorial do usuário. A pesquisa utiliza técnicas de Classificação de Cenas Acústicas (ASC) baseadas em Máquinas de Vetores de Suporte (SVM) para identificar ambientes acústicos potencialmente desconfortáveis para indivíduos com TEA. Ao classificar diferentes ambientes sonoros, o sistema pode filtrar ou modificar sons específicos, como ruídos excessivos ou frequências perturbadoras, a fim de reduzir o desconforto sensorial. A abordagem inclui a extração de características acústicas simples, como energia e taxa de cruzamento por zero, utilizando um conjunto de dados representativo de diversas cenas. Além disso, o desempenho dos classificadores SVM, tradicionais e variantes, é avaliado com base em métricas como acurácia, precisão, sensibilidade e F1-score.

A proposta visa contribuir para o desenvolvimento futuro de sistemas embarcados assistivos personalizáveis capazes de operar em tempo real, com foco na melhoria da qualidade de vida de pessoas com hipersensibilidade auditiva.

1.1. Transtorno do Espectro Autista e Alterações no Processamento Sensorial Auditivo

Uma característica frequentemente relatada em indivíduos com TEA é a atipia no processamento sensorial, especialmente no domínio auditivo. Essas alterações podem se manifestar como hipersensibilidade a sons específicos ou, inversamente, hipossensibilidade a estímulos que normalmente despertariam atenção em indivíduos neurotípicos (RODRÍGUEZ-ARMENDARIZ;

VELA-ROMERO; GALIANA, 2024). A hipersensibilidade auditiva, em particular, pode levar a reações intensas a sons cotidianos, resultando em comportamentos de esquiva, crises de estresse ou sobrecarga sensorial.

O processamento sensorial atípico no TEA não se limita apenas à intensidade dos estímulos auditivos. Estudos indicam que existe também uma diferença na forma como as informações auditivas são integradas e interpretadas no contexto multimodal, isto é, em conjunto com estímulos visuais, táteis e proprioceptivos. Essa integração deficiente pode amplificar a sensação de imprevisibilidade e desconforto em ambientes ruidosos, dificultando a adaptação a contextos sociais dinâmicos. Ambientes considerados banais para a maioria das pessoas, como centros comerciais, escolas e eventos públicos, podem se tornar fontes de extremo desconforto para indivíduos com TEA, afetando sua qualidade de vida e participação social (THÉRIAULT; MORALES, 2022). Além disso, é importante destacar que o perfil sensorial em indivíduos com TEA não é homogêneo. Essa variabilidade torna desafiadora a criação de estratégias de suporte universais e reforça a necessidade de abordagens tecnológicas adaptativas que possam personalizar a detecção e a resposta a ambientes potencialmente desconfortáveis.

1.2. Classificação de Cenas Acústicas (ASC): Conceitos e Aplicações

A tarefa de ASC envolve a captura de sinais acústicos, a extração de características representativas desses sinais e a posterior classificação dos dados em categorias pré-definidas, como "rua movimentada", "parque", "metrô", "cafeteria", entre outros. As aplicações práticas de ASC são vastas e incluem desde a melhoria de sistemas de assistência auditiva, passando por contextos de segurança pública, até soluções de suporte para populações vulneráveis, como indivíduos com TEA.

Um aspecto crítico da ASC é a seleção adequada de características acústicas que representem de forma eficiente os padrões sonoros dos ambientes. Características como coeficientes mel-cepstrais (MFCCs), espectrogramas e parâmetros baseados na energia espectral são comumente utilizados (SURENDIRAN et al., 2024). Entretanto, pesquisas recentes exploram também características mais especializadas, como cromagrama, taxa de cruzamento por zero (*zero-crossing rate*) e contraste espectral, com o objetivo de capturar nuances mais sutis dos ambientes (DING et al., 2024). Após a extração, técnicas de redução de dimensionalidade, como Análise de Componentes Principais (PCA) ou t-SNE, são frequentemente aplicadas para otimizar o desempenho dos classificadores.

O campo de ASC também vem expandindo suas aplicações para sistemas embarcados e *context-aware computing*. Em robótica assistiva, por exemplo, ASC é utilizado para ajudar robôs sociais a interpretar o ambiente e ajustar seu comportamento (FURLETOV; WILLERT; ADAMY, 2021). No caso de tecnologias assistivas para pessoas com TEA, a capacidade de detecção automática de ambientes permite a implementação de sistemas de alerta, adaptação sensorial (como redução automática de volume de aparelhos auditivos) ou mesmo a sugestão de estratégias de enfrentamento, promovendo maior autonomia e segurança para o usuário.

1.3. Máquinas de Vetores de Suporte (SVM) na ASC

Máquinas de Vetores de Suporte são algoritmos amplamente utilizados em problemas de classificação e regressão, conhecidos por sua robustez em contextos de alta dimensionalidade e pela capacidade de encontrar hiperplanos ótimos de separação entre classes. Em ASC, SVMs têm se destacado pela capacidade de lidar bem com conjuntos de dados relativamente pequenos, onde a generalização é mais crítica do que a capacidade de aprender representações extremamente complexas, como em redes neurais profundas (DENG, TIAN e ZHANG, 2012).

Estratégias como *One-vs-One* e *One-vs-Rest* possibilitam a expansão da SVM, originalmente projetada para problemas binários, para cenários com múltiplas classes de ambientes. Adicionalmente, SVMs probabilísticas, que estimam a probabilidade de um dado pertencer a cada classe, têm sido desenvolvidas, aumentando a interpretabilidade dos resultados, especialmente em sistemas assistivos onde decisões baseadas em níveis de confiança são desejáveis.

Em termos de eficiência computacional, algoritmos como o *Sequential Minimal Optimization* (SMO) foram desenvolvidos para acelerar o treinamento de SVMs em conjuntos grandes de dados. Outras iniciativas têm focado na adaptação de SVMs para implementação eficiente em dispositivos de baixo consumo, como microcontroladores ARM Cortex-M e FPGAs, viabilizando aplicações embarcadas para ASC em dispositivos *wearable*. Essas estratégias são essenciais para sistemas assistivos que precisam operar continuamente e de forma energeticamente eficiente, características fundamentais para o suporte em tempo real a indivíduos com TEA.

1.4. Trabalhos Relacionados

Diversos estudos recentes têm buscado soluções para mitigar os efeitos da hipersensibilidade auditiva em indivíduos com Transtorno do Espectro Autista

(TEA). Um desses estudos desenvolveu um sistema de cancelamento ativo de ruído (ANC) adaptado, baseado em avaliações de percepção auditiva e testes de eletroencefalografia, especificamente voltado para crianças com TEA e hiper-reatividade auditiva. Os resultados mostraram que determinadas frequências, como 250 Hz e 8 kHz, foram consistentemente classificadas como mais desconfortáveis, levando ao desenvolvimento de fones de ouvido com funções de controle de ruído individualizado, que melhoraram significativamente o conforto auditivo dos participantes (KWONG; MUNG; CHOY, 2024).

Outro estudo utilizou modelos de redes neurais profundas para prever as características de percepção sonora e sugerir modificações auditivas destinadas a reduzir o estresse em indivíduos com transtornos do neurodesenvolvimento, incluindo TEA. Os resultados demonstraram que tais modelos podem auxiliar na construção de sistemas personalizados que adaptam estímulos sonoros de acordo com as reações subjetivas dos usuários, proporcionando reduções significativas nos níveis de desconforto (ICHIKAWA et al., 2025).

A literatura sobre tecnologias de controle de ruído também traz contribuições relevantes para a área de assistência a pessoas com TEA, mesmo quando o foco inicial não é diretamente em transtornos do neurodesenvolvimento. Laska, Goubran e Wallace (2024) avaliaram a qualidade do som residual e a preservação das pistas binaurais em fones de ouvido ANC, aspectos fundamentais para a percepção espacial auditiva. Considerando que indivíduos com TEA frequentemente apresentam dificuldades na integração sensorial auditiva e na localização de sons, a preservação adequada de pistas espaciais torna-se crítica para evitar desorientação ou aumento de estresse em ambientes ruidosos.

Outro avanço importante é a proposta de uma topologia de circuito ANC de latência ultra baixa com características ajustáveis (KWONG; CHOY; CHAN; MUNG, 2024). A capacidade de adaptar dinamicamente o cancelamento de ruído a diferentes ambientes é especialmente relevante para o TEA, dada a variabilidade na sensibilidade auditiva entre indivíduos e a necessidade de soluções altamente personalizadas para conforto e segurança auditiva.

Recentemente, um novo estudo reforçou a importância do controle individualizado da percepção sonora em crianças com TEA (KWONG et al., 2025). Através da combinação de testes de percepção auditiva e respostas eletrofisiológicas, foi desenvolvido um *headset* com sistema híbrido de controle ativo de ruído e função de ajuste de percepção. Os resultados mostraram redução significativa na magnitude do potencial evocado auditivo e melhoria na experiência sonora em ambientes comuns, como o tráfego intenso ou durante tempestades, indicando potencial para a diminuição de comportamentos relacionados à hiper-reatividade auditiva.

Esses trabalhos demonstram que a combinação de técnicas de classificação de cenas acústicas (ASC), tecnologias de cancelamento ativo de ruído e personalização sensorial pode representar um caminho promissor para o desenvolvimento de tecnologias assistivas destinadas a melhorar a qualidade de vida de pessoas com TEA.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Base de dados

Para o desenvolvimento e avaliação do sistema proposto, foi utilizada a base de dados TUT *Urban Acoustic Scenes* 2018 (HEITTOLA; MESAROS; VIRTANEN, 2018), composta por gravações reais de ambientes urbanos. Foram selecionadas 10 classes distintas de ambientes: *airport* (*classe* 1), *bus* (*classe* 2), *metro* (*classe* 3), *metro station* (*classe* 4), *park* (*classe* 5), *public square* (*classe* 6), *shopping mall* (*classe* 7), *street pedestrian* (*classe* 8), *street traffic* (*classe* 9) e *tram* (*classe* 10). Como a base já é pré-processada para tarefas de classificação, técnicas adicionais de remoção de ruído não foram aplicadas nesta etapa. A escolha desta base se justifica pela relevância dos sons urbanos no contexto de hipersensibilidade auditiva em indivíduos com TEA, considerando que ambientes externos frequentemente apresentam sons imprevisíveis e potencialmente estressantes.

2.2. Extração de características

Foram extraídas 11 características acústicas de cada arquivo de áudio, selecionadas por sua relevância na caracterização de sinais sonoros ambientais. As *features* computadas incluíram: energia, ZCR (*zero crossing rate*), duração, coeficientes mel-cepstrais (MFCC - média dos coeficientes), valor RMS (*root mean square*), centróide espectral, largura de banda espectral (*spectral bandwidth*), *roll-off* espectral, além das estatísticas de média e desvio padrão da ZCR, e *chroma mean*. Estas características oferecem uma representação multidimensional do conteúdo espectro-temporal de cada gravação, capturando tanto aspectos de intensidade e periodicidade quanto propriedades espectrais relacionadas à percepção auditiva.

2.4. Classificação

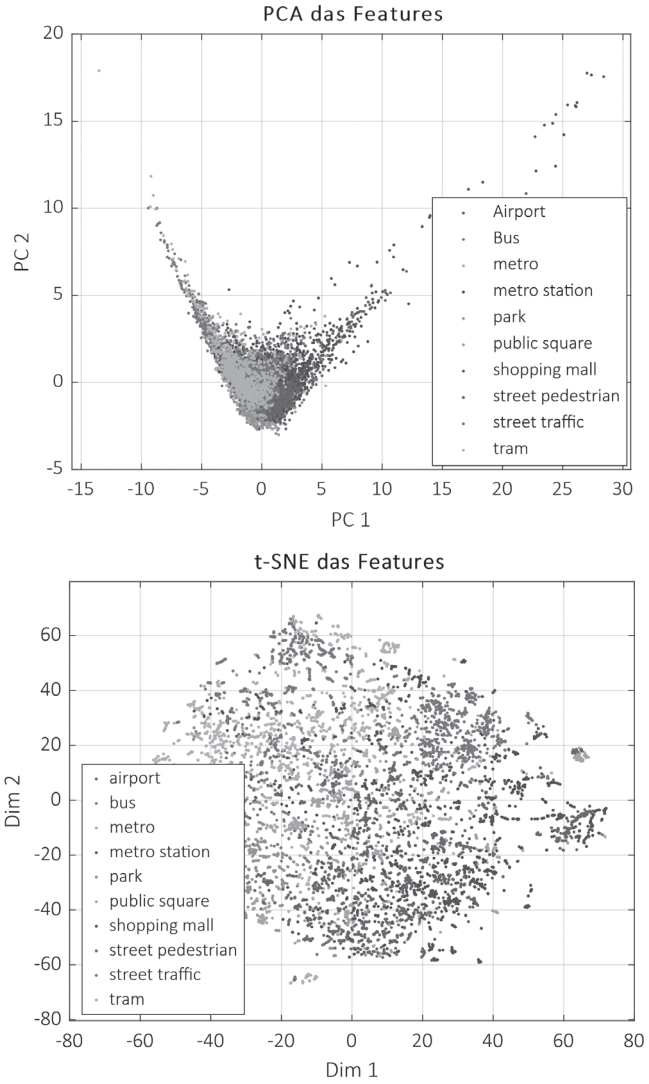
A classificação dos sons foi realizada utilizando SVM, explorando diferentes funções de kernel para investigar a melhor configuração para os dados extraídos. Foram testados os kernels linear (separação linear entre as classes), polinomial (decisão baseada em polinômios de graus superiores) e *radial basis function* (RBF

- modelagem não linear eficiente para dados com distribuição mais complexa). A validação do desempenho dos modelos foi conduzida por meio de validação cruzada estratificada com 5 *folds*, assegurando que todas as classes estivessem proporcionalmente representadas em cada partição de treinamento e teste. Esse procedimento não apenas preserva o balanceamento das classes ao longo das divisões, mas também permite uma avaliação mais robusta e generalizável do modelo ao dividir os dados em múltiplos subconjuntos de treinamento e teste. A validação cruzada reduz a dependência de uma única divisão aleatória dos dados, e com isso mitiga o risco de viés ou variância decorrentes de amostragens particulares, assim proporcionando uma estimativa mais confiável do desempenho do classificador.

A avaliação do desempenho dos modelos considerou a acurácia média e o desvio padrão obtidos nos *folds* de validação. Além disso, foram geradas matrizes de confusão para cada kernel, permitindo a análise da distribuição dos acertos e erros de classificação entre as classes. A partir das matrizes de confusão, também foram calculadas métricas adicionais, incluindo precisão, revocação e F1-*score*, possibilitando uma avaliação mais detalhada da capacidade de generalização dos classificadores e da robustez dos resultados frente a possíveis desbalanceamentos de classes.

Além das etapas quantitativas de avaliação dos classificadores, foram utilizadas técnicas de redução de dimensionalidade para inspecionar visualmente a separabilidade entre as classes no espaço das características extraídas, conforme apresentado na Figura 1. Os métodos PCA (*Principal Component Analysis*) e t-SNE (t-*distributed Stochastic Neighbor Embedding*) foram aplicados às amostras da base para projeção bidimensional dos dados. O gráfico gerado por PCA, Figura 1a, evidenciou uma distribuição relativamente contínua entre as classes, com alguma sobreposição, sugerindo que as variáveis extraídas contêm variação discriminativa, mas não necessariamente linearmente separável. Por sua vez, a visualização t-SNE, Figura 2b, revelou agrupamentos mais nítidos e estruturas locais mais bem definidas, indicando que a complexidade não linear dos dados pode ser capturada por modelos como o SVM com kernel RBF. Essas visualizações apoiam empiricamente a escolha de kernels não lineares para a tarefa de classificação.

Figura 01 - Projeções bidimensionais das amostras no espaço de características.



(a) PCA: Principal Component Analysis (b) t-SNE: t-*distributed Stochastic Neighbor Embedding*

3. RESULTADOS

Os modelos SVM avaliados com diferentes funções kernel apresentaram desempenhos significativamente distintos na tarefa de classificação de cenas acústicas da base TUT-8, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 01 - Desempenho obtido nos diferentes modelos de SVM

Kernel	Acurácia (%)	Desvio Padrão	Melhor Classe (F1)	Pior Classe (F1)
Linear	64,39	±1,36	*park* (88,50)	*public square* (49,30)
Polinomial	82,44	±1,24	*bus* (88,90)	*metro station* (70,81)
RBF	85,89	±0,98	*park* (94,15)	*metro station* (73,33)

O modelo com kernel RBF obteve o melhor desempenho global, com acurácia média de 85,89% (±0,92%), revocação média de 85,74% (±1,09%) e F1-score médio de 85,69% (±0,98%). Esse modelo mostrou-se particularmente robusto na classificação de cenas como bus, *park*, *shopping mall* e *street traffic*, cujas taxas de revocação e precisão ultrapassaram 90%. A consistência dos resultados também se reflete nos baixos desvios padrão, sugerindo estabilidade entre os *folds*. A matriz de confusão associada a esse classificador, Figura 2b, mostrou uma clara superioridade na separação entre as classes, com acertos próximos a 90% em ambientes como *street traffic*, *bus* e *shopping mall*, com destaque para a classe *park* que obteve 93,2%. Ainda assim, algumas confusões pontuais persistiram, principalmente entre *metro station* (17,6%), *street pedestrian* (18,5%) e *public square* (17,9%), evidenciando que ambientes semiabertos e dinâmicos continuam desafiadores mesmo para modelos altamente não lineares. Também foi observado um pequeno grau de confusão entre *airport* e *shopping mall*, o que pode ser atribuído à presença de sons de fundo semelhantes, como ruídos de movimento, anúncios e vozes humanas.

Os valores da matriz confusão podem diferenciar-se entre falsos positivos (FP) — o sistema identifica incorretamente algo como positivo, quando na verdade é negativo — ou falsos negativos (FN) — o sistema identifica incorretamente algo como negativo, quando na verdade é positivo. Para o contexto de usuários com hipersensibilidade auditiva, deve ser levado em conta em grande parte os falsos positivos, pois, neste contexto, esses erros são especialmente críticos, podendo levar a ajustes inadequados. Isso pode envolver, por exemplo, a ativação de filtros redutores de ruído desnecessariamente, resultando em uma supressão abrupta de sons que pode causar desorientação sensorial ou ansiedade, agravando o desconforto.

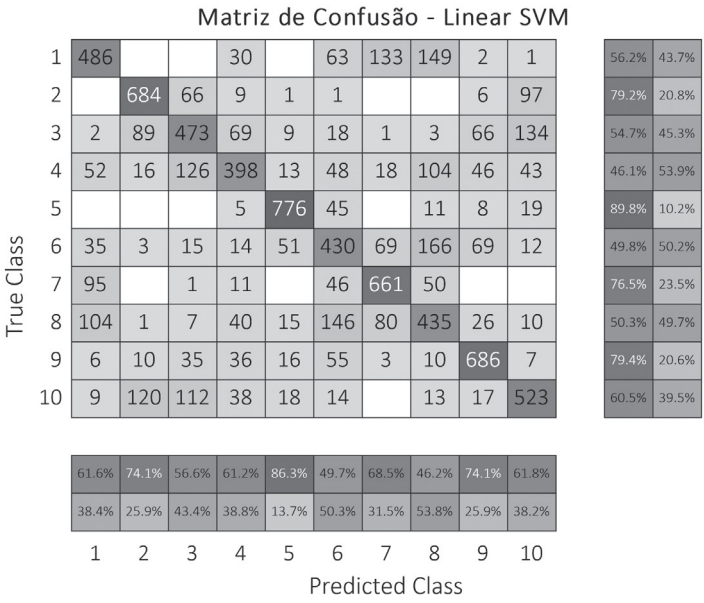
Em contraste, o classificador com kernel linear apresentou o pior desempenho, com acurácia média de 64,39% (±1,36%), revocação média de 64,48% (±1,44%) e F1-score médio de 64,18% (±1,45%). A matriz de confusão desse modelo, Figura 2a, revelou altos índices de confusão entre ambientes

sonoramente semelhantes, como *metro* e *metro station*, ou *street pedestrian* e *public square*. Esses resultados indicam a limitação do kernel linear para capturar a não linearidade presente na distribuição dos dados no espaço de características.

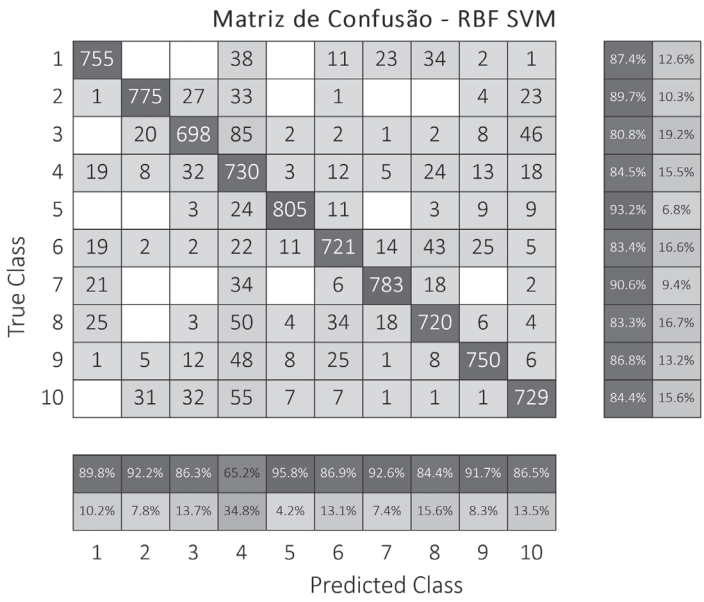
O modelo SVM com kernel polinomial (grau 3) apresentou desempenho intermediário, com acurácia média de 71,72% (±1,73%), revocação média de 71,72% (±1,60%) e F1-score de 71,64% (±1,66%). Embora tenha superado o kernel linear em quase todas as classes, sua complexidade não foi suficiente para alcançar a performance do modelo RBF. A matriz de confusão desse modelo, Figura 2c, evidenciou redução das confusões nas classes mais estruturadas, como *airport*, *street pedestrian e public square*, que passaram a ser corretamente identificadas com maior frequência, obtendo uma melhora de 27.1, 25.6 e 29.1 pontos percentuais em relação ao modelo linear. No entanto, ainda que as classes *public square* e *street pedestrian* obtiveram uma melhora expressiva em relação ao modelo linear, ainda foram observadas trocas frequentes entre elas, o que sugere que, embora o kernel polinomial seja mais expressivo, ele ainda apresenta limitações para modelar relações mais sutis entre classes com maior sobreposição acústica. Ainda vale destacar que, quando voltamos a observar os falsos positivos, o modelo polinomial teve o melhor desempenho na classe *metro station*, ainda que no geral tenha ficado abaixo do RBF, o que pode indicar uma especificidade acústica inerente a este tipo de ambiente que é melhor reconhecida pelo modelo polinomial.

A análise comparativa entre os três modelos mostra uma clara progressão no desempenho à medida que a complexidade do kernel aumenta, como esperado. O modelo linear falha em capturar a estrutura do espaço de características, enquanto o polinomial oferece ganhos, mas ainda enfrenta dificuldades em fronteiras ambíguas. Por outro lado, o kernel RBF se mostrou mais eficaz em generalizar a classificação, mesmo frente à variabilidade intraclasse e interclasse presente nos dados.

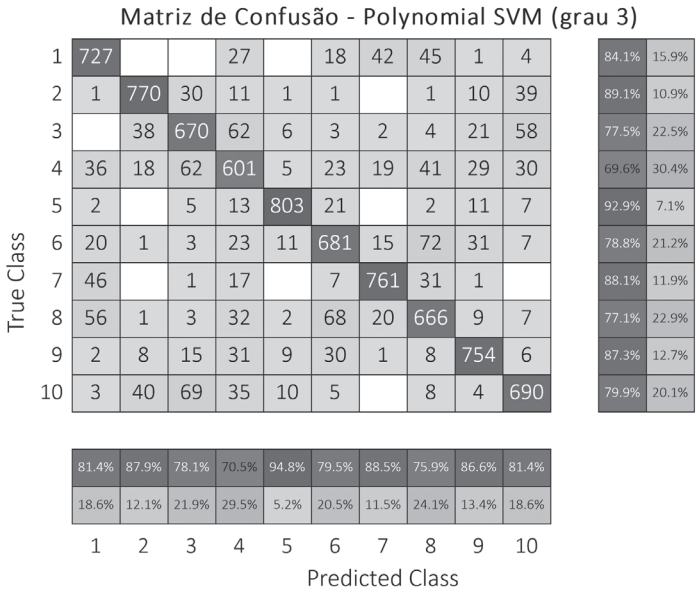
Figura 02 - Matrizes de confusão para três funções kernel distintas — linear, polinomial (grau 3) e *radial basis function* (RBF).



(a) SVM Linear



(b) SVM RBF



(c) SVM Polinomial

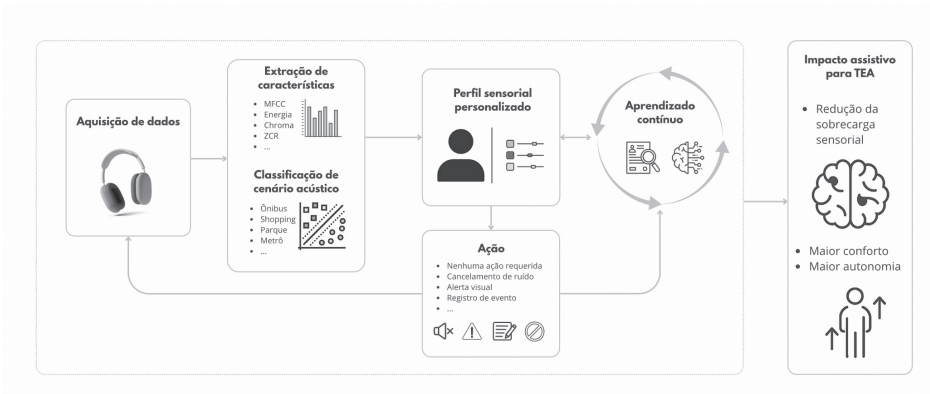
4. DISCUSSÕES

Do ponto de vista prático, os resultados obtidos têm implicações relevantes para o desenvolvimento de sistemas embarcados voltados à classificação de ambientes acústicos em tempo real, especialmente em tecnologias assistivas voltadas para indivíduos com Transtorno do Espectro Autista. Embora o kernel RBF tenha apresentado o melhor desempenho em termos de acurácia e robustez, sua complexidade computacional é significativamente superior aos demais, o que pode representar uma limitação em cenários com restrições de energia, como dispositivos vestíveis ou *hearables*. Nesses casos, a escolha do modelo deve considerar o *trade-off* entre desempenho e custo computacional. Por exemplo, o uso de um kernel polinomial pode representar uma alternativa viável ao RBF, mantendo níveis satisfatórios de classificação com menor consumo energético e maior viabilidade de implementação em microcontroladores de baixo consumo. Além disso, a elevada acurácia alcançada na distinção entre ambientes ruidosos e menos estressantes é promissora para aplicações em sistemas de alerta precoce para usuários com TEA, permitindo a adaptação dinâmica do ambiente (por exemplo, acionamento de modos de cancelamento de ruído ou notificações de risco sensorial).

4.1. Aplicação e Potencial Assistivo

A aplicação prática do sistema de classificação de cenas acústicas (ASC) proposto neste trabalho visa apoiar indivíduos com Transtorno do Espectro Autista (TEA) na gestão de ambientes auditivos potencialmente estressantes. Sua integração em dispositivos vestíveis, como *hearables*, ou em aplicativos móveis, representa uma solução viável para o monitoramento contínuo do ambiente sonoro e a identificação, em tempo real, de contextos acústicos de alto risco sensorial. A proposta é que o sistema atue como uma camada sensorial inteligente, capaz de antecipar situações de sobrecarga auditiva e fornecer respostas adaptativas que minimizem o impacto desses estímulos, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 03 - Arquitetura conceitual de um sistema assistivo adaptativo baseado em classificação de cenas acústicas (ASC) para suporte à hipersensibilidade auditiva no Transtorno do Espectro Autista (TEA).



Em uma possível implementação embarcada, sensores de áudio integrados a fones inteligentes capturariam o som ambiente, aplicariam o modelo de ASC desenvolvido neste estudo, e, mediante a detecção de cenas classificadas como de alto risco sensorial para aquele perfil, desencadeariam ações automáticas. Para que essa resposta seja eficaz, é fundamental que o sistema opere de forma personalizada, respeitando a variabilidade individual da percepção auditiva entre pessoas com TEA. Em vez de adotar reações padronizadas a todos os ambientes urbanos, o sistema pode aprender com o histórico de interações do usuário, identificando padrões de desconforto associados a determinadas cenas. Por exemplo, se um indivíduo demonstrar reações negativas frequentes em *public square*, mas não em *shopping mall*, o sistema pode ajustar automaticamente parâmetros como a sensibilidade de detecção, o nível de filtragem sonora ou o tipo de intervenção adotada. Essa personalização pode ser implementada a partir

de perfis sensoriais configuráveis, como ajustes manuais, *feedback* do usuário ou aprendizado incremental. Com isso, o modelo de ASC deixa de ser apenas uma ferramenta de reconhecimento ambiental e se torna a base de um sistema assistivo centrado no indivíduo, com potencial para realizar ações específicas como filtragem de frequências incômodas, ativação de cancelamento de ruído, emissão de alertas discretos entre outros.

Além do suporte direto ao usuário, a integração do sistema com plataformas móveis permitiria o registro de exposições sonoras e intervenções adotadas, possibilitando a criação de relatórios individualizados ao longo do tempo. Esses dados poderiam ser compartilhados com cuidadores, terapeutas e profissionais de saúde, apoiando o planejamento de intervenções mais eficazes e fundamentadas em evidências do cotidiano do usuário.

Entretanto, algumas limitações importantes devem ser consideradas. A principal delas diz respeito à ausência de bases de dados acústicos específicas para indivíduos com TEA, o que limita a representatividade dos modelos de classificação frente às particularidades da percepção sensorial dessa população. Além disso, fatores contextuais como o estado emocional, o nível de familiaridade com o ambiente e a presença de estímulos simultâneos não sonoros podem influenciar significativamente a resposta auditiva, dificultando a generalização das decisões do sistema.

5. CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou a viabilidade da utilização de máquinas de vetor de suporte (SVM) na classificação de cenas acústicas urbanas a partir de um conjunto de características acústicas extraídas da base TUT-8. Foram testadas diferentes configurações de kernel, com destaque para o kernel RBF, que apresentou desempenho superior em termos de acurácia, revocação e F1-score. A abordagem multiclasses adotada permitiu a identificação de 10 tipos distintos de ambientes urbanos, com potencial aplicação em dispositivos assistivos voltados à mitigação de sobrecarga sensorial auditiva em indivíduos com TEA.

A principal contribuição desta pesquisa está no direcionamento do ASC para uma perspectiva sensorial voltada ao TEA, explorando uma aplicação assistiva que visa reduzir episódios de desconforto auditivo e promover maior qualidade de vida. Ao considerar as peculiaridades da sensibilidade auditiva no espectro autista, o sistema proposto representa um avanço no desenvolvimento de tecnologias assistivas personalizadas.

Para futuras etapas, destaca-se a necessidade de coleta de dados auditivos de usuários reais de diferentes faixas etárias e níveis de severidade

do TEA, permitindo o treinamento de modelos mais robustos e adaptativos. A implementação dos algoritmos em plataformas embarcadas, como *hearables*, será fundamental para validar sua aplicabilidade prática. Estudos clínicos também serão indispensáveis para avaliar a eficácia do sistema em ambientes reais e ajustar suas funcionalidades de acordo com as necessidades específicas dos usuários.

REFERÊNCIAS

DENG, N.; TIAN, Y.; ZHANG, C.. *Support vector machines*: optimization based theory, algorithms, and extensions. CRC Press, 2012

DING, B.; et al. Acoustic scene classification: a comprehensive survey. *Expert Systems with Applications*, v. 238, p. 121902, 2024.

FURLETOV, Y.; WILLERT, V.; ADAMY, J. Auditory scene understanding for autonomous driving. In: *IEEE INTELLIGENT VEHICLES SYMPOSIUM (IV)*, 2021,

HEITTOLA, T.; MESAROS, A.; VIRTANEN, T. TUT Urban Acoustic Scenes 2018, development dataset [Data set]. *Zenodo*, 2018. Disponível em: https://zenodo.org/record/1234567. Acesso em: 05 fev 2025.

ICHIKAWA, Itsuki; et al. Machine learning model for reproducing subjective sensations and alleviating sound-induced stress in individuals with developmental disorders. *Frontiers in Psychiatry*, v. 16, p. 1412019, 2025.

KWONG, T. C.; CHOY, Y. S.; CHAN, C. C.; MUNG, S. W. Tunable active noise control circuit topology for multiple-feature applications. *Scientific Reports*, v. 14, n. 1, p. 18629, 11 ago. 2024.

KWONG, T. C.; et al. Intervention technology of aural perception controllable headset for children with autism spectrum disorder. *Scientific Reports*, v. 15, n. 1, p. 5356, 2025.

KWONG, T. C.; MUNG, S. W.; CHOY, Y. S. Development of hybrid active noise cancellation system for the children with autism spectrum disorder. In: *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*, v. 270, n. 7, p. 4168-4178, 2024. Institute of Noise Control Engineering.

LASKA, B.; GOUBRAN, R.; WALLACE, B. Binaural characterization of active noise cancelling headphones. In: *2024 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)*. IEEE, 2024.

MACEGOZA, T. V.; RICCI NETO, J.; COMPANHONI, L. M. A.; PARREIRA, W. D.; ITTURRIET, F. P.; BORGES, R. C. Classificação de cenários acústicos em dispositivos auditivos: uma revisão sistemática da literatura sobre desafios, avanços e perspectivas. In: *XVI COMPUTER ON THE BEACH*, 2025, Itajaí. *Anais do XVI Computer on the Beach*, 2025.

MULIMANI, M.; VENKATESH, S.; KOOLAGUDI, S. G. Acoustic event and scene classification: a review. *SN Computer Science*, v. 6, p. 54, 2025.

POTGIETER, I.; FACKRELL, K.; KENNEDY, V.; CRUNKHORN, R.; HOARE, D. J. Hyperacusis in children: a scoping review. *BMC Pediatrics*, v. 20, n. 1, p. 319, 29 jun. 2020.

RODRÍGUEZ-ARMENDARIZ, E.; VELA-ROMERO, M.; GALIANA, A. Sensory processing challenges in children with neurodevelopmental disorders and genetic conditions: an observational study. *NeuroSci,* v. 5, n. 3, p. 339-353, 2024.

SURENDIRAN, J.; et al. A systemic review on automatic acoustic scene classification. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON POWER, ENERGY, CONTROL AND TRANSMISSION SYSTEMS (ICPECTS)*, 2024, [local]. IEEE, 2024.

THÉRIAULT, W.; MORALES, E. Accessibility and social participation in urban settings for people with autism spectrum disorder (ASD) or an intellectual disability (ID). *Journal of Accessibility and Design for All*, v. 12, n. 1, p. 155-179, 2022.

ZEIDAN, J.; FOMBONNE, E.; SCORAH, J.; IBRAHIM, A.; DURKIN, M. S.; SAXENA, S.; YUSUF, A.; SHIH, A.; ELSABBAGH, M. Global prevalence of autism: a systematic review update. *Autism Research*, v. 15, n. 5, p. 778-790, maio 2022.

WILLIAMS, Z. J.; SUZMAN, E.; WOYNAROSKI, T. G. Prevalence of decreased sound tolerance (hyperacusis) in individuals with autism spectrum disorder: a meta-analysis. *Ear and Hearing*, v. 42, n. 5, p. 1137-1150, set./out. 2021.

Compreendendo as recomendações do WCAG 2.2 para orientação de desenvolvimento de Tecnologia Assistiva Digital para pessoas com baixa visão

Recchia, Rodrigo M.[*1]**; dos Santos, Vagner R.**[2]

1 – Departamento de Oftalmologia e Ciências Visuais, UNIFESP, rodrigo.recchia@unifesp.br

2 – Departamento de Oftalmologia e Ciências Visuais, UNIFESP, vagner.rogerio@unifesp.br

* -Correspondência: Rua Osvaldo Barros de Toledo, 301, Jardim Juliana, Jaú, SP, 17214-112.

DOI 10.52050/9788579177163-21

RESUMO

A Tecnologia Assistiva Digital é essencial para inclusão de pessoas com deficiência na sociedade digital, sendo a acessibilidade um direito regulado por diretrizes como WCAG 2.2. Este estudo analisa estas recomendações para orientar o desenvolvimento de tecnologias acessíveis. Foi realizada uma revisão das diretrizes, criando uma matriz correlacional entre princípios, níveis de conformidade e necessidades dos usuários. Os resultados apresentam requisitos técnicos organizados pelos quatro princípios fundamentais em três níveis de implementação, fornecendo parâmetros claros para desenvolvedores criarem interfaces digitais verdadeiramente acessíveis.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva Digital, WCAG 2.2, Acessibilidade Digital.

ABSTRACT

Digital Assistive Technology is essential for the inclusion of people with disabilities in digital society, with accessibility being a right regulated by guidelines such as WCAG 2.2. This study analyzes these recommendations to guide the development of accessible technologies. A review of the guidelines was conducted, creating a correlational matrix between principles, conformance levels, and user needs. The results present technical requirements organized by the four fundamental principles across three implementation levels, providing clear parameters for developers to create truly accessible digital interfaces.

Keywords: *Digital Assistive Technology, WCAG 2.2, Digital Accessibility.*

1. INTRODUÇÃO

A Tecnologia Assistiva Digital (TAD) é composta por dispositivos, softwares, sites e sistemas eletrônicos que auxiliam pessoas com deficiência a superar barreiras e melhorar sua qualidade de vida. Oliveira (2016) determina que Tecnologias Assistivas Digitais abrangem produtos relacionados às mídias digitais, eletrônica, informática, telecomunicações e multimídia, integrando-se de forma significativa ao âmbito das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC).

Nesse sentido, Weck e Afanassieva (2019) também destacam que as soluções de tecnologia assistiva digital foram desenvolvidas e lançadas no mercado com o propósito de aprimorar as tecnologias assistivas tradicionais.

De acordo com Savage et al. (2020), definem a TAD como produtos assistivos baseados em tecnologias eletrônicas de informação e comunicação, compostos por: dispositivos móveis, plataformas acessíveis, softwares e aplicativos acessíveis.

Segundo relatório de Raja (2016) através do Banco Mundial publicou um relatório que avaliou de forma abrangente as principais barreiras enfrentadas por pessoas com deficiência no acesso a sistemas digitais. O documento também apresentou exemplos de soluções baseadas em Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e já destacava a importância das Tecnologias Assistivas Digitais para promover a acessibilidade e melhorar a qualidade de vida desse público (Shaw et al., 2021). A Tabela 01 resume os principais pontos do relatório, organizados de acordo com as necessidades dos usuários.

Tabela 1 - Necessidade dos usuários para superar as barreiras de participação por tipo de deficiência e soluções TIC relevantes

Deficiência	Exemplos de acessíveis soluções tecnológicas
Deficiência Visual Inclui cegueira total ou baixa visão	• Renderização de texto para fala e saída de fala/voz • Tela e texto ampliação • Reconhecimento de voz • Audiodescrição de gráfico e visual meios de comunicação • Sinalização de áudio eletrônica • Facilitada por GPS navegação • Alteração de tela brilho, cor contraste
Deficiência Auditiva Perda auditiva total ou parcial	• Legendas para vídeos, programação de TV • Mensagens de texto e libras • Telefone de texto ou Telecomunicação • Dispositivo para surdos (TTY/TDD) • Uso de vibrações/texto alertas em vez de áudio alertas

Deficiência	Exemplos de acessíveis soluções tecnológicas
Deficiências de fala	• SMS, mensagens de texto • Voz sintetizada saída, texto para fala funcionalidade • Soluções de Aumentativo e Comunicação (AAC)
Deficiência física Perda de mobilidade, destreza e controle	• Reconhecimento de voz • Teclados, Joysticks e mouse adaptado • Uso do olhar e gestos para controlar dispositivos • Texto, fala e saída de fala/voz • Tela sensível ao toque
Deficiência Cognitiva	• Aplicativos móveis e recursos on-line que imitam Aumentativo e Comunicação (AAC) • Organização e ferramentas de auxílio à memória • Uso de multimídia para ajudar na compreensão

Fonte: Adaptado pelo autor com base em Raja (2016)

O *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) constitui um marco fundamental na construção de uma internet inclusiva, sendo de responsabilidade do *World Wide Web Consortium* (W3C).

As diretrizes da WCAG são organizadas em quatro princípios fundamentais: perceptível, operável, compreensível e robusto. Esses princípios estabelecem a base para garantir que o conteúdo digital seja acessível para diferentes tipos de deficiência (Gov.UK, 2023).

O princípio da perceptibilidade assegura que a informação e os componentes da interface do usuário sejam apresentados de forma que possam ser percebidos por todos. Isso inclui diretrizes como a obrigatoriedade de textos alternativos para imagens, a utilização de legendas em vídeos e a adaptação de contraste para garantir a legibilidade.

O princípio da operabilidade exige que todos os componentes da interface sejam funcionalmente acessíveis, permitindo navegação por teclado e evitando conteúdos que possam causar convulsões. Isso significa que sites e aplicativos não devem depender exclusivamente do uso de um mouse ou gestos complexos.

O princípio da compreensibilidade é o terceiro princípio, garantindo que o conteúdo seja legível e previsível. Isso inclui a utilização de linguagem clara, estruturas previsíveis e assistência para evitar erros.

O princípio da robustez garante que o conteúdo seja compatível com uma ampla variedade de agentes de usuário, incluindo tecnologias assistivas. Isso significa que o código deve ser semanticamente correto e acessível para leitores de tela.

Os princípios são organizados em três níveis de conformidade: Nível A, AA e AAA, cada um representando um grau crescente de recursos tecnológicos para atender a acessibilidade.

Nível A (Básico): representa os requisitos mínimos que um site deve atender para ser considerado acessível. O não cumprimento deste nível cria barreiras significativas para muitos grupos de usuários.

Nível AA (Intermediário): representa um nível intermediário de acessibilidade e é frequentemente alvo de legislações e políticas governamentais. Este nível remove barreiras significativas para um amplo grupo de usuários.

Nível AAA (Avançado): representa o mais alto nível de acessibilidade. Embora seja difícil atingir este nível para todos os tipos de conteúdo, ele estabelece um padrão aspiracional para máxima inclusão.

A lacuna entre os padrões técnicos estabelecidos pelas diretrizes WCAG 2.2 e sua aplicação prática no desenvolvimento de TAD para pessoas com baixa visão constitui a problemática central deste estudo. Embora as diretrizes sejam abrangentes e tecnicamente sólidas, Santos e Branco (2023) apontam à necessidade de conhecimentos técnicos especializados, falta de compreensão por parte de desenvolvedores, resultam em soluções tecnológicas inadequadas. Esta situação é corroborada por Mateus et al. (2021), que identificaram não conformidades percebidas pelos usuários com deficiência visual. O presente estudo tem o objetivo elaborar uma matriz de correlação entre o WCAG 2.2 para orientar o desenvolvimento de Tecnologias Assistivas Digitais para pessoas com baixa visão.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A matriz foi idealizada segundo as diretrizes do WCAG 2.2 e suas aplicabilidades técnicas que exercem impacto sobre o melhor uso das funcionalidades visuais e nas limitações funcionais da visão de pessoas com baixa visão.

A construção da matriz correlacional seguiu uma abordagem estruturada em quatro etapas: (1) análise documental das diretrizes WCAG 2.2 (W3C, 2023), catalogando 78 critérios distribuídos nos três níveis de conformidade; (2) identificação das necessidades específicas de pessoas com baixa visão baseada na literatura especializada (Raja, 2016; Haddad, Sampaio e Susanna Jr., 2020; Savage, 2020); (3) correlação sistemática entre cada diretriz WCAG 2.2 e sua aplicabilidade para usuários com baixa visão; e (4) organização hierárquica das correlações em quatro tabelas estruturadas segundo os princípios fundamentais do WCAG 2.2 (Perceptível, Operável, Compreensível e Robusto).

3. RESULTADOS

Os resultados foram organizados em quatro tabelas (Tabela 2 a Tabela 5), que estabelecem as correlações entre as necessidades específicas dos usuários com baixa visão e os princípios do WCAG 2.2 (Perceptível, Operável, Compreensível e Robusto), organizados conforme os níveis de conformidade A, AA e AAA para o desenvolvimento de Tecnologias Assistivas Digitais.

Tabela 2 - Princípio - Perceptibilidade

Necessidade do Usuário	Nível Tecnológico	WCAG A (Básico)	WCAG AA (Recomendado)	WCAG AAA (Avançado)
Texto grande e legível	Zoom e fontes ajustáveis	Conteúdo não textual possui alternativas textuais. (1.1.1 - A)	Texto pode ser redimensionado até 200% sem perda de conteúdo ou funcionalidade. (1.4.4 - AA). Evitar uso de imagens de texto, exceto quando essencial. (1.4.5 - AA)	O usuário pode adaptar a apresentação visual de blocos de texto com configurações específicas de tamanho, espaçamento e cores. (1.4.8 - AAA)
Contraste adequado para leitura	Ajuste de cores	Cor não é o único meio de transmitir informações ou distinguir elementos visuais. (1.4.1 - A)	Apresentação visual de texto e imagens de texto tem contraste mínimo de 4.5:1. (1.4.3 - AA). Componentes de interface e informações gráficas mantêm contraste mínimo de 3:1. (1.4.11 - AA)	Apresentação visual de texto e imagens de texto tem contraste mínimo de 7:1. (1.4.6 - AAA)
Modo escuro e adaptações de cores	Adaptação de interface	Uso de marcação semântica para estruturar informações. (1.3.1 - A)	Conteúdo e funcionalidade permanecem acessíveis em diferentes configurações de cores do sistema. (1.4.11 - AA). Suporte a modos de alto contraste nativos do sistema. (1.4.5 - AA)	Interface permite substituição completa de cores selecionadas pelo usuário sem perda de qualidade visual ou funcional. (1.4.8 - AAA)

Necessidade do Usuário	Nível Tecnológico	WCAG A (Básico)	WCAG AA (Recomendado)	WCAG AAA (Avançado)
Diferenciação de elementos interativos	Ícones e estilos	Cor não é usado como único meio visual de transmitir informações, indicar uma ação, solicitar uma resposta ou distinguir um elemento visual. (1.4.1 - A)	Componentes de UI com mesma funcionalidade têm apresentação consistente e contraste de 3:1 contra cores adjacentes. (1.4.11 - AA)	Recursos visuais além da cor diferenciam funcionalidades, sendo completamente customizáveis pelo usuário. (1.4.8 - AAA)
Feedback multimodal	Notificações sensoriais	Alternativas para elementos não-textuais. (1.1.1 - A)	A apresentação visual de componentes de interface do usuário e objetos gráficos tem uma razão de contraste de pelo menos 3:1 contra cores adjacentes. (1.4.11 - AA)	Áudio de fundo que é principalmente fala tem pelo menos 20 dB mais baixo que o conteúdo de fala em primeiro plano ou pode ser desligado. (1.4.7 - AAA)

Fonte: Adaptado pelo autor com base em W3C (2023)

Tabela 3 - Princípio - Operabilidade

Necessidade do Usuário	Nível Tecnológico	WCAG A (Básico)	WCAG AA (Recomendado)	WCAG AAA (Avançado)
Foco visível aprimorado	Indicadores de foco	Ordem de foco lógica e navegável. (2.4.3 - A)	Indicação visual visível e distinta do componente que tem foco via teclado ou toque. (2.4.7 - AA)	Indicadores de foco altamente personalizáveis em tamanho, cor e estilo conforme preferências do usuário. (2.4.13 - AAA)
Contenção de efeitos visuais disruptivos	Controle de brilho e movimento	Sem componentes que pisquem mais de 3 vezes por segundo ou abaixo do limite de flash. (2.3.1 - A)	Quando um componente de interface do usuário recebe foco do teclado, o componente não fica inteiramente oculto. (2.4.11 - AA)	Sem movimento baseado em interação, exceto quando essencial, com opção de desativação global para todas as animações. (2.3.3 - AAA)

Necessidade do Usuário	Nível Tecnológico	WCAG A (Básico)	WCAG AA (Recomendado)	WCAG AAA (Avançado)
Alvos de toque otimizados	Alvos de toque amplos	Funcionalidades que usam gestos multitoque podem ser operadas com toque único. (2.5.1 - A)	O tamanho do alvo para as entradas de ponteiro é de pelo menos 24 por 24 pixels. (2.5.8 - AA)	Tamanho do alvo para entradas de ponteiro é de pelo menos 44 por 44 pixels. (2.5.5 - AAA)
Navegação simplificada	Layout	Mecanismo disponível para ignorar blocos repetitivos. (2.4.1 - A) Títulos descritivos para páginas e seções. (2.4.2 - A)	Múltiplas formas de localizar conteúdo. (2.4.5 - AA) Cabeçalhos e rótulos descrevem tópico ou propósito. (2.4.6 - AA)	Informações de cabeçalho e rótulos identificam tópicos ou propósitos de forma detalhada e estruturada hierarquicamente (2.4.10 - AAA)
Personalização de gestos	Gestos alternativos	Ações ativadas por movimento do dispositivo podem ser desativadas. (2.5.4 - A)	Funcionalidades que usam movimento de arrastar podem ser operadas por ponteiro único sem arrastar, exceto quando essencial. (2.5.7 - AA)	Todas as funcionalidades do conteúdo são operadas através de interface de teclado sem exceções. (2.1.3 - AAA)

Fonte: Adaptado pelo autor com base em W3C (2023)

Tabela 4 - Princípio - Compreensibilidade

Necessidade do Usuário	Nível Tecnológico	WCAG A (Básico)	WCAG AA (Recomendado)	WCAG AAA (Avançado)
Consistência de layout e navegação	Estrutura previsível	Qualquer componente da interface do usuário recebe foco. (3.2.1, A)	Componentes que têm a mesma funcionalidade são identificados de forma consistente. (3.2.4 - AA)	Mudanças na interface ocorrem apenas quando solicitadas pelo usuário, com opções de desfazer. (3.2.5 - AAA)
Rótulos e instruções claros	Descrição textual clara	Rótulos ou instruções fornecidas quando o conteúdo requer entrada do usuário. (3.3.2 - A). Se erro de autenticação ocorrer, item com erro é identificado e descrito ao usuário. (3.3.1 - A)	Identificação consistente para componentes com mesma funcionalidade. (3.2.4 - AA) Sugestão para correção de erros é fornecida. (3.3.3 - AA)	Ajuda contextual detalhada disponível para todos os inputs do usuário e processos complexos. (3.3.5 - AAA)

Necessidade do Usuário	Nível Tecnológico	WCAG A (Básico)	WCAG AA (Recomendado)	WCAG AAA (Avançado)
Legibilidade otimizada	Fontes e espaços adequados	Idioma da página determinado programaticamente. (3.1.1 - A)	Idioma de partes específicas do conteúdo pode ser determinado programaticamente. (3.1.2 - AA)	Mecanismos disponíveis para identificar definições de palavras incomuns e abreviações. (3.1.3, 3.1.4 - AAA). Texto escrito no nível de leitura compatível com o público-alvo ou com versão simplificada disponível. (3.1.5 - AAA)
Conteúdo conciso e de fácil leitura	Mensagens curtas e diretas	Rótulos ou instruções são fornecidos quando o conteúdo requer a entrada do usuário. (3.3.2 - A)	Detecção automática de erros com sugestões de correção. (3.3.3 - AA). Prevenção de erros legais/financeiros com verificação e confirmação pelo usuário. (3.3.4 - AA)	Conteúdo extra auxilia na compreensão de textos complexos. (3.1.5 - AAA). Erros em dados podem ser revertidos, verificados e confirmados. (3.3.6 - AAA)
Métodos de autenticação acessíveis	Métodos alternativos de login	Erros de autenticação são identificados para o usuário. (3.3.1 - A). Autenticação sensível com múltiplas vias para validar identidade para o usuário. (3.3.7 - A)	Mecanismos de autenticação que não dependem de teste cognitivo. (3.3.8 - AA)	Autenticação cognitiva simplificada, com possibilidade de redefinição e recuperação acessível por meio de múltiplos canais. (3.3.9 - AAA)

Fonte: Adaptado pelo autor com base em W3C (2023)

Tabela 5 - Princípio - Robustez

Necessidade do Usuário	Nível Tecnológico	WCAG A (Básico)	WCAG AA (Recomendado)	WCAG AAA (Avançado)
Status e notificações do sistema	Comunicação interpretável por software	Nome, função e estados de componentes são determinados programaticamente. (4.1.2 - A)	Mensagens de status são comunicadas programaticamente às tecnologias assistivas. (4.1.3 - AA)	Conteúdo mantém acessibilidade mesmo em condições adversas. (1.4.6 - AAA, conceitual)
Compatível com tecnologias assistivas	Suporte a tecnologias	Nome e função de todos os componentes de interface devem ser determinados por meio de software adaptativo. (4.1.2 - A)	Mensagens de status importantes são comunicadas programaticamente às tecnologias assistivas sem interromper o fluxo do usuário. (4.1.3 - AA)	Interface mantém total compatibilidade com tecnologias assistivas avançadas e configurações personalizadas extremas. (2.1.3 - AAA, conceitual)
Marcação semântica adequada	Aderência a padrões	Componentes de interface seguem padrões para garantir interpretação correta por tecnologias assistivas. (4.1.2 - A)	Implementação de notificações e mudanças de estado seguem padrões semânticos reconhecidos por tecnologias assistivas. (4.1.3 - AA)	Estrutura semântica suporta navegação e compreensão avançadas, com redundância informacional completa. (3.1.5 - AAA, conceitual)
Múltiplas plataformas	Compatível com múltiplas plataformas	Conteúdo utiliza marcação padrão interpretada por diversos agentes de usuário e tecnologias assistivas. (4.1.2 - A)	Funcionalidades críticas e notificações mantém compatibilidade entre diferentes plataformas e tecnologias. (4.1.3 - AA)	Mudanças de contexto ocorrem apenas quando solicitadas pelo usuário. (3.2.5 - AAA, conceitual)

Fonte: Adaptado pelo autor com base em W3C (2023)

Nota: O princípio da Robustez (4.0) do WCAG 2.2 possui apenas critérios de sucesso nos níveis A e AA. Para manter a estrutura da matriz correlacional, os critérios de nível AAA foram selecionados conceitualmente a partir de outros princípios das diretrizes (1.0 Perceptibilidade, 2.0 Operabilidade, 3.0

Compreensibilidade) que atendem às necessidades específicas identificadas para usuários com baixa visão.

4. DISCUSSÃO

O acesso a conteúdos digitais, conforme destacado pelo Governo Britânico (Gov.UK, 2023), pode, em muitos casos, auxiliar e orientar desenvolvedores de tecnologias digitais quanto ao uso adequado das recomendações do WCAG, respeitando suas diretrizes. No entanto, Santos e Branco (2023) apontam que a ampla documentação do WCAG, aliada à necessidade de conhecimentos técnicos em programação, pode inibir o seu uso, seja por falta de conhecimento, pressões relacionadas a prazos ou dificuldades de compreensão.

Pode-se considerar que as recomendações de acessibilidade propostas pelo WCAG, quando associadas ao conceito de Tecnologia Assistiva Digital (TAD) — fundamentado em Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), conforme Savage (2020) — constituem ferramentas importantes para orientar o desenvolvimento de soluções acessíveis e adequadas.

Ao relacionar as recomendações de Raja (2016), apresentadas na Tabela 1, com as diretrizes do WCAG, estabelece-se uma conexão entre as necessidades de pessoas com baixa visão e as funcionalidades que uma TAD necessita atender (Haddad, Sampaio e Susanna Jr., 2020).

A organização das Tabelas 2 a 5, segundo os princípios fundamentais do WCAG (perceptível, operável, compreensível e robusto), relacionando os níveis de implementação tecnológica (A, AA e AAA) às necessidades específicas de pessoas com baixa visão, contribui para auxiliar os desenvolvedores na compreensão e aplicação prática dos requisitos necessários ao desenvolvimento de Tecnologias Assistivas Digitais eficazes. Essa abordagem estruturada permite identificar, de modo claro, quais recursos devem ser implementados em cada nível de conformidade, facilitando decisões técnicas baseadas no grau de comprometimento visual do usuário.

A sistematização proposta encontra respaldo nos achados de Pundlik, Shivshanker e Luo (2023), que destacaram a necessidade de diretrizes padronizadas para o desenvolvimento de aplicativos assistivos eficazes para pessoas com deficiência visual, em particularmente aquelas com baixa visão. Convergindo com essa perspectiva, Senjam, Manna e Bascaran (2021) identificaram que os recursos de acessibilidade integrados em smartphones melhoram significativamente a usabilidade e experiência de usuários com deficiência visual, validando a relevância da correlação entre princípios WCAG 2.2 e necessidades específicas estabelecida nas tabelas organizadas deste estudo.

Os achados apresentados por Mateus et al. (2021) e WebAIM (2024) evidenciam a necessidade de abordagens que norteiem a implementação adequada das diretrizes de acessibilidade recomendadas.

5. CONCLUSÕES

A proposta de elaboração de uma matriz de correlação demonstrou-se viável para utilização dos princípios do WCAG 2.2 para implementação de recursos em TAD. A organização em níveis progressivos permite que desenvolvedores implementem soluções escaláveis conforme as necessidades específicas dos usuários, superando as barreiras de compreensão das extensas documentações técnicas.

A contribuição deste trabalho é a proposta de uma matriz correlacional das diretrizes WCAG 2.2 para nortear o desenvolvimento de recursos de acessibilidade em TAD.

5.1 Limitações do estudo

O escopo específico deste estudo concentrou-se exclusivamente nas necessidades de usuários com baixa visão, não abrangendo outras categorias de deficiência visual. Esta delimitação, embora limitante, foi necessária em função da estratégia de elaboração da matriz correlacional dos critérios do WCAG 2.2 para deficiência visual.

A proposta de elaboração de uma matriz correlacional para nortear o desenvolvimento tecnológico assistivo pode ser aplicada para outras deficiências, possibilitando o desenvolvimento de matrizes correlacionais específicas para que sejam melhor compreendidas para o desenvolvimento de Tecnologias Assistivas Digitais.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Processo: 303346/2023-0 - Desenvolvimento e Validação de Tecnologia Assistiva: Lupa de Apoio Nacional para Reabilitação Visual.

REFERÊNCIAS

GOV.UK. *Accessibility and assisted digital: Understanding WCAG 2.2.* 2023. Disponível em: https://www.gov.uk/service-manual/helping-people-to-use-your-service/understanding-wcag. Acesso em: 8 mar. 2025.

HADDAD, M. A. O.; SAMPAIO, M. W.; SUSANNA, Jr., R. *Reabilitação em Oftalmologia.* Barueri: Ed. Manole, 2020.

MATEUS, D. A.; SILVA, C. A.; DE OLIVEIRA, A. F. B. A.; COSTA, H.; FREIRE, A. P. A Systematic Mapping of Accessibility Problems Encountered on Websites and Mobile Apps: A Comparison Between Automated Tests, Manual Inspections and User Evaluations. *Journal on Interactive Systems*, v.12, n.1, p.145-171. 2021. Disponível em: https://journals-sol.sbc.org.br/index.php/jis/article/view/1778. Acesso em: 10 jul. 2025.

OLIVEIRA, C. D. de. *Recursos de tecnologia assistiva digital para pessoas com deficiência sensorial: uma análise na perspectiva educacional.* 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/7855.. Acesso em: 01 mai. 2025.

PUNDLIK, S.; SHIVSHANKER, P.; LUO, G. Impact of Apps as Assistive Devices for Visually Impaired Persons. *Annual Review of Vision Science*, v.9, p.111-130. 2023. Disponível em: https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-vision-111022-123837. Acesso em: 10 jul. 2025.

RAJA, D. S. Bridging the Disability Divide through Digital Technologies. *Background paper for the World Development report.* p.1-35. 2016. Disponível em: https://thedocs.worldbank.org/en/doc/123481461249337484-0050022016/original/WDR16BPBridgingtheDisabilityDividethroughDigitalTechnologyRAJA.pdf. Acesso em: 04 set. 2023.

SANTOS, T. M. M.; BRANCO, J. C. Percepções e desafios da Acessibilidade Digital: um estudo sobre conhecimento e aplicação de diretrizes acessíveis em projetos de desenvolvimento de artefatos digitais no Brasil. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESIGN DA INFORMAÇÃO, 11., 2023, Caruaru. *Anais* [...]. Caruaru, 2023. v.12, n.1, p.1263-1275.

SAVAGE, M.; BHATNAGAR T.; LIAO C. et al. Product Narrative: Digital Assistive Technology. A market landscape and strategic approach to increasing access to digital assistive technology in low--and middle-income countries. *AT2030, ATscale.* 2020. Disponível em: https://www.at2030.org/product-narrative:-digital-assistive-technology/. Acesso em: 15 mai. 2025.

SENJAM, S. S.; MANNA, S.; BASCARAN, C. Smartphones-based assistive technology: accessibility features and apps for people with visual impairment, and its usage, challenges, and usability testing. *Clinical Optometry*, v.13, p.311-322. 2021. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.2147/OPTO.S336361. Acesso em: 10 jul. 2025.

SHAW, N. T., BOUDREAU, S., & ISSAOUI, M. Digital Assistive Technologies to support remote working by people with disabilities: A Scoping Review. *Social Sciences and Humanities Research Council and the Government of Canada's Future Skills program*. 2021. Disponível em: https://algomau.ca/wp-content/uploads/2021/08/Report-9August2021.pdf. Acesso em: 08 mai. 2025.

W3C. *How to Meet WCAG (Quick Reference)*. 2023. Disponível em: https://www.w3.org/WAI/WCAG22/quickref/. Acesso em: 8 mar. 2025.

WEBAIM. *The WebAIM Million*. 2024. Disponível em: https://webaim.org/projects/million/#wcag. Acesso em: 10 jul. 2025.

WECK, Marina; AFANASSIEVA, Marianne. Ageing People's Trust in Digital Assistive Technology: Initial Trust Formation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BUSINESS AND EDUCATION (MAE), 2019, Tokyo. *Anais* [...]. Tokyo: MAE, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343750521_Ageing_People's_Trust_in_Digital_Assistive_Technology_Initial_Trust_Formation. Acesso em: 15 mai. 2025.

Design e próteses: a atuação do Design em um contexto estigmatizado

Mendonça, Juliana[1]; Horta, Anderson *[2]

1 – Departamento de Design, UEMG, jumendonca00@gmail.com

2 – Departamento de Design, anderson.horta@uemg.br

* -Correspondência: Rua Gonçalves Dias, 1434, Bairro Lourdes, Belo Horizonte, MG, Brasil, 30140-092.

DOI 10.52050/9788579177163-22

RESUMO

O presente estudo analisa o papel do Design no desenvolvimento de próteses ortopédicas, com foco na redução da estigmatização vivenciada por seus usuários. Tem-se como objetivo gerala a compreensão de como a inovação orientada pelo Design pode influenciar positivamente a aceitação social desses dispositivos. A pesquisa combinou revisão teórica com entrevistas semiestruturadas realizadas com profissionais de empresas fabricantes de próteses. Os resultados indicam que o design ainda é subutilizado, sendo priorizada a funcionalidade em detrimento do significado simbólico. O estudo contribui para a área da Tecnologia Assistiva ao propor o Design como ferramenta estratégica de inclusão e ressignificação da deficiência.

Palavras-chave: Design, tecnologia assistiva, estigma, inclusão.

ABSTRACT

This study analyzes the role of Design in the development of orthopedic prostheses, focusing on reducing the stigmatization experienced by their users. The objective is to understand how Design-driven innovation can positively influence the social acceptance of these devices. The research combined theoretical review with semi-structured interviews conducted with professionals from prosthetic manufacturing companies. The results indicate that Design is still underutilized, with functionality being prioritized over symbolic meaning. The study contributes to the area of Assistive Technology by proposing Design as a strategic tool for inclusion and redefinition of disability.

Keywords: *Design, assistive technology, stigma, inclusion.*

1. INTRODUÇÃO

Este artigo tem como objetivo geral analisar o papel do Design na construção de significado de produtos inseridos em contextos estigmatizados, com foco nas próteses ortopédicas. A fim de alcançar tais objetivos, foi adotada uma abordagem metodológica qualitativa, ancorada em pesquisa bibliográfica, conforme propõem Marconi e Lakatos (2010), abrangendo materiais previamente publicados como livros, artigos científicos, teses, jornais e fontes audiovisuais. Complementarmente, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com profissionais de empresas fornecedoras de próteses ortopédicas para o mercado brasileiro, atuantes nas áreas de design, pesquisa e desenvolvimento, marketing e vendas.

A seleção dessas empresas considerou, por um lado, sua atuação efetiva no fornecimento de próteses no contexto nacional e, por outro, a disponibilidade de seus colaboradores em participar do estudo, sendo este um fator limitante do alcance e da generalidade da pesquisa.

O referencial teórico adotado está fundamentado em teorias do Design que abordam a produção de sentido e a inovação simbólica, com destaque para a proposta de Inovação Orientada pelo Design de Roberto Verganti (2012), os estudos sobre linguagem dos objetos e arquétipos de Deyan Sudjic (2010), e a teoria das formas simbólicas de Thompson (1995). Para compreender as implicações sociais do uso de próteses e a experiência de seus usuários, foi adotado o conceito de estigma, conforme definido por Erving Goffman (1982), complementado pelas contribuições de Gerhard Falk (2001), e discutido à luz da estética e da narrativa do cyberpunk, a partir da obra de Dani Cavallaro (2000).

As entrevistas realizadas com profissionais das empresas foram a base da pesquisa e foram contrastadas com a análise de práticas de personalidades públicas que, por meio do uso de próteses tecnológicas e personalizadas, vêm contribuindo para a ressignificação desses dispositivos no imaginário coletivo. Essa triangulação teórico-metodológica permitiu identificar caminhos para a atuação do Design na redução do estigma associado ao uso de próteses ortopédicas, colaborando para o fortalecimento da identidade dos usuários e para a promoção de sua qualidade de vida.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A primeira etapa da pesquisa, relativa à pesquisa bibliográfica, teve por finalidade estabelecer o embasamento teórico sobre os temas centrais do trabalho – Design, estigmatização, significação de produtos e tecnologias. As entrevistas semiestruturadas foram aplicadas junto a colaboradores de

quatro empresas que atuam na produção e/ou comercialização de próteses ortopédicas voltadas ao mercado brasileiro: um colaborador da Polior, um da Ottobock e dois da empresa Bionicenter. Foi entrevistado,ainda, o fundador da Orthodesigns, que atua no mercado europeu. A seleção das empresas considerou dois critérios principais: a atuação efetiva no fornecimento de próteses para o mercado nacional e a disponibilidade dos profissionais em participar do estudo. Os participantes atuavam nas áreas de engenharia de produto, fisioterapia, marketing e desenvolvimento de projetos, possibilitando múltiplas perspectivas sobre o processo de concepção e produção das próteses.

As perguntas aplicadas foram desenvolvidas de forma a abordar tanto aspectos organizacionais quanto específicos do processo de Design e produção de próteses. Para garantir uma compreensão ampla do tema, as perguntas foram organizadas em blocos temáticos a fim de se obter uma visão ampla e contextualizada da abordagem adotada por cada organização. As questões principais foram elaboradas de forma aberta, possibilitando que os participantes fornecessem respostas detalhadas e personalizadas, com base em suas experiências e perspectivas, o que permite, ainda identificar a percepção dos entrevistados em relação ao papel do design no desenvolvimento de próteses ortopédicas. Cada pergunta foi elaborada de forma a verificar o grau de integração do design no processo de desenvolvimento das próteses, desde aspectos funcionais até os impactos emocionais e sociais desses produtos, como se vê a seguir:

1. Informações gerais (Nome, Empresa, Cargo, Formação, Tempo de atuação na empresa):
   Essas perguntas iniciais têm como objetivo identificar o perfil dos participantes, permitindo correlacionar suas respostas com suas experiências profissionais e níveis de envolvimento com o processo de design de próteses. Informações como formação acadêmica e tempo de atuação na empresa ajudam a contextualizar suas percepções.
2. Como é a cultura de projetos na empresa? Busca-se, com essa pergunta, entender como as empresas abordam o desenvolvimento de projetos. O objetivo é identificar se existe uma cultura de inovação, planejamento e colaboração, além de como essa cultura pode direcionar a atuação do design nos processos.
3. Como a equipe pensa o projeto? Como o projeto chega até a empresa? Ele passa pelo marketing? Ele é feito conforme demanda? Por quais setores passa o projeto?
   Essa questão visa mapear o fluxo de desenvolvimento de projetos dentro da empresa buscando compreender a interação entre diferentes

departamentos, como marketing e engenharia, e a atuação do design nesse fluxo.

4. Como é o processo de projeto de próteses na empresa? O projeto é feito em etapas bem definidas e delimitadas ou ocorre espontaneamente? A equipe é subdividida?
   O foco aqui está em entender o método e a organização do processo de design. A segmentação do trabalho em etapas e a divisão de equipes são analisadas para avaliar a integração do design no desenvolvimento das próteses.
   Qual método de processo a empresa usa? Tem etapas pré-definidas? Tem Método próprio?
   O objetivo dessa pergunta é identificar se a empresa adota métodos específicos de desenvolvimento de produtos, se desenvolveu métodos próprios para gerenciar o processo de design e produção, ou mesmo se os projetos são desenvolvidos espontaneamente, sem seguir um método definido. Isso ajuda a entender se, e como, o design é incorporado desde o início do projeto.
5. Como a aparência das próteses é tratada nos projetos da empresa? Busca-se, neste tópico, identificar a relevância da aparência das próteses em seu desenvolvimento. Busca-se, assim, identificar como os aspectos visuais são tratados e o quanto eles influenciam na aceitação do produto pelos usuários.
6. Como é pensada a relação entre próteses e as pessoas na empresa? A questão explora o impacto emocional e social das próteses, buscando entender como as empresas consideram as necessidades e expectativas dos usuários em relação a aspectos físicos desses produtos, além de possibilitar a abordagem da estigmatização dos usuários de próteses ortopédicas.
7. Como é a composição da equipe? Há profissionais de design trabalhando na equipe? Como é a participação? O objetivo aqui é identificar a presença de profissionais de design nas equipes e compreender sua influência no processo de desenvolvimento. A colaboração entre designers e outros especialistas é identificada e analisada buscando verificar a existência de uma integração interdisciplinar no desenvolvimento de projetos e o impacto do design nesse processo.
8. Qual você considera ser o papel do design no desenvolvimento das próteses ortopédicas?
   Essa pergunta final busca identificar diretamente a percepção dos(as) entrevistados(as) acerca do design como um elemento estratégico no

desenvolvimento de próteses. O objetivo é identificar como o design contribui para aspectos de funcionalidade, estéticos e se/como influencia a aceitação das próteses pelos usuários.

A entrevista foi pensada, portanto, para extrair uma visão abrangente quanto ao papel do design no desenvolvimento de próteses ortopédicas, considerando diferentes perspectivas e níveis de envolvimento dos entrevistados no processo de desenvolvimento, bem como no contato com os usuários.

Por fim, as entrevistas foram planejadas para viabilizar uma análise comparativa entre as empresas entrevistadas, destacando similaridades e diferenças na forma como (e se) o Design é percebido e aplicado no desenvolvimento de próteses ortopédicas. Essa abordagem visa a permitir uma compreensão da participação e do impacto do design nesse setor, fornecendo dados para embasar as discussões do presente trabalho.

As pessoas participantes da pesquisa aplicada tiveram suas identidades preservadas e em nenhum momento foram expostas a qualquer tipo de constrangimento.O projeto em questão foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Estado de Minas Gerais - CEP, conforme parecer consubstanciado no CAAE 77033323.6.0000.5525, emitido em 22 de abril de 2024.

Os dados coletados nas entrevistas foram interpretados à luz do referencial teórico, sendo contrastados com práticas identificadas em personalidades públicas como Viktoria Modesta (figura 1) e Tilly Lockey (figura 2), que fazem uso de próteses personalizadas em contextos de alta visibilidade. Essa triangulação entre teoria, prática empresarial e referências culturais contemporâneas permitiu aprofundar a análise sobre o papel do Design no enfrentamento do estigma social relacionado ao uso de próteses ortopédicas.

Figura 01 - Cantora Viktoria Mdesta.



Fonte: The Alternative Limb (2025)

Figura 02 - Modelo Tilly Lockey.



Fonte: Lee MacLean em The Daily Mail (2019)

3. RESULTADOS

A partir das entrevistas realizadas com profissionais das empresas Polior, Ottobock, OrthoDesigns e Bionicenter, foi possível identificar diferentes abordagens quanto à cultura de projetos, aos processos de desenvolvimento de próteses ortopédicas, à percepção sobre funcionalidade e estética e, especialmente, ao papel do Design nesses contextos. As falas dos participantes revelam contrastes entre empresas que incorporam o Design em seus processos e aquelas que o compreendem apenas de forma tangencial, o que impacta diretamente a experiência dos usuários.

As análises permitiram ainda observar como fatores estruturais, como a centralização do desenvolvimento em sedes estrangeiras ou a carência de profissionais de design nas equipes locais, influenciam negativamente a capacidade das empresas em propor soluções inovadoras e culturalmente significativas para os usuários de próteses.

a. Cultura de projetos nas empresas

A cultura de projetos revelou-se bastante diversa entre as organizações. A Ottobock, por exemplo, adota uma abordagem centrada na reabilitação clínica e na adaptação das próteses produzidas em sua matriz alemã, não havendo, no Brasil, um setor responsável pelo desenvolvimento de novos produtos. A colaboradora entrevistada destacou que seu trabalho está voltado à prescrição técnica e ao acompanhamento fisioterapêutico dos pacientes. Já a Polior, pertencente ao mesmo grupo, apresenta uma estrutura voltada à inovação, com

processos formalizados segundo padrões internacionais (como o PMI), incluindo etapas de pesquisa, design, testes e validação com usuários.

A OrthoDesigns e a Bionicenter, por sua vez, adotam modelos distintos. A OrthoDesigns trabalha com a personalização utilizando tecnologias como digitalização 3D e impressão sob medida, contando com designers em sua equipe. Essa configuração favorece a agilidade e a flexibilidade no atendimento às necessidades dos usuários. A Bionicenter, por outro lado, atua majoritariamente como integradora de componentes importados, começando a orientar-se para o desenvolvimento de projetos próprios, ainda de forma incipiente. A comparação entre as quatro empresas revela que a presença de designers e o grau de autonomia no desenvolvimento de produtos podem estar relacionados à complexidade e à humanização das soluções propostas.

b. Desenvolvimento de próteses

O desenvolvimento interno de próteses ortopédicas foi identificado apenas nas empresas Polior e OrthoDesigns. A Polior demonstrou seguir um processo sistemaizado, envolvendo diversas etapas e a participação de múltiplos setores. O engenheiro entrevistado relatou que o design industrial está integrado à rotina de desenvolvimento, contribuindo para o aprimoramento funcional e estético dos dispositivos. Esse processo estruturado permite maior controle sobre a qualidade técnica e a capacidade de adaptação dos produtos às demandas dos usuários.

Na OrthoDesigns, o desenvolvimento é personalizado e baseado em tecnologias digitais. O CPO da empresa destacou a importância da digitalização do coto e da impressão 3D como estratégias para atender demandas específicas de cada usuário, o que também possibilita maior experimentação estética e simbólica. Diferente da Polior, que segue processos mais convencionais e formais, a OrthoDesigns opera com agilidade e foco na coautoria com o usuário. Em contraste, Ottobock e Bionicenter não realizam desenvolvimento interno no Brasil, o que limita sua capacidade de inovação local e resposta às particularidades socioculturais do público brasileiro.

c. Percepções sobre funcionalidade e estética

A percepção sobre o equilíbrio entre funcionalidade e estética das próteses também variou entre os entrevistados. A fisioterapeuta da Ottobock relatou que pacientes com amputações em membros superiores, especialmente mulheres, demonstram maior preocupação com a aparência das próteses, buscando modelos mais realistas e que possam ser usados de forma discreta. Já

para membros inferiores, a aparência é frequentemente negligenciada, já que as próteses podem ser facilmente escondidas sob a roupa. Nessas situações, a funcionalidade e a durabilidade tendem a se sobrepor a qualquer consideração estética.

Por outro lado, os profissionais da Polior e da OrthoDesigns reconhecem que o aspecto estético pode ter impacto direto na aceitação e no uso contínuo da prótese. Para o engenheiro da Polior, a atuação do design industrial é essencial para conciliar funcionalidade com conforto e aparência. O representante da OrthoDesigns defendeu que a customização estética — com o uso de cores, texturas e formas diferenciadas — fortalece o vínculo emocional do usuário com o dispositivo, promovendo maior autoestima e empoderamento. Já o bioengenheiro da Bionicenter apontou que, embora a empresa ainda priorize a funcionalidade, há uma crescente demanda por próteses que expressem individualidade e estilo pessoal.

d. Papel do Design no desenvolvimento de próteses

As percepções sobre o papel do Design no desenvolvimento de próteses variaram significativamente conforme a estrutura organizacional e a composição das equipes técnicas. Nas empresas que contam com designers em seus quadros, como Polior e OrthoDesigns, o Design é compreendido como um componente estratégico que extrapola a função estética, atua na funcionalidade dos produtos e há uma preocupação com a inclusão de seus usuários. Menciona-se, inclusive, a personalização e os possíveis impactos na estigmarização. Os entrevistados dessas empresas indicaram que o Design contribui para o conforto, usabilidade, personalização e, principalmente, para a aceitação social das próteses por parte dos usuários.

Já nas empresas onde não há a atuação direta de profissionais de Design, como Ottobock e Bionicenter, a ênfase dos projetos recai sobre a eficiência funcional dos dispositivos, e o Design é visto, no máximo, como uma forma de acabamento ou adaptação cosmética. Os dados sugerem, portanto, que a inclusão de designers nas equipes de desenvolvimento teria potencial de ampliar as possibilidades de inovação, integração simbólica e redução do estigma, ao passo que sua ausência contribui para a manutenção de uma abordagem tecnicista e limitada em relação ao potencial dos dispositivos como mediadores de identidade e inclusão social.

4. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nesta pesquisa apontam no sentido de que o Design ainda é pouco explorado em sua dimensão simbólica no contexto do desenvolvimento de próteses ortopédicas no Brasil. Embora algumas empresas já incorporem designers às suas equipes e apresentem maior abertura à customização estética, a maioria dos processos observados permanece centrada na funcionalidade técnica, desconsiderando o potencial do Design como instrumento de significação e ressignificação social.

A partir das contribuições de Goffman (1982) e Falk (2001), compreende-se que o estigma funciona como uma marca simbólica que desqualifica socialmente o indivíduo. Nesse sentido, as próteses, ao invés de serem vistas apenas como dispositivos de reabilitação funcional, podem ser ressignificadas como extensões da identidade do usuário, sendo o Design parte relevante dessa transformação. Quando restritas a substitutos corporais, essas tecnologias acabam por manter a lógica da normalização, limitando as possibilidades de expressão dos corpos amputados.

Sob essa ótica, a atuação do Design vai além da estética aplicada. A inovação orientada pelo Design, conforme propõe Verganti (2012), não busca apenas responder a demandas explícitas dos usuários, mas criar novos significados, reconfigurando a relação entre objeto e sujeito. No caso das próteses ortopédicas, esse modelo de inovação permite compreender como dispositivos tradicionalmente vistos como sinais de perda ou limitação podem ser ressignificados como símbolos de potência, estilo e subjetividade, além de contar histórias e enaltecer a essência de seus usuários

A linguagem dos objetos e seus arquétipos, conforme discutido por Sudjic (2010), também desempenham papel fundamental na maneira como as próteses são percebidas socialmente. Se objetos carregam histórias, valores e contextos simbólicos, é natural que próteses personalizadas, com formas, cores e materiais que fujam da mímica do corpo natural, possam contribuir para desconstruir narrativas centradas na deficiência. Nesse sentido, o trabalho de personalidades como Viktoria Modesta e Tilly Lockey serve como referência concreta dessa transformação cultural: suas próteses, longe de disfarçar a ausência de membros, destacam a presença da tecnologia como elemento de força, estilo e identidade.

Essa abordagem encontra respaldo no cyberpunk, que naturaliza a fusão entre corpo e máquina, desafiando os limites entre o humano e o artificial (Cavallaro, 2000; Margolin, 2014). Ao serem incorporadas de forma ostensiva, as próteses adquirem novos sentidos e deixam de ser sinônimos de limitação para se tornarem dispositivos de empoderamento. Tal perspectiva, entretanto, ainda é pouco explorada pelas empresas tradicionais do setor, como sugerido

na pesquisa, especialmente nas que operam com pouca presença de designers e com processos baseados na padronização.

A análise das entrevistas, à luz desse arcabouço teórico, indica um descompasso entre as possibilidades oferecidas pelo Design contemporâneo e as práticas adotadas por parte das empresas que produzem ou comercializam próteses ortopédicas. A insistência em modelos estéticos normativos ou na priorização exclusiva da funcionalidade contribui para a perpetuação de uma lógica excludente, em que a prótese é tratada como um "mal necessário" e não como um artefato de afirmação pessoal.

Portanto, a discussão dos dados obtidos reforça a importância de incorporar o Design de forma ampla e estratégica nos processos de desenvolvimento de tecnologias assistivas. Mais do que tornar as próteses "aceitáveis" ou "menos visíveis", trata-se de reconhecer seu potencial como artefatos de transformação cultural. Ao propor a integração de usuários, designers e engenheiros em processos colaborativos, busca-se viabilizar a construção de dispositivos que não apenas reabilitam corpos, mas que também afirmam identidades, questionam normas sociais e ampliam os horizontes da inclusão.

5. CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo analisar o papel do Design no desenvolvimento de próteses ortopédicas em contextos estigmatizados, buscando compreender de que maneira aspectos simbólicos, estéticos e culturais podem ser incorporados aos dispositivos para promover sua aceitação social e valorização identitária. Os resultados obtidos, por meio da análise de entrevistas com profissionais de empresas atuantes no setor, revelaram contrastes entre as informações transmitidas nas entrevistas e as ideias propostas em teorias pesquisadas nos meios acadêmicos. Os produtos comercializados pelas empresas adotam abordagens mais tradicionais, centradas na funcionalidade técnica, sendo identificadas escassas iniciativas inovadoras que integram o Design como componente estratégico e com foco na inovação e no significado.

Verificou-se que empresas que incorporam profissionais de design às suas equipes têm maior potencial de trabalhar a experiência do usuário, adotando práticas que valorizam a personalização e o significado simbólico das próteses. Já, organizações que priorizam exclusivamente a função técnica tendem a negligenciar o potencial comunicacional e identitário desses dispositivos, o que pode reforçar estigmas e comprometer a adesão dos usuários ao uso contínuo das próteses.

As análises realizadas à luz de autores como Goffman (1982), Falk (2001), Verganti (2012) e Sudjic (2010) indicam que o Design pode ser uma ferramenta

fundamental para a ressignificação dos produtos assistivos. Ao ser compreendido como agente de inovação simbólica, o Design amplia seu escopo de atuação, contribuindo para transformar as próteses em elementos de afirmação estética, subjetiva e social. A articulação desses conceitos com referências do campo cultural, como o cyberpunk, reforça a ideia de que a integração entre corpo e tecnologia pode – e deve – ser enaltecida, e não ocultada.

A principal contribuição deste artigo para a área da Tecnologia Assistiva e do Design consiste na proposição de uma abordagem crítica e simbólica sobre o desenvolvimento de próteses ortopédicas, que supere a lógica da imitação do corpo e abra espaço para múltiplas expressões identitárias. Ao destacar os limites das práticas atuais e apontar caminhos alternativos, o estudo colabora para a ampliação do debate sobre inclusão, inovação e empoderamento no campo das tecnologias corporais.Como sugestão para estudos futuros, recomenda-se aprofundar as investigações sobre a percepção das próteses por parte dos próprios usuários, analisando suas narrativas, desejos e estratégias de apropriação simbólica. Também se sugere explorar o potencial do Design especulativo e crítico como experimentação no campo das tecnologias assistivas. A inclusão efetiva dos usuários no processo de desenvolvimento de produtos poderá contribuir para a construção de soluções mais humanas, expressivas e integradas à diversidade dos corpos contemporâneos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro à realização desta pesquisa. O fomento dessas instituições foi fundamental para o desenvolvimento do estudo, contribuindo para o avanço do conhecimento e da inovação nas áreas de Design e Tecnologia Assistiva.

REFERÊNCIAS

BANDEIRA, Rodrigo. *Próteses e preconceito:* a invisibilidade do corpo amputado. São Paulo: Editora Humanas, 2019.

CAVALLARO, Dani. *Cyberpunk and cyberculture:* science fiction and the work of William Gibson. London: Athlone Press, 2000.

FALK, Gerhard. *Stigma: how we treat outsiders.* Amherst: Prometheus Books, 2001.

GOFFMAN, Erving. *Estigma:* notas sobre a manipulação da identidade deteriorada. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1982.

MARGOLIN, Victor. *The politics of the artificial: essays on design and design studies*. Chicago: University of Chicago Press, 2002.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. *Fundamentos de metodologia científica.* 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

SANTAELLA, Lúcia. *Corpo e comunicação:* sintoma da cultura. São Paulo: Paulus, 2004. SUDJIC, Deyan. *A linguagem das coisas*. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2010.

THOMPSON, John B. *Ideologia e cultura moderna*. Petrópolis: Vozes, 2011.

VERGANTI, Roberto. *Design-driven innovation: changing the rules of competition by radically innovating what things mean*. Boston: Harvard Business Press, 2012.

Dispositivo autônomo de avaliação visual de intensidade de sinais de sEMG para aplicações de reabilitação

Menegotto, Bruno Adriano*[1]; Stevan Jr., Sergio L.[2]; Mendes Jr., José Jair Alves[3]

1 – Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE), UTFPR - PG, brunomenegotto@alunos.edu.br

2 – Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE), UTFPR - PG, sstevanjr@utfpr.edu.br

3– Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial (CPGEI), UTFPR - CT, jjunior@utfpr.edu.br

* -Correspondência: Rua Doutor Washington Subtil Chueire, 330, Jardim Carvalho, Ponta Grossa, Paraná, Brasil, 84017-220.

DOI 10.52050/9788579177163-23

RESUMO

A eletromiografia de superfície (sEMG) é amplamente utilizada como uma ferramenta de apoio à reabilitação motora por permitir o monitoramento da atividade muscular. Diferentes sistemas podem oferecer *biofeedback* visual, a maioria utilizando dispositivos auxiliares como computadores e *smartphones*. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um dispositivo autônomo de avaliação visual de intensidade de sinais de sEMG utilizando uma barra de leds. Os testes demonstraram uma resposta satisfatória ao mostrar a intensidade muscular. O sistema mostrou-se portátil, funcional e adaptável, com potencial de aplicação na reabilitação motora e integração com dispositivos vestíveis.

Palavras-chave: eletromiografia de superfície, biofeedback, avaliação visual sEMG.

ABSTRACT

Surface electromyography (sEMG) is widely used as a support tool in motor rehabilitation by enabling the monitoring of muscle activity. Different systems can provide visual biofeedback, most of them relying on auxiliary devices such as computers and smartphones. This work presents the development of a standalone device for visual assessment of sEMG signal intensity using an LED bar. The tests demonstrated a satisfactory response in displaying muscle intensity. The system

proved to be portable, functional, and adaptable, with potential for application in motor rehabilitation and integration with wearable devices.
Keywords: *surface electromyography, biofeedback, lm3914.*

1. INTRODUÇÃO

Eletromiografia de superfície (sEMG) é um procedimento não invasivo que permite observar a atividade neuromuscular através de eletrodos colocados na pele, permitindo a avaliação da função muscular (Korand, 2006). Os sinais bioelétricos observados são um somatório de todos os sinais detectados na área onde o eletrodo está sendo aplicado (Enoka, 1994).

Entre as várias aplicações que a eletromiografia de superfície é utilizada, destacam-se as de fisioterapia, de reabilitação física, de monitoramento muscular em atividades esportivas e auxiliar no desenvolvimento de próteses ou órteses (Kim et al., 2022; Lee et al., 2021).

Diversos estudos demonstram que estratégias de *biofeedback* utilizando sEMG melhoram significativamente o envolvimento do paciente e a precisão do movimento durante procedimentos de reabilitação física motora (Kim et al., 2022; Yang et al., 2021; Tomas et al., 2022). Estes procedimentos são habitualmente realizados com treinamentos individualizados, os quais podem ser ajustados ou otimizados se o procedimento de visualização da atividade muscular foi facilitado.

Paralelamente a isso, o uso de sistemas de processamento de dados como ferramentas de aprendizado de máquina permite melhorar a interpretação dos sinais musculares e promove a personalização do tratamento (Panagiotopoulos et al., 2022; Simić & Stojanović, 2024). Estudos destacam o potencial transformador dessas tecnologias no campo da reabilitação motora, permitindo estudos que proporcionem terapias mais eficazes, personalizadas e acessíveis (Muñoz-Nova et al., 2022; Tomas et al., 2022; Meng et al., 2022).

Com os avanços recentes em termos de sensores e de eletrônica embarcada houve o desenvolvimento de dispositivos portáteis ou vestíveis de baixo custo, o que tem proporcionado sinais de *biofeedback* de sinais de sEMG durante a execução de procedimentos mais complexos de reabilitação motora (Chandrasekhar et al., 2020; Simić & Stojanović, 2024).

Com o avanço das tecnologias para fisioterapia e reabilitação de pacientes, muitos sistemas apresentam um *biofeedback* via *software* indicado em *smartphones* ou interfaces diretamente no computador com a amplitude do sinal obtido, ou, com dispositivos vestíveis que auxiliam o paciente a realizar um determinado movimento, muitas vezes sendo utilizado uma órtese já com um sistema de controle e sistema embarcado já processado. Este tipo de *biofeedback*

fica restrito a sistemas mais complexos e caros e na dependência de sistemas de comunicação.

Em uma outra perspectiva, este trabalho apresenta como proposta o desenvolvimento de um dispositivo autônomo (*standalone device*), que proporcione *biofeedback* visual no *hardware* do dispositivo de aquisição dos sinais de sEMG, possibilitando indicar níveis de intensidade do sinal de sEMG no momento da contração muscular, sem a necessidade de conexão com um dispositivo de visualização e/ou transmissão de dados a computadores.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

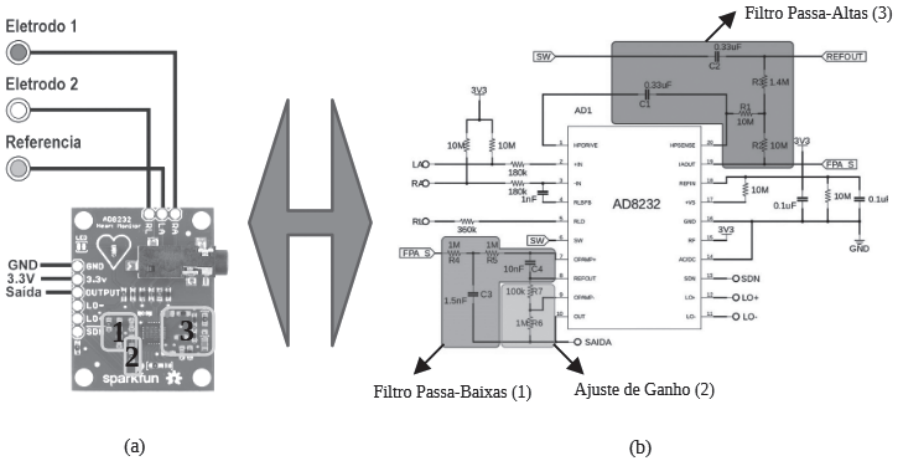
Para realizar a aquisição do sinal bioelétrico utilizou-se um módulo comercial utilizado para aquisição de sinais de eletrocardiograma (ECG), a qual é baseada no circuito integrado (CI) AD8232 (Analog Devices, 2012), com circuitos de condicionamento de sinal (filtro e amplificadores) integrados. Este módulo teve seus circuitos de condicionamento de sinais re-projetados e resistores e capacitores foram alterados para alterar a janela de filtragem do sinal para sEMG e ganho do sinal.

As frequências de corte dos filtros passa-alta e passa-baixa tiveram seus parâmetros modificados, os quais são 0,48Hz e 41,09Hz respectivamente, foram ajustados para 15,92Hz e 453,03Hz. Os valores teóricos podem ter uma pequena variação em relação aos práticos em função da tolerância dos componentes. (Menegotto, B. A. et al., 2023).

A Figura 1 ilustra o módulo AD8232 e as adaptações realizadas. Na Figura 1 (a) tem-se o módulo comercial construído em placa de circuito impresso, com as indicações de conexão dos eletrodos e alimentação, enquanto na Figura 1 (b) está ilustrado o circuito eletrônico com as indicações dos circuitos adaptados para aquisição de sinais de sEMG do filtro Passa-Baixas, do filtro Passa-Altas e dos resistores de ajuste de ganho.

Para realizar uma variação de intensidade foi utilizado uma barra de leds, controlada por um circuito integrado dedicado (*driver*) - LM3914 (Texas Instruments, 2004), o qual aciona uma quantidade de leds em função de um valor analógico proporcional.

Figura 1 - Módulo AD8232 adaptado para sEMG.



(a) (b)

Segundo as informações do fabricante do LM3914, é preciso determinar a corrente dos leds e a tensão máxima de referência ou de fundo de escala, as quais são calculadas respectivamente por:

$$I_{LED} = \frac{12,5}{R_1} \quad (1)$$

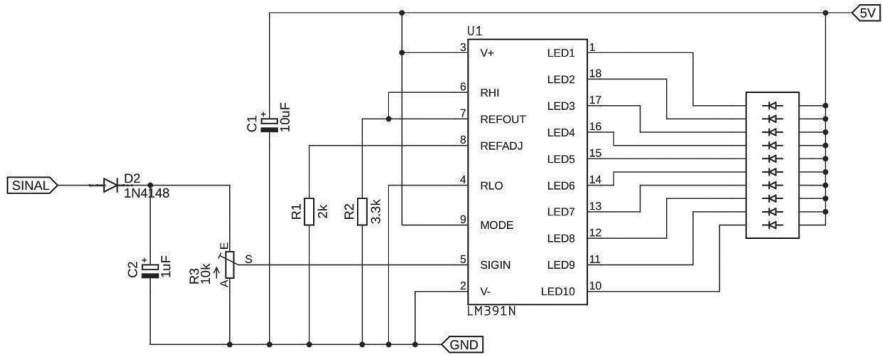
$$V_{ref} = 1,25(1 + \frac{R_2}{R_1}) \quad (2)$$

A tensão de fundo de escala foi ajustada para 3,3V, que coincide com o valor máximo de tensão previsto do circuito de aquisição do sinal de sEMG (AD8232). O valor de corrente dos leds foi ajustado para o menor possível, vislumbrando maior autonomia da bateria utilizada. Desta forma, obteve-se uma relação de:

$$R_2 = 1,64R_1 \quad (3)$$

Arbitrando-se $R_1 = 2k\Omega$ obtém-se $R_2 = 3,28k\Omega$. Aproximando para o valor comercial obtém-se $R_2 = 3,3k\Omega$ resultando em $I_{LED} = 6,25mA$, resultando em uma corrente máxima de até 62,5mA. A Figura 2 ilustra o circuito das etapas de visualização da intensidade do sinal de sEMG.

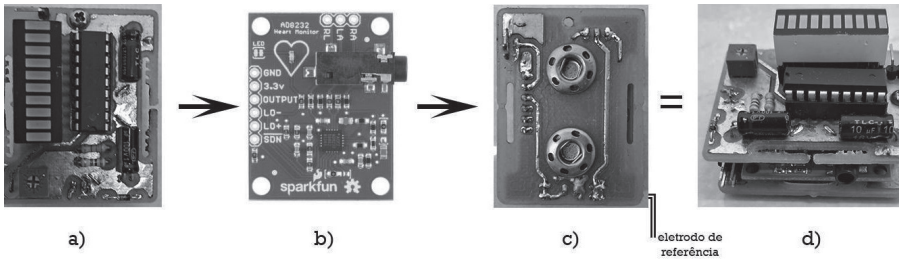
Figura 2 - Circuito para a indicação visual em barra de leds da intensidade do sinal de sEMG.



O circuito utiliza um diodo (D2) na entrada para atuarem como proteção à sinais negativos, o capacitor C1 de 10mF atua como capacitor de desacoplamento na alimentação de 5V, melhorando a estabilidade e suprime ruídos da alimentação, o capacitor C2 de 1mF atua como filtro para suavizar o sinal de entrada. Por fim, o potenciômetro R3 é utilizado com um divisor de tensão ajustável, permitindo regular a amplitude efetiva do sinal de entrada aplicado ao CI, permitindo-se ajustar a faixa de ativação dos leds. Isto é necessário em função da variação de amplitude dos sinais de sEMG a qual varia em função do músculo e de indivíduo para indivíduo. Um regulador de tensão LM2596 e um regulador de tensão de 3,3V foram utilizados para alimentar os circuitos.

A Figura 3 ilustra as 3 placas que se encaixam como escudos, sendo (a) a placa de visualização de intensidade, (b) o módulo AD8232, (c) a placa de conexão dos eletrodos comerciais de Ag/AgCl descartáveis com gel, e por fim, (d) o dispositivo final com os componentes soldados e as conexões realizadas.

Figura 3 - Circuito final, com as 3 placas: (a) de visualização da intensidade do sinal, (b) do módulo AD8232, e (c) de fixação dos eletrodos. As setas indicam a sobreposição das placas (da esquerda para a da direita); (d) ilustra o circuito final montado.



A placa da Figura 3 (a) tem dimensões de 40mm por 47mm, enquanto a da placa da Figura 3 (c) tem dimensões de 35mm x 47mm. Estas dimensões foram

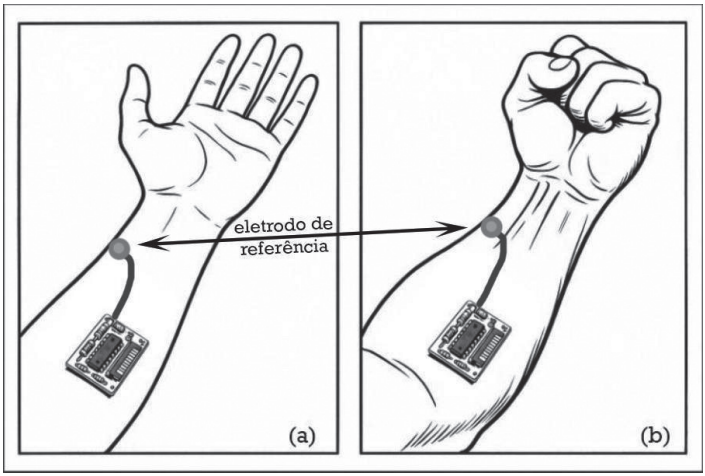
definidas como as mínimas para garantir a conexão da placa do AD8232 e ainda permitir uma futura construção de dispositivos vestíveis e, portanto, sua interconexão mecânica com outros módulos idênticos (4 a 6 unidades) a fim de envolver membros como braços e/ou pernas. A interconexão mecânica dar-se-á por elásticos presos através das canaletas laterais das placas. Para o módulo apresentado na Figura 3 (d), liga-se uma bateria e um regulador de tensão de 5 e 3,3V, além do eletrodo de referência.

Para avaliar o circuito projetado para indicação do sinal de sEMG, foi utilizado o *software* de simulação de circuitos eletrônicos *Isis Proteus v*8.17 na sua versão gratuita. Para simular um sinal de sEMG foi utilizado como entrada um sinal equivalente (sinal de áudio) com amplitudes de 0V a 3,3V. Após a verificação do circuito foi projetada uma placa de circuito impresso no formato de escudo (*Shield*), ou seja, para conexão em sobreposição, para ser acoplada à placa de aquisição do sinal de sEMG.

Para validação do protótipo foi realizado um procedimento experimental, o qual baseou-se no posicionamento dos eletrodos do módulo AD8232 na região dos músculos flexores superficiais, localizado no anterior do antebraço, em que é responsável por flexionar as articulações dos dedos e o punho, o eletrodo de referência foi posicionado na região dos flexores superficiais, porém próximo da região do tendão do músculo do palmar longo. O cabo que faz a conexão entre o eletrodo de referência e módulo (AD8232) tem aproximadamente 8cm. O módulo foi conectado a um dispositivo com bateria e regulador de tensão para que ficasse isolado da rede elétrica e garantir segurança ao usuário. Para que seja possível realizar a observação do sinal contraído foi conectado a um osciloscópio para a verificação em tempo real o sinal contraído e a sequência de ativação dos leds, de acordo com a intensidade do sinal.

Para avaliar o dispositivo foi realizado um movimento simples de flexão de punho, posicionando o módulo no antebraço, conforme pode ser observado na Figura 4. Esse movimento foi escolhido por permitir a observação da resposta visual da intensidade do movimento.

Figura 4 - Representação do posicionamento do módulo e da *shield*. a) Músculo relaxado; b) Músculo contraído.



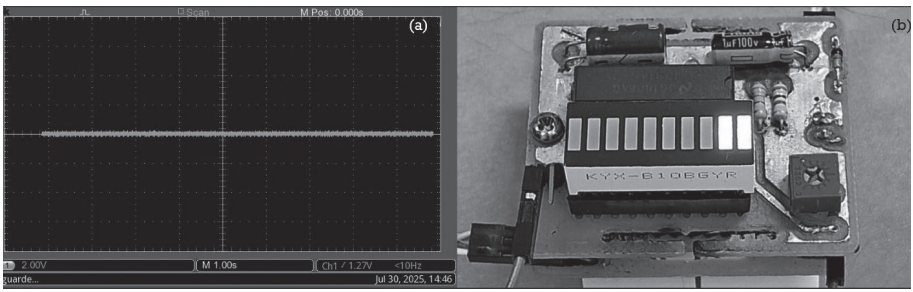
Durante a realização do teste, um procedimento inicial de calibração dos sinais visuais é necessário em função da variação do sinal de indivíduo para indivíduo e de músculo para músculo. Este procedimento é realizado ajustando a intensidade através do potenciômetro.

3. RESULTADOS

Com a confecção da placa para observar o sinal de sEMG com a barra de LED juntamente com o CI LM3914 observa-se que, ao contrair o músculo a faixa de LED da barra é acionada conforme a faixa regulada pelo potenciômetro.

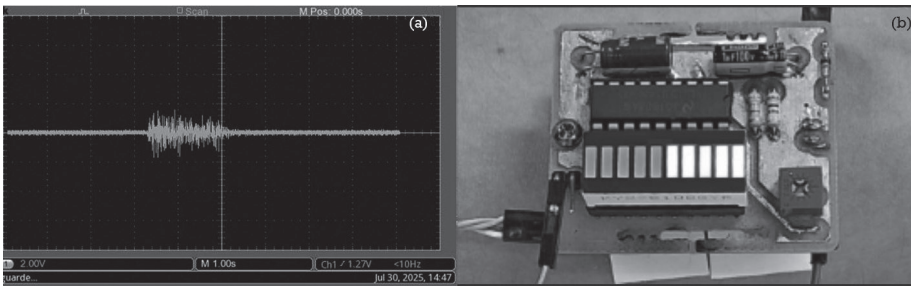
Para ilustrar o resultado obtido com o projeto da indicação do sinal, a Figura 5 (a) traz uma captura do sinal de sEMG da tela de um osciloscópio, enquanto a Figura 5 (b) ilustra a indicação de nível de tensão mínima (2 leds acesos) quando não há contração muscular.

Figura 5 - Aquisição sem a contração muscular: a) osciloscópio; b) barra de LED.



Em contrapartida, a Figura 6 (a), ilustra a captura do sinal em osciloscópio, para um sinal quando há contração muscular, enquanto na Figura 6 (b), observa-se a indicação desta intensidade de sinal bioelétrico visualizando 5 leds acesos no exemplo.

Figura 6 - Aquisição com a contração muscular: a) osciloscópio; b) barra de LED.



4. DISCUSSÃO

Embora diversos estudos proponham formas de visualização dos sinais de sEMG, essas abordagens geralmente utilizam interfaces baseadas em *software*, o que pode dificultar a percepção imediata do sinal pelo paciente durante as atividades de reabilitação. Como alternativa, este trabalho propôs o desenvolvimento de um circuito autônomo utilizando uma barra de leds para representar até 10 níveis de intensidade do sinal de sEMG, oferecendo, assim, uma solução portátil, independente de outros dispositivos e de fácil interpretação visual.

Com base nos resultados obtidos, observou-se que o circuito demonstra a prova do conceito, permitindo a visualização clara e em tempo real do nível de contração muscular. A sensibilidade da resposta luminosa pode ser ajustada por meio de um potenciômetro, o que possibilita a adaptação do sistema a diferentes grupos musculares e perfis de usuários. Essa flexibilidade é especialmente relevante em contextos de reabilitação, onde as respostas musculares variam significativamente entre os indivíduos. Entretanto, como trabalhos futuros, ainda são necessários ajustes no dispositivo desenvolvido, de forma maximizar a variação visual da intensidade do sinal de sEMG, bem como agrupamento de vários módulos placas em dispositivos vestíveis mais complexos como braceletes.

Dessa forma, a proposta deste projeto se mostra uma alternativa promissora às soluções exclusivamente baseadas em *software*, já que o *feedback* visual direto é mais acessível e compreensível, sobretudo em ambientes com recursos limitados ou em pacientes com dificuldades cognitivas. Ainda assim, são necessárias

avaliações futuras para confirmar se atende adequadamente a demanda em cenários terapêuticos reais.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo projetar um dispositivo autônomo de *biofeedback* visual baseado em 10 níveis de intensidade do sinal de sEMG. Para isso, foi projetada uma placa do tipo escudo, para ser sobreposta a um sistema de aquisição onde sinais bioelétricos utilizando o CI AD8232 com filtros adaptados ao sinal de sEMG.

Os resultados demonstraram que o circuito desenvolvido é funcional, sensível e adaptável. A visualização direta do sinal muscular via *hardware* apresenta uma solução acessível e de fácil integração a sistemas vestíveis.

Como próximos passos, propõe-se a realização de testes com usuários em ambientes de reabilitação supervisionada, bem como ajustes na faixa de operação do potenciômetro para diferentes grupos musculares e condições clínicas, tornando o dispositivo uma alternativa viável e satisfatória no auxílio à reabilitação motora baseado em *biofeedback* com barra de leds.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Brasil, Código Financeiro 001, no âmbito do Programa PDPG Consolidação da Pós-Graduação (Chamada Pública nº 3/2022), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - 306448/2021-1.

REFERÊNCIAS

ANALOG DEVICES. AD8232: Heart rate monitor front end. Norwood: Analog Devices, 2012. Disponível em: https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad8232.pdf. Acesso em: 28 julho de 2025.

CHANDRASEKHAR, P. et al. Development of a low-cost sEMG device for home-based rehabilitation. In: *ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY* (EMBC), 42., 2020, Montreal. *Proceedings...* Piscataway: IEEE, 2020. p. 6058–6061. DOI: 10.1109/EMBC44109.2020.9176058.

ENOKA, R. M. *Bases neuromecânicas da cinesiologia*. Champaign: Human Kinetics, 1994.

KIM, J. et al. Development of a wearable EMG device for real-time feedback in upper limb rehabilitation. *Sensors, [*S.l.], v. 22, n. 20, p. 7984, 2022. DOI: 10.3390/s22207984.

KONRAD, P. *The ABC of EMG:* a practical introduction to kinesiological electromyography. Scottsdale: Noraxon Inc., 2006.

LEE, S.; KWON, H. Real-time feedback system using sEMG for upper limb rehabilitation. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMAN-COMPUTER INTERACTION*, 23., 2021, Washington, DC. *Proceedings...* Cham: Springer, 2021. p. 140–150. DOI: 10.1007/978-3-030-70316-5_140.

Menegotto, B. A., Mendes Júnior, J. J. A., & Stevan Jr., S. L. *Desenvolvimento de circuito de aquisição de sinais eletromiográficos usando o módulo AD8232:* uma estratégia de adaptação. XV Simpósio de Engenharia Biomédica (XV SEB), Uberlândia, MG, Brasil. https://doi.org/10.5281/zenodo.10159523

MENG, Q. et al. Advancements in wearable sEMG devices for home-based rehabilitation. *Measurement Science,* [S.l.], v. 13, p. 675–682, 2022. DOI: 10.5194/ms-13-675-2022.

MUÑOZ-NOVOA, M. et al. sEMG-based biofeedback for upper limb rehabilitation: a systematic review. *Frontiers in Human Neuroscience, [*S.l.], v. 16, p. 897870, 2022. DOI: 10.3389/fnhum.2022.897870.

PANAGIOTOPOULOS, N.; LAMPROPOULOU, S.; AVOURIS, N.; SKODRAS, A. Gamified sEMG biofeedback for upper limb rehabilitation: a user-centered approach. *Applied Sciences,* [S.l.], v. 14, n. 16, p. 6987, 2022. DOI: 10.3390/app14166987.

SIMIĆ, M.; STOJANOVIĆ, M. Integration of AI in sEMG-based rehabilitation systems: challenges and opportunities. *Results in Engineering,* [S.l.], v. 19, p. 102472, 2024. DOI: 10.1016/j.rineng.2024.102472.

TEXAS INSTRUMENTS. LM3914: Dot/bar display driver. Dallas: Texas Instruments, 2004. Disponível em: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm3914.pdf. Acesso em: 28 de julho de 2025.

TOMAS, V.; AHMED, H.; LINDSAY, S. Exploring the use of sEMG biofeedback in pediatric rehabilitation: a pilot study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation,* [S.l.], v. 103, n. 5, p. 905–912, 2022. DOI: 10.1016/j.apmr.2022.01.005.

YANG, Y. et al. *The effectiveness of surface electromyography biofeedback for improving upper limb motor function after stroke:* a systematic review and meta-analysis. *Life*, [S.l.], v. 11, n. 12, p. 1290, 2021. DOI: 10.3390/life11121290.

Ergocapability Protocol® Desenvolvimento e avaliação de um aplicativo para inserção de pessoas com deficiência no ambiente trabalho

Merino, Eugenio Andrés Díaz[1]*; Cabral, Ana Karina Pessoa da Silva[2]; Pereira, Danilo[3]; Merino, Giselle Schmidt Alves Díaz[4]; Riascos, Carmen Elena Martínez[5]; Lima, Sheila Luciane Vargas de[6]; Ferrari, Laura do Livramento[7], Irandir Izaquiel Paulo[8]

1 – Programa de Pós-graduação em Design & Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, eugenio.merino@ufsc.br

2 – Laboratório de Tecnologias Assistivas e Terapia Ocupacional LabTATO , UFPE, anakarina.cabral@ufpe.br

3 – Pesquisador FINEP I Programa de Pós-graduação em Design, UFSC, danilo.d.p@posgrad.ufsc.br

4 – Programa de Pós-graduação em Design, UDESC - UFSC, gisellemerino@gmail.com

5 – Programa de Pós-graduação em Design | Fatores Humanos, UDESC, carmen.e.riascos@gmail.com

6 – Bolsista PIBIC/CNPq, UFSC, sheilalimadecampos@gmail.com

7 – Bolsista PIBIC/CNPq, UDESC, lauradlferrari@gmail.com

8 – Programa de Pós-graduação em Design, UFSC, irandirtese.2022@gmail.com

* UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Reitor João David Ferreira Lima. Caixa Postal 476. Bairro Trindade, Florianópolis/SC, Brasil. CEP 88040-970. Sala 111, Bloco A, CCE – Centro de Comunicação e Expressão.

DOI 10.52050/9788579177163-24

RESUMO

A crescente relevância da Tecnologia Assistiva (TA) para a promoção da inclusão tem motivado a busca por métodos eficazes no desenvolvimento de aplicativos acessíveis e usáveis. Este artigo apresenta o desenvolvimento e a avaliação de um aplicativo voltado à inclusão de pessoas com deficiência no trabalho, utilizando teste de usabilidade com rastreamento ocular. Os resultados indicaram que a interface atendeu às principais funcionalidades, embora haja melhorias a serem feitas. Conclui-se que essa abordagem contribui para soluções mais acessíveis, intuitivas e eficientes em TA.

Palavras-chave: tecnologia assistiva, usabilidade, rastreamento ocular

ABSTRACT

The growing relevance of Assistive Technology (AT) for promoting inclusion has driven the search for effective methods in developing accessible and usable applications. This article presents the development and evaluation of an application aimed at supporting the inclusion of people with disabilities in the workplace, using usability testing with eye tracking. The results show that the interface met the main functionalities, although some improvements are needed. It is concluded that this approach contributes to more accessible, intuitive, and efficient AT solutions.
Keywords: *assistive technology, usability, eye tracking*

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei nº 13.146/2015 (Lei Brasileira de Inclusão), tecnologia assistiva é definida como "Conjunto de recursos, equipamentos, produtos e serviços que visam ampliar, manter ou melhorar o funcionamento, a participação e a autonomia de pessoas com deficiência ou idosas." (BRASIL, 2015, art. 2º).

Essa definição destaca a importância de tecnologias que promovem autonomia e inclusão, contribuindo para maior independência e participação social dessas pessoas.

Segundo Imamura (2015) a tecnologia assistiva é definida como a aplicação de conhecimento e habilidades relacionadas aos produtos assistivos incluindo os sistemas e os serviços. A tecnologia assistiva é um subitem da tecnologia em saúde. Já o produto assistivo é qualquer produto, incluindo equipamentos, aparelhos, instrumentos ou software, especialmente produzidos e desenvolvidos e geralmente disponíveis.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (2019), estima-se que até 2030, cerca de 2 bilhões de pessoas precisarão de algum tipo de Tecnologia Assistiva devido ao envelhecimento, deficiência ou condição de saúde

De acordo com um levantamento do eSocial, o Brasil conta com aproximadamente 545,9 mil trabalhadores com deficiência atuando no mercado de trabalho, dos quais 93% estão em empresas com mais de 100 empregados (Brasil, 2024).

Diante deste cenário, ações para mitigar estas situações se fazem necessárias, que no caso específico desta pesquisa, está focada na inclusão laboral de PcDs. Neste sentido Cabral (2019) desenvolveu o *Ergocapability Protocol*®, que visa determinar a capacidade funcional de um trabalhador e compará-la com as exigências da sua função, sendo justificada pela escassez de instrumentos de avaliação que integram e relacionam as capacidades funcionais do trabalhador com deficiência e as demandas da tarefa laboral.

O protocolo pode ser aplicável a todos os tipos de deficiência ou disfunções, nos processos de seleção de emprego, exame periódico, acompanhamento do trabalhador no posto e retorno ao trabalho. Destaca-se o seu caráter inovador por propor um olhar centrado nas capacidades do ser humano, valorizando seus talentos e habilidades e divergindo da prática atual de muitas empresas em direcionar as vagas de emprego apenas ao tipo de deficiência. Além disso, propõe sistematizar o processo de avaliação a partir de um protocolo único, visando menor tempo e custo para aplicação nos locais de trabalho. O conhecimento científico produzido, o desenvolvimento do protocolo e a aplicação, contribuirão com o processo de avaliação das pessoas com deficiência para inserção e permanência no emprego, gerando um impacto social sobre os mesmos e resultados mais satisfatórios às empresas.

Neste artigo, apresenta-se o desenvolvimento de uma versão digital deste protocolo cujo objetivo auxiliar os profissionais que trabalham em áreas como fisioterapia, terapia ocupacional, médicos, profissionais de recursos humanos, fonoaudiólogos, dentre outros, a terem uma solução tecnológica que facilita o processo de avaliação de trabalhadores com algum tipo de deficiência ou não, visando sua inserção laboral, de forma adequada.

Para o desenvolvimento do aplicativo utilizou-se boas práticas nas áreas de usabilidade, rastreamento ocular e ergonomia visando criar um aplicativo que fosse fácil de ser usado, a usabilidade e a ergonomia orientam o design para que seja acessível e confortável e a utilização de rastreamento ocular fornece dados reais de como os usuários interagem com a interface, identificando pontos de atenção, áreas confusas ou mal posicionadas. Essas informações permitem ajustar o layout, melhorar a ergonomia digital e otimizar a usabilidade, resultando em aplicativos mais eficientes e agradáveis de usar.

Segundo a norma ISO 9241-11 (2018), usabilidade é definida como um método de avaliação da interação de usuários reais com um produto, sistema ou serviço, no qual se observa diretamente como os usuários executam tarefas representativas. Seu objetivo é identificar problemas de uso, coletar dados qualitativos e quantitativos sobre a experiência do usuário, e entender as percepções dos usuários quanto à eficácia, eficiência e satisfação durante a realização das tarefas.

A relação entre testes de usabilidade e a tecnologia de rastreamento ocular (eye-tracking) é bastante significativa, especialmente em contextos onde se busca compreender como os usuários realmente interagem visualmente com interfaces, produtos ou sistemas. O eye-tracking é uma tecnologia que monitora o movimento dos olhos, permitindo analisar para onde uma pessoa está olhando, por quanto tempo, piscadas, dilatação/aumento da pupila, dentre outras.

No Brasil, o eye-tracking ganhou destaque a partir dos anos 2000, sendo adotado por laboratórios de pesquisa da USP, UFPE, UFSC e UNESP para estudos em design, ergonomia, psicologia e interação humano-computador.

Na ergonomia, os trabalhos de Merino *et al.* (2020, 2023) demonstraram a evolução da aplicação do eye-tracking, desde a análise de interfaces complexas até a avaliação integrada de sistemas logísticos. Esses estudos mostraram como padrões de visualização inadequados e elementos mal posicionados comprometem a eficiência do trabalho, corroborando pesquisas internacionais como a de Hasanzadeh *et al.* (2017) e destacando a importância da abordagem multissensorial em ergonomia.

Sendo assim, o **objetivo deste artigo foi desenvolver e avaliar um aplicativo para inserção de Pessoas com Deficiência (***Ergocapability Protocol*®**) no ambiente de trabalho,** utilizando um teste de usabilidade com rastreamento ocular para analisar a interação de usuários com a interface

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, objetivos exploratórios e descritivos, sob uma abordagem quali-quantitativa. Quanto aos seus procedimentos técnicos, a pesquisa foi divida em dois Momentos, sendo estes: **Momento 1 - Desenvolvimento**, que compreendeu a estruturação, sistematização e desenvolvimento do aplicativo APP *Ergocapability Protocol*® e o **Momento 2 - Avaliação**, que envolveu testes de usabilidade com usuários por meio do rastreamento ocular.

Desta forma, o **Momento 1** teve como base a análise dos dados coletados na pesquisa de Cabral (2019, p.75-76) a partir de um quadro com 19 ferramentas de avaliação, sendo 10 softwares, 5 questionários, 2 checklist, 1 teste e 1 ferramenta. Destas, 15 ferramentas se destinam a Pessoas com Deficiência provenientes de alterações físicas ou mentais, e 4 têm aplicação para trabalhadores em geral.

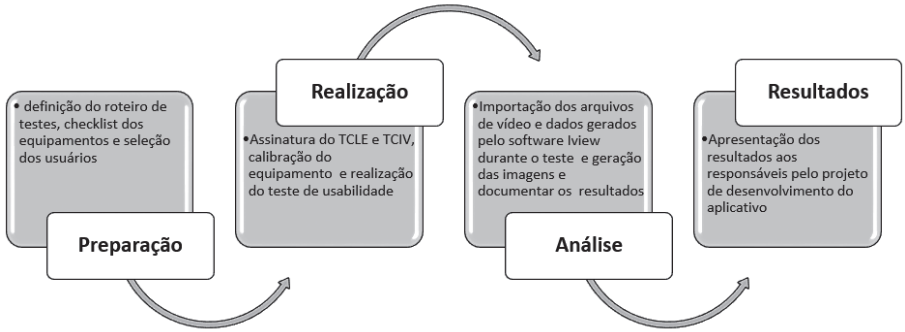
Ainda neste Momento, buscou-se verificar como estes softwares utilizavam os recursos tecnológicos em termos de interface, recursos, facilidade de uso (usabilidade), plataforma de uso (Windows, Web, Dispositivo móvel, etc), linguagens utilizadas no desenvolvimento e outros fatores importantes para definir os requisitos técnicos e de infraestrutura antes de iniciar a programação do aplicativo.

Desse modo, optou-se por desenvolver o aplicativo utilizando o *React Native*, pois este é um *framework* de desenvolvimento mobile criado pelo Facebook (agora Meta) que permite criar aplicativos para iOS e Android utilizando a linguagem *JavaScript* (ou *TypeScript*, opcionalmente) e o paradigma de desenvolvimento React (componentes, estado, props etc.).

Segundo Dabit (2019) o *React Native* permite que desenvolvedores escrevam aplicações em linguagem de programação *JavaScript* que são verdadeiramente nativas, oferecendo desempenho próximo ao nativo e com uma única base de código para sistemas operacionais iOS e Android.

O **Momento 2** conforme Figura 01, foi caracterizado por 4 etapas distintas: Preparação, Realização, Análise e Resultados, com seus passos, respectivos passos conforme a seguir:

Figura 1 - Etapas do teste de usabilidade



Fonte: Elaborado pelos autores. (2025).

Preparação: definição do roteiro de testes; elaboração de uma apresentação resumida do que é o protocolo *Ergocapability*®; seleção dos participantes; criação de uma lista de tarefas a serem executadas pelos participantes da avaliação do APP; organização da sala para realização do teste.

Realização: obtenção das assinaturas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e do Termo de Consentimento de Uso de Imagem e Vídeo (TCIV); apresentação do modelo aos participantes; instalação, calibração e teste com o equipamento de rastreamento ocular (eye-tracker) em cada um dos participantes; realização das tarefas de avaliação propostas.

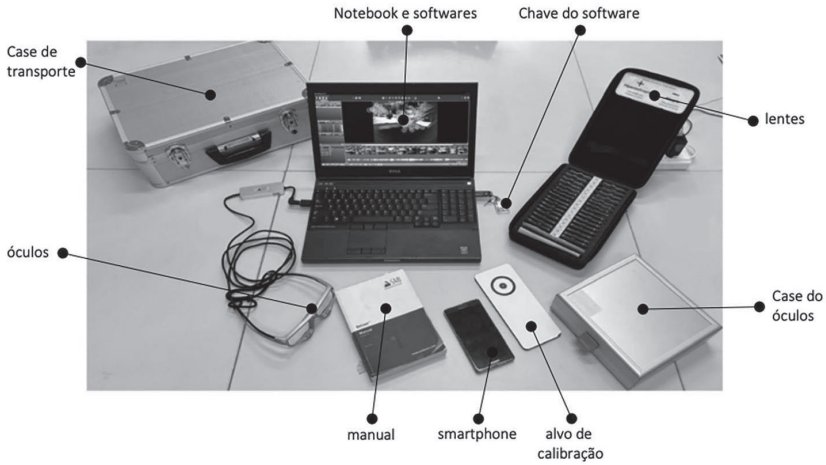
Análise: importação de todos os vídeos e dados gerados durante o teste de usabilidade; geração das imagens de referência para marcação dos desvios de olhar; definição das áreas de interesse (AOI); geração de imagens para análise referentes a caminhos do olhar, mapa de calor e indicadores (KPI)

Resultados: apresentação dos resultados aos membros da equipe do projeto

Após a etapa de **Preparação**, realizou-se a etapa de **Realização**, onde utilizou-se o equipamento de rastreamento ocular da empresa SensoMotoric Instruments (SMI), com dois softwares: o i*View*, que consiste em um sistema de rastreamento

ocular da pupila para coletar os dados do comportamento visual, e o *BeGaze*, software utilizado para analisar e visualizar os dados coletados (Figura 2).

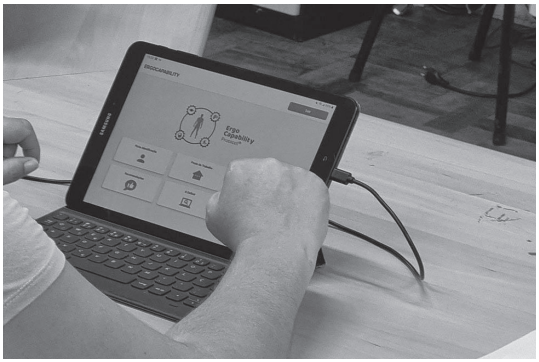
Figura 2 - Equipamento de rastreamento ocular - SMI



Fonte: Acervo dos autores (2025).

Em momento seguinte, aplicou-se o teste de usabilidade com 5 usuários que nunca tiveram contato com o Protocolo, sendo esse o número de usuários, considerado adequado para identificar cerca de 87% dos problemas de usabilidade (Nielsen, 2013). O teste foi realizado em uma sala isolada, onde montou-se um ambiente com mesa, tablet, óculos (eye-tracker) e notebook para conectar os óculos ao software de captura, conforme Figura 3.

Figura 3 - Tablet utilizado para teste de usabilidade



Fonte: Acervo dos autores (2025).

O aplicativo estava instalado em um tablet da marca Samsung, modelo SM-T825, com sistema operacional Android versão 9, 4 Gbytes de memória RAM e tela de 9.8 polegadas, conectados a uma rede 4G e num ambiente controlado.

A realização da coleta com uso dos óculos (eye-tracker) permitiu identificar a percepção do usuário durante a realização das tarefas e com ela conhecer os Caminhos do olhar, as Fixações, Sacadas, Tempo de Fixação, Tempo Total de Visualizações, Dificuldades e Obstáculos

Na etapa de **Análise**, uma das tarefas consistia em capturar todas as imagens das telas do aplicativo que foram utilizadas pelos usuários durante a execução das tarefas. Essas imagens são denominadas **Imagens de Referência**. Estas imagens foram utilizadas como referência para marcar ponto a ponto se o olhar capturado pelo eye-tracker estava ou não dentro das áreas desejadas naquela imagem e correspondente a uma das tarefas.

Por último, na etapa de **Resultados**, foram apresentadas as imagens geradas pela etapa de Análise a equipe do projeto e discutido os resultados obtidos.

3. RESULTADOS

A seguir, são apresentados os principais resultados obtidos na avaliação do aplicativo desenvolvido para promover a inserção de pessoas com deficiência no ambiente de trabalho. As análises foram conduzidas com base nos testes de usabilidade e nos dados coletados por meio do rastreamento ocular, permitindo uma compreensão mais aprofundada da interação dos usuários com a interface. Os resultados estão organizados de forma a evidenciar o desempenho das funcionalidades implementadas, como o cadastro de postos de trabalho, a avaliação de ambientes e de trabalhadores, e a realização de consultas. As observações extraídas dos testes permitem identificar tanto os aspectos positivos da interface quanto os pontos que demandam melhorias, com vistas ao aprimoramento da usabilidade e da acessibilidade da solução proposta.

3.1 Momento 1 - Desenvolvimento

O aplicativo *Ergocapability Protocol*®, foi desenvolvido com base na tese de Cabral (2019), que propôs um protocolo de avaliação voltado à inserção de pessoas com deficiência no mercado de trabalho. De acordo com Cabral (2019, p. 118), a abordagem adotada é centrada no ser humano, com ênfase na Ergonomia e no Design Inclusivo.

O desenvolvimento do aplicativo (Figura 4), deu-se após pesquisas e discussões sobre como adaptar os modelos impressos do protocolo para o formato digital de forma que pudesse por exemplo ser utilizado em um tablet.

Discutiu-se ainda se o aplicativo deveria rodar em ambiente Windows, Web, Android ou IOS. Optou-se por Android e IOS. Por último, pesquisou-se que linguagens poderiam facilitar no processo de desenvolvimento (programação) do aplicativo que pudesse rodar tanto no sistema operacional Android (Google) quanto no sistema operacional IOS (Apple) sem ter que escrever dois sistemas distintos. Escolheu-se um framework chamado *React Native* que atendeu estas necessidades.

Figura 4 - Telas do aplicativo *Ergocapability Protocol®*



Fonte: Acervo dos autores (2025).

3.2 Momento 2 - Avaliação

Para avaliar a interface do aplicativo, utilizou-se teste de usabilidade que é um método de avaliação onde diferentes usuários executam tarefas comuns com um produto (como um site, app ou sistema). A realização do teste foi feita em conjunto com o dispositivo Eye-tracker, permitindo que em momento posterior fosse processado os dados coletados a fim de identificar problemas de usabilidade e melhorar o design.

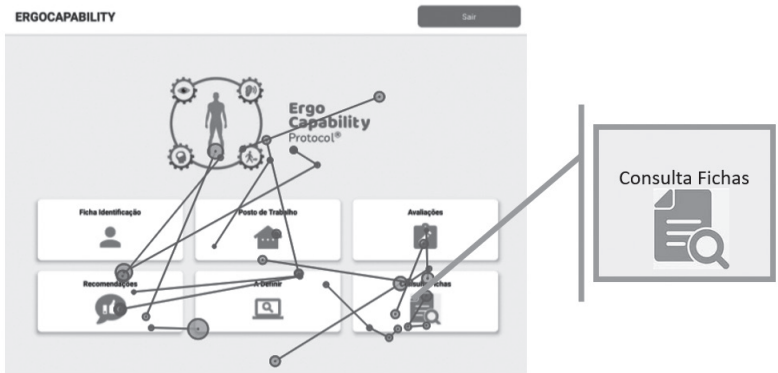
A partir da avaliação com o uso do rastreamento ocular, obteve-se o tempo médio de 1100 segundos para realizar as 5 tarefas. A mediana ficou em 1182 segundos e o desvio padrão em 287 segundos. Este tempo médio foi comparado com o tempo que o próprio desenvolvedor levou para gravar um vídeo ao final do teste de usabilidade e a variação entre o tempo do usuário referência e dos demais foi igual a 10,9%, o que evidencia que os elementos escolhidos para a interface, no geral, estão claros em seu objetivos.

Na figura 5, apresenta-se o menu principal do aplicativo e as principais funções, onde foi possível constatar que o caminho do olhar do usuário em análise se deteve em observar os ícones em cada um dos botões que representam algumas das principais tarefas solicitadas no teste. Pôde-se observar que a tela de menu inicial, com seu tamanho de 10 polegadas, teve as principais funções bem

distribuídas e de forma clara, permitindo que o usuário comum reconhecesse facilmente os objetos (ícones e texto) que representam as funções desejadas a serem executadas.

A imagem do caminho do olhar (Fig. 5). de um dos usuários nos ajudou a compreender por onde o usuário inicia sua busca pela representação da ação que quer realizar e ajudam a entender como o usuário interage com o aplicativo, permitindo melhorias no design para torná-lo mais intuitivo, acessível e eficaz.

Figura 5 - Caminho do olhar de um dos usuários avaliados



Fonte: Acervo dos autores. (2025).

No caso da Figura 6, utilizou-se a imagem de referência da tela de avaliação do trabalhador, e criou-se 3 áreas de referências (AOI) (Área de Avaliação à esquerda, Área de Menu Voltar e Sair - na parte superior e Área de Notas Explicativas (na lateral direita). Observou-se que, na tela de avaliação das capacidades do trabalhador, o foco do usuário esteve 79,9% do tempo focado na área correta (Área de Avaliação), e o tempo de observação foi de 12 segundos, tempo necessário para selecionar o critério e avaliá-lo

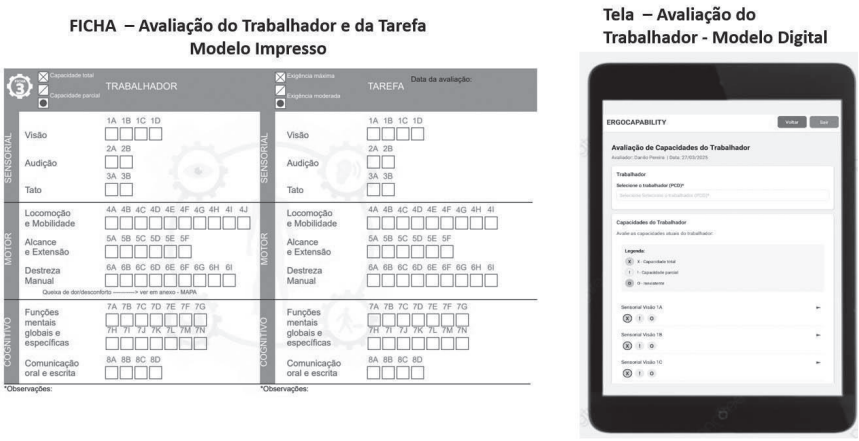
Figura 6 - Métrica – Área de Interesse dos usuários avaliados - Avaliação



Fonte: Acervo dos autores (2025).

Observou-se também que na interface desenvolvida para a avaliação dos trabalhadores (Figura 7), foram levantados pontos como a diferença entre o modelo impresso, que apresenta todos as 51 avaliações propostas por Cabral (2019) de forma consecutiva, A tela gerada no aplicativo necessita que o usuário faça a rolagem da tela por muito tempo para mostrar ; a ausência da legenda de capacidades presente em todos os momentos, gerando a necessidade de o usuário voltar ao topo da página sempre que se sentia incerto; o tamanho pequeno dos botões de avaliação de capacidade, podendo dificultar o clique; e a instrução da avaliação retraída em um ícone não representativo de sua função.

Figura 7 - Avaliação do Trabalhador e Tarefa - Modelo Impresso e Modelo Digital



Fonte: Acervo do NGD-LDU/UFSC (2025).

4. DISCUSSÃO

O estudo confirmou a viabilidade de desenvolver e avaliar um aplicativo voltado à inclusão laboral de pessoas com deficiência, com base em princípios de ergonomia, design inclusivo e tecnologia assistiva. Os testes de usabilidade com rastreamento ocular revelaram que a interface atendeu aos requisitos funcionais principais, embora demandem ajustes para otimizar a experiência do usuário. Os resultados dialogam com Gobbi et al. (2017) e Hasanzadeh et al. (2017), ao evidenciarem dificuldades cognitivas, como a necessidade de retornar à legenda, indicando sobrecarga visual. De forma semelhante, estudos de Merino et al. (2020, 2023) destacam o eye tracking como ferramenta eficaz para aprimorar o design de interfaces digitais com base em métricas visuais objetivas.

A análise mostrou que a eficácia do sistema foi atingida, mas a eficiência e a satisfação ainda precisam ser aprimoradas, conforme os critérios da ISO 9241-11 (2018) e heurísticas de Nielsen (1994). Além disso, destaca-se que o sucesso de soluções em Tecnologia Assistiva não depende apenas da funcionalidade técnica, mas da capacidade de adaptação às diferentes condições dos usuários, como apontado por Imamura et al. (2015).

Limitações do Estudo

Apesar das contribuições significativas, algumas limitações devem ser consideradas. Primeiramente, o número reduzido de participantes (n = 5), embora metodologicamente aceito conforme Nielsen (2013), restringe a generalização dos resultados. A ausência de diversidade entre os participantes, no que tange a diferentes tipos de deficiência, impede uma análise mais abrangente sobre acessibilidade universal. Além disso, o teste foi realizado em ambiente controlado, o que pode não refletir completamente as condições reais de uso. Sugere-se, para estudos futuros, ampliar a amostra, incluir participantes com distintos perfis funcionais e realizar avaliações em contextos reais de uso (in situ), além de empregar métricas complementares de eficácia, eficiência e satisfação.

5. CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo desenvolver e avaliar um aplicativo voltado à inserção de Pessoas com Deficiência no ambiente de trabalho. A partir das etapas de desenvolvimento e da aplicação de testes de usabilidade com rastreamento ocular, foi possível obter informações relevantes sobre a interação dos usuários com a interface proposta. Os resultados dessa primeira avaliação, embora revelem pontos a serem aprimorados, confirmam o cumprimento dos

objetivos, oferecendo uma base consistente para o aperfeiçoamento do aplicativo e demonstrando a eficácia da metodologia utilizada na identificação de desafios de usabilidade em interfaces de Tecnologia Assistiva.

A principal contribuição deste artigo reside na apresentação de um caso prático de desenvolvimento e avaliação de um aplicativo para Tecnologia Assistiva, utilizando uma metodologia que combina testes de usabilidade com o rastreamento ocular. Este artigo oferece contribuições para profissionais das áreas do Design, Engenharia, Saúde, Educação e Trabalho interessados em desenvolver soluções tecnológicas mais acessíveis e eficazes. Para estudos futuros, sugere-se ampliar o número de participantes nas avaliações e recomenda-se a aplicação de métricas quantitativas para os aspectos eficiência e eficácia e métricas qualitativas para a satisfação do usuário.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Núcleo de Gestão de Design e Laboratório de Design e Usabilidade (NGD-LDU), ao Programa de Pós-Graduação em Design da UFSC, à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), ao Programa de Pós-Graduação em Design da UDESC, à Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), ao LabTATO|NTA - Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Além disso, a presente pesquisa foi realizada com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES PROEX) - Código de Financiamento 001.

Os autores agradecem também o apoio do FINEP para o projeto "Tecnologia assistiva para autonomia cotidiana / laboral de pessoas com deficiência e formação de recursos humanos", Convênio 01.24.0080.00 (09/05/2024) e entendem que atende aos itens previstos no projeto e contribui para que esta área de pesquisa continue a evoluir e contribuir com diferentes áreas da sociedade.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. *Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 jul. 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm. Acesso em: 15 maio 2025.

BRASIL. (2024). *Levantamento do eSocial sobre trabalhadores com deficiência:* Dados atualizados. Fonte: Ministério do Trabalho.

CABRAL, A. K. P. da S.. *Ergo Capability Protocol: protocolo de avaliação direcionado à inserção de pessoas com deficiência no trabalho*. 2019. 240 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

DABIT, Nader. *React Native in Action*. Indianapolis: Manning Publications, 2019.

GOBBI, A. G. et al. *Uso do Eye-tracking para obtenção de medidas quantitativas em testes de usabilidade:* um estudo focado na medida da satisfação. *Human Factors in Design*, v. 6, n. 11, p. 106-125, 2017.

HASANZADEH, S.; ESMAEILI, B.; DODD, M. D. Measuring the impacts of safety knowledge on construction workers' attentional allocation and hazard detection using remote eye-tracking technology. *Journal of Management in Engineering*, v. 33, n. 5, p. 04017024, 2017.

IMAMURA, Marta et al. *Diretrizes de tecnologia assistiva:* orientações para a elaboração de documentos técnicos e normativos. Brasília: Ministério da Saúde, 2015. 104 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 9241-11:2018 – Ergonomics of human-system interaction – Part 11: Usability: Definitions and concepts. Geneva: ISO, 2018.

JAVAL, L. É. Essai sur la physiologie de la lecture. *Annales d'Oculistique*, v. 82, p. 242-253, 1879.

MERINO, Eugenio Andrés Díaz. Eye tracking. Florianópolis: *Núcleo de Gestão de Design* – UFSC, 2021. Disponível em: https://ngd.ufsc.br/eye_tracking. Acesso em: 19 abr. 2025.

MERINO, E. A. D. et al. Avaliação ergonômica com instrumentação tecnológica de um sistema de transporte de encomendas. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA*, 23, 2023, Florianópolis Anais congresso brasileiro de ergonomia. Florianópolis: ABERGO, 2023.

MERINO, G. et al. Eye-tracking na ergonomia: discussão a partir de uma análise de multicasos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, 20., 2020, Lorena. *Anais congresso brasileiro de ergonomia.* Lorena: ABERGO, 2020.

NIELSEN, J. *10 Usability Heuristics for User Interface Design.* Nielsen Norman Group, 30 jan. 1994. Disponível em: https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/. Acesso em: 30 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). *Global Report on Assistive Technology.* Genebra: Organização Mundial da Saúde, 2019. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789241565636. Acesso em: [12.05.2025].

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). *Relatório mundial sobre deficiência.* Genebra: Organização Mundial da Saúde, 2021.

UNITED STATES. *Assistive Technology Act of 1998*. Public Law 105-394. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1998.

Explorando o uso de inteligência artificial no projeto de uma interface Homem-Robô acessível

Da Mata, Julienne Rodrigues[1]; Da Silva, Tainara Galisa[2]; Da Silva, Ícaro Arthur Oliveira Herculano[3]; Queiroga, Raissa Tavares Vieira[4]; Carvalho, João Luiz Carneiro[5]; Carneiro, Gabriel Matos[6]

1 – CETENS/UFRB, julienne.jrm@aluno.ufrb.edu.br
2 – CETENS/UFRB, tainaragalisa@aluno.ufrb.edu.br
3 –CETENS/UFRB, icaroarthurohs@aluno.ufrb.edu.br
4 – CETENS/UFRB, raissatavares@ufrb.edu.br
5 – CETENS/UFRB, joao.luiz@ufrb.edu.br
6 – CETENS/UFRB, gabrielmatoscarneiro@aluno.ufrb.edu.br

DOI 10.52050/9788579177163-25

RESUMO

Os campus universitários são espaços amplos, setorizados e abertos ao público mas carecem de acessibilidade aos visitantes, em especial nas dimensões arquitetônica e comunicacional. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma *interface* gráfica para o Robô Assistivo Universitário com Libras (RAUL). Utilizando diferentes tecnologias para conceber um sistema que integra reconhecimento de fala, processamento de linguagem natural, Libras e sintetizador de voz. Os resultados demonstram viabilidade técnica da *interface* universal, promovendo acessibilidade e inclusão a pessoas que frequentam um campus universitário. Conclui-se que o sistema pode expandir sua aplicação a espaços diversos .

Palavras-chave: Acessibilidade comunicacional, Inteligência Artificial, *Interface* Gráfica, Libras.

ABSTRACT

University campuses are large, sectorized spaces open to the public, but they lack accessibility for visitors, especially in terms of architecture and communication. In this context, the objective of this work is to develop a graphical interface for the University Assistive Robot with Libras (RAUL). The project uses different technologies to design a system that integrates speech recognition, natural

language processing, Libras, and speech synthesizer. The results demonstrate the technical feasibility of the interface, promoting accessibility for university campus visitors. It is concluded that the system can be expanded to various spaces.
Keywords: Communication accessibility, Artificial Intelligence, Graphical Interface, Libras.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as tecnologias digitais estão presentes em todos os aspectos da vida cotidiana, ocupando os ambientes domésticos, profissionais e urbanos. Contudo, esse avanço nem sempre vem acompanhado de iniciativas que assegurem o acesso pleno e equitativo a todos os indivíduos, especialmente àqueles com deficiências sensoriais. De acordo com o Censo Demográfico de 2022, cerca de 18,6 milhões de brasileiros possuem algum tipo de deficiência, incluindo a deficiência auditiva, neste caso, 2,7 milhões são surdos (IBGE, 2022). Segundo o mesmo Censo cerca de 6,5 milhões de pessoas possuem baixa visão e 506 mil têm perda de visão total (IBGE, 2022). Para este público, as barreiras comunicacionais e de usabilidade restringem a participação ativa comprometendo o princípio da inclusão no progresso tecnológico.

A acessibilidade digital pode ser entendida não apenas como um requisito técnico, mas como uma exigência social e ética. Por outro lado, as limitações de recursos (poder de processamento, custo) e de viabilidade (complexidade inerente à construção de modelos computacionais de fenômenos e objetos físicos) também se apresentam como um desafio à evolução dos recursos de Tecnologia Assistiva (TA). A Inteligência Artificial (IA) apresenta-se como uma alternativa promissora ao paradigma tradicional por ser mais versátil e não depender de modelos computacionais pré-concebidos. Por meio de recursos como reconhecimento de fala, tradução de sinais em tempo online e síntese de voz, sistemas inteligentes são capazes de estabelecer comunicação em diferentes formas, promovendo uma experiência mais inclusiva e acessível. Diante desse cenário, as interfaces de voz podem ser transformadas em uma ferramenta de inclusão, trazendo a tecnologia para todos, como suporte para quem não consegue ler, seja por problemas de visão reduzida ou por analfabetismo (BENTO, 2022). Considerando esse potencial, este trabalho tem como objetivo promover a inclusão e o desenvolvimento social e digital de indivíduos com deficiência auditiva e visual.

Com a sistematização de tradutores em tempo online, *softwares* de reconhecimento facial e assistentes virtuais, a IA surge como ferramenta para superar diversas barreiras enfrentadas por Pessoas com Deficiência (PcD), seja

ela física, intelectual ou comunicativa (COSTA JÚNIOR, LOSS LOPES, SANTOS, REINOSO E FREIRE, 2024). Como consequência, a facilitação da comunicação e da interação amplia as oportunidades de participação plena igualitária para PcDs, promovendo um ambiente mais inclusivo e integrador.

Partindo desse pressuposto, torna-se pertinente conceber ferramentas digitais que promovam a acessibilidade e a inclusão. Com base em autores como Ferreira, Silveira e Nunes (2009), que enfatizam a importância de interfaces que conciliam requisitos funcionais e não funcionais — como ser "amigável" e "acessível" —, observa-se que a criação de interfaces eficazes vai além da simples conformidade com normas técnicas. As diretrizes do *World Wide Web Consortium*, como as *Web Content Accessibility Guidelines* 2.0 (WCAG 2.0), publicadas em 2008, estabelecem princípios fundamentais para o acesso universal à *Web*, mas os autores destacam que é igualmente essencial considerar aspectos de usabilidade para garantir uma experiência completa e satisfatória para todos os usuários (FERREIRA; SILVEIRA; NUNES, 2009; W3C, 2018). Além disso, Kulpa (2009) destaca que combinações com alto contraste, especialmente envolvendo cores quentes como o laranja sobre fundos escuros, tendem a favorecer a percepção por usuários com baixa visão, aumentando a visibilidade de elementos essenciais da interface.

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um produto de TA que associe os conceitos de acessibilidade e Desenho Universal, capaz de prestar auxílio aos visitantes de um *campus* universitário. O Robô Assistivo Universitário com Libras (RAUL) é um protótipo de um robô móvel com uma interface universal voltada ao usuário. O objetivo é permitir que qualquer pessoa, independente de suas limitações físicas ou sensoriais, possa interagir com o RAUL de forma autônoma e eficiente, promovendo a acessibilidade comunicacional no campus.

Para atender a esses requisitos, o desenvolvimento da interface gráfica demanda o uso de tecnologias estado-da-arte como reconhecimento de fala, tradução em Língua de Sinais e sintetizador de voz. A fim de tornar o sistema robusto e acelerar seu desenvolvimento, esta pesquisa propõe a utilização de sistemas de IA baseados na linguagem de programação Python. O trabalho explora como essas tecnologias podem ser aplicadas na criação de interfaces acessíveis e universais, ampliando as possibilidades de comunicação, inclusão e interação social.

Dando continuidade a essa proposta, esta investigação busca evidenciar a relevância do desenvolvimento de uma interface gráfica por meio da integração de processos baseados em redes neurais artificiais. Considerando o objetivo principal de desenvolver uma interface gráfica acessível, o sistema deve

reconhecer sinais em tempo online para interpretar Libras, compreender a fala em linguagem natural e reproduzir suas respostas por voz, texto ou Libras.

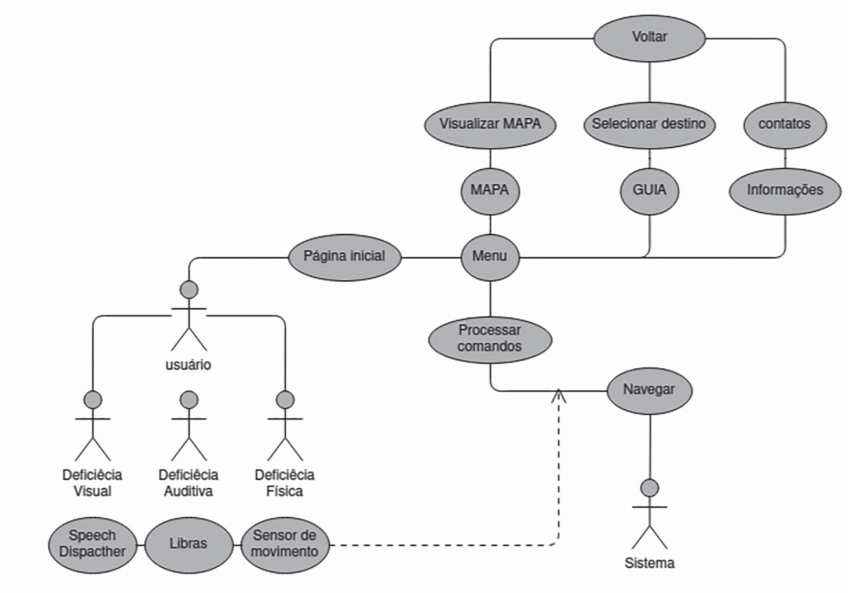
2. MATERIAIS E MÉTODOS

O ponto inicial do projeto consistiu na elaboração de um diagrama de casos de uso para a interface com o usuário. Essa é uma ferramenta comumente utilizada no desenvolvimento e evolução de interfaces de *software*. O diagrama de casos de uso apresentado na Figura 1 descreve a interação do *software* com diferentes usuários, adaptando-se conforme o tipo de deficiência: visual, auditiva ou física. A navegação começa na página inicial, passa pelo menu com opções como mapa, guia, contatos e informações, e segue para o processamento de comandos, permitindo ao sistema conduzir o usuário de forma personalizada e inclusiva.

A implementação desse sistema interativo baseou-se predominantemente na linguagem Python e no Sistema Operacional Linux, devido a ampla disponibilidade de bibliotecas abertas e de contribuições da comunidade. Outra motivação para o uso do Linux se deve à necessidade de futura integração ao sistema de controle do robô, baseado em *Robot Operating System* (ROS). Diversas ferramentas complementares foram integradas para possibilitar a construção da interface acessível, conforme descrito a seguir.

- **TKinter:** A biblioteca Tkinter foi utilizada para a construção base da interface gráfica, permitindo a criação de elementos visuais e interativos como janelas, botões e menus. A biblioteca **CustomTkinter** foi empregada para possibilitar a customização de *widgets* modernos e personalizáveis.

Figura 1- Diagrama de casos de uso da proposta de interface com o usuário do RAUL.



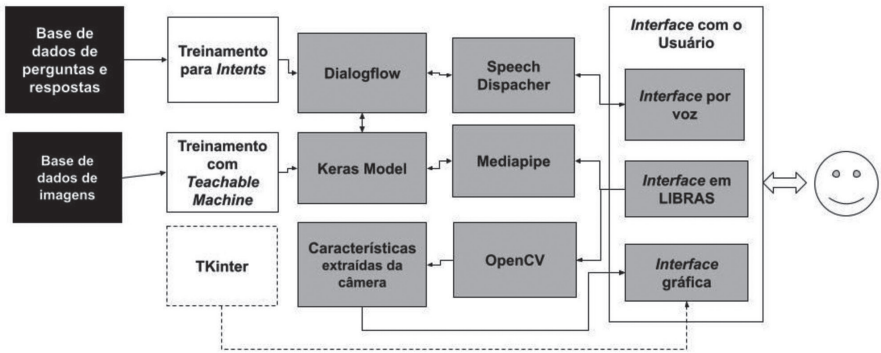
- **Speech Dispacther:** biblioteca que permite a aplicativos reconhecer e sintetizar voz foi implementada uma camada independente do dispositivo para síntese de fala, que favorece a comunicação entre aplicativos que desejam sintetizadores de voz disponíveis como solução para leitura de tela. Essa camada foi adaptada para ler os elementos da *interface* e gerar *feedbacks* para oferecer uma melhor experiência ao usuário.
- **Dialogflow:** Para implementação do treinamento de linguagem natural, foi utilizada a plataforma *Dialogflow*, que permite a criação de *chatbots* e assistentes virtuais inteligentes por meio da criação de *Intents*, capazes de compreender e responder a linguagem natural.
- **Mediapipe:** Essa ferramenta foi empregada para identificação dos sinais do alfabeto em Libras, com base em modelos pré-treinados desenvolvidos na plataforma online *Teachable Machine*.
- ***Opencv (Open Source Computer Vision Library):*** Utilizada para detecção de objetos, segmentação de imagens e reconhecimento facial, essa biblioteca contribui para o processamento e caracterização das imagens, cooperando com a robustez do modelo.
- **Keras Model:** tem o código aberto e foi construída para o uso de ***Deep Learning*** com *Python*, utilizada para facilitar a tradução dos dados coletados ao utilizar o programa direto da câmera, integrando a etapa de reconhecimento de sinais à rede neural.

- ***Teachable Machine*:** Essa ferramenta foi usada para criar e treinar uma rede neural para reconhecer sinais em Libras a partir de milhares de imagens capturadas.

O diagrama da Figura 2 descreve a interação das tecnologias utilizadas no projeto. Uma base de dados com possíveis perguntas e respostas da interação com o usuário foi usada para treinar o módulo de intenções e diálogo com o usuário (tecnologia Dialogflow). Outra base de dados com imagens de milhares sinais foi utilizada para treinar o modelo de reconhecimento de sinais em Libras (Keras Model). Uma pessoa especialista em tradução de Libras orientou os voluntários e a equipe do projeto sobre a melhor maneira de capturar as imagens para treinamento da rede neural.

A interação por voz acontece pelo módulo de reconhecimento e reprodução de voz (Speech Dispacher), enquanto que a interação por Libras utiliza a ferramenta Mediapipe. Esses módulos dependem das interfaces de som um vídeo habilitadas pela interface. Pontos de interesse (ou características) detectados no vídeo são extraídos utilizando a biblioteca OpenCV e são exibidos na tela. Por fim, a interface gráfica foi construída utilizando a ferramenta TKinter.

Figura 2- Diagrama dos Elementos da *Interface*. Os blocos em preto são bases de dados, blocos em branco são ferramentas de desenvolvimento e os módulos em cinza fazem parte do sistema.

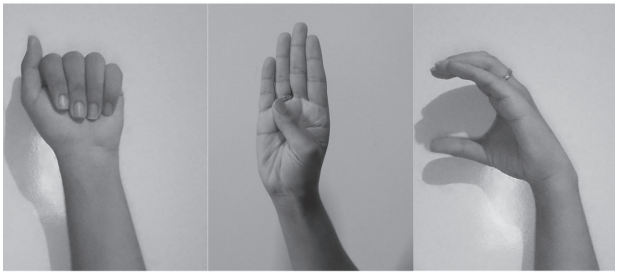


Além do ambiente de desenvolvimento e das ferramentas mencionadas, a construção da interface também foi orientada por uma abordagem de *design* centrada no usuário. Essa abordagem considerou as necessidades específicas de pessoas com diferentes tipos de deficiências, de modo a garantir não apenas a funcionalidade técnica, mas também uma experiência acessível e uso intuitivo e universal da *interface*. Por exemplo, a escolha do laranja com preto para o cabeçalho do aplicativo baseia-se na literatura (KULPA, 2009) proporcionando melhor contraste na visualização. De forma iterativa, o sistema foi testado

utilizando leitores de tela, identificando e corrigindo erros. Durante o processo, foram concebidos protótipos que contribuíram para a realização de ajustes a fim de garantir uma navegação intuitiva e funcional.

Dez voluntários dispostos a participar da pesquisa foram convocados para fazer imagens com sinais em Libras. Esse procedimento foi realizado em ambiente controlado (Figura 3), coletando entre 100 e 300 imagens coloridas para cada letra do alfabeto em Libras, totalizando 28.962 capturas. Subsequente a coleta de dados com o uso da plataforma *Teachable Machine* para a separação das classes (letras de A a Z), realizou-se o treinamento da rede neural seguindo os seguintes parâmetros de treinamento: *Epocha:* 50, *Batch Size:*16 *e Learning Rate*: 0,001. Ao final do processo obtém-se o arquivo *keras.h*5 da rede neural utilizada para a composição do interpretador.

Figura 3 - Amostras de imagens com sinais em Libras que compõem o banco de dados de treinamento.



3. RESULTADOS

Este trabalho resultou no desenvolvimento de um protótipo de *interface* gráfica universal capaz de realizar a transcrição de voz e a tradução da comunicação em Libras. O reconhecimento e transcrição das imagens utilizando as bibliotecas **MediaPipe, OpenCV e Keras Model** permitiram a detecção de padrões por IA. Além disso, a *interface* gráfica apresenta viabilidade para integrar um transcritor de voz e, futuramente, um tradutor em Libras.

A *interface* gráfica atua como elemento central de mediação entre o usuário e o robô e dispõe de suporte para comunicação por voz ou Libras, sob o princípio da acessibilidade universal. A janela "*Home*" é a tela principal da *interface* (Figura 4), desenvolvida para auxiliar na prestação de informações como localização de salas, unidades e serviços dentro do *campus*. A Figura 4 apresenta um *layout* simples e direto, permitindo que o usuário interaja com o robô guia por meio de *chatbot* ou comando de voz. A aplicação conta com uma barra de navegação com seções como mapa, informações e contatos.

A imagem da Figura 5 mostra a janela do *chatbot* que conta com a integração de um assistente virtual inteligente. Quando a interação ocorre por voz, o áudio é transcrito e, a partir dele, são extraídas as intenções e contextos, gerando um *score* de confiança sobre a informação desejada. Por exemplo, a Figura 6 que exibe o reconhecimento da *intent* "BES" com *score* de 70,98% para a consulta "O que significa BES?".

Figura 4 - Tela principal do aplicativo *RAUL*.

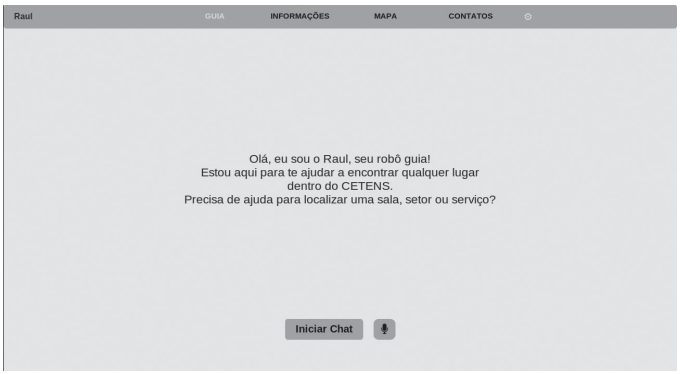


Figura 5 - Tela inicial do *chatbot* do RAUL.

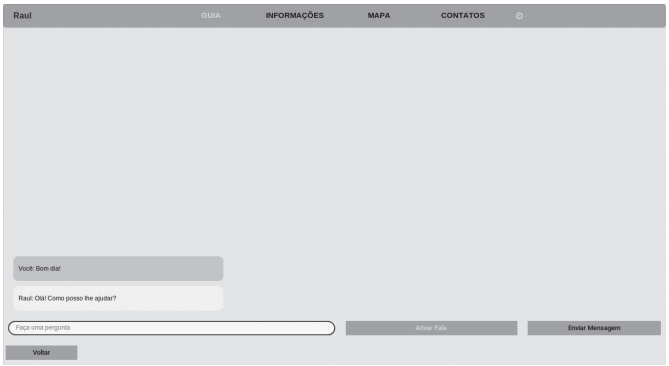


Figura 6 - Reconhecimento de *intent* através do Terminal do sistema operacional Linux

```
Enviando texto: O que significa BES?
Código do idioma: pt-BR
Intent detectado: BES
Confiança do intent: 0.7098153233528137
```

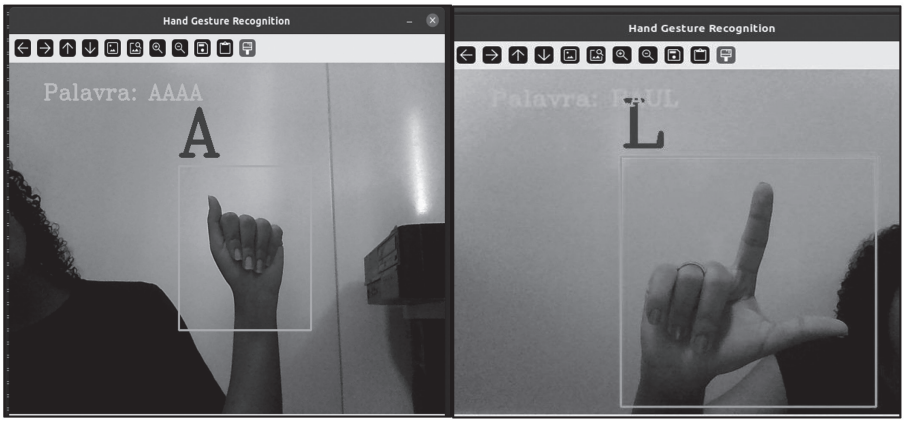
Após a identificação do *intent*, o sistema deve executar a ação associada, desde que devidamente configurada no *Dialogflow*. Para proporcionar maior

fluidez e naturalidade na conversão de texto em voz e na leitura de tela, foram utilizados os recursos do *Speech Dispatcher*.

Os testes com o módulo de tradução de sinais em Libras evidenciam que o sistema é funcional para fins de interação básica. A partir de imagens capturadas em tempo online pela *webcam*, os modelos previamente treinados no *Teachable Machine* processaram os sinais, permitindo a identificação e transcrição das letras do alfabeto. Como ilustrado na Figura 7, a letra "A" foi reconhecida corretamente em múltiplas ocorrências ao longo de alguns segundos. Além disso, a transcrição da palavra "RAUL" evidência a possibilidade de compor palavras completas através de sequências de sinais. Esses resultados demonstram o potencial da aplicação para facilitar a comunicação inicial entre usuários com deficiência auditiva e o sistema.

O programa funciona com o uso direto da *webcam*, *onde* são adquiridas as informações após a detecção das mãos, o programa começa o processo de validação do dado recebido de acordo com o modelo treinado *keras.h5* integrado no código em Python. Deste modo, com 3 segundos de avaliação, a letra identificada é escrita na tela.

Figura 7 - Tradução de sinais em Libras para texto.



(a) Tradução da Letra "A" (b) Transcrição da palavra "RAUL"

4. DISCUSSÃO

A *interface* com o usuário do RAUL foi desenvolvida para oferecer suporte a comandos de voz, elementos gráficos e interação com Libras, a fim de facilitar a interação do usuário final, respeitando os requisitos de acessibilidade e usabilidade. A abordagem de desenvolvimento inclui uma análise das necessidades de usuários com diferentes deficiências – física ou mobilidade reduzida, visual

ou baixa visão e, deficiência auditiva, garantindo assim, uma solução inclusiva e adaptável a múltiplos perfis. Nesse sentido, ajustes na *interface* estão sendo realizados para garantir uma navegação intuitiva, responsiva e funcional, adequada para usuários com diferentes níveis de conhecimento tecnológico.

Dentro desse contexto, o tradutor em Libras demonstrou ser útil por meio de testes qualitativos ao traduzir o alfabeto em Libras quando usado em um ambiente controlado (com imagens captadas diretamente pela *webcam*, iluminação artificial e fundo branco uniforme). Como resultado, a imagem da Figura 7 (a) ilustra a detecção bem-sucedida da letra "A" em Libras, com o reconhecimento exibido no canto superior esquerdo da tela.

O protótipo do tradutor identificou a letra "A" por quatro vezes dentro do intervalo de três segundos para cada detecção, indicando estabilidade no reconhecimento e potencial para compor palavras e frases simples a partir de sequências gestuais. Com isso, é possível que o usuário da linguagem de sinais possa escrever o que deseja enquanto utiliza o programa. Estes resultados demonstram a viabilidade de promover a acessibilidade para o público que possui deficiência auditiva e visual, uma vez que possibilitam a gestão dos ambientes virtuais e viabilizam a interação na língua natural dos usuários.

Complementando as funcionalidades da *interface*, a ferramenta ***Speech Dispatcher*** apresentou desempenho superior em comparação com outras bibliotecas, como a Python ***pyttsx3*** (BHAT, 2017), que depende dos motores nativos de síntese de fala do sistema operacional. Diferentemente desses, que frequentemente produzem vozes robotizadas e de baixa naturalidade, o ***Speech Dispatcher*** oferece uma síntese mais fluida e inteligível, contribuindo para a inclusão de usuários com deficiência visual. Seu uso para conversão de texto em fala (***text-to-speech***) assegura a oferta de um serviço acessível, confiável e equitativo, elemento essencial para a plena participação dos usuários em ambientes digitais.

Em resumo, o desenvolvimento e a avaliação do protótipo RAUL evidenciam a viabilidade técnica e o potencial impacto social de uma *interface* multimodal acessível, que integra voz, Libras e elementos gráficos em uma única solução. A adaptação contínua da *interface* para atender às necessidades específicas dos usuários reforça o compromisso com a inclusão digital e a acessibilidade universal. Os resultados obtidos indicam que o sistema pode ser aprimorado e expandido, tornando-se uma ferramenta eficaz de apoio à comunicação e orientação para pessoas com diferentes tipos de deficiência em ambientes públicos, como o campus universitário. Assim, este trabalho contribui para avanços relevantes no campo da tecnologia assistiva, promovendo maior autonomia e participação social.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi desenvolvida uma *interface* homem-máquina universal, que inclui interação por tela, por voz ou Libras e um *chatbot* baseado em plataforma de interação linguagem natural, como parte da interface de um robô guia universitário. O *chatbot* foi treinado para responder a perguntas relacionadas ao *campus* universitário e o tradutor em Libras foi treinado para identificar as letras do alfabeto na língua de sinais por meio da plataforma *Teachable Machine*, correlacionando o modelo pré-treinado com a biblioteca *MediaPipe* em um código implementado em Python.

O trabalho apresentou uma proposta pertinente, interdisciplinar e tecnicamente viável, com potencial de causar impacto real na acessibilidade em ambientes acadêmicos. A integração de diferentes modalidades de interação visa garantir que usuário com diferentes deficiências possam usufruir de uma experiência inclusiva e eficiente. A funcionalidade de comandos de voz e o sintetizador estão sendo validados com foco em garantir uma experiência segura de navegação por voz para usuários com deficiência visual. O *Chatbot*, por sua vez, já responde a questões básicas e segue em aprimoramento para ampliar seu repertório e usabilidade. Como perspectivas para trabalhos futuros, destacam-se a otimização do *chatbot*, a incorporação completa da interação em Libras e a ampliação do sistema para reconhecer frases de maior complexidade.

AGRADECIMENTOS

A equipe do projeto agradece ao CNPq Edital 2024 pela concessão de bolsas de Iniciação Científica e à FAPESB Edital N° 012/2022 – Universal e Edital 2024 pela concessão de apoio financeiro, que foram essenciais para a realização deste projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

BENTO, Victor de Oliveira; ABREU, Pollyanna Miranda. *Interface de voz do usuário: os impactos e metodologias utilizadas para o começo da construção de uma excelente interface de voz. In: JORNADA CIENTÍFICA DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E TECNOLOGIA*, 2., 2022, Varginha. Anais [https://www.even3.com.br/anais/anaisjeatec/583544-interface-de-voz-do-usuario--os-impactos-e-metodologias-utilizadas-para-o-comeco-da-construcao-de-uma-excelente-i/]. Varginha: UNIS, 2022. Acesso em: Junho de 2025.

BHAT, Natesh M. pyttsx3 - Text-to-speech x-platform, 2017. Disponível em: https://pyttsx3.readthedocs.io/. Acesso em: Junho de 2025.

COSTA JÚNIOR, João Fernando; LOSS LOPES, Luis Carlos; SANTOS, Márcia Maria de Oliveira; REINOSO, Luiz Fernando; FREIRE, Kátia Maria de Aguiar. *A inteligência artificial como ferramenta de apoio à inclusão.* Cuadernos de Educación y Desarrollo, v. 16, n. 4, p. 01-23, 2024. Disponível em:

Usabilidade com as Diretrizes de Acessibilidade, 2008. Disponível em: https://arquivo.anpad.org.br/abrir_pdf.php?e=ODYyNA==. Acesso em: 09 maio 2025.

FERREIRA, Simone Bacellar Leal; SILVEIRA, Denis Silva da; NUNES, Ricardo Rodrigues. *Alinhando os Requisitos de Usabilidade com as Diretrizes de Acessibilidade.* 2009. Disponível em: https://www.periodicosibepes.org.br/index.php/reinfo/article/view/271. Acesso em: Junho de 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pessoas com deficiência têm menor acesso à educação, ao trabalho e à renda.* Agência IBGE notícias, 2022. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37317--pessoas-com-deficiencia-tem-menor-acesso-a-educacao-ao-trabalho-e-a-renda. Acesso em: 09 maio 2025.

KULPA, Cínthia Costa. *A contribuição de um modelo de cores na usabilidade das interfaces computacionais para usuários de baixa visão.* 2009. 189 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Acesso em: 24 de Maio 2025.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM (W3C). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. 2018. Disponível em: https://www.w3.org/WAI/WCAG21/quickref/. Acesso em: 09 maio 2025. W3C. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0. Disponível em: https://www.w3.org/TR/WCAG20/. Acesso em: 09 maio 2025.

Interface gráfica para classificação de padrões de sinais neuroelétricos não-invasivos de indivíduos com lesão medular

Matias, Cristian Veggian*[1]; Lourenção, João Pedro Moreto[2]; Vazquez, Jose Angel Nieves [3] [4]; Mendes Júnior, José Jair Alves[5]; Campos, Daniel Prado[6]

1. – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial (CPGEI-CT), UTFPR, cristianveggian@gmail.com

2. – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial (CPGEI-CT), UTFPR, jlourencao@alunos.utfpr.edu.br

3. – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial (CPGEI-CT), UTFPR, jvasquez@utfpr.edu.br

4. – Instituto Tecnologico Superior de San Andres Tuxtla, San Andres Tuxtla, Mexico, josenieves@itssat.edu.mx

5. – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial (CPGEI-CT), UTFPR, jjjunior@utfpr.edu.br

6. – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB-CT), UTFPR, daniel.campos.utfpr@gmail.com

* -Correspondência: Rua Cornélio Kloster, 567, Res. Interlagos, Apucarana, Paraná, Brasil, 86802-766.

DOI 10.52050/9788579177163-26

RESUMO

A crescente demanda por tecnologias assistivas que facilitam a reabilitação neurológica impulsiona o desenvolvimento de interfaces acessíveis para manipulação de biossinais. Este trabalho propõe uma interface gráfica para coleta, armazenamento e processamento de sinais de EEG, focando em imagética motora. Utilizando bibliotecas Python e arquitetura modular, a interface foi desenhada para facilitar o uso por indivíduos não familiarizados com programação. Como resultado, foi possível criar pipelines personalizados e visualizar métricas gráficas de classificação, promovendo acessibilidade e aplicabilidade prática em contextos de reabilitação. Conclui-se que a interface facilita o uso de técnicas de aprendizado de máquina na área de tecnologia assistiva.

Palavras-chave: aprendizado de máquina, eletroencefalografia, imagética motora.

ABSTRACT

The increasing demand for assistive technologies in neurological rehabilitation encourages the development of accessible interfaces for handling biosignals. This study proposes a graphical interface for acquiring, storing, and processing EEG motor imagery data. Using Python libraries and modular architecture, the interface was designed to facilitate use by individuals without programming skills. As a result, it was possible to create custom pipelines and visualize classification metrics, promoting accessibility and practical applicability in rehabilitation contexts. It is concluded that the interface facilitates the use of machine learning techniques in assistive technology.
Keywords: *machine learning, electroencephalography, motor imagery.*

1. INTRODUÇÃO

O avanço das interfaces cérebro-máquina (BCI - *Brain-Computer Interface*) tem aberto novas possibilidades para o desenvolvimento de tecnologias assistivas, especialmente voltadas para a reabilitação de indivíduos com deficiências motoras. Esses sistemas permitem a comunicação direta entre o cérebro e dispositivos computacionais, oferecendo alternativas de interação para pessoas acometidas por condições como lesões medulares, acidente vascular cerebral (AVC) ou doenças neurodegenerativas (ZHUANG et al., 2020; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2024).

As BCI baseadas em sinais de eletroencefalografia (EEG) têm se destacado por sua característica não invasiva e pela capacidade de capturar respostas cerebrais associadas à imaginação motora (IM). Esse tipo de sinal é gerado quando o indivíduo imagina movimentos com partes do corpo, mesmo sem executá-los fisicamente. Essa técnica tem sido empregada tanto em processos de diagnóstico quanto na reabilitação e no controle de dispositivos assistivos (SHARMA; KIM; GUPTA, 2022; MILNE-IVES et al., 2023).

Apesar do potencial dessas tecnologias, existem barreiras significativas no seu uso prático. Entre elas, destaca-se a complexidade das ferramentas atualmente disponíveis para aquisição, processamento e análise desses sinais. Grande parte das soluções exige conhecimento prévio em programação ou ciência de dados, o que restringe o acesso por parte de profissionais de saúde e pelos próprios pacientes (PRASHANT; JOSHI; GANDHI, 2015; MCFARLAND; DALY; PARVAZ, 2017).

Nesse contexto, a acessibilidade tecnológica emerge como um fator crítico para o avanço das BCI aplicadas à reabilitação. Não basta que os algoritmos sejam eficientes — é necessário que estejam embarcados em interfaces intuitivas,

capazes de facilitar o processo de configuração e execução sem a necessidade de intervenção técnica especializada (DIEZ, 2018).

Este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de uma interface gráfica para coleta, processamento e classificação de sinais de imagética motora em EEG,permitindo a criação de pipelines personalizados e o armazenamento seguro dos dados coletados. A interface foi projetada para usuários não familiarizados com programação, visando facilitar o acesso a esse tipo de tecnologia assistiva e aproximar o universo computacional do cotidiano clínico e terapêutico.

Além disso, a ferramenta desenvolvida contribui para a resolução de um segundo problema recorrente em pesquisas na área: a dificuldade de reaproveitar dados de sessões anteriores para aprimoramento de modelos preditivos. Com o armazenamento organizado das coletas realizadas, é possível utilizar os registros tanto em classificações futuras quanto no treinamento de modelos mais robustos, como redes neurais profundas (HASTIE; TIBSHIRANI; FRIEDMAN, 2013).

Dessa forma, este trabalho apresenta não apenas uma proposta de ferramenta tecnológica, mas também uma contribuição prática para o cenário da tecnologia assistiva nacional, alinhada ao propósito do CBTA de fomentar soluções inovadoras e inclusivas.

O objetivo geral deste estudo é desenvolver uma interface gráfica intuitiva que integre o processo de classificação de padrões de sinais de imagética motora em EEG, tornando-o acessível tanto para profissionais da saúde com pouca ou nenhuma familiaridade com programação, como fisioterapeutas e terapeutas ocupacionais bem como pesquisadores iniciantes ou usuários interessados em neurotecnologia assistiva sem formação técnica em ciência de dados. Como objetivos específicos, destacam-se: implementar métodos de coleta de dados, permitir o armazenamento organizado por perfis individuais, criar pipelines personalizáveis de processamento e promover visualizações gráficas que auxiliem a compreensão dos resultados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento da interface gráfica foi realizado utilizando Python 3.11, por ser uma linguagem de programação amplamente utilizada na comunidade científica, com vasta gama de bibliotecas específicas para processamento de sinais e aprendizado de máquina. A estrutura da interface foi implementada com o auxílio da biblioteca PySimpleGUI 4, escolhida por sua simplicidade, leveza e integração nativa com scripts em Python.

A aplicação foi estruturada em três módulos principais, desenvolvidos de forma independente para facilitar a manutenção e possíveis expansões futuras. O primeiro módulo é o de coleta de dados, responsável pela aquisição de sinais de EEG por meio de comunicação serial com dispositivos compatíveis, como a placa Cyton da OpenBCI. As coletas podem ser organizadas por perfis de usuário, com campos configuráveis, como nome do participante, tarefa executada, data da coleta, quantidade de canais e frequência de amostragem. Os dados são armazenados em formato JSON, o que facilita tanto a leitura por outras aplicações quanto a integração futura com outros sistemas.

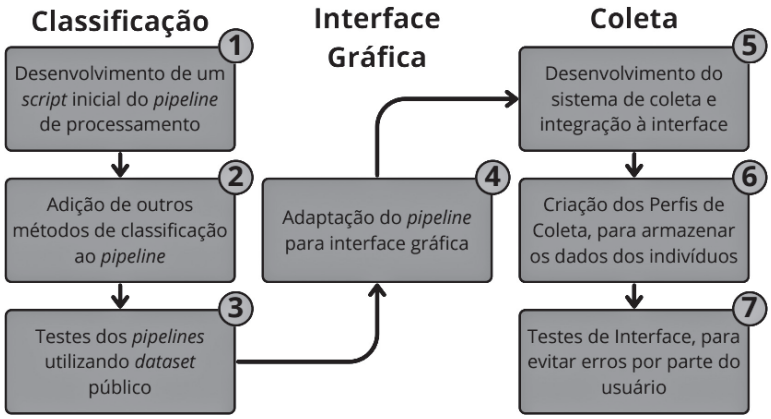
O segundo módulo corresponde à interface gráfica (GUI), composta por uma tela inicial com menu de seleção de funcionalidades, uma tela para criação e gerenciamento de perfis e outra para configuração dos parâmetros de processamento, incluindo filtros,escolha de algoritmos e definição dos parâmetros do método Common Spatial Pattern (CSP). Além disso, a interface conta com um console interno para fornecer feedback visual ao usuário sobre erros e sucessos durante a operação.

O terceiro módulo trata do processamento e classificação dos sinais coletados. O pipeline de processamento é baseado na biblioteca Scikit-learn e segue etapas bem definidas: pré-processamento com filtros passa-banda entre 8 e 30 Hz, remoção de artefatos e aplicação de técnicas como CSP para extração espacial de características.

O sistema conta com classificadores implementados, incluindo Análise de Discriminante Linear (LDA), Máquina de Vetores de Suporte (SVM), Perceptron Multicamadas (MLP) e k-Vizinhos Próximos (kNN). Estes classificadores foram escolhidos com base nos trabalhos de Sharma, Kim e Gupta (2022) e Lazcano-Herrera, Fuentes-Aguilar e Alfaro-Ponce (2021). Os resultados obtidos são apresentados ao usuário por meio de matrizes de confusão e métricas de acurácia. A interpretação adequada desses resultados não é trivial e pode demandar auxílio adicional, principalmente para usuários sem conhecimentos em ciência de dados. Assim, sugere-se que essas visualizações sejam utilizadas com o auxílio de tutoriais explicativos ou por usuários com noções básicas de avaliação de modelos preditivos. Todos os hiperparâmetros desses métodos podem ser configurados diretamente pela interface gráfica, permitindo personalização completa do processo de análise.

O fluxo geral de criação da aplicação está representado no Fluxograma de Desenvolvimento, contendo as etapas principais do processo de criação da lógica de classificação, da interface gráfica e da lógica de coleta, bem como a etapa visualização de visualização dos resultados, conforme mostra a Figura 01.

Figura 01 - Fluxograma de Desenvolvimento



As principais linguagens e bibliotecas usadas para o desenvolvimento encontram-se na Tabela 01.

Tabela 01 - Ferramentas utilizadas no projeto

Ferramenta	Objetivo
Python 3.11	Linguagem de desenvolvimento
PySimpleGUI	Construção da interface gráfica
Scikit-learn	Implementação de algoritmos de ML
MNE	Pré-processamento e manipulação de EEG
NumPy / Pandas	Manipulação de *arrays* e arquivos
Matplotlib / Seaborn	Visualização gráfica dos resultados

O sistema foi desenvolvido inicialmente com foco em pesquisa computacional e validação técnica do fluxo de coleta e processamento. Para isso, foram realizados testes utilizando eletrodos flutuantes, conectados diretamente ao dispositivo de aquisição, sem a participação de indivíduos. Esses testes tiveram o objetivo exclusivo de verificar o correto funcionamento da interface gráfica e a geração de arquivos de coleta no formato esperado, contendo *timestamp*, canais de EEG simulados e marcadores de eventos.

Por se tratar de testes técnicos sem envolvimento direto de seres humanos, não houve necessidade de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa nesta etapa.

Essa abordagem inicial garantiu que o ambiente de coleta estivesse funcional e preparado para eventuais estudos futuros envolvendo participantes reais, com controle sobre parâmetros de aquisição e integridade dos arquivos gerados.

3. RESULTADOS

O desenvolvimento da interface gráfica resultou em um sistema funcional capaz de realizar as tarefas de coleta, armazenamento e processamento de sinais de EEG de imagética motora. As funcionalidades foram organizadas de forma modular e intuitiva, visando acessibilidade para usuários não familiarizados com programação.

Para validação técnica do sistema de coleta, foram realizados testes utilizando eletrodos flutuantes conectados a uma placa compatível com EEG. O objetivo desses testes foi verificar a integridade da geração dos arquivos de saída e a compatibilidade com o pipeline de processamento.

Os arquivos gerados foram salvos em formato .CSV, contendo marcação de tempo das amostras, leituras dos canais de EEG simulados e eventos onde estímulos aplicados durante a coleta ocorreram.

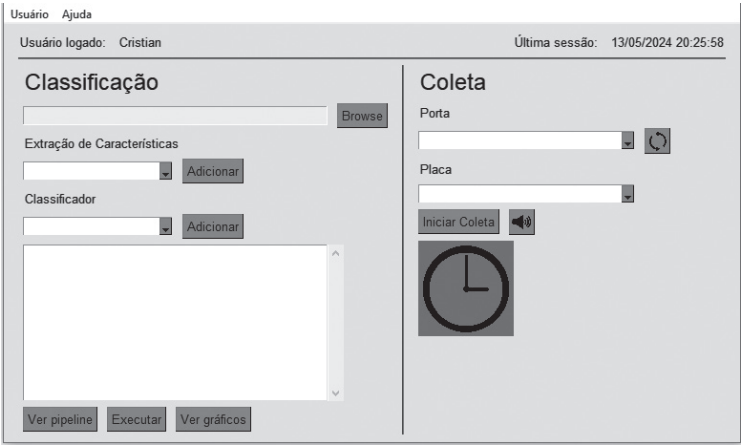
Foi verificada uma pequena discrepância na frequência de amostragem durante esses testes: o esperado era 250 Hz, porém foram coletadas 247 amostras por segundo. Essa diferença foi atribuída a fatores como sobrecarga na *thread* de execução ou atrasos ocasionais no envio serial. Apesar dessa diferença, os arquivos gerados puderam ser utilizados normalmente nos processos de classificação.A interface gráfica foi validada por meio de testes sistemáticos em ambiente local. Durante esses testes, foram verificados os principais recursos implementados, como a criação de perfis de coleta, que inclui campos para inserção do nome, descrição, configuração de canais e identificação da tarefa de imagética motora. Também foi testada a seleção de parâmetros por meio de menus suspensos, permitindo ao usuário escolher o método de extração de características (como CSP) e o classificador desejado (LDA, SVM, MLP ou kNN). Para facilitar o uso por usuários não técnicos, cada opção é acompanhada de uma dica flutuante explicativa, além de contar com configurações padrão recomendadas, que podem ser utilizadas com segurança por iniciantes. Por fim, foi validada a execução do pipeline de processamento e a apresentação dos resultados por meio de matrizes de confusão e métricas de acurácia, permitindo ao usuário interpretar o desempenho dos algoritmos aplicados.

A interface, apresentada na Figura 02, está dividida em dois painéis principais: Classificação (à esquerda) e Coleta (à direita). No painel de classificação, o usuário pode selecionar métodos de extração de características (como CSP) e classificadores (como LDA, SVM, MLP ou kNN) por meio de menus suspensos, adicionando-os ao pipeline. Há também opções para visualizar o pipeline criado, executar o processamento e acessar os gráficos de desempenho.

No painel de coleta, o usuário configura o modo de conexão e a placa de aquisição (como a Cyton da OpenBCI), além de iniciar a coleta de sinais. Um

ícone de relógio oferece feedback visual do tempo de sessão, e o botão com ícone sonoro permite ativar e desativar feedbacks sonoros durante a coleta. No topo da interface, são exibidos o nome do perfil no qual as coletas serão salvas e a data/hora da última sessão.

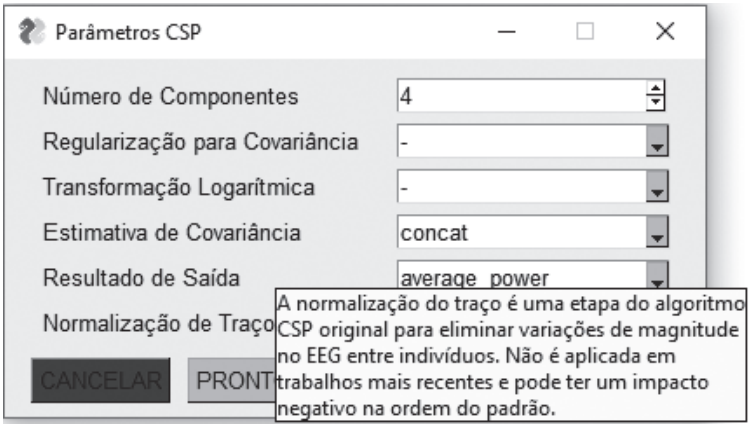
Figura 02 - Tela inicial da interface gráfica



Durante os testes realizados, a interface respondeu corretamente aos comandos inseridos, validando campos obrigatórios, prevenindo entradas inválidas (como tipos de dados incorretos ou ausência de parâmetros essenciais) e exibindo mensagens informativas em caso de erro. Isso contribui diretamente para a redução de falhas operacionais durante o uso.

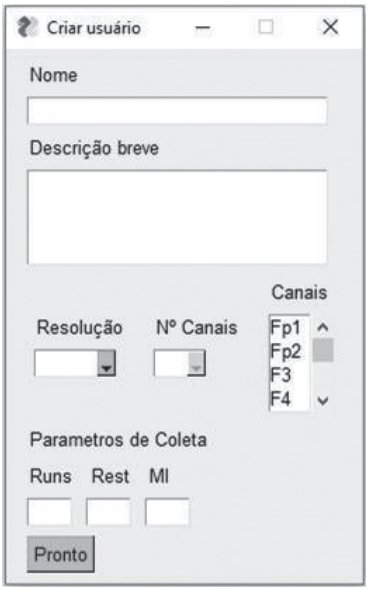
A janela de configuração de parâmetros permite configurar hiperparâmetros relevantes para os métodos adicionados ao pipeline, tanto de extração de características como de classificação. Na Figura 03, está demonstrada a janela de parâmetros do algoritmo de extração de características espaciais CSP.

Figura 03 - Janela de configuração de hiperparâmetros de CSP



A janela de criação de usuário (Figura 04) possibilita registrar informações como nome, descrição do usuário, resolução e número de canais, além da seleção dos canais ativos. Também permite definir parâmetros experimentais como número de execuções (runs), tempo de repouso (rest) e duração da tarefa de imagética motora (MI), promovendo organização e reprodutibilidade das sessões.

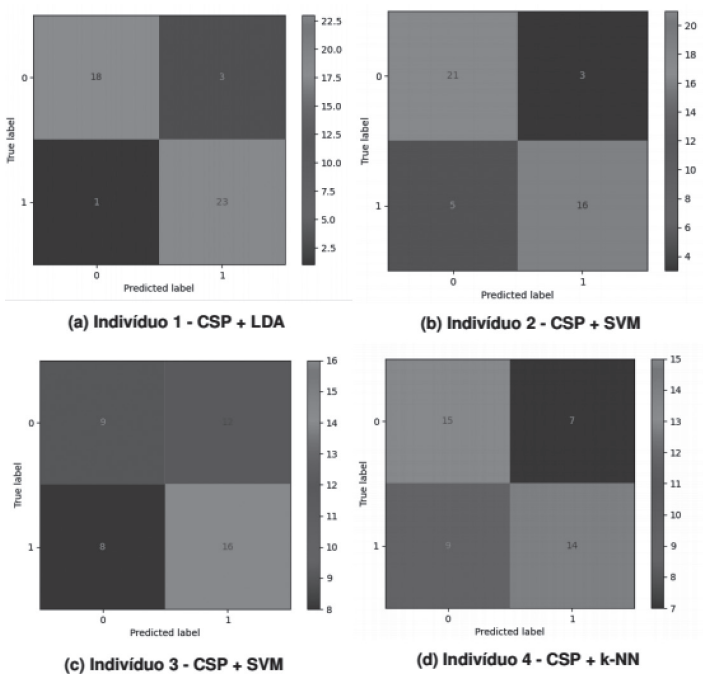
Figura 04 - Janela criação de perfil de coleta



Após a execução dos pipelines, os resultados foram apresentados visualmente ao usuário por meio de matrizes de confusão, permitindo rápida interpretação sobre o desempenho dos classificadores utilizados, conforme mostra a Figura 05.

As matrizes de confusão mostraram que, mesmo utilizando dados coletados com eletrodos flutuantes, foi possível realizar o processamento completo, servindo como validação funcional da interface.

Figura 05 - Exemplos de matrizes de confusão geradas pela interface gráfica, usando diferentes arquivos e *pipelines*



4. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que a interface gráfica desenvolvida cumpre seu propósito de facilitar o acesso às técnicas de processamento de sinais de EEG voltadas à imagética motora. O uso de interfaces gráficas para controle de pipelines computacionais representa um importante avanço na democratização de tecnologias assistivas, especialmente considerando o público-alvo da proposta, que inclui profissionais da saúde, pesquisadores e pacientes sem formação técnica na área de computação.

A possibilidade de criar pipelines customizados diretamente pela interface, sem a necessidade de escrever código, se mostrou fundamental para ampliar

o acesso ao processamento de sinais de EEG. Isso permite que terapeutas ocupacionais, fisioterapeutas e pesquisadores da saúde possam configurar diferentes abordagens experimentais com flexibilidade e autonomia.

Para diminuir a complexidade da escolha dos algoritmos, a interface adota configurações padrão otimizadas baseadas na literatura, mantendo a possibilidade de personalização por usuários mais experientes. Essa abordagem equilibra acessibilidade com flexibilidade.

Outro ponto relevante foi a implementação da coleta organizada por perfis individuais, permitindo o armazenamento sistemático das sessões realizadas. Essa estrutura atende uma demanda recorrente em projetos envolvendo BCI, visto que os sinais de EEG tendem a apresentar características particulares de acordo com o usuário e o contexto da coleta.

Contudo, para futuras aplicações envolvendo a coleta de sinais reais de participantes, recomenda-se a submissão aos trâmites éticos previstos nas normativas brasileiras, incluindo registro de protocolo no Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) e coleta de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

A realização dos testes com eletrodos flutuantes foi essencial para garantir o correto funcionamento da interface na geração de arquivos compatíveis com os pipelines implementados. Mesmo com a pequena variação identificada na frequência de amostragem, a integridade dos dados não foi comprometida, demonstrando robustez suficiente para uso em aplicações práticas futuras.

Comparando com ferramentas semelhantes descritas na literatura, observa-se que grande parte das aplicações voltadas a EEG e imagética motora ainda exige configuração por linha de comando ou conhecimento prévio de bibliotecas específicas (SINGH; KRISHNAN, 2023). Dessa forma, este projeto contribui para suprir uma lacuna entre soluções teóricas e a sua aplicação prática em ambientes reais de reabilitação e pesquisa aplicada.

Contudo, algumas limitações foram observadas durante o desenvolvimento. A interface ainda não conta com opções de gráficos mais avançados, como *headplots* ou representações topográficas dos sinais, o que poderia facilitar análises mais detalhadas e complexas dos dados obtidos. Além disso, a ausência de processamento em tempo real limita, por enquanto, a aplicação direta da interface em sistemas de controle de dispositivos, como próteses ou exoesqueletos. Apesar de o sistema já ter sido validado funcionalmente, ainda se faz necessária a realização de coletas com participantes reais para confirmar sua aplicabilidade em ambientes clínicos.

Mesmo com essas limitações, os resultados obtidos com a interface já representam um avanço prático considerável dentro do campo da tecnologia assistiva. A flexibilidade, o armazenamento organizado de dados e a capacidade

de execução automatizada de classificadores posicionam esta solução como uma base sólida para futuras expansões.

5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento desta interface gráfica demonstrou ser uma solução viável e eficaz para promover acessibilidade no uso de classificadores de sinais de imagética motora. Foi possível validar a funcionalidade dos pipelines e realizar classificações com boa taxa de acerto.Para estudos futuros, propõe-se a integração de processamento em tempo real, a melhoria na interface gráfica e experiência do usuário e também a expansão da compatibilidade para novos dispositivos e formatos de arquivos.

Essa ferramenta pode, portanto, se consolidar como um importante componente na reabilitação assistiva de indivíduos com lesão medular ou outros comprometimentos motores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao apoio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, ao meu orientador e às demais contribuições recebidas durante o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

DIEZ, P. (Ed.). *Smart Wheelchairs and Brain-computer Interfaces*. San Diego, CA: Academic Press, 2018.

HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R.; FRIEDMAN, J. *The Elements of Statistical Learning*: Data Mining, Inference, and Prediction. Springer New York, 2013. (Springer Series in Statistics). ISBN 9780387216065.

LAZCANO-HERRERA, A. G.; FUENTES-AGUILAR, R.; ALFARO-PONCE, M. Eeg motor/imagery signal

classification comparative using machine learning algorithms. In: 2021 18th *International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE).* [S.l.: s.n.], 2021. p. 1–6.

MCFARLAND, D. J.; DALY, J. J.; PARVAZ, M. A. Therapeutic applications of bci technologies. Brain-Computer Interfaces, Taylor Francis, v. 4, n. 1-2, p. 37–52, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1080/2326263X.2017.1307625.

MILNE-IVES, M. et al. At home eeg monitoring technologies for people with epilepsy and intellectual disabilities: A scoping review. *Seizure: European Journal of Epilepsy,* v. 110, p. 11–20, 2023. ISSN 1059- 1311. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1059131123001309.

PAWAN; DHIMAN, R. Machine learning techniques for electroencephalogram based brain--computer interface: A systematic literature review. Measurement: Sensors, v. 28, p. 100823,

2023. ISSN 2665-9174. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665917423001599.

PRASHANT, P.; JOSHI, A.; GANDHI, V. Brain computer interface: A review. In: *2015 5th Nirma University International Conference on Engineering (NUiCONE)*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 1–6.

SHARMA, R.; KIM, M.; GUPTA, A. Motor imagery classification in brain-machine interface with machine learning algorithms: Classical approach to multi-layer perceptron model. *Biomedical Signal Processing and Control,* v. 71, p. 103101, 2022. ISSN 1746-8094. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1746809421006984.

SINGH, A. K.; KRISHNAN, S. Trends in eeg signal feature extraction applications. *Frontiers in Artificial Intelligence,* v. 5, 2023. ISSN 2624-8212. Disponível em: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frai.2022.1072801.World Health Organization. Non-communicable diseases Portal. 2019. Acesso em: 13 de março de 2024. Disponível em: https://ncdportal.org/CountryProfile/GHE110/BRA.

ZHUANG, M. et al. State-of-the-art non-invasive brain–computer interface for neural rehabilitation: A review. *Journal of Neurorestoratology,* v. 8, n. 1, p. 12–25, 2020. ISSN 2324-2426. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2324242622000080.

Leitor de caracteres em *display* LCD para pessoas com deficiência visual

Nunes, Henrique Teixeira[1]; Tavares, Raissa Vieira Queiroga[*2]

1 – Departamento de Engenharia de Tecnologia Assistiva e Acessibilidade, UFRB, henriquenunest@gmail.com

2 – Departamento de Engenharia de Tecnologia Assistiva e Acessibilidade, UFRB, raissatavares@ufrb.edu.br

* -Correspondência: Rua Godofredo Rebello de Figueiredo Filho, 697 – Bairro: SIM, Feira de Santana, Bahia, Brasil, 44.085-132.

DOI 10.52050/9788579177163-27

RESUMO

Estudantes com deficiência visual enfrentam barreiras significativas no ensino de engenharia devido à predominância de interfaces exclusivamente visuais em equipamentos laboratoriais. Este trabalho apresenta um sistema acessível que lê *displays* digitais de multímetros e fornece as informações por áudio. A metodologia envolveu captura de imagens, pré-processamento com visão computacional, redes neurais treinadas e suporte em 3D para a câmera. O sistema alcançou 71,42% de exatidão na leitura dos valores, incluindo a correta identificação do ponto decimal, elemento crítico para a interpretação das medições. A solução promove a inclusão educacional e avança no uso da Tecnologia Assistiva na engenharia e educação.

Palavras-chave: Reconhecimento de dígitos, Multímetro acessível, Acessibilidade no ensino de engenharia.

ABSTRACT

Students with visual impairments face significant barriers in engineering education due to the predominance of exclusively visual interfaces in laboratory equipment. This work presents an accessible system that reads digital multimeter displays and delivers the information through audio. The methodology involved image capture, pre-processing using computer vision, trained neural networks, and a 3D-printed camera support. The system achieved 71.42% accuracy in reading values, including the correct identification of the decimal point, a critical element for interpreting measurements. The solution promotes educational inclusion and advances the use of Assistive Technology in engineering and education.

Keywords: *Digit recognition, Accessible multimeter, Accessibility in engineering education.*

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua, 2022), conduzida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), aproximadamente 18,6 milhões de brasileiros possuem algum tipo de deficiência, o que equivale a 8,9% da população com dois anos ou mais. Essa classificação inclui indivíduos que relataram grande dificuldade ou incapacidade total para realizar atividades em pelo menos um dos domínios funcionais investigados, como visão, audição, mobilidade, cognição, comunicação, autocuidado e uso dos membros superiores.

A mesma pesquisa revela uma disparidade significativa nos índices educacionais: enquanto a taxa de analfabetismo entre pessoas sem deficiência é de 4,1%, esse valor sobe para 19,5% entre pessoas com deficiência. Além disso, apenas 14,3% dos jovens com deficiência, entre 18 e 24 anos, estão matriculados no ensino superior, em contraste com 25,5% dos jovens sem deficiência.

De acordo com o Censo da Educação Superior 2022, realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), foram registradas 79.262 matrículas de estudantes com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento ou superdotação em cursos de graduação, representando apenas 0,8% do total. Dentre esses, 4.071 estudantes cegos e 22.104 com baixa visão estavam matriculados, evidenciando os desafios significativos enfrentados tanto no ingresso quanto na permanência no ensino superior.

Nos cursos de engenharia, uma das principais barreiras enfrentadas por estudantes com deficiência visual está na predominância de equipamentos com interfaces exclusivamente visuais nos laboratórios (LIMA, 2022). Essa limitação impacta diretamente o processo de ensino-aprendizagem e, consequentemente, o desempenho acadêmico desses estudantes. A ausência de recursos adaptados restringe o acesso ao conhecimento técnico e científico, especialmente em disciplinas práticas que demandam interação com instrumentos de medição (RIBEIRO, 2023).

Nesse contexto, diversas estratégias têm sido implementadas para tornar o ensino de engenharia mais acessível a estudantes com deficiência visual. Entre elas, destaca-se o uso da impressão tridimensional (3D), que proporciona uma experiência tátil ao permitir a representação física de conceitos abstratos, favorecendo uma compreensão mais completa dos princípios envolvidos (SIROKMAN, 2023). Além disso, adaptações específicas para componentes eletrônicos, como transistores, circuitos integrados, diodos e potenciômetros,

são desenvolvidas para preservar suas características táteis, evitar a deformação de pinos e facilitar a conexão de novos fios (CHANG, 2021). Outras iniciativas incluem circuitos interativos impressos em 3D, que oferecem *feedback* tátil e sonoro durante o manuseio (DAVIS, 2020), bem como o uso da impressão térmica em alto relevo, uma solução de baixo custo e simples execução, ideal para a produção de gráficos, mapas e diagramas táteis (RACE, 2019).

Diante desse cenário, este trabalho tem como foco a promoção da acessibilidade em laboratórios de eletrônica, com ênfase na adaptação de multímetros – instrumentos amplamente utilizados para a medição de grandezas elétricas, que tipicamente apresentam valores em *displays* de sete segmentos. A carência de soluções acessíveis para esses dispositivos compromete a participação plena de estudantes com deficiência visual em atividades experimentais, perpetuando sua exclusão no contexto acadêmico.

Neste contexto, propõe-se o desenvolvimento de um sistema baseado em processamento digital de imagens e inteligência artificial, capaz de interpretar os valores exibidos em multímetros e convertê-los em saída de áudio. A proposta visa ampliar a acessibilidade em ambientes laboratoriais, fomentar a inclusão educacional e contribuir para o avanço de tecnologias assistivas aplicadas à engenharia.

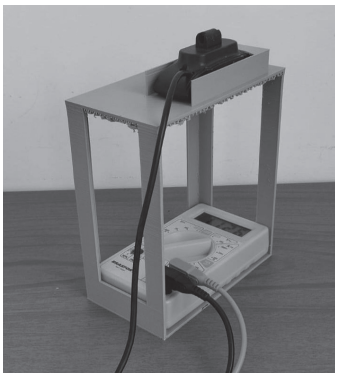
Este trabalho tem como objetivo geral facilitar o uso de multímetros com *display* de sete segmentos em laboratórios de eletrônica por estudantes com deficiência visual por meio do desenvolvimento de um sistema de aquisição e processamento de imagem, com o emprego de técnicas de processamento digital de imagens para detectar e segmentar o *display* de sete segmentos e reconhecer os dígitos apresentados no visor, como também, implementar um módulo de saída de dados que vocalizam os valores identificados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para tornar multímetros digitais DT-830 acessíveis a estudantes com deficiência visual, foi desenvolvido um sistema capaz de capturar e processar, em tempo real, imagens do *display* do equipamento, realizar o reconhecimento dos dígitos e informar os resultados por áudio.

A aquisição das imagens foi realizada por meio de uma *webcam* Spire CG-HS-X1-001, posicionada em um suporte fixado sobre o multímetro, projetado em FreeCAD e impresso em 3D. Este suporte, ilustrado na Figura 01, foi utilizado ao longo de todo o projeto, tanto na criação do banco de imagens quanto na operação em tempo real, garantindo a estabilidade e o alinhamento da câmera. O processamento das imagens e o reconhecimento dos dígitos foram realizados em um computador, responsável também pela emissão do feedback auditivo.

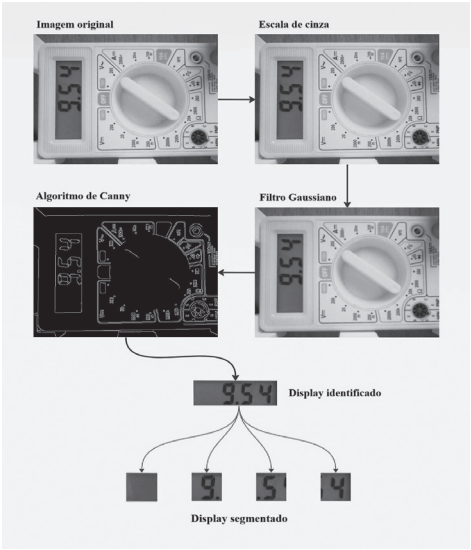
Figura 01 - Suporte para *webcam* projetado



Foram capturadas 1.045 imagens sob iluminação natural ao longo de cinco dias. As imagens, salvas no formato PNG (640 × 480 pixels), foram divididas em 73% para treinamento e validação (765 imagens) e 27% para testes (280 imagens).

As imagens foram processadas utilizando Python (versão 3.9.15) com a biblioteca *OpenCV*. O pré-processamento, conforme Figura 02, incluiu conversão para escala de cinza, aplicação de filtro Gaussiano (kernel 5×5) e detecção de bordas via algoritmo de Canny (limiares de 60 e 140). A identificação do *display* foi realizada com base no maior contorno retangular, que foi recortado da imagem original. As dimensões dos *displays* recortados variaram entre 291–293 px de largura e 87–99 px de altura, dependendo da iluminação.

Figura 02 - Pré-processamento das imagens



Em seguida, o *display* foi segmentado em quatro regiões quadradas, cada uma representando um dígito. Essas imagens foram manualmente rotuladas em 21 classes: dígitos de 0 a 9, os mesmos com ponto decimal, e o *display* vazio. Ao todo, foram geradas 4.180 imagens rotuladas para treinamento e testes.

Devido à distribuição desigual entre as classes, o banco de dados foi expandido por meio de técnicas de *data augmentation*, aplicando inclinações de 2° a 6° em diferentes direções com o auxílio da função *ImageDataGenerator()* da biblioteca *Keras*. As imagens geradas mantiveram suas classes originais, dispensando novo processo de rotulagem. Durante as transformações, a interpolação foi utilizada para recalcular os valores dos pixels reposicionados, garantindo que a qualidade visual fosse preservada e que os caracteres permanecessem legíveis para o reconhecimento pela rede neural.

A base de dados expandida resultou em 30.600 imagens. Para balancear o número de amostras por classe, foram selecionadas aleatoriamente 740 imagens de cada uma das 21 classes, totalizando 15.540 amostras utilizadas para o treinamento do modelo final.Foram treinadas duas redes neurais convolucionais utilizando a plataforma *Teachable Machine* (Google), que emprega a biblioteca *TensorFlow*: uma com o banco original (3.060 imagens) e outra com o banco balanceado (15.540 imagens). As imagens destinadas ao treinamento (73%) foram divididas internamente em 85% para treino e 15% para validação. Os parâmetros utilizados foram: 50 épocas, *batch size* de 16 e taxa de aprendizado de 0,001 (CARNEY, 2020).

Após o treinamento, os modelos foram exportados e integrados ao sistema. A versão final do código, desenvolvida em Python com *TensorFlow* 2.10.0, *OpenCV* 4.6.0 e *NumPy* 1.26.4, incluiu um mecanismo de correção das previsões, responsável por filtrar *displays* vazios, detectar múltiplos pontos decimais e selecionar a predição com maior confiança, corrigindo as demais.

O resultado final é anunciado ao usuário via áudio, utilizando arquivos WAV gerados previamente. O sistema opera de forma contínua, realizando leituras sob demanda por meio de tecla de ativação, com encerramento pela tecla "ESC".

3. RESULTADOS

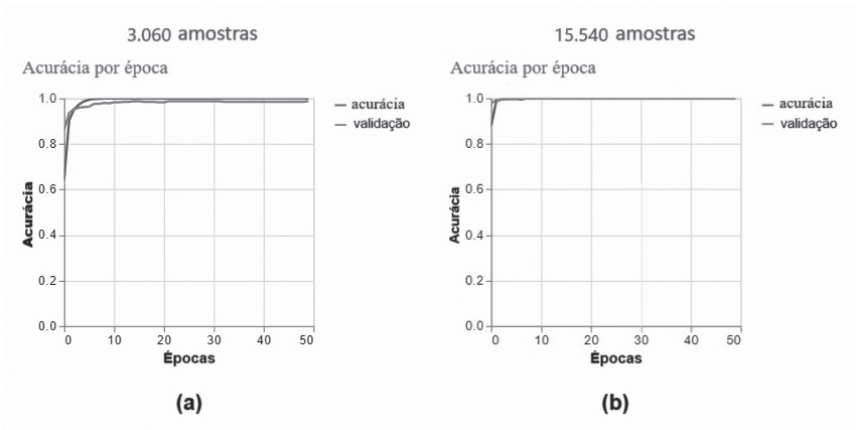
Esta seção apresenta os principais resultados obtidos ao longo do desenvolvimento do sistema de leitura de caracteres em *displays* LCD, com foco em acessibilidade para pessoas com deficiência visual. A análise considerou o desempenho de duas versões de redes neurais: a Rede Original, treinada com um conjunto de dados restrito, e a Rede Ampliada e Balanceada, treinada com um banco de dados expandido por técnicas de aumento de dados e balanceamento de classes. Os resultados estão organizados em três etapas principais: avaliação

com a ferramenta *Teachable Machine*, análise das redes exportadas em ambiente de testes, e avaliação do sistema completo considerando a combinação de quatro dígitos que formam uma leitura completa do *display*.

3.1 Avaliação com *Teachable Machine*

A Rede Original foi treinada com um total de 3.060 amostras, enquanto a Rede Ampliada e Balanceada contou com 15.540 amostras. A Figura 03 apresenta os gráficos de acurácia[1] por época de ambas as redes.

Figura 03 - Gráficos comparativos de acurácia por época

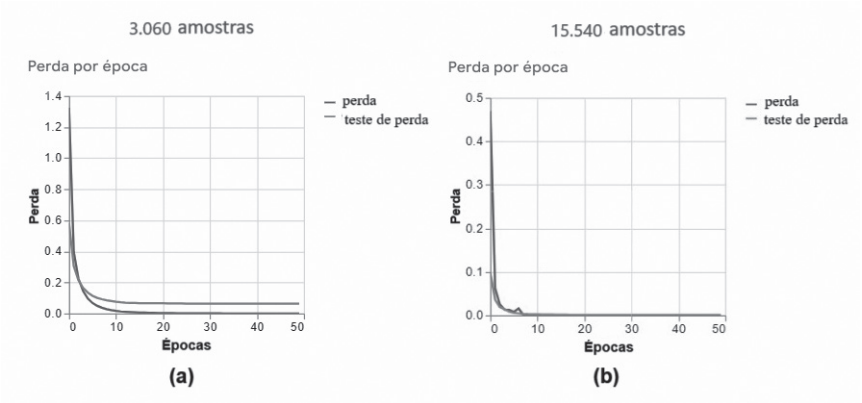


Na Figura 03, uma das curvas representa a acurácia obtida durante o treinamento (85% das imagens), enquanto a outra curva refere-se aos dados de validação (15%), que não participaram do processo de aprendizado. A Rede Original, Figura 03 (a), teve início com acurácia variando entre 0,6 e 0,8, alcançando rapidamente o valor máximo de 1 após cerca de 5 épocas. Já a Rede Ampliada, Figura 03 (b), partiu de uma acurácia inicial próxima de 0,9, atingindo a acurácia plena de forma ainda mais rápida, evidenciando maior capacidade de generalização.

A Figura 04 apresenta os gráficos de perda por época. Nela, nota-se que a Rede Original, Figura 04 (a), iniciou com uma perda de cerca de 1,3, convergindo para próximo de zero entre a 10ª e a 20ª época. Em contrapartida, a Rede Ampliada, Figura 04 (b), exibiu uma perda inicial consideravelmente menor, entre 0,4 e 0,5, e alcançou convergência em menos de 10 épocas.

1 Neste artigo, "acurácia" é usada como tradução de "accuracy", métrica padrão em aprendizado de máquina.

Figura 04 - Gráficos comparativos de perda por época



Esses dados demonstram que o aumento e o balanceamento das amostras não só favorecem uma convergência mais rápida do modelo, mas também reduzem o risco de *overfitting* nos dados de treinamento.

A Tabela 01 apresenta as acurácias por classe para ambas as redes, proporcionando uma análise mais detalhada do desempenho.

Tabela 01 - Acurácia das classes testadas pelo *Teachable Machine*

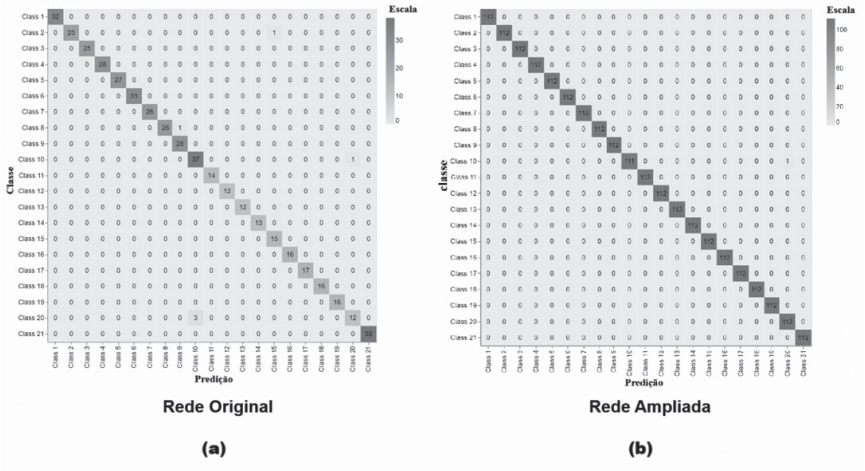
	Rede Original		Rede Ampliada	
Classes	**Acurácia**	**Amostras**	**Acurácia**	**Amostras**
Classe 1	1.00	32	1.00	112
Classe 2	**0.96**	24	1.00	112
Classe 3	1.00	25	1.00	112
Classe 4	1.00	28	1.00	112
Classe 5	1.00	27	1.00	112
Classe 6	1.00	31	1.00	112
Classe 7	1.00	26	1.00	112
Classe 8	1.00	27	1.00	112
Classe 9	1.00	28	1.00	112
Classe 10	1.00	38	**0.99**	112
Classe 11	**0.93**	14	1.00	112
Classe 12	1.00	12	1.00	112
Classe 13	1.00	12	1.00	112
Classe 14	1.00	13	1.00	112

	Rede Original		Rede Ampliada	
Classes	**Acurácia**	**Amostras**	**Acurácia**	**Amostras**
Classe 15	1.00	15	1.00	112
Classe 16	1.00	16	1.00	112
Classe 17	**0.94**	17	1.00	112
Classe 18	1.00	16	1.00	112
Classe 19	1.00	16	1.00	112
Classe 20	**0.93**	15	1.00	112
Classe 21	1.00	38	1.00	112

Ambas as redes atingiram altos níveis de acurácia, entretanto, a Rede Ampliada apresentou um desempenho mais robusto e uniforme entre as classes. Classes como 2, 11, 17 e 20, que na Rede Original tiveram acurácias inferiores a 100%, foram completamente ajustadas após a ampliação e balanceamento do banco de dados. Além disso, a maioria das classes manteve a acurácia máxima, destacando a eficácia do processo de ampliação. A única exceção foi a Classe 10, que apresentou uma leve redução, passando de 100% para 99%, mas sem comprometer a robustez geral do modelo.

A Figura 05 exibe as matrizes de confusão geradas pelo *Teachable Machine* para a Rede Original e a Rede Ampliada, respectivamente. A matriz da Rede Original, Figura 05 (a), mostra quatro erros distintos: confusões entre os dígitos “2” e “5.”, “1.” e “1”, “7.” e “1.”, além da confusão entre “0.” e “0”. Já a Rede Ampliada, Figura 05 (b), apresentou apenas um erro, envolvendo novamente o dígito “0.” confundido com “0”.

Figura 05 - Matrizes de confusão das redes geradas pelo *Teachable Machine*



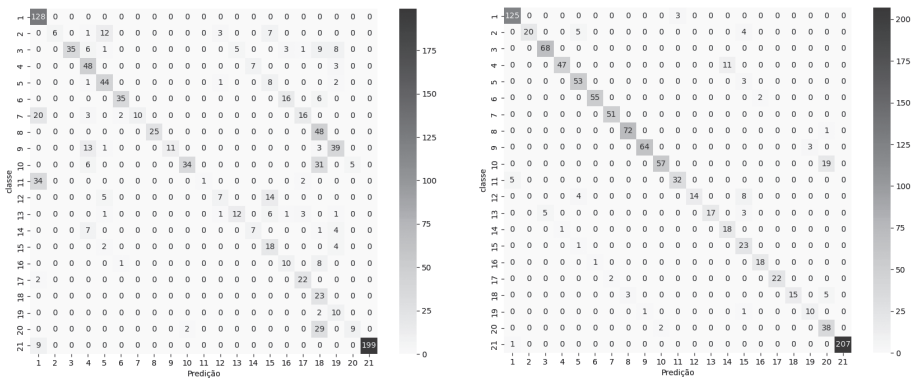
Esses resultados confirmam que a Rede Ampliada possui maior precisão, especialmente em distinguir caracteres visuais semelhantes.

3.2 Avaliação com Redes Neurais Exportadas

Para testes mais precisos e personalizados, ambas as redes foram exportadas da plataforma *Teachable Machine*, e um código específico foi desenvolvido para aplicar os modelos sobre um novo conjunto de dados de 1.120 imagens rotuladas, representando 27% do total.

A Figura 06 mostra as matrizes de confusão obtidas com essa nova avaliação. A Rede Original apresentou acurácia global de 61,96%, enquanto a Rede Ampliada e Balanceada atingiu 91,61%.

Figura 06 - Matrizes de confusão das Redes



Na matriz de confusão da Rede Original, Figura 06 (a), observa-se um desempenho irregular entre as classes, com destaque positivo apenas para as classes 1 e 18, que foram classificadas corretamente em todas as instâncias. Entretanto, classes como 2, 3, 7 e 11 apresentaram elevados índices de erro, sendo que, na classe 11, 34 imagens foram incorretamente classificadas como pertencentes à classe 1, evidenciando a dificuldade do modelo em identificar o ponto decimal. Esses erros podem ser atribuídos à semelhança visual entre determinados dígitos e à quantidade insuficiente de exemplos em algumas classes durante o treinamento. Por sua vez, a matriz da Rede Ampliada, Figura 06 (b), mostra uma redução significativa nos erros e um ganho expressivo de desempenho.

A Tabela 02 traz exemplos de previsões incorretas da Rede Ampliada, incluindo o dígito previsto pela rede, o dígito correto, a imagem associada e o *score* de confiança. Mesmo com *scores* elevados (superiores a 0,9), algumas

previsões foram equivocadas, especialmente em casos com ruído nas bordas ou presença de dígitos adjacentes mal recortados.

Tabela 02 - Classificações incorretas

Classe correta	Imagem associada	Classe prevista incorretamente	*Score* de confiança
Classe 1		11, que representa [1.]	0.73
Classe 2		15, que representa [5.]	0.86
Classe 4		14, que representa [4.]	0.98
Classe 8		20, que representa [0.]	0.91
Classe 10		20, que representa [0.]	1.00
Classe 11		1, que representa [1]	0.76
Classe 13		3, que representa [3]	0.75

3.3 Teste do *display* completo do multímetro

Na etapa final, o sistema foi avaliado utilizando imagens completas dos multímetros, com o objetivo de identificar o *display* e realizar a leitura integral dos valores apresentados. Enquanto nas etapas anteriores a análise se concentrava em um único dígito, nesta fase o desafio envolveu a interpretação simultânea de uma sequência de quatro dígitos. Essa mudança aumenta naturalmente a complexidade da tarefa, pois um erro em qualquer dígito compromete a leitura correta do valor completo.

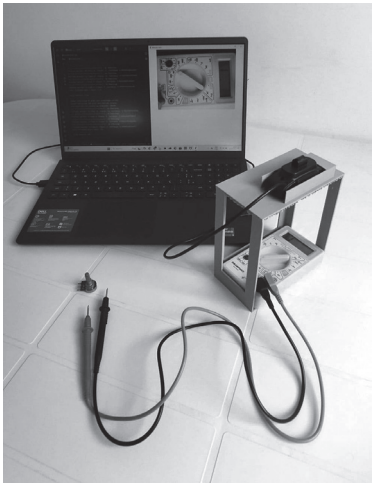
Foram analisadas 280 imagens, das quais a Rede Original obteve sucesso na identificação completa de apenas 48, correspondendo a uma taxa de acerto de

17,14%. Em contraste, a Rede Ampliada realizou corretamente a análise de 200 imagens, alcançando uma taxa de acerto de 71,42%, incluindo a identificação precisa da posição do ponto decimal.

3.4 Funcionamento do sistema

A Figura 07 apresenta a interface final do sistema, que instrui o usuário por áudio e permite a captura da imagem ao pressionar qualquer tecla. O sistema utiliza a *webcam* para capturar o multímetro, processa a imagem identificando o *display* e aplica a rede neural treinada para identificar os valores medidos.

Figura 07 - Sistema completo em funcionamento



4. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstram de forma clara que a ampliação e o balanceamento do conjunto de dados foram fatores decisivos para a melhoria do desempenho da rede neural proposta. A comparação entre a Rede Original e a Rede Ampliada evidencia principalmente a redução de erros em classes com menor representatividade no banco de dados inicial. O desempenho mais uniforme entre classes, sobretudo naquelas mais críticas — como as classes com ponto decimal — reforça a importância de garantir diversidade e equilíbrio durante a fase de treinamento.

Ainda assim, mesmo com a melhoria geral, o sistema não está isento de falhas. As análises dos erros de classificação, especialmente os que ocorreram com altos *scores* de confiança, apontam para limitações relacionadas à qualidade visual das

imagens de entrada. Elementos como sombras, reflexos, e bordas imprecisas foram recorrentes nos casos de erro, revelando que, além do aprendizado da rede, a etapa de pré-processamento da imagem ainda pode ser aprimorada. A semelhança estrutural entre certos dígitos — como "2" e "5", ou "0" e "8" — também contribui para confusões, o que é típico em classificadores baseados em imagens de *displays* de sete segmentos (THIMBLEBY, 2013).

A diferença entre os resultados obtidos na plataforma *Teachable Machine* e os observados no ambiente de testes independente, reforça a necessidade de validações externas para evitar uma superestimação do desempenho. Embora a plataforma tenha sido útil na prototipagem e visualização de métricas, foi na avaliação com imagens não vistas que se constatou o verdadeiro potencial da rede, o que é essencial em sistemas destinados ao uso real.

A validação com imagens de multímetros completos permitiu testar o sistema em condições próximas às de uso final. Mesmo em cenários com interferências visuais, o sistema integrado com a Rede Ampliada manteve uma taxa de acerto acima de 70%, demonstrando capacidade de generalização. Os principais erros nessa fase, são relacionados à identificação do ponto decimal, reforçando a necessidade de estratégias complementares, como a introdução de classificadores auxiliares ou redes especializadas para pontos decimais - dificuldade também reconhecida em trabalhos recentes (LOW et al., 2024), que identificam o ponto decimal como um dos elementos mais propensos a falhas sob condições adversas de iluminação e reflexo.

5. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou o desenvolvimento de um sistema baseado em técnicas de visão computacional e inteligência artificial para leitura automatizada de valores em *displays* de sete segmentos de multímetros, com foco na inclusão de estudantes com deficiência visual. A solução proposta permite o reconhecimento e a vocalização dos valores exibidos, tornando a realização de medições mais acessível em ambientes laboratoriais.

Com taxa de acerto de 71,42% na etapa de validação com imagens reais do multímetro completo, o sistema demonstrou ser funcional e promissor, mesmo considerando limitações como a identificação imprecisa do ponto decimal em algumas situações. Ainda assim, os resultados evidenciam o potencial da ferramenta como recurso de Tecnologia Assistiva, promovendo autonomia, equidade e participação ativa de estudantes com deficiência visual em atividades acadêmicas na área de engenharia.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a ampliação das funcionalidades do sistema, incluindo a leitura da posição da chave seletora do multímetro, a

estabilização da iluminação para minimizar reflexos no *display*, e a migração para plataformas portáteis como o Raspberry Pi, visando maior autonomia e mobilidade. Ademais, o aprimoramento da etapa de segmentação da imagem, a exploração de novas arquiteturas de redes neurais e a expansão do banco de dados com amostras diversificadas configuram estratégias promissoras para elevar o desempenho do sistema. A elaboração de materiais de orientação acessíveis, em formatos como Braille e áudio, também pode reforçar a usabilidade da ferramenta pelo público-alvo.

A integração do sistema com retorno por áudio configura um avanço em termos de acessibilidade, ao possibilitar que pessoas com deficiência visual realizem medições de forma independente, sem necessidade de interação visual direta. Essa característica amplia a aplicabilidade da solução, permitindo sua adaptação para outros dispositivos com *displays* numéricos, ampliando seu impacto social e promovendo a inclusão em diferentes contextos.

Conclui-se, portanto, que os objetivos deste trabalho foram alcançados, demonstrando a viabilidade de integrar inteligência computacional para promover inclusão educacional. O sistema desenvolvido contribui com soluções práticas e replicáveis para tornar o ambiente acadêmico mais acessível, alinhando-se às diretrizes da inclusão e da inovação tecnológica no campo da engenharia e da educação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio financeiro e incentivo à pesquisa.

REFERÊNCIAS

CARNEY, Michelle et al. Teachable machine: Approachable Web-based tool for exploring machine learning classification. In: *Extended* ABSTRACT*s of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems.* p. 1-8, 2020.

CHANG, Ruei-Che et al. AccessibleCircuits: Adaptive Add-On Circuit Components for People with Blindness or Low Vision. In: Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. p. 1-14, 2021.

DAVIS, Josh Urban et al. TangibleCircuits: An interactive 3D printed circuit education tool for people with visual impairments. In: Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. p. 1-13, 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. PNAD Contínua 2022: Divulgação dos resultados gerais. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/0a9afaed04d79830f73a16136dba23b9.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2025.

INEP. Censo da Educação Superior. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2022. Disponível em: <https://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2022/apresentacao_censo_da_educacao_superior_2022.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2025.

LIMA, Christiane Ferreira Lemos; DE SOUSA MONTEIRO, Maria Alcina Gomes. Tecnologias Assistivas Digitais para Estudantes com Deficiência Visual em Cursos Superiores na Área de Ciências Exatas e da Terra. In: Anais da X Escola Regional de Computação do Ceará, Maranhão e Piauí. SBC, p. 139-148, 2022.

LOW, Loi Ming et al. Detecting and recognizing seven segment digits using a deep learning approach. In: ITM Web of Conferences. EDP Sciences, p. 01007, 2024.

RACE, Lauren et al. Designing tactile schematics: Improving electronic circuit accessibility. In: Proceedings of the 21st International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility. p. 581-583, 2019.

RIBEIRO, Elberto Teles et al. O USO DAS TECNOLOGIAS ASSISTIVAS COMO UMA FERRAMENTA INCLUSIVA NA EDUCAÇÃO ESPECIAL. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 9, n. 8, p. 431-442, 2023.

SIROKMAN, Gergely et al. The use of 3D printed media to improve the accessibility of engineering educational materials. In: 2023 ASEE Annual Conference & Exposition. 2023.

THIMBLEBY, Harold. Reasons to question seven segment displays. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. p. 1431-1440, 2013.

Modelo participativo baseado em evidências para levantamento de requisitos de usuários de tecnologias assistivas

Barreto, Octavio[1]; Garcia, Emanuel[2]; Lourenço, Jordam[3]; Canciglieri Junior, Osiris[4]; Schaefer, Jones[5*]

1 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, PUCPR, barreto.octavio@pucpr.edu.br
2 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, PUCPR, emanuel.garcia@pucpr.edu.br
3 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, PUCPR, jordam.wilson@pucpr.edu.br
4 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, PUCPR, osiris.canciglieri@pucpr.br
5 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, PUCPR, jones.schaefer@pucpr.br
* - Correspondência: jones.schaefer@pucpr.br

DOI 10.52050/9788579177163-28

RESUMO

As Tecnologias Assistivas (TAs) desempenham papel essencial na promoção da autonomia e da inclusão social das pessoas com deficiência. Este estudo tem como objetivo apresentar uma metodologia participativa avançada para identificar, analisar e sistematizar as necessidades e expectativas dos usuários dessas tecnologias. Para tanto, foi realizada uma revisão integrativa da literatura, abrangendo 19 artigos científicos selecionados criteriosamente, analisados por meio de abordagem qualitativa e codificação temática. O modelo proposto estrutura-se em quatro fases interligadas: diagnóstico contextual, engajamento participativo, mapeamento técnico e validação adaptativa. Os resultados evidenciaram que abordagens iterativas e centradas nas necessidades reais dos usuários contribuem significativamente para o aumento da eficácia e aceitação das soluções desenvolvidas. A proposta metodológica apresenta relevância e aplicabilidade prática em áreas como Engenharia, Design, Saúde e Educação, bem como no desenvolvimento e aprimoramento contínuo das Tecnologias Assistivas.

Palavras-chave: Acessibilidade Digital, Design centrado no Usuário, Prototipagem Iterativa, Avaliação Funcional, Interface Adaptativa.

ABSTRACT

Assistive Technologies (AT) play a crucial role in promoting autonomy and social inclusion for individuals with disabilities. This study presents an advanced participatory methodology for identifying, analyzing, and systematizing user needs and expectations within the AT domain. An integrative literature review was conducted, encompassing 19 peer-reviewed scientific articles analyzed through qualitative methods and thematic coding. The proposed model is structured into four interconnected phases: contextual diagnosis, participatory engagement, technical mapping, and adaptive validation. Findings indicate that iterative, user-centered approaches significantly enhance the effectiveness and acceptance of AT solutions. The methodological framework demonstrates strong applicability across the fields of Engineering, Design, Health, Education, and the development of Assistive Technologies.

Keywords: *Digital Accessibility, User-Centered Design, Iterative Prototyping, Functional Evaluation, Adaptive Interface.*

1. INTRODUÇÃO

As Tecnologias Assistivas (TAs) constituem um conjunto de recursos, serviços, estratégias e metodologias cujo propósito central é promover a funcionalidade, a autonomia e a inclusão social de pessoas com deficiência. Segundo o Comitê de Ajudas Técnicas do Brasil, esses recursos têm como finalidade ampliar habilidades funcionais e proporcionar maior independência, favorecendo a participação ativa em atividades cotidianas, como trabalho, educação, lazer e comunicação. As TAs abrangem desde soluções simples, como bengalas e utensílios adaptados, até tecnologias altamente sofisticadas, como softwares de comunicação alternativa, próteses robóticas e interfaces cérebro-computador.

Nas últimas décadas, os avanços nas áreas da engenharia biomédica, robótica e computação aplicada resultaram em soluções cada vez mais complexas e eficazes. Tecnologias como exoesqueletos híbridos voltados à reabilitação motora (Taffoni, 2021), órteses robóticas articuladas com estimulação funcional (IEEE RAS, 2021) e sistemas de rastreamento ocular baseados em algoritmos de deep learning (Fotteler, 2021) exemplificam o estado da arte do setor. Tais inovações têm potencial para restaurar movimentos, ampliar capacidades cognitivas e favorecer a comunicação de pessoas com diferentes tipos e graus de deficiência.

Apesar desses avanços, persistem entraves significativos que limitam a eficácia e a adoção dessas tecnologias. Um dos principais desafios apontados na literatura científica refere-se à desconexão entre os dispositivos desenvolvidos e as reais necessidades dos usuários (An Analysis of Stakeholder Involvement...,

2021). A ausência de metodologias sistemáticas, participativas e iterativas para a identificação dessas necessidades compromete a adequação das TAs aos contextos de uso, acarretando baixa adesão, abandono precoce das soluções e desperdício de recursos públicos e privados.

Essa problemática torna-se ainda mais crítica quando se consideram perfis diversos de usuários, como pessoas idosas com declínio cognitivo (McLaren, 2021), crianças com deficiências múltiplas (Designing Assistive Technologies..., 2021), e indivíduos com comprometimentos relacionados ao planejamento e à tomada de decisão (Missiroli, 2024). Nesses casos, aspectos como usabilidade, personalização, apoio de cuidadores e aceitação social tornam-se determinantes, exigindo abordagens sensíveis, interdisciplinares e adaptadas à complexidade de cada realidade.

Frente a esse cenário, autores como Hodgins (2024) e Zhang (2019) enfatizam a importância de abordagens centradas no usuário, especialmente por meio de metodologias como o Design Centrado no Usuário (DCU), a cocriação e o codesign. Tais estratégias permitem integrar experiências reais dos usuários ao processo de concepção, aumentando a precisão na identificação de necessidades e promovendo soluções mais alinhadas às expectativas e condições de vida dos indivíduos assistidos.

Diante disso, este estudo propõe um modelo participativo estruturado para a sistematização das necessidades e expectativas de usuários de Tecnologias Assistivas. A proposta está fundamentada em uma revisão integrativa de 19 artigos científicos internacionais, que abordam diferentes contextos de aplicação, públicos-alvo e estratégias metodológicas. O modelo visa preencher a lacuna existente entre o desenvolvimento tecnológico e o uso efetivo das TAs, por meio de uma abordagem replicável, embasada cientificamente e orientada à inclusão real e significativa das pessoas com deficiência. A partir da proposta de sistematizar a coleta de requisitos, será possível facilitar a utilização de tecnologias emergentes aliadas a Inteligência Artificial, de modo a ampliar as possibilidades de auxílio às pessoas com necessidades.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As Tecnologias Assistivas (TAs) desempenham papel crucial na promoção da autonomia, inclusão social e qualidade de vida de pessoas com deficiência. Contudo, frequentemente enfrentam desafios devido à ausência de métodos padronizados e participativos para levantamento das necessidades reais dos usuários. Este estudo propõe um modelo participativo avançado, estruturado e replicável para a coleta e sistematização de requisitos dos usuários de

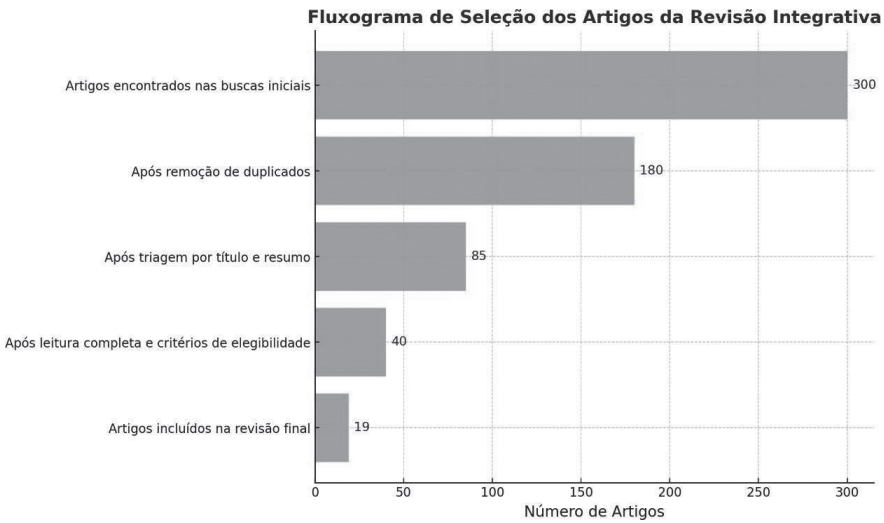
TAs, visando assegurar maior eficácia, usabilidade e aceitação das soluções tecnológicas.

Realizou-se uma revisão integrativa detalhada com análise qualitativa e codificação temática de 19 artigos científicos contemporâneos sobre o tema, aplicando métodos como triangulação por múltiplos avaliadores independentes para robustez dos resultados. O modelo resultante compreende quatro fases sequenciais: diagnóstico contextual, engajamento participativo, mapeamento técnico e validação adaptativa.O diagnóstico contextual envolve análise ambiental e das funções comprometidas; o engajamento participativo inclui entrevistas, grupos focais e prototipagem iterativa; o mapeamento técnico foca na documentação detalhada dos requisitos e na integração multidisciplinar; e a validação adaptativa é marcada por testes contínuos e ajustes com base no feedback dos usuários. Os resultados evidenciam que abordagens iterativas e centradas no usuário aumentam significativamente a eficácia, adequação e aceitação das TAs.

A aplicação prática deste modelo pode impactar positivamente as áreas de Engenharia, Design, Saúde, Educação e desenvolvimento de Tecnologias Assistivas, resultando em soluções mais eficazes, inclusivas e sustentáveis, e beneficiando diretamente a qualidade de vida dos usuários finais. A elaboração do modelo ocorreu com base na síntese temática resultante da revisão integrativa, que destacou elementos essenciais como perfil do público-alvo, tipos específicos de tecnologias assistivas e métodos participativos eficazes.

A Figura 1 demonstra o fluxograma da seleção de artigos.

Figura 1 - Fluxograma da seleção de artigos.



Fonte: elaborado pelos autores (2025).

A construção do modelo participativo foi fundamentada na síntese temática derivada da revisão integrativa, na qual as categorias identificadas forneceram subsídios para a definição clara e estruturada das etapas metodológicas. Os achados obtidos foram organizados em quatro fases sequenciais — diagnóstico contextual, engajamento participativo, mapeamento técnico e validação adaptativa — garantindo alinhamento entre a base teórica e a aplicação prática do modelo proposto.

3. RESULTADOS

Fase 1 – Diagnóstico Contextual

Esta etapa envolve a análise do ambiente de uso, perfil funcional e cognitivo dos usuários, além de barreiras técnicas e sociais. Estudos apontam que o mapeamento dessas barreiras é essencial para orientar o design centrado na pessoa (MENG, 2023; ZHANG, 2019). Exemplo real: em um projeto de desenvolvimento de uma cadeira de banho adaptada, foi realizada uma análise ergonômica participativa com 12 usuários, que identificaram limitações estruturais e propuseram adequações para residências com idosos e pessoas com deficiência (SILVA et al., 2023).

Fase 2 – Engajamento Participativo

Busca garantir a participação ativa de usuários, cuidadores e profissionais por meio de entrevistas, oficinas e validações iterativas. Ferramentas como personas e mapas de jornada são aplicadas. Evidências mostram que o envolvimento dos stakeholders aumenta a precisão dos requisitos (HODGINS, 2024; DESIGNING..., 2021). Exemplo real: no projeto EMOTE, foi criado um robô de apoio emocional com participação ativa de idosos em oficinas de cocriação, garantindo que suas preferências cognitivas e afetivas fossem incorporadas ao design final (BOUAKAZ et al., 2022).

Fase 3 – Mapeamento Técnico

Os dados são transformados em requisitos funcionais, operacionais e técnicos. São utilizados critérios como impacto na autonomia, viabilidade técnica e custo. A sistematização se baseia em ferramentas como QFD (Desdobramento da Função Qualidade), conforme recomendam HODGINS (2024) e STAKEHOLDER INVOLVEMENT (2021). Exemplo real: no desenvolvimento de um sistema de navegação para pessoas cegas, os dados coletados de usuários foram priorizados

e convertidos em requisitos técnicos por meio de design participativo (COSTA et al., 2014).

Fase 4 – Validação Adaptativa

Envolve a testagem de protótipos e a coleta de feedback para ajustes contínuos. Tecnologias como interfaces sensíveis ao toque e robôs sociais são exemplos dessa etapa (IEEE RAS, 2021; ROBOTICS AND SMART ENVIRONMENTS, 2021). Exemplo real: em um

estudo de design participativo híbrido, 67 pessoas cegas testaram um aplicativo de mapeamento e navegação de ambientes internos, validando funcionalidades que dispensavam sensores adicionais (KASHYAP et al., 2024).

Essas quatro fases, demonstradas na Figura 2, articuladas formam um ciclo contínuo de coleta e refinamento de requisitos que fortalece a integração entre usuários, tecnologia e contexto de uso. Além disso, reforçam a importância da personalização e da testagem iterativa para maximizar a funcionalidade e aceitação das Tecnologias Assistivas.

Figura 2 - Fluxograma do modelo proposto.



Fonte: elaborado pelos autores (2025).

4. DISCUSSÃO

As evidências reunidas nesta revisão indicam que abordagens genéricas e tecnocêntricas, centradas exclusivamente no desenvolvedor, têm se mostrado ineficazes por negligenciarem a complexidade dos contextos de uso e a experiência concreta dos usuários. Estudos como o de Taffoni (2021), ao propor órteses híbridas com foco na funcionalidade corporal, e o de Hodgins (2024), ao destacar a importância do design centrado no usuário para pessoas com deficiências cognitivas, demonstram que a efetividade das Tecnologias Assistivas (TAs) é amplificada quando as decisões de projeto são fundamentadas nas necessidades reais dos usuários.

A crítica de Frauenberger (2011) à automatização não mediada por processos participativos reforça esse argumento: tecnologias mal projetadas tendem à rejeição, especialmente quando não há consideração ética nem adaptação à rotina dos usuários. Essa limitação também é evidenciada por McLaren (2021), que destaca a baixa adesão de idosos a sistemas que desconsideram aspectos emocionais e domésticos.

Zhang (2019) enfatiza a necessidade de interfaces intuitivas e adaptativas, observando que soluções tecnológicas que não se alinham às capacidades perceptivas e cognitivas dos usuários acabam por reforçar barreiras, em vez de superá-las. De forma complementar, o estudo de Missiroli (2024) revela que sistemas que antecipam e orientam decisões, quando fundamentados em ciclos de feedback iterativos, podem compensar déficits cognitivos de forma eficaz — princípio também abordado por Yeung (2018), ao tratar da promoção da autonomia em contextos de vida independente.

Duarte (2011), ao analisar tecnologias de comunicação aumentativa, reforça que usabilidade e personalização são fatores-chave para a aceitação da tecnologia, superando inclusive critérios de desempenho técnico. Essa conclusão é alinhada à de Qian (2004), que integra estimulação funcional e robótica em órteses, demonstrando que a eficiência biomecânica deve estar acompanhada de uma experiência de uso acessível e adaptável.

A importância do envolvimento direto de usuários e cuidadores é evidenciada em estudos como Designing Assistive Technologies for Children (2021), que demonstra como a inclusão de crianças e responsáveis no processo de criação resulta em dispositivos mais significativos, funcionais e adequados às realidades motoras e simbólicas do público-alvo. Essa abordagem é igualmente valorizada em An Analysis of Stakeholder Involvement (2021), que sistematiza os impactos positivos da participação ativa de atores sociais em todas as etapas do desenvolvimento tecnológico.

O relatório da IEEE RAS Seasonal School (2021) e o artigo Robotics and Smart Environments (2021) ampliam a discussão ao abordar a integração entre sensores ambientais, robótica leve e tecnologias vestíveis, destacando que a eficácia das TAs depende da responsividade e da capacidade de adaptação em tempo real ao contexto de uso.

Por fim, Fotteler (2021) apresenta avanços em sistemas de rastreamento ocular não intrusivos e ressalta que a eficácia desses sistemas depende de características como naturalidade da interface e minimização da fadiga visual ou cognitiva.

Esses estudos revelam, de forma convergente, que a centralidade do usuário, a escuta ativa e a testagem iterativa não apenas aprimoram a funcionalidade dos sistemas, mas são indispensáveis à sua efetiva adoção. Ao reunir essas diversas contribuições, o presente estudo propõe um modelo participativo estruturado que responde diretamente às fragilidades observadas nas abordagens convencionais.

Ressalta-se, contudo, que o modelo aqui apresentado é fundamentado exclusivamente em evidências teóricas, carecendo ainda de validação empírica em contextos reais de aplicação.

5. CONCLUSÕES

As Tecnologias Assistivas (TAs) exercem papel central na promoção da autonomia,inclusão social e qualidade de vida de pessoas com deficiência. Considerando esse cenário, este estudo teve como objetivo propor um modelo participativo para a coleta e sistematização das necessidades e expectativas de usuários de TAs. Para tanto, foi conduzida uma revisão integrativa da literatura, com seleção criteriosa de 19 artigos científicos, análise temática e triangulação entre avaliadores independentes.

Como resultado, foi elaborado um modelo estruturado em quatro fases principais: diagnóstico contextual, engajamento participativo, mapeamento técnico e validação adaptativa. Essas etapas articuladas permitem que o desenvolvimento de soluções assistivas ocorra de forma mais alinhada às reais condições e demandas dos usuários, promovendo ganhos em termos de eficácia, usabilidade e aceitação tecnológica.

O modelo proposto configura-se como uma ferramenta metodológica de aplicação prática para profissionais das áreas de Engenharia, Design, Saúde, Educação e formulação de políticas públicas, contribuindo para o desenvolvimento de Tecnologias Assistivas mais eficazes, acessíveis, responsivas e personalizadas. Sua aplicação pode favorecer a criação de soluções mais inclusivas e adaptadas à diversidade funcional das populações atendidas.

Entretanto, destaca-se como limitação o fato de que o modelo ainda não foi testado em contextos reais de desenvolvimento ou aplicação prática. Dessa forma, recomenda-se que pesquisas futuras se dediquem à validação empírica do modelo, explorando sua efetividade, escalabilidade e adaptabilidade em diferentes perfis de usuários, ambientes institucionais e contextos sociotécnicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - PPGEPS da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Este trabalho foi apoiado pela PUCPR, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Fundação Araucária Convênio APC FA NAPI - Tecnologia Assistiva 054/2023.

REFERÊNCIAS

BOUAKAZ, S. et al. EMOTE: A participatory approach to the design of a robot for older adults to support mood and cognitive engagement. *ACM Transactions on Accessible Computing*, [S.l.], v. 15, n. 4, p. 1–36, 2022.

COSTA, R. M. et al. Gathering the users' needs in the development of assistive technology: a blind navigation system use case. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON UNIVERSAL ACCESS IN HUMAN--COMPUTER INTERACTION*, 10., 2014, Heraklion. Proceedings [...]. Cham: Springer, 2014.

DESIGNING assistive technologies for children with disabilities: a stakeholder-centered approach. *International Journal of Child-Computer Interaction*, [S.l.], v. 27, p. 100233, 2021.

DUARTE, F. Evaluation of assistive technologies in augmentative and alternative communication. *Augmentative and Alternative Communication*, [S.l.], v. 27, n. 1, p. 1–13, 2011.FOTTELER, M. Non--intrusive real time eye tracking using face-centered deep learning. *Assistive Technology*, [S.l.], v. 33, n. 1, p. 23–30, 2021.

FRAUENBERGER, C. A critique of robotics in health care. *Health Informatics Journal*, London, v. 17, n. 3, p. 198–206, 2011.

HODGINS, M. The role of user-centered design in developing assistive technologies for cognitive disabilities. *Technology and Disability*, [S.l.], v. 33, n. 2, p. 123–132, 2024.

IEEE RAS. 2021 IEEE RAS Seasonal School on Rehabilitation and Assistive Robotics Based on Soft Robotics. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, [S.l.], 2021.

KASHYAP, A. et al. Navigation by blind people on their own terms: a longitudinal hybrid participatory design study. *arXiv preprint*, arXiv:2410.00192, 2024.

MCLAREN, P. Challenges in developing assistive technologies for elderly care. *Gerontechnology*, [S.l.], v. 20, n. 4, p. 191–199, 2021.

MENG, W. Post-stroke rehabilitation of the ankle joint using assistive technology. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, [S.l.], v. 20, n. 1, p. 65, 2023.

MISSIROLI, P. Poor insight and future thinking in early dementia using assistive technologies. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, [S.l.], v. 19, n. 1, p. 1–10, 2024.

QIAN, X. A hybrid orthosis combining functional electrical stimulation and robotics for gait assistance in incomplete spinal cord injury. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, Piscataway, v. 12, n. 2, p. 155–164, 2004.

ROBOTICS and smart environments: enhancing independence for older adults with disabilities. *Smart Health*, [S.l.], v. 19, p. 100185, 2021.

SILVA, J. L. da et al. Ergonomic participatory analysis applied to the development of a bath chair for the elderly and disabled. *Research on Biomedical Engineering*, [S.l.], v. 39, n. 2, p. 189–198, 2023.

STAKEHOLDER involvement in assistive technology development: an analysis. *Technology and Disability*, [S.l.], v. 33, n. 3, p. 157–165, 2021.

TAFFONI, F. Rigid, soft, passive, and active: a hybrid occupational therapy approach. *Assistive Technology*, [S.l.], v. 33, n. 4, p. 245–254, 2021.

YEUNG, K. Assessment of assistive devices in promoting independent living among individuals with disabilities. *Rehabilitation Engineering*, [S.l.], v. 26, n. 2, p. 89–97, 2018.

ZHANG, Y. Innovative interfaces for accessible computing: a review of current technologies. *ACM Computing Surveys*, New York, v. 52, n. 6, p. 1–35, 2019.

Práticas interdisciplinares na melhoria de produtos e serviços: o Design atuando na saúde

Merino, Eugenio Andrés Díaz[1]; Cavalcante, Rodrigo Augusto de Sousa[2]; Gonçalves, Luana Bortoletto[3]; Rosa, Carolina Schutz[4]; Paulo, Irandir Izaquiel[5]; Merino, Giselle Schmidt Alves Díaz[6]; Mannrich, Giuliano[7]; Souza, Paulo Marcio[8]

1 – Programa de Pós-Graduação em Design & Pós-Graduação em Eng. Produção, UFSC, eugenio.merino@ufsc.br*
2 – Programa de Pós-Graduação em Design, UFSC, rodrigo_171192@hotmail.com
3 – Programa de Pós-Graduação em Design, UFSC, luanabortoletto@gmail.com
4 – Programa de Pós-Graduação em Design, UFSC, schutzcarol@gmail.com
5 – Programa de Pós-Graduação em Design, UFSC, irandirtese.2022@gmail.com
6 – Programa de Pós-Graduação em Design, UDESC e UFSC, gisellemerino@gmail.com
7 – Instituto de Psiquiatria de Santa Catarina, IPQ/SC, gmannrich@gmail.com
8 – Instituto de Psiquiatria de Santa Catarina, IPQ/SC, paulomarcio007@hotmail.com
* -Correspondência: Centro de Comunicação e Expressão - CCE, sala 111, Bloco A, Campus Universitário Trindade - Trindade, Florianópolis–SC, 88040-900

DOI 10.52050/9788579177163-29

RESUMO

O Design tem ganhado relevância na saúde ao promover práticas interdisciplinares voltadas à melhoria de produtos e serviços, sendo importante sistematizar e dar visibilidade às produções nessa área. Objetivou-se identificar as pesquisas e projetos no Instituto de Psiquiatria de Santa Catarina, desenvolvidas pelo laboratório NGD-LDU e parcerias. Foi realizada pesquisa qualitativa entre janeiro de 2014 e maio de 2025. Identificaram-se 64 produções: 25 acadêmicas, 35 científicas e 4 tecnológicas; 40 ligadas a produtos, 23 a serviços e uma mista. As principais contribuições envolvem temas como Tecnologia Assistiva, Ergonomia, Gestão de Design e Design Centrado no Usuário.

Palavras-chave: Pesquisa aplicada em Design, Design Centrado no Usuário, Instituto de Psiquiatria.

ABSTRACT

Design has gained relevance in healthcare by promoting interdisciplinary practices aimed at improving products and services, making it important to systematize and give visibility to research in this area. The objective was to

identify research and projects at the Santa Catarina Institute of Psychiatry, developed by the NGD-LDU laboratory and partners. Qualitative research was conducted between January 2014 and May 2025. Sixty-four productions were identified: 25 academic, 35 scientific, and four technological; 40 related to products, 23 to services, and one mixed. The main contributions involve topics such as Assistive Technology, Ergonomics, Design Management, and User-Centered Design.
Keywords: *Applied Research in Design, User-Centered Design, Institute of Psychiatry.*

1. INTRODUÇÃO

O Design tem como finalidade promover o bem-estar das pessoas, desenvolvendo projetos considerando suas limitações e capacidades, além de posicioná-las no centro de todas as etapas do processo de desenvolvimento de produtos ou serviços (Merino, 2016). Sendo assim, tem sido cada vez mais reconhecido no desenvolvimento de produtos, sistemas e serviços no contexto da Saúde (Rosa; Merino; Merino, 2022).

Amaral (2023), aborda a relevância do Design no contexto da Saúde, destacando-o como uma abordagem a fim de suprir as demandas por uma gestão mais eficaz na área. Segundo Jones (2013), aplicar o Design ao contexto do cuidado proporciona uma perspectiva voltada para a melhoria dos serviços, por meio da concepção de ambientes, comunicações e artefatos mais adequados e eficazes. Libânio e Franzato (2018) discorrem que a complexidade do setor da Saúde, está relacionada na maioria à sua ampla abrangência, imprevisibilidade, diversidade e dinâmicas que caracterizam seu ecossistema.

A atuação do designer no setor da saúde, com foco no desenvolvimento de produtos e serviços, promove o conhecimento interdisciplinar com uma abordagem participativa, além de destacar a capacidade de reconhecer os usuários e integrá-los ativamente no processo de design (Barragán-Romero; Lange-Morales, 2023). O desenvolvimento de projetos na área da saúde demanda a formação de equipes interprofissionais, voltadas para a prática colaborativa, uma vez que a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2010)[1] reconhece a colaboração interprofissional, tanto na educação (teoria) quanto no projeto (prática), como uma estratégia inovadora (Giracca et. al, 2024). A união dos profissionais da saúde em diferentes etapas do processo de Design pode promover uma compreensão aprofundada, além da experimentação efetiva do valor do design no setor. Possibilitando, então, o desenvolvimento de *insights* resultantes dessa integração (Libânio *et al*. 2023), tanto para melhoria em produtos, quanto em serviços.

Um hospital psiquiátrico classifica-se como "aquele cuja maioria de leitos se destine ao tratamento especializado de clientela psiquiátrica em regime de internação" (Brasil, 2017), portanto, é uma instituição de saúde especializada no atendimento de pessoas com transtorno mentais em que oferece suporte clínico, terapêutico e psicossocial (Brasil, 2001). Assim, a problemática da presente pesquisa consiste em: "Qual o panorama atual de pesquisas no campo do Design e da Saúde aplicados em um Instituto de Psiquiatria de Santa Catarina?".

Neste sentido, a pesquisa tem como objetivo identificar as práticas interdisciplinares desenvolvidas dentro do campo do Design para um Instituto de Psiquiatria de Santa Catarina. A relevância da presente pesquisa reside na sistematização e visibilidade do conhecimento produzido nesse contexto, ao identificar e categorizar essas produções, contribuindo para o mapeamento dessas práticas. Além de evidenciar o papel do Design na melhoria de produtos, ambientes, processos e serviços, promovendo a integração entre a teoria e prática por meio de uma abordagem interprofissional e centrada no usuário. O estudo delimita-se nas pesquisas
desenvolvidas em parceria com Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Rede de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva (RPDTA) e Núcleo de Gestão de Design & Laboratório de Design e Usabilidade (NGD LDU UFSC), com o Instituto de Psiquiatria de Santa Catarina (IPq/SC). Importante ressaltar que os projetos foram financiados por agências de fomento, a modo de exemplo podem ser mencionados o Edital 59/2014 CAPES TA, que culminou na criação da RPDTA, Editais Universais, CNPq, Programa MEC SESu e Editais de Iniciação Científica (PIBIC PIBITI UFSC CNPq), dentre outros. Além disso, há uma delimitação temporal de janeiro de 2014 até maio de 2025. O artigo está estruturado em introdução, metodologia, resultados, discussão e considerações finais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa é de natureza básica com abordagem qualitativa, seus objetivos exploratório e descritivo e procedimento técnico por meio de uma pesquisa bibliográfica (Silva e Menezes, 2005). Para a seleção dos trabalhos utilizou-se a revisão narrativa - ocorre quando as obras são selecionadas de forma aleatória, com base na afinidade com o tema e na conveniência. Como critérios de inclusão foram definidos: vínculo institucional com todos os trabalhos realizados no contexto do IPq-SC, em parceria ou em coordenação sobre os profissionais e estudantes vinculados ao laboratório NGD LDU UFSC; produções acadêmicas (TCCs, dissertações, teses), científicas (artigos, capítulos, anais) e tecnológicas (patentes) e por fim, período de publicação, de janeiro de 2014 até maio de 2025.

A pesquisa foi conduzida a partir da base de dados do Repositório Institucional da UFSC e por meio do levantamento dos currículos na Plataforma Lattes do coordenador geral do laboratório e da coordenadora de projetos do laboratório NGD LDU UFSC, com a verificação dos trabalhos desenvolvidos no IPq-SC. A pesquisa abrange os trabalhos que envolvem o curso de Design, NGD LDU da UFSC, vinculado ao Programa de Pós-graduação em Design - POSDESIGN (CAPES PROEX) e Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - PPGEP (CAPES PROEX), ambos da UFSC.

Para a criação da nuvem de palavras, utilizou-se a ferramenta *WordArt* - versão online. Para o desenvolvimento foram seguidas 3 etapas: (i) definição do tema; (ii) organização de uma lista de palavras relevante para o tema: foram extraídas as palavras-chave dos trabalhos; (iii) criação da nuvem de palavras. O gráfico da quantidade de trabalhos por ano foi elaborado no Adobe Illustrator 2025, com base na revisão narrativa e os dados categorizados em quadros. A representação visual visa evidenciar a dimensão temporal e os tipos de produções acadêmicas, científicas e tecnológicas vinculadas às pesquisas no Instituto de Psiquiatria de Santa Catarina, com base na quantificação descritiva dos dados.

3. RESULTADOS

A revisão narrativa resultou em 25 trabalhos de produção acadêmica (Quadro 1), sendo identificados: Iniciação Científica (n=11), Trabalho de Conclusão de Curso - TCC (n=4), Dissertação (n=5), Tese (n=4) e Pós-doutorado (n=1). O ano que apresentou maior quantidade de trabalhos foi o de 2018 com seis trabalhos, seguido por cinco em 2017 e quatro em 2016 e 2021. Evidenciando a atuação da RPDTA, das chamadas de fomento à pesquisa e a quantidade de bolsistas em todos os níveis no laboratório, o que culminou na integração e disseminação de conhecimentos técnicos e científicos de forma interprofissional.

Quadro 1 - Lista de produção acadêmica identificados

Nº	Referência	Título	Tipo Publicação
1	Gonzaga (2014)	Tecnologia Assistiva: a contribuição do desenho industrial na saúde: projeto conceitual de muletas	TCC
2	Quinalia (2014)	Design e Saúde: contribuição do Desenho Industrial na reabilitação de pacientes e trabalhadores inseridos em ambientes psiquiátricos	Iniciação científica
3	Fernandes (2015)	Design & Saúde: contribuição do Desenho Industrial na reabilitação	TCC

Nº	Referência	Título	Tipo Publicação
4	Serpi (2015)	Design e Saúde: contribuição do Desenho Industrial na reabilitação de pacientes e trabalhadores inseridos em ambientes psiquiátricos	Iniciação científica
5	Abreu (2016)	Desenvolvimento de produtos sob enfoque da redução dos problemas de ordem física identificados em TRABALHADORES (transferência de pacientes asilados acamados)	Iniciação científica
6	Garcia (2016)	*Diseño y salud: integración de dos métodos de ingenieria de diseño para a realización de ortesis para estabilizaciona de pie y tobillo*	Dissertação
7	Muniz (2016)	Instrumentação Tecnológica: pesquisa, experimentação: Xsens captura de movimentos por sensores inerciais; Dinamometria - dinamômetro de preensão manual digital; Eletromiografia de superfície; Termografia digital; Simuladores (luvas e óculos - Inclusive design Tool kit)	Iniciação científica
8	Roncatto (2016)	Design e Saúde: ÓRTESES sob enfoque da redução de problemas de ordem física	Iniciação científica
9	Bahr (2017)	Design e Saúde: contribuição do desenho industrial em trabalhadores inseridos em ambientes psiquiátricos	Iniciação científica
10	Fontanella (2017)	Instrumentação tecnológica: pesquisa, experimentação, impressão 3D, Escaneamento 3D	Iniciação científica
11	Lima (2017)	Design e Saúde: contribuição do desenho industrial na reabilitação de pacientes inseridos em ambientes psiquiátricos	Iniciação científica
12	Oliveira (2017)	Design para saúde: desenvolvimento de uma órtese de mãos e dedos	TCC
13	Rosa (2017)	Design e Tecnologia Assistiva: desenvolvimento de dispositivo auxiliar de marcha para usuário com limitação motora	TCC
14	Blum (2018)	Gestão De Design na Prevenção do Erro de Medicação: ações para uma farmácia hospitalar	Tese
15	Faccio (2018)	Design e Saúde: contribuição do desenho industrial na reabilitação de pacientes e trabalhadores inseridos em ambientes psiquiátricos - foco na impressão 3D e escaneamento 3D	Iniciação científica
16	Hinnig (2018)	Gestão de Design e Design de Serviços: diagnóstico do setor de internação (emergência) de um hospital psiquiátrico	Dissertação
17	Kanzaki (2018)	Design e Saúde: contribuição do desenho industrial na reabilitação de pacientes e trabalhadores inseridos em ambientes psiquiátricos - foco no trabalhador	Iniciação científica

Nº	Referência	Título	Tipo Publicação
18	Maines (2018)	Design e Saúde: contribuição do desenho industrial na reabilitação de pacientes e trabalhadores inseridos em ambientes psiquiátricos - foco no paciente	Iniciação científica
19	Mannrich (2018)	Integração de avaliações ergonômicas quantitativas e qualitativas para o diagnóstico da sobrecarga física e incidência de lesões osteomioarticulares	Tese
20	Blum (2019)	Ações de Design para prevenção do erro de medicação no Instituto de Psiquiatria de Santa Catarina	Pós-doutorado Júnior - PDJ
21	Pichler (2019)	User-capacity toolkit: conjunto de ferramentas para guiar equipes multidisciplinares nas etapas de levantamento, organização e análise de dados em projetos de tecnologia assistiva	Tese
22	Giracca (2021)	Gestão e Tecnologia: Órtese de Fibra de Carbono com base nas Pessoas, Projetos, Processos e Procedimentos	Dissertação
23	Paulo (2021)	Gestão e Tecnologia: sistema de captura de movimentos por sensores inerciais (xsens) para o levantamento de dados no design centrado no ser humano	Dissertação
24	Riascos (2021)	Ergonomia na Avaliação do Desempenho do Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho: uma abordagem multicritério construtivista	Tese
25	Rosa (2021)	Gestão de design e saúde: identificando oportunidades de atuação do design em um ambiente hospitalar	Dissertação

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Com relação aos trabalhos de iniciação científica, foram identificados dois tipos: Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC (n=9) e o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação - PIBITI (n=2). Posteriormente, foram identificados 33 artigos científicos (Quadro 2), sendo publicações em eventos científicos e periódicos (n=9), o ano de 2016 com 12 artigos - todos em eventos científicos, sendo 3 em eventos internacionais e 9 em eventos internacionais. Seguido por cinco artigos em 2017 - 3 em evento internacional, 1 em periódico internacional e 1 em evento nacional e por fim, 5 artigos em 2018 - 2 em evento nacional, 2 em periódico nacional e 1 em periódico internacional.

Quadro 2 - Lista de produção científica identificados

Nº	Referência	Título	Tipo Publicação
1	Speck *et al*. (2016a)	Processo de instrumentação integrada no desenvolvimento de projetos de tecnologia assistiva	XVIII ABERGO, evento nacional
2	Roncatto *et al*. (2016)	Projeto de Órteses: definição de requisitos com base no Usuário, Produto e Contexto	XVIII ABERGO, evento nacional
3	Muniz *et al*. (2016)	Integridade física da equipe de enfermagem e do paciente em ambientes psiquiátricos: definição de requisitos para o projeto de equipamento de transferência	XVIII ABERGO, evento nacional
4	Blum, Merino, Merino (2016a)	Farmácia hospitalar como oportunidade para a gestão de design no trabalho de prevenção do erro de medicação: estudo em uma realidade brasileira	XVI IFDP, evento internacional
5	Speck *et al.* (2016b)	*Implementation of integrated instrumentation in the health field*	VII AHFE, evento internacional
6	Pichler *et al*. (2016)	Síntese informacional para projetos de Tecnologia Assistiva em equipes interdisciplinares	I CBTA, evento nacional
7	García *et al*. (2016)	Projeto de órteses: Integração de duas sistemáticas de desenvolvimento de projeto aplicadas a TA	I CBTA, evento nacional
8	Merino *et al*. (2016a)	GODP - metodologia de projeto centrado no usuário: multicasos de projetos de Tecnologia Assistiva na Terapia Ocupacional	I CBTA, evento nacional
9	Merino *et al.* (2016b)	Instrumentação tecnológica integrada no desenvolvimento de produtos ergonômicos para Tecnologia Assistiva	I CBTA, evento nacional
10	Merino *et al*. (2016c)	Gestão de design na saúde hospitalar: estudo de caso no Instituto de Psiquiatria de Santa Catarina (IPq-SC)	XII P&D Design, evento nacional
11	Blum, Merino, Merino (2016b)	Estratégias de design na farmácia hospitalar: mapeamento de um sistema de medicação	XII P&D Design, evento nacional

Nº	Referência	Título	Tipo Publicação
12	Merino *et al.* (2016c)	Contribuições do design no âmbito de uma rede interinstitucional de pesquisa e desenvolvimento em tecnologia assistiva: casos aplicados no hospital psiquiátrico de Santa Catarina	XVI ERGODESIGN, evento internacional
13	Moraes *et al*. (2017)	Seleção de materiais para produtos de Tecnologia Assistiva: o caso de talheres adaptados para pacientes com distúrbios neurológicos	DATJournal, periódico nacional
14	Merino *et al*. (2017a)	*Design of Assistive Devices and Occupational Therapy: Case Study in a Brazilian Psychatric Hospital*	VIII AHFE, evento Internacional
15	Merino *et al*. (2017b)	*Implementation of integrated instrumentation in assistive technology*	VIII AHFE, evento internacional
16	Okimoto *et al*. (2017)	*Collaborative Experience: Network Research and Development in Assistive Technology in Brazil*	VIII AHFE, evento internacional
17	Merino *et al*. (2017c)	*Design Management contributions in the diagnosis of a psychiatric hospital in Brazil: identifying opportunities in assistive technology*	VIII AHFE, evento internacional
18	Blum, Merino, Merino (2018a)	*Design strategies in hospital pharmacy department: Mapping a medication system*	SDRJ, periódico nacional
19	Blum, Merino, Merino (2018b)	Design e medicação em ambiente hospitalar: colaborando na reabilitação por meio da prevenção do erro via farmácia	II CBTA, evento nacional
20	Rosa, Pichler, Merino (2018)	O projeto em TA com base no Usuário, Produto e Contexto: o caso de um Dispositivo Auxiliar de Marcha	II CBTA, evento nacional
21	Merino, Pichler, Merino (2018)	Contribuições do Design na promoção da autonomia em um Hospital Psiquiátrico de Santa Catarina	Estudos em Design, periódico nacional
22	Merino *et al*. (2018c)	O uso da instrumentação tecnológica em projetos de tecnologia assistiva: captura de movimentos e termografia infravermelha	Human Factors In Design, periódico nacional
23	Pichler *et al*. (2019)	Avaliação da adequação Produto-Usuário de equipamentos para transferência de pacientes	Design & Tecnologia, periódico nacional
24	Hinnig, Merino (2019)	Blueprint como ferramenta para gestão de design: Diagnóstico do serviço no setor de internação (emergência) de um Hospital Psiquiátrico	VI Simpósio de Gestão de Design, evento nacional

Nº	Referência	Título	Tipo Publicação
25	Rosa, Merino, Merino (2020)	Projeto de dispositivo auxiliar de marcha: definição dos requisitos por meio de uma abordagem centrada no usuário	XI GAMPI Design, evento nacional
26	Merino *et al*. (2020)	Requisitos para o desenvolvimento de uma cadeira de banho: uma abordagem centrada no Profissional da Saúde	XX ABERGO, evento nacional
27	Riascos *et al*. (2021)	*Development of performance indicators for Occupational Health and Safety: a constructivist multicriteria approach for PPE*	Production (ABEPRO), periódico nacional
28	Costa *et al*. (2021)	Design e Tecnologia no Contexto Hospitalar: desenvolvimento de uma cadeira móvel para banho e higienização, com ênfase nas atividades do profissional da saúde	Design & Tecnologia, periódico nacional
29	Silva *et al*. (2021)	Análise de Acidentes de trabalho e percepção de riscos ocupacionais por uma equipe de Enfermagem de um Hospital Psiquiátrico	XLI ENEGEP, evento nacional
30	Paulo *et al*. (2022)	Gestão de Design no setor hospitalar: mapeamento das rotinas diárias de uma ala de um hospital psiquiátrico da região sul do Brasil	Temática, periódico nacional
31	Giracca *et al.* (2022)	Gestão e Tecnologia: Órtese de fibra de carbono com base nas pessoas, projetos, processos e procedimentos	III CBTA, evento nacional
32	Rosa *et al*. (2023a)	Design, Ergonomia e Impressão 3d: Dispositivo De Tecnologia Assistiva Para Usuária Com Artrite Reumatoide	Ergodesign & HCI, evento internacional
33	Rosa *et al*. (2023b)	Design e Ergonomia na prática de tapeçaria: desenvolvimento de dispositivo assistivo para usuária com Artrite Reumatoide	XIX ERGODESIGN, evento internacional
34	Rosa *et al*. (2023c)	Avaliação Ergonômica de um Protótipo Funcional de uma Cadeira Móvel de Banho e Higienização: com base nas qualidades técnicas e ergonômicas	XXIII ABERGO, evento nacional
35	Giracca *et al.* (2023)	Conforto, Segurança e Durabilidade em Tecnologias Assistivas: desenvolvimento de órtese de Fibra de Carbono tipo AFO	IV CBTA, evento nacional

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

No ano de 2019 houveram dois artigos - 1 de periódico nacional e 1 de evento nacional; em 2020 - dois artigos, 1 de periódico nacional e 1 de evento nacional; no ano de 2021, 3 artigos - 2 periódico nacional e 1 evento nacional; em 2022, dois artigos - 1 de periódico nacional e 1 de evento nacional e por fim, em 2023, quatro artigos - 2 em evento internacional e 2 em evento nacional. Foram verificadas

as produções tecnológicas, também na plataforma Lattes (Quadro 3), geradas a partir dos estudos, resultando em três patentes e um registro industrial.

Quadro 3 - Lista de produção tecnológica identificados

Nº	Referência	Título	Tipo Patente
1	Merino *et al.* (2021)	Dispositivo com base giratória para digitalização 3d	Desenho industrial registrado
2	Merino *et al.* (2022)	Adaptador multiuso, para pessoas com limitação muscular e comprometimento articular dos membros superiores	Patente: Modelo de Utilidade
3	Merino *et al.* (2022)	Descascador manual para pessoas com limitação muscular e comprometimento articular dos membros superiores	Patente: Privilégio de Inovação
4	Merino *et al.* (2022)	Dispositivo assistivo composto por agulha e luva com gancho para auxílio na execução da atividade de tapeçaria	Patente: Modelo de Utilidade

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Como síntese dos Quadros (1, 2 e 3) apresentados anteriormente, foram selecionadas suas principais informações, as quais estão organizadas na Figura 1 resumidamente:

Figura 1 - Resultados encontrados

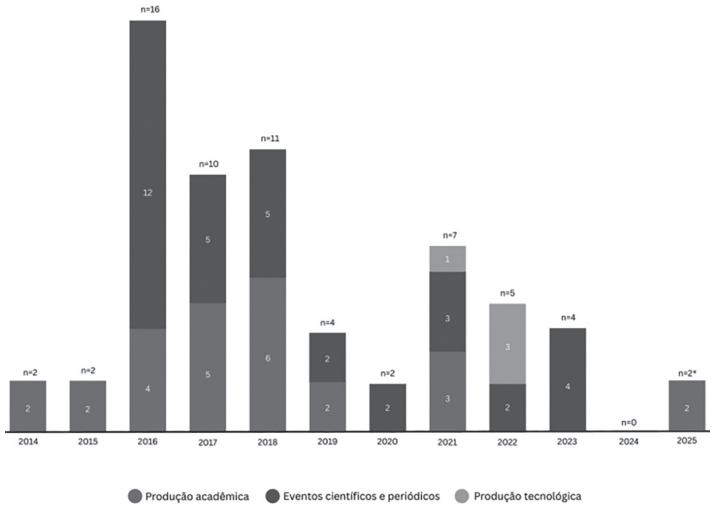


Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Foram identificados 64 trabalhos, no total, no período delimitado. Assim, optou-se pelo desenvolvimento de um gráfico (Figura 2), para apresentar a dimensão temporal e os tipos de produções acadêmicas, científicas e tecnológicas relacionadas às pesquisas no IPq -SC. Foi possível identificar que o

ano de 2016 destacou-se como o ano de mais produção (n=16), seguido por 2018 (n=11) e 2017 (n=10).

Figura 2 - Quantidade de trabalhos por ano



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

O ano de 2021 foi o ano em que houve uma maior diversificação na natureza das produções, tendo produção acadêmica: dissertação (n=2), tese (n=1), científica: evento (n=1), periódico (n=2) e tecnológica: patente (n=1), que reflete a ampliação do escopo das atividades desenvolvidas no período, evidenciando a variedade de frentes onde os pesquisadores atuaram.

Entre 2019 e 2020, observa-se uma redução na quantidade de produções, seguida por uma leve retomada em 2021. No entanto, essa aparente retração pode ser parcialmente explicada por finalização de editais e projetos de pesquisa. Além disso, em 2023, foi aprovado um novo edital da CAPES voltado ao tema Design e Saúde, fomentando uma nova fase de pesquisas vinculadas a essas instituições. Como resultado, já há dois artigos aprovados em evento internacional e diversos estudos em desenvolvimento a partir de 2024. Esse contexto indica não uma interrupção, mas uma transição no foco e nos formatos das produções, reforçando a necessidade de representar essas iniciativas em andamento para evitar a percepção equivocada de esgotamento das atividades na área.

Posteriormente, foram analisadas as palavras-chave utilizadas nos trabalhos, foi criado uma nuvem de palavras (figura 3), foi identificado 113 palavras, sendo as mais recorrentes: tecnologia assistiva (n=26), seguidas por Design (n=12),

Ergonomia (n=12), Gestão de Design (n=12) e Design Centrado no Usuário (n=9), demonstrando a área de atuação do laboratório em práticas interdisciplinares e sua atuação interprofissional.

Figura 3 - Nuvem palavras-chave



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Ao analisar as palavras-chave, é possível evidenciar como o campo do Design é aplicado em um Instituto de Psiquiatria, termos como desenvolvimento de produto, design de produto, serviços em saúde e órtese apontam para a busca de soluções e adaptações centrada no usuário, destacando a atuação do design como mediador entre as necessidades dos usuários e a complexidade do ambiente hospitalar.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão narrativa identificou 64 trabalhos, ao total, relacionados à atuação do Design na Saúde, dentro do IPq/SC. Dentre os trabalhos mapeados, destacam-se 25 produções acadêmicas - Iniciação Científica, TCCs, Dissertações e Teses; 33 produções científicas - Eventos Nacionais e Internacionais e Periódicos; e quatro produções tecnológicas - Patente e Desenho Industrial. A diversidade dessas produções evidencia não somente o crescimento quantitativo da pesquisa entre Design e Saúde, mas também sua capacidade de gerar conhecimentos aplicáveis, contribuindo em produtos, serviços, desenvolvimento de soluções tecnológicas e formação de profissionais atuantes em contextos interprofissionais. Em um período de 10 anos, o ano de 2016 apresentou o maior número de publicações, seguido por 2017 e 2018, enquanto o ano de 2021 se destacou pela diversidade de tipos de produção. A análise das palavras-chave evidenciou a centralidade de temas como Tecnologia Assistiva, Ergonomia, Gestão de Design e Design

Centrado no Usuário, apontado para a atuação do Design na área da Saúde - evidenciam que ambas as áreas são orientadas pelo enfoque centrado no usuário, além de contribuir para a identificação das principais tendências de pesquisa, demonstrando como o design direciona suas intervenções para o desenvolvimento de soluções capazes de aprimorar as práticas na área da saúde.

Por fim, essa identificação e categorização permitem indicar um crescimento da área em sua interface com a saúde, destacando o papel do design como agente de transformação dos serviços de saúde. Ainda que se observe um decréscimo entre os anos de 2019 e 2021 até o presente ano de 2025, esse período pode ser considerado correspondente à chamada do projeto de pesquisa da RPDTA e ao contexto pandêmico daCOVID-19 - momento em que as pesquisas vêm, gradualmente, desde então, retomando sua normalidade. Como estudos futuros, recomenda-se elaborar um mapeamento desses trabalhos, classificando-os conforme as áreas de atuação do design, além da expansão para outras bases de pesquisa, visando construir um panorama nacional sobre a aplicação do Design na Saúde.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES - PROEX) - Código de Financiamento 001 e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Agradecimento ao IPq/SC pela parceria e pela disponibilidade em contribuir com esta pesquisa e ao NGD- LDU e aos Programas de PÓS DESIGN e PPGEP (CAPES - PROEX) da UFSC.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Daniela S. *Gestão de Design e Terapia Ocupacional:* um guia de orientação para a prestação de serviço em tecnologia assistiva. 2023. 298 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023.

BARRAGÁN-ROMERO, Daniela; LANGE-MORALES, Karen. INNEO: Incubadora de Transferência Neonatal para uso em Condições Precárias. In: LIBÂNIO, C. de S. *et al* (ed.). *Pequeno Livro de Design para a Saúde:* na América Latina. Lancaster: Imagination Lancaster, 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Lei nº 10.216, de 6 de abril de 2001*. Dispõe sobre a proteção e os direitos das pessoas portadoras de transtornos mentais. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 2, 9 abr. 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. *Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017:* consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília–DF: Ministério da Saúde, 2017.

GIRACCA, César N. *et al*. Interprofissionalidade entre design, engenharia e saúde (ides): soluções colaborativas em tempos de pandemia. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 19, n. 1, p. 187– 211, 2024. DOI: 10.11606/gtp.v19i1.209342.

JONES, Peter. *Design for care:* Innovating healthcare experience. New York: Rosenfeld Media, 2013.
LIBÂNIO, Cláudia de S. *et al*. (ed.). *Pequeno Livro de Design para a Saúde:* na América Latina. Lancaster: Imagination Lancaster, 2023.

LIBÂNIO, Cláudia de S.; FRANZATO, Carlo. Design Baseado em Evidências em organizações da saúde: uma revisão sistemática de literatura. *13º Congresso Pesquisa e Desenvolvimento em Design*, Joinville, v. 6, n. 1, p. 1-12, mar. 2018.

MERINO, Giselle S. A. D. *GODP – Guia de Orientação para Desenvolvimento de Projetos*: Uma metodologia de Design Centrado no Usuário. Florianópolis: Ngd/Ufsc, 2016.

ROSA, Carolina S.; MERINO, Giselle S. A. D.; MERINO, Eugenio A. D. Design e Saúde: um panorama de estudos relacionados ao desenvolvimento de projetos de design em ambientes hospitalares no cenário brasileiro. *14º Congresso Pesquisa e Desenvolvimento em Design*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 5 p. 180-200, dez. 2022.

SILVA, Edna L.; MENEZES, Estera M. *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação* . 4. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2005.

Proposta de acessibilidade de estudantes com deficiência visual com baixa visão em bibliotecas: totem PcD com leitor e ampliador de tela

Maluly, Carlos Vinícius[1]; Vergara, Lizandra Garcia Lupi [*2]

1 – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, cvmaluly@gmail.com

2 – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Arquitetura e Urbanismo, UFSC, l.vergara@ufsc.br

* -Correspondência: Laboratório de Ergonomia, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC, Campus Reitor João David Ferreira Lima, Bairro Trindade, Florianópolis, Santa Catarina, 88040-970.

DOI 10.52050/9788579177163-30

RESUMO

Este estudo analisa as condições de acessibilidade em bibliotecas universitárias federais para estudantes com deficiência visual com baixa visão. A pesquisa, de abordagem quali-quantitativa, propõe entrevistas, questionários e visitas técnicas. Discute-se as barreiras tecnológicas, a ausência de sinalização e a lacuna no uso de tecnologia assistiva. Propõe-se apresentar o Totem PcD, dispositivo de auxílio em bibliotecas baseado em proposta desenvolvida com produto criado por IA, como solução inédita na agregação de tecnologias existentes para promover acessibilidade com inclusão e autonomia. Os resultados reforçam a necessidade de recursos, incorporação e integração de tecnologias existentes com aplicações de tecnologias inclusivas.

Palavras-chave: Baixa visão, Bibliotecas Inclusivas, Tecnologia Assistiva.

ABSTRACT

This study analyzes the accessibility conditions in federal university libraries for students with visual impairments, specifically those with low vision. Employing a qualitative-quantitative approach, the research involves interviews, questionnaires, and technical visits. It discusses technological barriers, the absence of adequate signage, and gaps in the use of assistive technology. The study proposes the introduction of the Totem PcD, a support device for libraries based on a solution developed using AI-generated technology. This device represents an innovative approach by integrating existing technologies to promote accessibility, inclusion, and autonomy. The findings underscore the need for investment, adoption, and

integration of inclusive technologies to ensure effective accessibility in academic environments.
Keywords: *Low vision, Inclusive Libraries, Assistive Technology*

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, mais de 6,5 milhões de pessoas apresentam deficiência visual, sendo 528 mil cegas e mais de 6 milhões com baixa visão (IBGE, 2023). Do total de matrículas no ensino superior, mais de 23 mil são de estudantes com baixa visão (INEP, 2024). Tais dados reforçam a urgência da acessibilidade plena nos espaços informacionais.

As bibliotecas universitárias, por sua função de apoio à pesquisa e ao ensino, devem estar preparadas para atender esse público com equidade. Tecnologias assistivas como leitores de tela, ampliadores e sistemas multissensoriais desempenham papel essencial nesse processo (ISO 9999, 2016; IFLA, 2022). Entretanto, o Censo da Educação Superior (INEP, 2024) revela déficits significativos: 27,8% das instituições apresentam sinalização tátil insuficiente, 38% carecem de móveis adaptados e apenas 29,8% dispõem de softwares acessíveis para baixa visão.

Nesse cenário, propõe-se o desenvolvimento e adoção de um Totem de Acessibilidade para Pessoas com Deficiência Visual – o Totem PcD – como solução inovadora. Desenhado com Inteligência Artificial, o Totem integra leitor e ampliador de tela, oferecendo acesso autônomo à leitura de livros físicos em bibliotecas universitárias.

Para compreender o método do Percurso Cognitivo, entende-se o método *Cognitive Walkthrough* no contexto da abordagem analítica caracteriza-se como uma avaliação de usabilidade relacionada com a dependência da análise de especialistas, durante o processo avaliativo (FERREIRA et al., 2023).

Objetiva-se, assim, compreender as condições de acessibilidade e inclusão de estudantes com baixa visão em bibliotecas universitárias federais e propor a inserção do Totem PcD como solução tecnológica assistiva inovadora. A inclusão educacional de pessoas com deficiência é um direito assegurado por leis nacionais e diretrizes internacionais.

No contexto do ensino superior brasileiro, as universidades e institutos federais têm assumido um papel estratégico na promoção da acessibilidade, especialmente em seus ambientes de aprendizagem e apoio, como as bibliotecas universitárias.

No entanto, ainda são muitas as barreiras que comprometem a plena inclusão de estudantes com deficiência visual, em especial aqueles com baixa visão. Do total de estudantes com deficiência matriculados no ensino superior, cerca de 23

mil possuem baixa visão, e outros 4 mil são cegos, conforme dados do Censo da Educação Superior (INEP, 2024). Diante desse contexto, ressalta-se o valor para a NBR 9050 que considera a "acessibilidade a edificações, mobiliários, espaços e equipamentos urbanos" (ABNT, 2020).

A Organização Mundial da Saúde, aponta as principais causas de cegueira no Brasil: catarata, glaucoma, retinopatia diabética, cegueira infantil e a degeneração macular. Por exemplo, acerca das estatísticas sobre pessoas cegas e com baixa visão, a Fundação Dorina, declara que para a população brasileira, 23,9% (45,6 milhões de pessoas) declararam ter algum tipo de deficiência (FUNDAÇÃO DORINA, on-line. s.d.).

A consideração dessas quantidades e a comparar dados de estudantes deficientes matriculados nas instituições de ensino brasileiras com dados obtidos através dos dados do Censo da Educação junto ao Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira é possível acessar os Indicadores de matrículas do público-alvo da Educação Especial na Educação Superior no Brasil (2008-2018), que aponta uma lacuna conforme os resultados do Censo da Educação Superior (CENSO, 2020).

Embora com leis e regulamentações existentes, ainda existem desafios para compreender a acessibilidade para pessoas com deficiência visual no Brasil. O avanço da tecnologia tem desempenhado um papel importante na promoção da inclusão de pessoas com deficiência visual. A inclusão de estudantes com deficiência visual é um aspecto relevante da pesquisa.

A Constituição Federal (BRASIL, 1988) e a Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, reforçam e garantem a igualdade de direitos e a inclusão das pessoas com deficiência. A pesquisa nas bibliotecas universitárias para conhecimento dos aspectos relacionados aos domínios da ergonomia com foco no estudante com deficiência visual é incentivada pelo artigo 3º inciso I da Lei 13.146 de 2015, onde constam as definições para acessibilidade atitudinal, comunicacional, digital, instrumental e metodológica onde há o foco para a utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como de outros serviços e instalações".

Este estudo desenvolve a proposta de pesquisa das condições de acessibilidade vigentes, a percepção de estudantes e bibliotecários, e propõe diretrizes para a proposta preliminar do Totem PcD como ação inclusiva em instituições federais de ensino superior.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa adota abordagem qualitativa e quantitativa, de natureza aplicada, voltada à resolução de problemas reais relacionados com a investigação das condições de acessibilidades nas bibliotecas universitárias para estudantes com deficiência visual com baixa visão.

Quanto aos objetivos, a pesquisa é exploratória-descritiva, ao buscar compreender as condições existentes e descrever percepções de usuários e profissionais sobre a inclusão de estudantes com deficiência visual.

Quanto a técnica de coleta de dados trabalha com a utilização de entrevistas semiestruturadas com bibliotecários, questionários com perguntas abertas e fechadas aplicados a bibliotecários e realiza a análise documental de normas e legislação, além de grupos focais online com bibliotecários e estudantes com deficiência visual com baixa visão. Os totais da amostra estão identificados na Tabela 01.

Tabela 1 - Total estimado de participantes da amostra.

Variáveis	Total
Questionários	2044
Entrevistas	52
Total Amostra	2096

Constam da proposta da pesquisa a ser realizada em entrevistas, questionários e visitas *in loco* em bibliotecas selecionadas de 7 (sete) Universidades Federais e 7 (sete) Institutos Federais da região sul e sudeste do Brasil para aplicação do método *Walkthrough*, Checklist de Indicadores de Acessibilidade e a proposta da aplicação do Percursos Cognitivo com tarefas determinadas como tarefa 1, acessar o prédio da biblioteca a partir do ponto de chegada no campus; tarefa 2: localizar o balcão de atendimento; tarefa 3, consultar o acervo físico e/ou digital (interagir com o bibliotecário); tarefa 4, usar um computador público (com tecnologia assistiva); tarefa 5, solicitar auxílio ou atendimento (localizar estante e título com apoio, se necessário) e tarefa 6, realizar a entrevista com bibliotecário e concluir a pesquisa.

Observa-se que na aplicação desse método, ele está adaptado para o contexto da acessibilidade atitudinal, comunicacional, digital, instrumental e metodológica em bibliotecas, sendo utilizada a referência da NBR 9050 (2020), Diretrizes para Serviços de Bibliotecas da IFLA, ISO 21542 (2021) e ISO 9999 (2016), dentro dos eixos de análise para orientação espacial, sinalização e apoio no atendimento do bibliotecário. No final, conta a aplicação de entrevistas com bibliotecários para avaliação de tarefas de 1 a 6 detalhada dos percursos

realizados pelo pesquisador com deficiência visual com baixa visão e estudantes na mesma condição.

Com uma proposta inédita com o recurso de TA, embora os produtos não existam, as imagens em caráter meramente ilustrativo, são elaboradas propostas em plataformas de Inteligência Artificial (IA) com a definição de features do produto. Portanto, as imagens foram geradas por IA com a finalidade de exemplificar as aplicações do produto que agrega tecnologia e funções existentes para o Totem PcD com mesa de acesso e o Totem PcD vertical.

3. RESULTADOS

A análise documental inicial, realizada com base nos dados do Censo da Educação Superior (INEP, 2024) e nas diretrizes normativas (Lei 13.146/2015, ISO 9999/2016, NBR 9050/2020), revela déficits recorrentes nas bibliotecas universitárias federais: ausência de sinalização tátil, limitação de mobiliário adaptado e baixa implementação de tecnologias assistivas para pessoas com deficiência visual com baixa visão.

A proposta de aplicação dos questionários envolve uma amostra de 2.096 bibliotecários das instituições federais, para avaliar se conhecem os recursos de acessibilidade digital e instrumental, para verificar sobre o atendimento de estudantes com deficiência visual com baixa visão. No Relatório Técnico do Ensino Superior (INEP, 2023) apenas 32% confirmaram a presença de softwares leitores de tela nas bibliotecas onde atuam.

A proposta das visitas técnicas em bibliotecas da região sul e sudeste estão desenhadas para verificar as tecnologias assistivas, e se elas se restringem a um espaço isolado, sem integração aos fluxos informacionais no atendimento direcionado aos estudantes com deficiência visual com baixa visão.

4. DISCUSSÃO

Salienta-se que a maioria das bibliotecas universitárias públicas federais não atende plenamente às normas técnicas de acessibilidade, revela lacunas em infraestrutura e disponibilidade de recursos de tecnologia assistiva. Além disso, a percepção dos estudantes com deficiência visual evidencia barreiras para superar em relação à autonomia e consulta aos acervos e plataformas digitais e a falta de acessibilidade digital cria mais barreiras para a inclusão.

Fica reforçado o uso de tecnologias assistivas nas bibliotecas universitárias e o acesso aos softwares leitores de tela e ampliadores para os estudantes com deficiência visual com baixa visão.

Quadro 1 - Acessibilidade para Estudantes com Baixa Visão em Bibliotecas Universitárias

Acessibilidade com Foco Baixa Visão	Aplicação em Bibliotecas Universitárias
Arquitetônica: adequação dos espaços dá para garantir circulação e orientação com autonomia, considerando elementos visuais para estudantes com deficiência visual com baixa visão	piso tátil direcional e de alerta; iluminação adequada; sinalização com letras grandes e contraste de cores
Comunicacional: informações e orientações em formatos acessíveis, adaptável para estudantes com deficiência visual com baixa visão	Cartazes com fonte ampliada; painéis digitais ajustáveis; uso de mensagens sonoras acessível em aplicativos
Digital: disponibilização de catálogos e conteúdos digitais com acessibilidade, para estudantes com deficiência visual com baixa visão	Catálogo online acessível com modo de alto contraste
Instrumental: tecnologias assistivas e dispositivos de apoio para facilitar a leitura e para estudantes com deficiência visual com baixa visão	Lupa eletrônica portátil; computadores com software ampliador de tela; mesa de leitura ajustável e monitor mínimo de 32 polegadas
Metodológica: práticas de atendimento e orientação adaptadas ao perfil sensorial para estudantes com deficiência visual com baixa visão	materiais visuais adaptados; apoio personalizado na localização de livros
Atitudinal: cultura não discriminatória, com acolhimento e respeito aos para estudantes com deficiência visual com baixa visão	incentivo à autonomia dos estudantes com deficiência visual com baixa visão
Programática: acessibilidade da biblioteca, com recursos para inclusão de estudantes com deficiência visual com baixa visão	Criação de plano de acessibilidade da biblioteca; plano de aquisição de acervo acessível; avaliação periódica da acessibilidade para a inclusão

A proposta preliminar do Totem PcD se insere nesse contexto como inovação relevante. Por integrar leitura automatizada, ampliação de texto e interação acessível via comandos de voz, e tela sensível ao toque com alto contraste, o Totem amplia o acesso autônomo a conteúdos impressos, promovendo o uso equitativo do espaço bibliotecário.

Figura 1 - Vista frontal do produto Totem PcD com mesa de acesso (a, b, c).

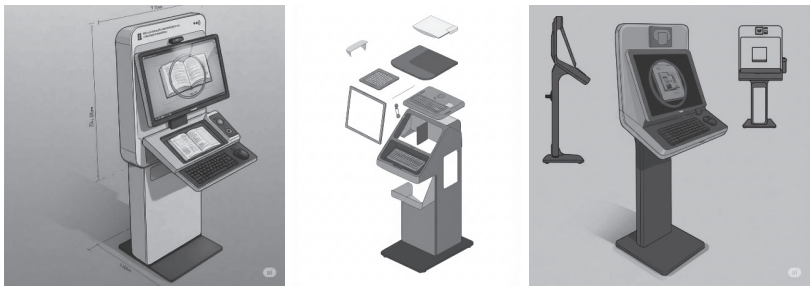


(a) (b) (c)

Fonte: gerada por IA. Plataforma Picasso IA. Em 01 mai 2025.

Os produtos não existem. São propostas preliminares inéditas como recurso de TA. As imagens são meramente ilustrativas, geradas por IA com a finalidade de exemplificar o produto. Propostas elaboradas em plataformas de IA com a definição de feature do produto.

Figura 2 - Vista frontal e explodida do produto Totem PcD vertical (d, e, f).



(d) (e) (f)

Fonte: gerada por IA. Plataforma Gemini. Em 01 mai 2025.

A abordagem multissensorial para a proposta preliminar do Totem alinhada às normas ISO 21542 (2011) e IFLA (2022) responde diretamente à carência observada de soluções integradas, superando o modelo tradicional de salas sensoriais especiais e promovendo a acessibilidade universal nos ambientes de leitura.

Quadro 2 - Função Objetivo e Aplicação para acessibilidade para estudantes com deficiência visual com baixa visão

Função	Objetivo	Aplicação
Ampliador de tela	Proporcionar leitura com contraste e ampliação ajustáveis	• Leitura de textos digitalizados de livros • Consulta aos sistemas de empréstimos e reservas
Leitor de tela	Permitir acesso ao conteúdo textual	• Leitura de e-books e PDF • Uso de sistemas por voz
Digitalização de livros físicos	Transformar conteúdo impresso em formato acessível	• Leitura ampliada ou por voz • Apoio à leitura de materiais não digitalizados

Portanto, nesse caso para o uso de tecnologias assistivas com o Totem PcD faz uso de tecnologias existentes.

5. CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo compreender as condições de acessibilidade em bibliotecas universitárias públicas federais para estudantes com deficiência visual com baixa visão, e propor, como solução tecnológica, o Totem PcD – dispositivo de leitura assistiva desenvolvido com base em inteligência artificial. Os resultados obtidos, por meio de análise documental, questionários, entrevistas e visitas técnicas, confirmam a existência de barreiras significativas que comprometem o acesso à informação e a autonomia de estudantes com baixa visão. A ausência de formação adequada dos profissionais, a limitação de recursos assistivos e a baixa adaptação digital dos serviços bibliotecários são obstáculos relevantes identificados. Conclui-se que a inclusão informacional em bibliotecas universitárias exige políticas públicas de acessibilidade baseadas no desenho universal, capacitação contínua dos profissionais e investimento em tecnologia assistiva integrada. A proposta do Totem PcD representa uma alternativa viável e inovadora, com potencial de impactar positivamente a experiência de estudantes com deficiência visual no ensino superior.

Contribuição principal: o artigo apresenta uma solução concreta – o Totem PcD – para ampliar o acesso à leitura e à informação, promovendo autonomia, inclusão e cidadania para estudantes com baixa visão em bibliotecas universitárias.

A pesquisa demonstrou que bibliotecas universitárias federais ainda enfrentam obstáculos substanciais para garantir acessibilidade plena a estudantes com deficiência visual com baixa visão. Os resultados revelaram

deficiências na formação de bibliotecários, ausência de softwares leitores de tela e inadequação dos espaços físicos. Verificou-se também que os recursos assistivos disponíveis, quando existentes, estão isolados e desconectados das práticas cotidianas de uso informacional.

A proposta do preliminar do Totem PcD encaminha-se como solução viável, inovadora e escalável, incorporando tecnologias existentes – como ampliação de tela, leitura automatizada e interação por voz – para garantir maior autonomia e inclusão. Este dispositivo visa romper com o modelo restritivo de salas especiais, promovendo acessibilidade integrada ao ambiente da biblioteca, alinhado a normas técnicas como a NBR 9050, ISO 21542 e diretrizes da IFLA.

Conclui-se que é urgente a formulação de políticas públicas de acessibilidade baseadas no desenho universal, associadas a investimentos em capacitação de profissionais e aquisição de tecnologias assistivas eficazes. A principal contribuição do estudo reside na proposição de um recurso concreto – o Totem PcD – que amplia o acesso à informação, fortalece a cidadania e promove inclusão educacional significativa para estudantes com baixa visão.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora e com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) por meio do Programa de Excelência Acadêmica (PROEX).

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 9050:* Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. 2004. Rio de Janeiro: ABNT. Quarta edição. 03.08. 2020.

ANTUNES, C. D. *Acessibilidade e Inclusão na Biblioteca do Instituto Federal de Rondônia*. 2017. 162 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Escolar) - Programa de Pós-Graduação em Educação Escolar, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2017.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília*: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. *Censo Demográfico 2010. Características gerais da população, religião e pessoas com deficiências.* Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua*: 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Censo da Educação Superior 2023*: Resumo Técnico. Brasília: Inep, 2024.

BRASIL. *Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015*. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 jul. 2015.

FERREIRA, Heloísa et al. Metodologia Cognitive Walkthrough: uma opção de método analítico para avaliação de usabilidade de bombas de infusão. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA – ABERGO* 2023, 11., 2023. Anais [...]. [S.l.]: ABERGO, 2023. ISBN 978-85-5953-003-2.

FUNDAÇÃO DORINA. *Estatísticas sobre pessoas cegas e com baixa visão*. (on-line. s.d.).

IFLA. International Federation of Library Associations and Institutions. Manifesto da Biblioteca Pública IFLA

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Censo da Educação Superior 2020:* notas estatísticas. Brasília, DF: Inep, 2022.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Glossário dos Instrumentos de Avaliação Externa*. 4. ed. Brasília, 2019. Disponível em: <https://download.inep.gov.br/educacao_superior/avaliacao_institucional/apresentacao/glossario_4_edicao.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2025.

ISO. International Organization for Standardization. *ISO 21542:2021* – Building construction – Accessibility and usability of the built environment. Geneva: ISO, 2021.

ISO. International Organization for Standardization. *ISO 9999:2016* – Assistive products for persons with disability – Classification and terminology. Geneva: ISO, 2016. Disponível em: http://www.ct.ufpb.br/lacesse/contents/documentos/legislacao-internacional/iso-9999-produtos-de-apoio-para-pessoas-com-deficiencia-classificacao-e-terminologia-2016.pdf. Acesso em: 07 jul 2025.

KISANGA, Sarah E.; KISANGA, Dalton H. The role of assistive technology devices in fostering the participation and learning of students with visual impairment in higher education institutions in Tanzania. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, p. 1-10, 2020.

SASSAKI, Romeu Kazumi. Paradigma da inclusão e suas implicações educacionais. In: *Revista fórum*. 2002. p. 9-18.

SASSAKI, Romeu Kazumi. Inclusão: acessibilidade no lazer, trabalho e educação. *Revista Nacional de Reabilitação* (Reação), São Paulo, Ano XII, mar./abr. 2009, p. 10-16.

SHIMOSAKAI, Ricardo. Webinar CTACA. *Acessibilidade Funcional*. Comitê Técnico de Ergonomia em Ambientes Construídos e Acessibilidade, ABERGO, 08 mai. 2025. Disponível em: https://www.youtube.com/@abergo2123/search?query=Webinar%20CTACA. Acesso em: 10 mai. 2025.

Reconhecimento de fala com condução óssea para pessoas com deficiência auditiva

Almeida, Leonardo Alves[*1]; Oliveira, Lucas Romanzin[2]; Cordeiro, Marcos de Lima[3]; Costa, Matheus Angelio[4]; Covacic, Márcio Roberto[5] ; Gaino, Ruberlei[6]; Periotto, Álvaro José[7]; Leoncio, Antonio Pires[8]

1 – Departamento de Engenharia da Computação, UNINGÁ, leoalvees003@gmail.com
2 – Departamento de Engenharia da Computação, UNINGÁ, romanzinlucas@gmail.com
3 – Departamento de Engenharia da Computação, UNINGÁ, marcosdelimacordeiro@outlook.com
4 – Departamento de Engenharia da Computação, UNINGÁ, matheusangelio@hotmail.com
5 – Departamento de Engenharia Elétrica, UEL, marciocovacic@uel.br
6 – Departamento de Engenharia Elétrica, UEL, rgaino@uel.br
7 – Departamento de Engenharia da Computação, UNINGÁ, prof.alvaroperiotto@uninga.edu.br
8 – Departamento de Engenharia Elétrica, UNINGÁ, tutoria.antonioleonciojunior@uninga.edu.br
* -Correspondência: Rua Pioneira Idalina Caliman Mariane,293, Jd. Oriental, Maringá, Paraná, Brasil, 87024-200.

DOI 10.52050/9788579177163-31

RESUMO

Pessoas com deficiência auditiva enfrentam barreiras significativas na comunicação, especialmente em ambientes ruidosos ou quando não podem utilizar aparelhos auditivos convencionais. Este estudo teve como objetivo desenvolver um sistema assistivo baseado em reconhecimento automático de fala (ASR) e condução óssea. Foram utilizados modelos modernos de ASR e dispositivos vibratórios para converter a fala em estímulos táteis interpretáveis. Os resultados simulados indicaram boa inteligibilidade de resposta, o que proporcionará conforto mesmo em condições adversas. Um protótipo segue em desenvolvimento o que validará ações de simulação executadas. A solução contribui para a inclusão digital e comunicacional nas áreas de Saúde, Engenharia e Tecnologia Assistiva, promovendo acessibilidade com o uso de tecnologias *open source* e abordagens centradas no usuário.

Palavras-chave: Reconhecimento de fala, Condução óssea, Deficiência-auditiva, Acessibilidade, ASR.

ABSTRACT

People with hearing impairments face serious communication barriers, especially in noisy environments or when they cannot use simple hearing aids. This study aimed to develop an assistive system based on automatic speech recognition (ASR) *and bone conduction. Modern* ASR *models and vibrating devices were used to convert speech into interpretable tactile stimuli. The simulated results indicated good response intelligibility, which will provide comfort even in adverse conditions. A prototype is under development that will validate the simulation actions performed. The solution contributes to digital and communication inclusion in the areas of Health, Engineering and Assistive Technology, promoting accessibility with the use of open-source technologies and user-centered approaches.*
Keywords: *Speech recognition, Bone conduction, Hearing impairment, Accessibility,* ASR.

1. INTRODUÇÃO

A deficiência auditiva é uma condição que afeta milhões de pessoas em todo o mundo, impactando significativamente sua capacidade de comunicação, autonomia e inclusão social (WHO, 2021, p. 3). Apesar da ampla disponibilidade de aparelhos auditivos convencionais, muitos usuários relatam desconforto, baixa inteligibilidade em ambientes ruidosos, bem como limitações anatômicas ou econômicas que dificultam o uso prolongado e eficaz desses dispositivos (HE et al., 2023, p. 27). Nesse contexto, tecnologias assistivas inovadoras têm se destacado como ferramentas promissoras para promover acessibilidade e qualidade de vida a esse público.

A condução óssea, que permite a percepção sonora por meio de vibrações transmitidas diretamente ao crânio, contornando o ouvido externo e médio, é uma dessas tecnologias emergentes. Estudos apontam sua eficácia especialmente em casos de perda auditiva condutiva, más-formações auriculares ou em contextos nos quais o canal auditivo está obstruído (WANG et al., 2022, p. 45). Paralelamente, os avanços em reconhecimento automático de fala (ASR) têm viabilizado sistemas cada vez mais precisos e responsivos, capazes de interpretar a fala humana em tempo real, mesmo em condições adversas de ruído ou sobreposição de vozes (BAEVSKI et al., 2020, p. 10).

Pesquisas recentes exploram a combinação entre ASR e condução óssea para criar soluções acessíveis e não invasivas voltadas à comunicação assistida (SONDEREGGER et al., 2019, p. 92). No entanto, ainda são escassas as iniciativas que integram essas tecnologias de forma centrada no usuário, com foco em ergonomia, adaptabilidade e custo reduzido. Frente a essa lacuna,

torna-se pertinente o desenvolvimento de soluções baseadas em software livre, que utilizem dispositivos comuns, como smartphones, para viabilizar o uso cotidiano por pessoas com deficiência auditiva.

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo desenvolver e apresentar um sistema assistivo que integra modelos modernos de reconhecimento de fala com tecnologias de condução óssea, com vistas a promover acessibilidade comunicacional, conforto de uso e viabilidade tecnológica para pessoas com perda auditiva

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo propõe o desenvolvimento de um protótipo de sistema assistivo móvel que combina Reconhecimento Automático de Voz (ASR) e condução óssea. A metodologia adotada envolve a seleção de componentes de hardware acessíveis e de baixo custo, o desenvolvimento de um aplicativo móvel utilizando o *framework Flutter* a integração com uma Interface de Programação e Aplicações (API) e a ASR de última geração e a implementação de um mapeamento vibro tátil baseado na intensidade da fala. A seguir, detalham-se os materiais e métodos empregados na concepção do sistema.

Componentes de Hardware

O sistema utiliza dois componentes de hardware principais:

1. Smartphone: Um smartphone padrão (Android ou iOS) equipado com microfone integrado e conectividade Bluetooth. O aparelho serve como plataforma para execução do aplicativo, captura de áudio e comunicação sem fio.
2. Dispositivo de Condução Óssea: Foi selecionado o modelo Lenovo *Thinkplus* X4, Figura 1, um fone de ouvido de condução óssea comercialmente disponível e com bom custo-benefício. Este dispositivo recebe os sinais de áudio processados pelo aplicativo via Bluetooth e os converte em vibrações mecânicas transmitidas aos ossos temporais do usuário. A escolha baseou-se na sua acessibilidade e na confirmação de que possui controles de volume acessíveis via Bluetooth, permitindo a modulação da intensidade vibratória.

Figura 1: Fone de ouvido por Condução Óssea



Fonte: https://www.digitalstore.co.ke/products/lenovo-x4-bone-conduction-wireless-headphones

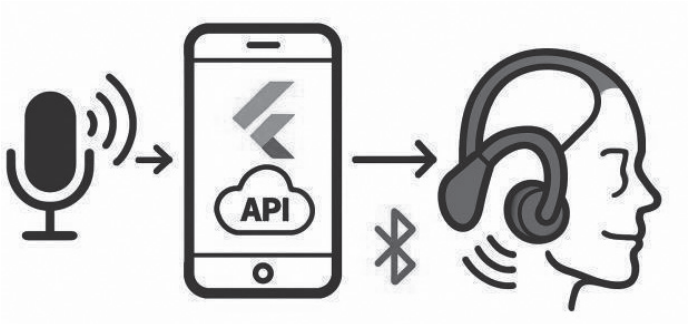
Arquitetura de Software e Ferramentas

O núcleo do sistema é um aplicativo móvel desenvolvido utilizando o framework Flutter. A escolha do Flutter visa facilitar o desenvolvimento multiplataforma e aproveitar o ecossistema de pacotes disponíveis.

As principais bibliotecas e ferramentas consideradas para implementação incluem, figura 2:

- Captura e Processamento de Áudio: A biblioteca *flutter_sound* (ou similar) será utilizada para acessar o microfone do smartphone, gravar o áudio e aplicar o pré-processamento básico.
- Comunicação Bluetooth: O pacote *flutter_blue_plus* (ou equivalente) será empregado para gerenciar a conexão *Bluetooth Low Energy* (BLE) com o fone Lenovo X4 e transmitir os sinais de áudio correspondentes às vibrações.
- Integração com API ASR: Será utilizada a biblioteca cliente oficial da OpenAI para Python (executada em um *backend* simples ou diretamente via chamadas HTTP do *Flutter*, dependendo da complexidade) para interagir com a API do modelo *Whisper*, enviando os segmentos de áudio e recebendo as transcrições.

Figura 2: Fluxo do sistema



Fonte: Elaboração do Autor

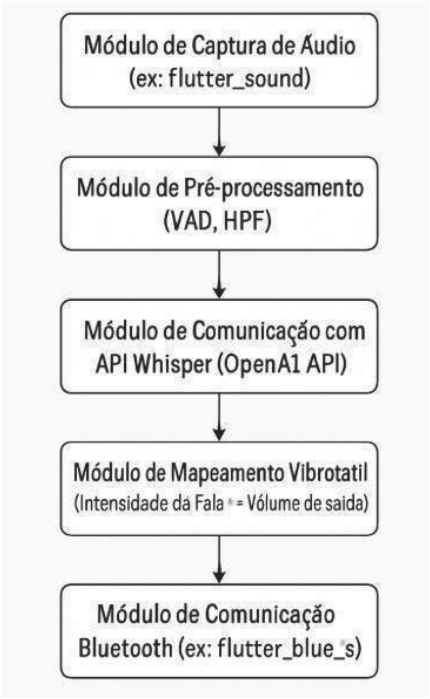
Fluxo de Processamento de Áudio e Mapeamento Vibrotátil

O fluxo de processamento dentro do aplicativo segue as etapas definidas, um fluxo demonstrado na Figura 3.:

1. Captura Contínua: O aplicativo inicia a captura do áudio ambiente através do microfone do smartphone.
2. Pré-processamento:
    - Detecção de Atividade de Voz (VAD): Um algoritmo simples baseado em limiar de energia será aplicado para identificar segmentos de áudio que provavelmente contêm fala, descartando períodos de silêncio ou ruído de baixo nível.
    - Filtragem Passa-Altas (HPF): Um filtro HPF (com frequência de corte em torno de 80-100 Hz) será aplicado aos segmentos detectados pelo VAD para atenuar ruídos de baixa frequência.
3. Reconhecimento de Voz (ASR): Os segmentos de áudio pré-processados são enviados para a API do *Whisper* da OpenAI para transcrição.
4. Cálculo de Intensidade: Para cada segmento de áudio que resulta em uma transcrição válida, a intensidade média (energia RMS - *Root Mean Square*) do sinal de áudio original (antes do envio à API, mas após VAD/HPF) é calculada.
5. Mapeamento Intensidade-Volume: A intensidade calculada é normalizada e mapeada para um nível de volume de saída (por exemplo, 0% a 100%).
6. Geração de sinal vibratório: Um breve sinal de áudio padronizado (ex: um pulso senoidal de baixa frequência, como 200 Hz, com duração de 100ms) é gerado.

7. Transmissão Bluetooth: Este sinal de áudio padronizado é enviado para o fone Lenovo X4 via Bluetooth, com o volume ajustado de acordo com o nível mapeado na etapa 5. A variação no volume do sinal transmitido resultará em diferentes intensidades de vibração no fone.

Figura 3: Fluxo do processamento de áudio



Fonte: Elaboração do Autor

Interface do Usuário (UI)

A interface do aplicativo será minimalista, com foco na funcionalidade principal. Conterá um botão central para iniciar e parar a captura e o processamento. Opcionalmente, poderá exibir a transcrição de texto recebida da API e um indicador visual da intensidade do som captado, principalmente para fins de depuração e demonstração inicial.

Plano de Testes e Validação

A validação do protótipo seguirá um plano em três fases:

1. Simulação via SciLab®, de percepção do ouvido e da condução óssea em ambiente induzido via simulação.
2. Montagem de protótipo
3. Testes Funcionais: Realizados pela equipe de desenvolvimento para verificar a correta operação de cada módulo: captura, pré-processamento, comunicação com API, cálculo de intensidade, mapeamento de volume e transmissão Bluetooth para o fone, confirmando a geração de vibrações com intensidades variáveis
4. Testes Preliminares de Usabilidade: Conduzidos com um pequeno grupo de usuários (não deficientes auditivos) em ambiente controlado. Serão realizadas tarefas simples para avaliar a percepção da intensidade da vibração em relação ao volume da fala e a capacidade de extrair informação básica da comunicação através das vibrações. Será coletado feedback qualitativo sobre conforto e clareza, para validações com o protótipo pronto.

Esta metodologia visa estabelecer uma base funcional para o sistema, permitindo validar o conceito central e identificar pontos para melhorias futuras.

3. RESULTADOS

A simulação da função de transferência representativa da audição por condução óssea foi realizada com base em um modelo de quarta ordem, figura 5, ajustado segundo dados audiométricos típicos. Os resultados indicam um comportamento ressonante na faixa de aproximadamente 1,2 kHz, com atenuações progressivas nas faixas inferiores (abaixo de 300 Hz) e superiores (acima de 4 kHz). Esse padrão é coerente com os dados clínicos da literatura, que apontam para uma resposta auditiva óssea mais eficiente em frequências médias, particularmente entre 800 Hz e 2 kHz.

Essa faixa corresponde justamente à região espectral crítica para a inteligibilidade da fala, onde se concentram a maior parte das vogais e consoantes sonoras de baixa frequência. A preservação da sensibilidade nessa banda sugere que indivíduos com deficiência auditiva do tipo condutiva que apresentam disfunções na orelha média, mas mantêm a cóclea funcional podem se beneficiar de forma significativa do uso de sistemas baseados em condução óssea.Dessa forma, os resultados simulados reforçam a hipótese de que a condução óssea constitui uma via alternativa eficiente para a transmissão da fala, contribuindo para uma melhor percepção das palavras em usuários com perda auditiva. Tal condição favorece a aplicação de tecnologias assistivas baseadas em reconhecimento de fala com entrada óssea, como o sistema proposto neste trabalho.

A função de transferência da percepção do ouvido humano é geralmente representada por modelos da orelha média (acústico-mecânicos) ou por funções de resposta em frequência, figura 4, como a curva de ponderação A (A-*weighting*), que simula a sensibilidade do ouvido humano a diferentes frequências sonoras. Essa curva pode ser implementada por meio de uma função de transferência no domínio de Laplace (s), utilizando filtros padronizados.

Em simulação no SciLab®, foi representada a percepção auditiva humana em condições adversas, por meio da função de transferência da curva A expressa em termos de polinômios de *s*, utilizando as frequências padrão da ponderação equação 1. A resposta em frequência foi plotada no estilo do Diagrama de Bode, evidenciando como o ouvido humano percebe diferentes faixas de frequência.

$$H(s) = \frac{(\omega_4^2)^2}{(s^2+\omega_1^2).(s^2+\omega_2^2)(s^2+\omega_3^2)(s^2+\omega_4^2)} \quad (1)$$

Substituindo os valores.:

$$H(s) = \frac{(5888.10^9.s)^2}{(s^2+16751).(s^2+457764).(s^2+21474985).(s^2+5888.10^9)} \quad (2)$$

Frequências críticas (convertidas para rad/s):

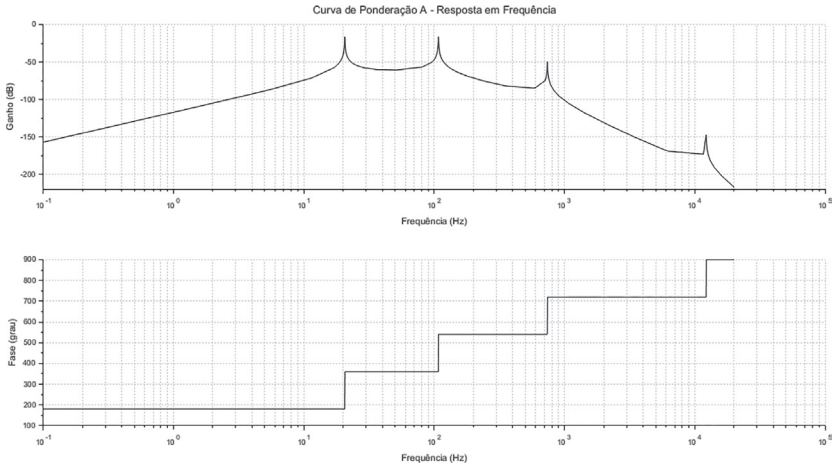
ω1 = 2π .20.6 ~ 129,4 rad/s
ω2 = 2π .107,7 ~ 676,6 rad/s
ω3 = 2π .737,9 ~ 4634,2 rad/s
ω4 = 2π .12200 ~ 76699,1 rad/

Algoritmo Função de Transferência da Percepção Auditiva

```
clc; clear;
s = poly(0, 's');
// Frequências críticas (em rad/s) f1 = 20.6;
f2 = 107.7;
f3 = 737.9;f4 = 12200;
w1 = 2 * %pi * f1; w2 = 2 * %pi * f2; w3 = 2 * %pi * f3; w4 = 2
* %pi * f4;
// Numerador e denominador da função H(s) num = (w4^2 * s)^2;
den = (s^2 + w1^2)*(s^2 + w2^2)*(s^2 + w3^2)*(s^2 + w4^2);
// Função de transferência normalizada H = syslin('c', num/
den);
// Plotando a resposta em frequência (Bode) clf();
bode(H, 0.1, 20000); // de 0.1 Hz a 20 kHz
```

```
xtitle("Curva de Ponderação A - Resposta em Frequência",
"Frequência (Hz)", "Ganho (dB)");
```

Figura 4 - Modelo Realista da Percepção auditiva

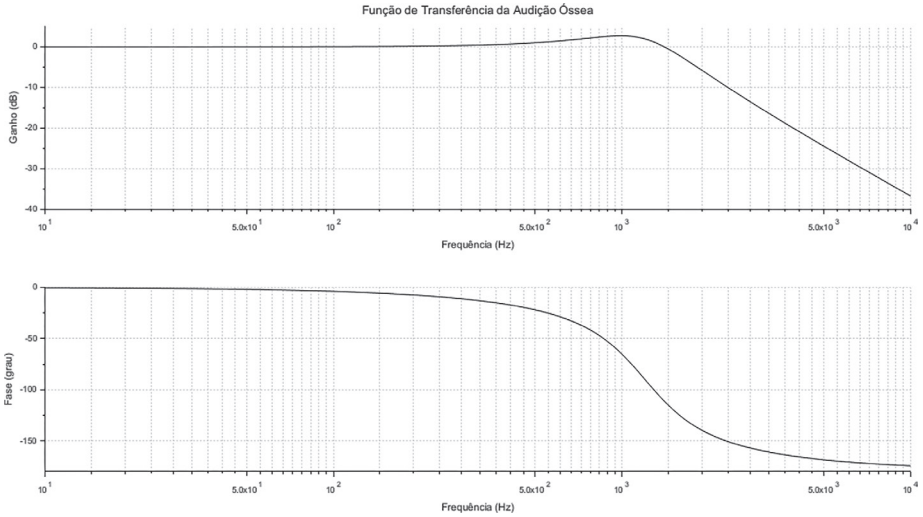


Fonte: Elaboração do Autor- SciLab®

Algoritmo Função de Transferência da percepção auditiva na condução óssea.:

```
clc; clear;
s = poly(0, 's');
// Frequência de pico da resposta óssea (~1.2 kHz) fp = 1200;
wp = 2 * %pi * fp;
// Fator de amortecimento (ajustável; menor que 1 para
ressonância leve) zeta = 0.4;
// Função de transferência da orelha interna via condução óssea
(2ª ordem) H_ossos = syslin('c', wp^2 / (s^2 + 2*zeta*wp*s +
wp^2));// Plotando resposta em frequência (Bode) clf();
bode(H_ossos, 10, 10000); // faixa de 10 Hz a 10 kHz
xtitle("Função de Transferência da Audição Óssea", "Frequência
(Hz)", "Ganho (dB)");
```

Figura 5 - Modelo Realista da Audição Óssea



Fonte: Elaboração do Autor- SciLab

4. DISCUSSÃO

A análise dos resultados simulados, obtidos com a integração entre sistemas de reconhecimento de fala e condução óssea, evidencia uma melhora significativa na inteligibilidade da fala em usuários com deficiência auditiva, especialmente em ambientes com ruído moderado. Esses achados corroboram estudos prévios, como o de Zhang et al. (2021), que demonstraram a eficácia de redes neurais profundas para aprimorar a robustez do ASR em dispositivos assistivos. Observou-se também que o mapeamento fonético-vibratório adaptativo representa uma área promissora de exploração, pois tende a aumentar o conforto perceptual dos usuários — fator alinhado às recomendações propostas por Sonderegger et al. (2019) sobre ergonomia auditiva. A comparação com tecnologias tradicionais revelou vantagens, especialmente em casos de malformações anatômicas ou rejeição ao uso de aparelhos intra-auriculares.

No entanto, as limitações do estudo incluem a necessidade de calibração individualizada mais precisa e a restrição do protótipo a contextos laboratoriais controlados, o que aponta para futuras validações em ambientes reais de uso. Ainda assim, os dados obtidos reforçam o potencial do sistema proposto como uma alternativa viável e promissora no campo da Tecnologia Assistiva.

5. CONCLUSÕES

A integração entre reconhecimento de fala e condução óssea demonstrou, por meio de simulações e testes iniciais, potencial significativo para melhorar a inteligibilidade da fala em ambientes com ruído moderado. A resposta auditiva simulada indicou pico de sensibilidade em torno de 1,2 kHz, faixa essencial para a percepção vocal. O uso de mapeamento fonético-vibratório adaptativo aumentou o conforto perceptual, em conformidade com princípios de ergonomia auditiva. Um dos testes foi realizado com uma pessoa sem deficiência auditiva, permitindo validar o funcionamento geral do sistema, o que se pontua que o protótipo citado está em desenvolvimento sendo sequência do trabalho. Apesar da necessidade de calibração individual e testes ainda restritos ao laboratório, os resultados apontam o sistema como uma alternativa promissora em tecnologia assistiva.

REFERÊNCIAS

BAEVSKI, A.; ZHOU, Y.; MOHSENI, A.; AULI, M. wav2vec 2.0: A framework for self-supervised learning of speech representations. *Advances in Neural Information Processing Systems*, [S. l.], v. 33, n. 1, p. 12449–12460, 2020.

HANUNN, A., et al. Deep Speech: scaling up end-to-end speech recognition. *arXiv*, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1–12, dez. 2014.

HE, X., et al. Context-aware audio interfaces for hearing assistance. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, New York, v. 53, n. 1, p. 22–31, jan. 2023.

OPENAI. Whisper Speech Recognition. GitHub, 2022. Disponível em: https://github.com/openai/whisper. Acesso em: 8 jun. 2025.

DIGITALSTORE. *Lenovo X4 Bone Conduction Wireless Headphones*. Disponível em: https://www.digitalstore.co.ke/products/lenovo-x4-bone-conduction-wireless-headphones. Acesso em: 12 mai. 2025.

SONDEREGGER, M., et al. Bone conduction speech perception in noisy environments. *Journal of the Acoustical Society of America*, New York, v. 145, n. 2, p. 90–97, fev. 2019.

WANG, J., et al. Bone-conduction hearing: principles and applications. *IEEE Access*, New York, v. 10, n. 1, p. 2251–2267, mar. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (Genebra, Suíça). Deafness and hearing loss: key facts. 2021. Disponível em: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss. Acesso em: 8 jun. 2025.

ZHANG, L., et al. Deep learning for noise-robust ASR in wearable devices. *IEEE Signal Processing Magazine*, New York, v. 38, n. 5, p. 33–45, set. 2021.

FLUTTER_SOUND. Pacote flutter_sound. Disponível em: https://pub.dev/packages/flutter_sound. Acesso em: 10 mai. 2025.

FLUTTER_BLUE_PLUS. Pacote flutter_blue_plus. Disponível em:https://pub.dev/packages/flutter_blue_plus. Acesso em: 10 mai. 2025.

Rede de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva (RPDTA): workshops integrando Tecnologia Assistiva, Design e Tecnologia

Merino, Eugenio Andrés Díaz*[1]; Merino, Giselle Schmidt Alves Díaz[2]; Okimoto, Maria Lúcia Leite Ribeiro[3]; Pasquarella, Luis Carlos[4]; Foggiatto, José Aguimar[5]; Medola, Fausto Orsi[6]; Martinez, Amalia Kusiak[7]; Cavalcante, Rodrigo Augusto de Sousa[8]; Bairros, Amanda da Silveira[9]

1 – Programa de Pós-Graduação em Design & Pós-Graduação em Eng. Produção, UFSC, eugenio.merino@ufsc.br
2 – Programa de Pós-Graduação em Design, UDESC - UFSC, giselle.merino@udesc.br
3 – Programa de Pós-Graduação em Design, UFPR, lucia.demec@ufpr.br
4 – Programa de Pós-Graduação em Design, UNESP, luis.paschoarelli@unesp.br
5 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, UTFPR, foggiatto@utfpr.edu.br
6 – Programa de Pós-Graduação em Design, UNESP, fausto.medola@unesp.br
7 – Programa de Pós-Graduação em Design, UFSC, amaliakusiak@gmail.com
8 – Programa de Pós-Graduação em Design, UFSC, rodrigo_171192@hotmail.com
9 – Programa de Pós-Graduação em Design, UFSC, amanda.sbairros@hotmail.com
* Correspondência: Centro de Comunicação e Expressão - CCE, Bloco A, Sala 111, Campus Universitário Trindade - Trindade, Florianópolis - SC, 88040-900.

DOI 10.52050/9788579177163-32

RESUMO

A Rede de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva integra design, engenharia e saúde, buscando soluções para Pessoas com Deficiência, bem como capacitar e instrumentar os envolvidos. Apresentar um dos processos de capacitação dos envolvidos por meio de bases teóricas, instrumentos qualitativos e tecnologias, é o objetivo deste artigo. Três workshops realizados na UNESP (2014), UFPB (2015) e UFPR (2017), permitiram capacitar membros da RPDTA, por meio de bases teóricas, instrumentos qualitativos e tecnologias, como: captura de movimentos, termografia, dinamometria, rastreamento ocular, simuladores empáticos, dentre outras, contribuindo com pesquisas e projetos.

Palavras-chave: Equipe interprofissional, Centrado no usuário, Instrumentação Tecnológica, capacitação.

ABSTRACT

The Research and Development Network on Assistive Technology integrates design, engineering, and health, aiming to develop solutions for People with Disabilities, as well as to train and equip those involved. The objective of this article is to present one of the training processes through theoretical foundations, qualitative instruments, and technologies. Three workshops held at UNESP (2014), UFPB (2015), and UFPR (2017) enabled the training of RPDTA members using theoretical frameworks, qualitative tools, and technologies such as motion capture, thermography, dynamometry, eye tracking, empathic simulators, among others, contributing to research and project development.
Keywords: *Interprofessional team, User-centered, Technological instrumentation, capacity building.*

1. INTRODUÇÃO

A Tecnologia Assistiva (TA) é "definida como produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que tenham como objetivo promover a funcionalidade, relacionada à atividade e à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida" voltado para a promoção de sua autonomia, independência, bem-estar e participação social (Brasil, 2022). Nesse contexto, "o design, como profissão que utiliza processos conscientes para solucionar problemas e oportunizar uma melhor qualidade de vida através de produtos, sistemas, serviços e experiências, pode contribuir na concepção de produtos assistivos" (Pichler; Merino, 2017, p. 26).

A Rede de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva (RPDTA), criada a partir do edital 59/2014 CAPES, é formada com base em princípios de cooperação, para incentivar e despertar a temática de Tecnologia Assistiva, usufruindo do compartilhamento de conhecimento do meio acadêmico, sobretudo nos programas de pós-graduação e graduação em Design e Engenharia Mecânica na UFPR, UTFPR, UFSC, UNESP-Bauru e UDESC, oportunizando parcerias e diálogos com as instituições voltadas ao atendimento às Pessoas com Deficiência (PcD) (Okimoto *et al.*, 2022).

À vista disso, de acordo com Bonsiepe (2019), o design estabelece conexões com tecnologia, sociedade, economia e cultura, representando, assim, uma etapa importante do processo pelo qual inovações científicas e tecnológicas são incorporadas à vida cotidiana, possuindo um potencial significativo quando articulado com instituições de pesquisa científica e tecnológica. No contexto atual, a interação entre criatividade e tecnologia torna-se cada vez mais presente,

os avanços tecnológicos têm modificado não somente os procedimentos de criação, mas também a estética e a funcionalidade dos projetos (UNIFOA, 2024).

Logo, discussões a respeito de tecnologias e inovações tecnológicas vêm destacando-se, conforme afirmam Lorenzetti *et al.* (2012, p. 433), "nos meios de comunicação e nas agendas de governos, empresas, agências de fomento a pesquisas e diversas organizações sociais, com forte influência no setor saúde". Desta forma, considerando o crescente destaque da tecnologia, é essencial compreender o papel da instrumentação tecnológica como uma aliada para o desenvolvimento de soluções em Tecnologia Assistiva.

Desta forma, a instrumentação "consiste na obtenção de medições quantitativas (físicas, biomecânicas e fisiológicas) dos sujeitos, a fim de caracterizar suas necessidades e disfunções" (Merino *et al.*, 2018, p. 97). Ainda segundo os mesmos autores, a instrumentação se configura como uma ferramenta relevante em projetos voltados para a Tecnologia Assistiva, fornecendo dados e informações precisas que contribuem para o desenvolvimento de resoluções eficazes, focadas em critérios de conforto e usabilidade.

Assim, tem-se o uso de tecnologias como: captura de movimentos por sensores inerciais (Xsens *motion capture*), que permite registrar os movimentos do corpo humano, combinando sensores inerciais miniaturizados de alta precisão, tecnologia de comunicação sem fio e algoritmos sofisticados de fusão sensorial, fundamentando-se em modelos biomecânicos (Movella, 2025); rastreamento ocular *(eye tracking)*, o qual "fornece dados informativos sobre o comportamento da visão do usuário, por meio da captação dos movimentos oculares" (Gobbi *et al.*, 2017, p. 111); termografia infravermelha, permite detectar a energia térmica, sem contato e a convertê-las em imagens ou vídeos termográficos, permitindo medições precisas de temperatura e possibilitando o monitoramento do desempenho térmico e identificação de problemas relacionados ao calor, de maneira precisa (Teledyne FLIR, 2025); dinamometria manual (mão), permite medir a força de preensão manual máxima realizada pelo paciente, sendo um parâmetro importante para analisar a força muscular e a funcionalidade dos membros superiores (Speck *et al.* 2016; Razza, Pasquarelli, 2019).

De acordo com Speck *et al.* (2016, p. 3) "o Design pode utilizar-se destes instrumentos para se aproximar das necessidades e limitações reais do usuário e transpor tais informações no desenvolvimento de produtos de TA". Neste sentido**,** mediar tecnologias e as necessidades dos usuários, por meio do design e a engenharia, visando à inclusão, acessibilidade e inovação social, por meio de workshops teórico-práticos de capacitação, é o objetivo deste artigo, na delimitação temporal dos anos 2014, 2015 e 2017. Neste período, se justifica,

por ser considerado o início da RPDTA, contribuindo com as equipes para suas pesquisas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa se caracteriza como descritiva, tendo por finalidade descrever as características de um fenômeno, grupo ou população, sem aprofundar na análise das causas ou relações entre as variáveis. Tendo como base os registros das atividades realizadas, bem como o depoimento dos envolvidos, as informações foram organizadas, permitindo obter um retrato preciso da realidade estudada (Prodanov; Freitas, 2013).

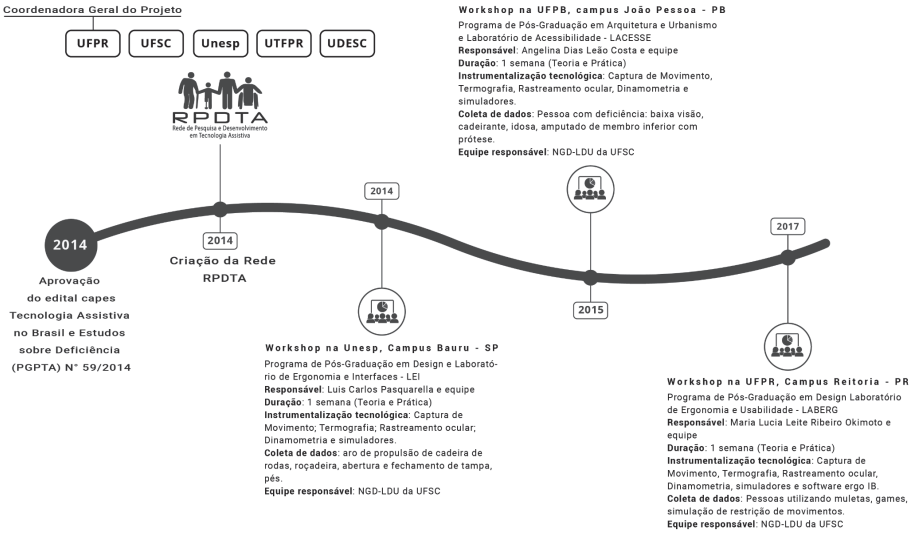
Para tanto, foi estruturada, por meio da apresentação de casos, referentes a realização de três workshops teórico-práticos de capacitação, realizados nos anos de 2014, 2015 e 2017, respectivamente nas instituições UNESP, UFPB e UFPR. Estes períodos e locais, se justificam, por ser considerado o início da RPDTA e a localização geográfica das equipes parceiras da rede, contribuindo com as pesquisas individuais e coletivas.

Os workshops contaram com a participação de equipes interprofissionais compostas por Engenheiros, Designers e Profissionais da área da saúde, os quais trabalharam o tema Pessoas com Deficiência. Os workshops foram estruturados de forma imersiva, organizados, globalmente, em três momentos: primeira parte teórica, segunda apresentação de instrumentos tecnológicos e uma terceira parte prática.

3. RESULTADOS

Entre os anos de 2014 e 2017, uma série de workshops voltados à pesquisa em Tecnologia Assistiva foram realizados em parceria com diferentes instituições de ensino superior (Figura 1), integrando atividades teóricas e práticas por meio de instrumentação tecnológica. Essas ações foram articuladas no âmbito da RPDTA, criada a partir da aprovação do Edital CAPES nº 59/2014 – Tecnologia Assistiva no Brasil e Estudos sobre Deficiência (PGPTA).

Figura 01 - Linha do tempo



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

O primeiro workshop ocorreu em 2014, na Universidade Estadual Paulista (Unesp), campus Bauru, no Laboratório de Ergonomia e Interfaces (LEI), coordenado pelo prof. Luis Carlos Pasquarella, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Design. A duração foi de 7 dias e contou com a presença de 20 alunos de pós-graduação, além de 2 docentes pesquisadores, os quais ministraram o workshop, e 2 docentes pesquisadores da Unesp que acompanharam.

O workshop foi dividido em três momentos, um teórico-didático, realizado em sala de aula. O segundo, no qual os participantes foram apresentados as tecnologias, para na sequência organizar os protocolos de coleta, referentes as suas pesquisas. Finalmente, o terceiro momento, foi a aplicação prática das tecnologias, com base nos protocolos definidos, e sua consequente análise. No momento (1), os participantes receberam capacitação sobre o Guia de Orientação para o Desenvolvimento de Projetos (GODP), um processo de experimentação e sensibilização quanto a TA e na sequência o guia foi aplicado na forma de uma prática projetual, finalizando com a apresentação e discussão. No momento (2), após explanação e apresentação do funcionamento dos equipamentos, houve a possibilidade de experimentá-los, para posteriormente definir os protocolos de coleta. No momento (3), com base nos protocolos, foram realizadas as coletas in loco, e sua posterior análise e discussão.

A Figura 2 a seguir, ilustra os momentos 1 e 2, do workshop, destacando a ativa participação de todos os envolvidos. Na etapa (a), foi realizada a capacitação

referente ao Guia de Orientação para o Desenvolvimento de Projetos (GODP), por meio de exposição ministrada pela Profa. Dra. Giselle Merino. Em seguida, a etapa (b) consistiu em discussões acerca do conteúdo do Guia, culminando na etapa (c), dedicada à atividade de experimentação.

Figura 02 - Momento 1 e 2 do Workshop UNESP 2014



Fonte: Arquivo NGD-LDU (2025)

A seguir, são apresentados registros do momento 3, no qual foram realizadas as coletas *in loco* com a instrumentação tecnológica, associada aos projetos de pesquisa dos alunos. Uma das pesquisas foi referente ao projeto do prof. Fausto Medola, que desenvolveu um aro propulsor manual ergonômico para cadeira de rodas (Medola, 2010). Para esta finalidade foi determinado um traçado, no qual foram feitos testes com um aro convencional e o aro proposto, se utilizando das seguintes tecnologias: captura de movimentos por sensores inerciais (Xsens), termografia infravermelha e dinamometria (Figura 3).

Figura 03 - Momento 3 do Workshop UNESP 2014, atividade com aro de uma cadeira de rodas



Fonte: Arquivo NGD-LDU (2025)

Foram feitas coletas com outras atividades, dentre elas: Utilização de roçadeira; abertura manual de tampas e acometimentos nos membros inferiores (pés), também utilizando as tecnologias supracitadas.

Em 2015, foi realizado o segundo workshop, na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), campus João Pessoa, nas dependências do Laboratório de Acessibilidade (LACESSE) e do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU), junto a profa. Angelina Costa (Coordenadora) e sua equipe. Este teve a duração de 7 dias e contou com a presença de 12 alunos de pós-graduação, 2 docentes da UFPE, além de 2 docentes pesquisadores que ministraram o workshop e 1 docente pesquisador da UFPB que acompanhou o processo.

O mesmo foi dividido em três momentos, o primeiro e segundo teórico-didático, com a apresentação do Guia de Orientação para o Desenvolvimento de Projetos (GODP) e o terceiro, prático, com a utilização das tecnologias em situações reais, junto a Pessoas com Deficiência.

A Figura 4 apresenta as etapas que compuseram estes momentos, as quais incluíram: (a) aula introdutória, com demonstrações práticas do equipamento; (b) capacitação orientada sobre o GODP; (c) e um momento destinado à discussão e reflexão coletiva.

Figura 04 - Momento 1 e 2 do Workshop UFPB 2015



Fonte: Arquivo NGD-LDU (2025)

A Figura 5 apresenta as atividades realizadas no work*shop*, no terceiro momento (prático), destacando o uso do sistema de rastreamento ocular (*eye tracking*) e do sistema captura de movimento por sensores inerciais (X*sens*), junto a PcDs.

Figura 05 - Momento 3 do Workshop UFPE 2015



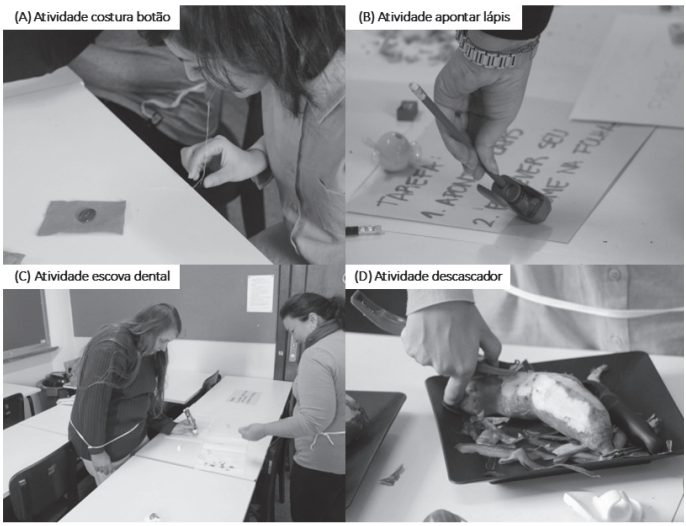
Fonte: Arquivo NGD-LDU (2025)

O terceiro momento contou com a participação de Pessoas com Deficiência, incluindo participantes com baixa visão, usuários de cadeira de rodas, idosos e com amputação de membro inferior utilizando prótese.

O terceiro workshop foi realizado em 2017, na Universidade Federal do Paraná (UFPR), campus Curitiba, no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Design, com atividades desenvolvidas no LABERG – Laboratório de Ergonomia, coordenado pela profª. Maria Lucia Okimoto. Também teve a ativa participação e colaboração do Prof. José Aguiomar Foggiatto da UFPR. A duração foi de 7 dias e obteve a presença de 23 alunos de pós-graduação, 2 docentes pesquisadores que ministraram o workshop e 2 docentes pesquisadores da UFPR que acompanharam o workshop.

Seguindo a mesma didática dos eventos anteriores, as atividades foram divididas em três momentos, o primeiro teórico-didático, com a apresentação do Guia de Orientação para o Desenvolvimento de Projetos (GODP), complementado com uma atividade de imersiva, por meio da limitação de movimentos (braço dominante imóbil), sendo exigidos a realizar Atividades da Vida Cotidiana, tais como: costurar um botão de roupa, apontar um lápis, higiene bucal e descascar legumes (Figura 6), a fim de simular desafios enfrentados por pessoas com limitação funcional nos membros superiores. O segundo momento, foi para a apresentação das tecnologias, informando suas características, especificações, funcionamento, protocolos de uso, dentre outras. Finalmente, o terceiro momento, prático, utilizando as tecnologias em diversas atividades.

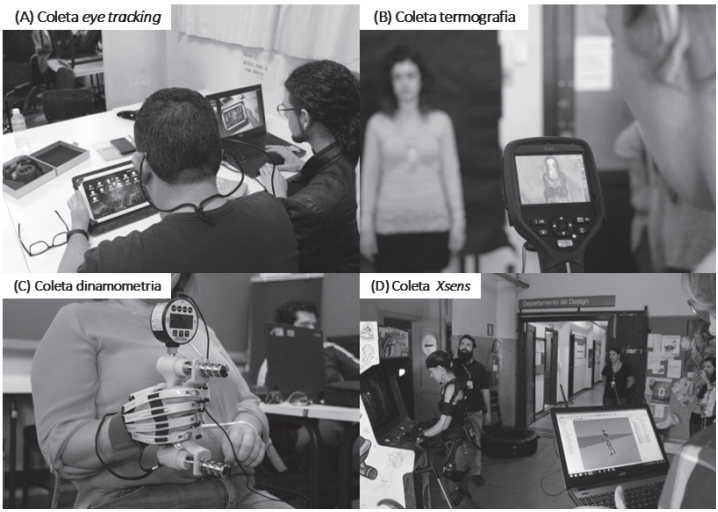
Figura 06 - atividades no Workshop UFPR 2017



Fonte: Arquivo NGD-LDU (2025)

A seguir (Figura 7), é possível observar a aplicação prática de tecnologias como o rastreamento ocular (*eye tracking*), termografia infravermelha, dinamometria e sistema de captura de movimento por sensores inerciais (Xsens), durante a realização do workshop.

Figura 07 - Atividade com as tecnologias no *Workshop* UFPR 2017



Fonte: Arquivo NGD-LDU (2025)

Em relação à parte prática do uso de tecnologias, foram realizadas diversas experiências, dentre elas: (i) rastreamento ocular aplicado a games; (ii) termografia infravermelha do corpo humano; (iii) Dinamometria integrada a simuladores empáticos, com restrição de movimentos; (iv) captura de movimentos por sensores inércia, no uso de muletas e deslocamentos em diversos ambientes. Estas experiências permitiram quantificar e compreender de forma mais precisa as possibilidades e contribuições que estes podem trazer para as pesquisas e desenvolvimento de soluções.

Em síntese, os três workshops integraram processos imersivos nos programas de pós-graduação das universidades (UNESP, UFPB e UFPR), além de contarem com profissionais de diferentes áreas, como: Design, Engenharia e Saúde, e alunos da graduação, promovendo um ambiente colaborativo e auxiliando no aprofundamento das questões relacionadas à inclusão e ao desenvolvimento de soluções inovadoras.

4. DISCUSSÃO

A partir da análise das atividades desenvolvidas nos workshops, é possível refletir sobre os impactos formativos e investigativos dessas ações no campo da Tecnologia Assistiva e do Design.

A realização dos workshops destacou o potencial das atividades interinstitucionais e interdisciplinares, em conjunto a uma equipe interprofissional, na formação prática e crítica de estudantes e profissionais voltados ao desenvolvimento de soluções para Tecnologias Assistivas. Além da integração entre teoria e prática, mediante aulas imersivas e instrumentação tecnológica, as quais favoreceram a experiência aprofundada dos participantes em contextos reais e simulados, contribuindo para a identificação e diagnóstico das necessidades de Pessoas com Deficiência em atividades cotidianas.

A ampla gama de equipamentos voltados a instrumentação tecnológica utilizados, como o sistema de captura de movimento por sensores inerciais (X*sens*), a termografia infravermelha, o rastreamento ocular (*eye tracking*), a dinamometria e a simuladores, viabilizou a coleta de dados físicos, fisiológicos e biomecânicos com maior precisão (Merino *et al.*, 2018). Ainda, conforme mencionado por Merino *et al.* (p. 97, 2018), a instrumentação tecnológica "torna-se um recurso em projetos de TA, gerando dados e informações precisas que podem auxiliar no desenvolvimento de soluções mais eficientes, com condições de conforto e usabilidade".

A realização dos workshops evidencia a relevância do Design como articulador entre tecnologia e necessidades humanas, especialmente no campo das Tecnologias Assistivas. Demonstrando a viabilidade de ações

cooperativas e colaborativas voltadas à consolidação de uma cultura de pesquisa e desenvolvimento em Tecnologia Assistiva (Okimoto *et al.*, 2022). Assim como, a integração entre teoria, prática e instrumentação tecnológica potencializa a criação de soluções centradas no usuário, promovendo inovação com foco em acessibilidade, usabilidade e inclusão social.

5. CONCLUSÕES

Os workshops desenvolvidos no decorrer dos anos de 2014 a 2017 demonstram o comprometimento das instituições brasileiras com o avanço da pesquisa e desenvolvimento em pesquisas vinculadas a Tecnologias Assistivas, refletindo, assim, um esforço contínuo para a promoção da inclusão e da acessibilidade.

Nessas atividades participaram Pessoas com Deficiência e profissionais de diferentes áreas do conhecimento, como Designers, Engenheiros e Profissionais da área da Saúde, favorecendo a escuta ativa, o diálogo técnico e a co-criação de soluções centradas no usuário. Essa abordagem colaborativa não somente contribuiu para soluções inovadoras e mais adequadas às demandas reais dos usuários, como também auxiliou na promoção da sensibilização e da formação crítica dos participantes envolvidos.

Portanto, acredita-se que a Rede de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva, ao integrar conhecimento científico e instrumentação tecnológica, consolida-se como um modelo promissor de atuação colaborativa, com impacto significativo na formação crítica, na aprendizagem e no aperfeiçoamento de profissionais voltado ao desenvolvimento de soluções de Tecnologia Assistiva. A articulação entre diferentes áreas e o usuário final no processo, reforça o papel do design como intermediário entre tecnologia e as necessidades do usuário, promovendo a inclusão, a acessibilidade e a inovação social.

Além disso, ao final de cada workshop, foi realizada uma avaliação, na qual cada participante teve a oportunidade de manifestar sua percepção acerca das atividades desenvolvidas. De forma geral e recorrente, os comentários foram positivos, destacando a qualidade do material apresentado, as novidades tecnológicas e a organização/planejamento. A proposta de atividades teóricas-aplicadas, foi o que mais foi destacado nos três workshops, sendo possível utilizar realmente as tecnológicas, que em alguns casos, como da UFPB, foram realizadas com a colaboração de PcDs. Como oportunidades de melhoria, foram apontadas a possibilidade de aumentar a duração do workshop, bem como a possibilidade de realizar atualizações de tempos em tempos, em específico em

relação às tecnologias. Outra sugestão foi a utilização de demandas reais, como o caso da UFPB, porém considerando os cuidados éticos necessários.

Como pesquisa futuras, recomendam-se investigações sobre o impacto formativo dos workshops, integração de novas tecnologias assistivas e desenvolvimentos de modelos replicáveis de formação interdisciplinar, ampliando a articulação entre pesquisa, ensino e prática com foco na inclusão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por meio do edital 59/2014, que permitiu a criação da RPDTA. Também agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Núcleo de Gestão de Design e Laboratório de Design e Usabilidade (NGD-LDU). Ademais, a presente pesquisa contou com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES PROEX) - Código de Financiamento 001. De igual forma, o agradecimento se estende, em especial, aos PcDs que voluntariamente vem participando das pesquisas, atribuindo às mesmas o rigor e a realidade, exigidos para que os avanços sejam consistentes.

REFERÊNCIAS

BONSIEPE, Gui. *Design, cultura e sociedade.* São Paulo: Blucher, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. *O que é Tecnologia Assistiva?.* Brasília: Ministério da Saúde, 2022. Disponível em:https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/saude-da-pessoa-com-deficiencia/faq/o-que-e-tecnologia-assistiva. Acesso em: 20 maio 2025.

GOBBI, Aline Girardi; DÍAZ MERINO, Eugenio Andrés; DÍAZ MERINO, Giselle Schmidt Alves; GONTIJO, Leila Amaral. Uso do eye tracking para obtenção de medidas quantitativas em testes de usabilidade: um estudo focado na medida da satisfação. *Human Factors in Design*, Florianópolis, v. 6, n. 11, p. 106–125, fev./jul. 2017.

MEDOLA, Fausto Orsi. *Desenvolvimento de um aro de propulsão manual ergonômico para cadeira de rodas.* 2010. 124 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) – Programa de Pós-graduação Interunidades Bioengenharia, Escola de Engenharia de São Carlos / Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto / Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

MERINO, Eugenio Andrés Díaz; FORCELINI, Franciele; VARNIER, Thiago; MERINO, Giselle Schmidt Alves Díaz. O uso da instrumentação tecnológica em projetos de tecnologia assistiva: captura de movimentos e termografia infravermelha. *Human Factors in Design,* Florianópolis, v. 7, n. 14, p. 95–113, 2018.

MOVELLA. *Xsens User Manual 2025.* Disponível em: https://www.movella.com/hubfs/User_Manual_Xsens%202025.pdf. Acesso em: 26 maio 2025.

LORENZETTI, J., TRINDADE, L.L., PIRES, D.E.P., RAMOS, F.R.S. Tecnologia, Inovação Tecnológica e Saúde: uma reflexão necessária. *Texto & Contexto - Enfermagem*, 21(2), 432–439. 2012.

OKIMOTO, Maria Lúcia Ribeiro *et al. Rede de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva*. in: organizadores Maria Lúcia Ribeiro Okimoto...[*et al*.]. – 1. ed. Bauru, SP: Canal 6, 2022. Disponível em: https://canal6.com.br/livros_loja/Rede_de_Pesquisa.pdf. Acesso em: 26 maio 2025.

PICHLER, Rosimeri Franck; MERINO, Giselle S. A. D. Design e tecnologia assistiva: uma revisão sistemática de modelos de auxílio à prática projetual de dispositivos assistivos. *Estudos em Design*: Revista (online), Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 25–49, 2017.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. *Metodologia do trabalho científico:* métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAZZA, BM; PASCHOARELLI, LC. Avaliação de forças de preensão digital: parâmetros para o design ergonômico de produtos. In: Org. PASCHOARELLI LC, MENEZES MS. *Design e Ergonomia:* aspectos tecnológicos. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

SPECK, Giselle Mari; PICHLER, Rosimeri Franck; MANNRICH, Giuliano; GUIMARÃES, Bruno; DOMENECH, Susana Cristina; MERINO, Giselle Schmidt Alves Díaz; MERINO, Eugenio Andrés Díaz. Processo de instrumentação integrada no desenvolvimento de projetos de tecnologia assistiva. In: *XVIII Congresso Brasileiro De Ergonomia,* 2016, Florianópolis. Florianópolis: UFSC, 2016.

TELEDYNE FLIR. *O que é infravermelho*? 2025. Disponível em: https://www.flir.com.br/discover/what-is-infrared/. Acesso em: 26 maio 2025.

UNIFOA – Universidade de Volta Redonda. *Design e tecnologia:* os avanços tecnológicos no design. Blog UniFOA, 2 jun. 2024. Disponível em: https://www.unifoa.edu.br/design-e-tecnologia-avancos-tecnologicos/. Acesso em: 10 jun. 2025.

XSENS. *Moven:* user manual. Moven Motion Capture System. The Netherlands: Xsens Technologies B.V. 2012.

Sistema Assistivo Inteligente: babá eletrônica e campainha integradas com automação residencial e *power line communication* para deficientes auditivos

Benco Junior, Willians*[1]; Raganhan Figênio, Gabriel[2]; Simões Dias, Thiago[3]; Castellanos Rodriguez, Juan Camilo[4]

1 – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, UTFPR, williansj@alunos.utfpr.edu.br
2 – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, UTFPR, figenio@alunos.utfpr.edu.br
3 – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, UTFPR, tsimoesdias@gmail.com
4 – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, UTFPR, juanc@utfpr.edu.br
* -Correspondência: Av. Sete de Setembro, 3165 - Rebouças, Curitiba - PR, 80230-901

DOI 10.52050/9788579177163-33

RESUMO

A deficiência auditiva compromete tarefas como atender à campainha ou monitorar bebês. Este estudo apresenta um sistema assistivo com funcionalidades de babá eletrônica e campainha, utilizando Inteligência Artificial (IA) e comunicação por linha de energia (PLC). Um microprocessador com algoritmo de IA detecta sons e identifica o choro por meio de algoritmo, enviando alertas por PLC a módulos que emitem sinais visuais e táteis. O protótipo, acessível, de baixo custo e *plug and play*, obteve F1-score de até 93%. A solução promove acessibilidade, inclusão digital e respeita a privacidade, integrando tecnologias em benefício de pais surdos.

Palavras-chave: surdez, casas conectadas, algoritmos inteligentes, comunicação por rede elétrica, tecnologia assistiva.

ABSTRACT

Hearing impairment affects daily tasks such as answering the doorbell or monitoring babies. This study presents an assistive system with the features of baby monitor and doorbell functionalities, using artificial intelligence and Power Line Communication (PLC). A microprocessor with an AI algorithm detects sounds and identifies crying through an algorithm, sending alerts via PLC to output

modules that emit visual and tactile signals. The accessible, low-cost, plug-and-play prototype achieved an F1-score of up to 93%. The solution fosters accessibility, digital inclusion, and data privacy by integrating affordable technologies to support parents with hearing impairments.
Keywords: *deafness, connected homes, intelligent algorithms, mains communication, assistive technology.*

1. INTRODUÇÃO

A deficiência auditiva afeta milhões de pessoas no Brasil e no mundo, dificultando a realização de tarefas cotidianas como ouvir o choro de um bebê ou atender a uma campainha (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2023, p. 5). Segundo a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS), cerca de 2,3 milhões de brasileiros apresentam algum grau de surdez (PNS, 2021, p. 4). A Organização Mundial da Saúde (OMS) também destaca que aproximadamente 1,5 bilhão de pessoas no mundo possuem perda auditiva (OMS, 2023, p. 12).

Paralelamente, o uso de tecnologias de automação residencial, associadas ao uso de Inteligência Artificial (IA), tem potencial para oferecer autonomia e qualidade de vida com soluções práticas e acessíveis à população com deficiência (SABINO SOARES, 2024, p. 35). No entanto, ainda são escassas as pesquisas que integram IA em sistemas microcontrolados com automação residencial voltada especificamente para pessoas surdas (BENCO JUNIOR et al., 2024, p. 3).

A comunicação entre dispositivos de automação frequentemente depende de redes sem fio ou cabeadas. Contudo, redes Wi-Fi podem apresentar instabilidade; e redes cabeadas demandam modificações estruturais na residência. A comunicação por rede elétrica, ou *Power Line Communication* (PLC), surge como alternativa eficiente, pois utiliza a infraestrutura elétrica existente para transmitir dados, combinando estabilidade e facilidade de instalação.

Neste cenário, este estudo apresenta o desenvolvimento de um sistema assistivo inteligente com funcionalidades de babá eletrônica e campainha adaptadas para pessoas com deficiência auditiva. O sistema é baseado em IA para reconhecimento de choro de bebê e utiliza PLC para comunicação, eliminando a necessidade de cabeamento adicional ou conectividade sem fio.Dessa forma, o presente trabalho contribui para a inclusão de pessoas surdas, promovendo maior autonomia e segurança no ambiente doméstico por meio de uma solução acessível, modular e de fácil instalação.

Este estudo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento e validação de um sistema assistivo de automação residencial, com funcionalidades de babá eletrônica e campainha, voltado a pessoas com deficiência auditiva, utilizando IA embarcada e PLC.

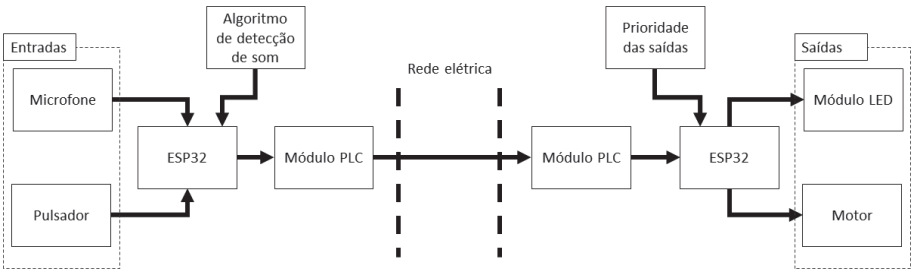
2. MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema proposto foi dividido em dois módulos: entrada e saída. Ambos os módulos utilizam microcontroladores ESP32 e são interligados via PLC, utilizando a rede elétrica residencial para troca de dados. A seguir, detalham-se os componentes, arquitetura do sistema, metodologia de treinamento da IA e a estratégia de teste em ambiente controlado.

2.1 Arquitetura Geral do Sistema

O módulo de entrada é responsável pela captação de sinais acústicos por meio de um microfone MEMS (modelo INMP-441) e por um botão de campainha. O ESP32 utilizado neste módulo executa um algoritmo de árvore de decisão, previamente treinado, para identificar choro de bebês. Foi selecionada a árvore de decisão pois esse algoritmo é leve (baseado em regras) e de fácil implementação, em um microcontrolador, quando comparado a outros como redes neurais e vizinhos próximos. O módulo de saída, por sua vez, recebe os comandos via PLC e aciona alertas visuais (LED RGB de alta potência) e táteis (motor de vibração acoplado à cama) (Figura 1).

Figura 01 - Diagrama de blocos da implementação do sistema



2.2 Componentes Utilizados

A escolha do ESP32 deve-se ao seu baixo custo, conectividade integrada e capacidade de processamento suficiente para executar algoritmos de IA localmente (*on edge*), sem a utilização de processamento na nuvem (Figura 2). Para comunicação do PLC, foi utilizado o módulo KQ-330, com alimentação de 5V, comunicação serial e conexão direta à rede elétrica (Figura 3).

Figura 02 - ESP32

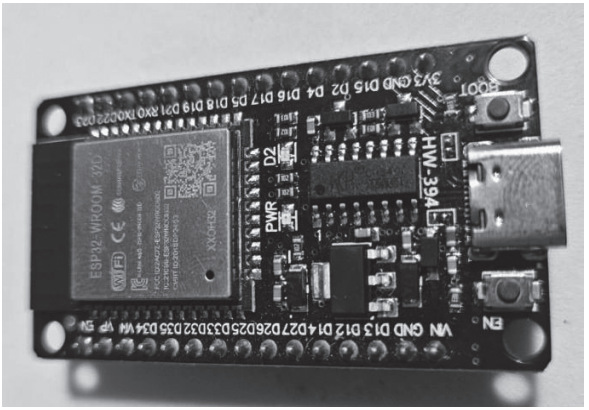
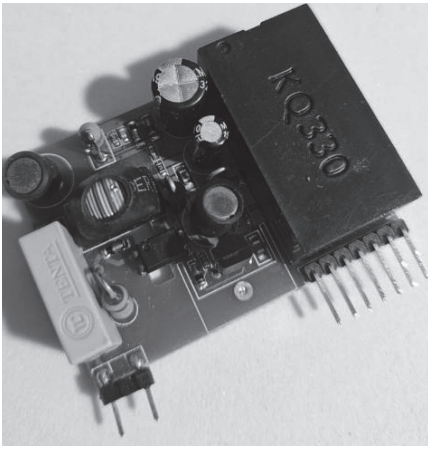


Figura 03 - Módulo KQ-330



As saídas são compostas por um LED RGB de alta potência, para sinalização visual (Figura 4), e um motor DC do tipo massageador, para alertas táteis (Figura 5). Ambos são acionados conforme o tipo de evento detectado (campainha ou choro de bebê).

Figura 03 - LED RGB

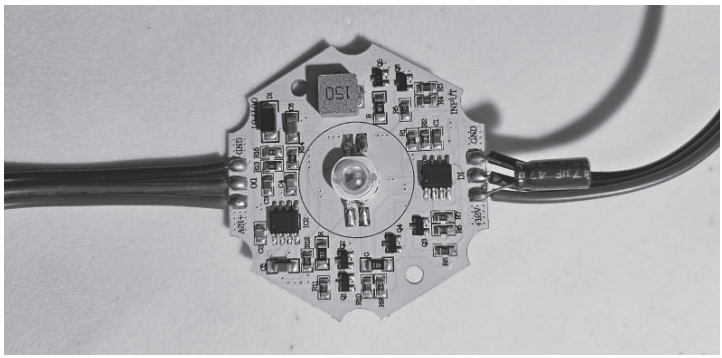
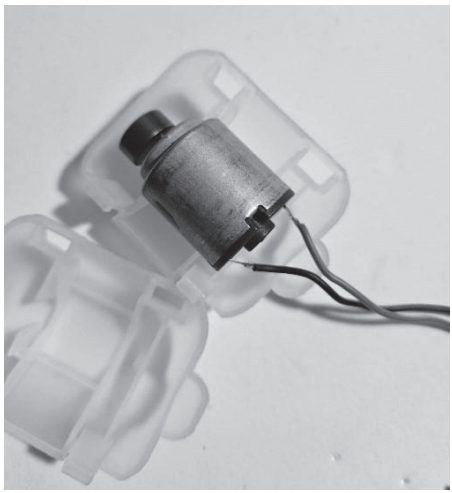


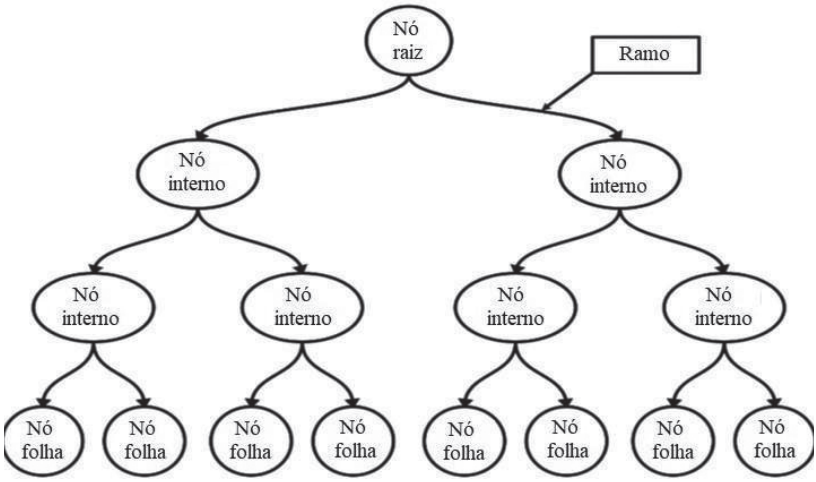
Figura 05 - Motor de vibração



2.3 Inteligência Artificial

O modelo de IA foi treinado off-line em Python utilizando a biblioteca scikit-learn (PEDREGOSA et al., 2011), com uma base de dados de sons de choro chamada DonateACry (VERES, 2015) e sons ambientes, obtidos pela junção das bases de dados FSDKaggle2018 (FONSECA et al., 2019b) e FSDnoisy18k (FONSECA et al., 2019a), utilizando o algoritmo de árvore de decisão (Figura 6). Os atributos extraídos incluem características no domínio do tempo e da frequência, como RMS, *zero-crossing rate* e *centroid*. Após o treinamento, o modelo foi exportado e embarcado no ESP32 para execução local.

Figura 06 - Ilustração do algoritmo de árvore de decisão



2.4 Comunicação via PLC

A comunicação entre os módulos ocorre por meio de dois módulos KQ-330, que operam pela rede elétrica monofásica. A troca de dados entre ESP32 e o módulo PLC é feita via UART. Essa abordagem permite uma instalação sem a necessidade de cabeamento adicional, mantendo a robustez da comunicação.

2.5 Montagem e Ambiente de Teste

A validação do sistema foi realizada em ambiente controlado, com simulação de eventos de campainha e reprodução de áudios com choro de bebê. Os dois circuitos foram montados em placas de circuito impresso (PCB) com dimensões 8x10x15 cm. Os dois módulos foram conectados ao mesmo circuito elétrico de uma residência, e, em alguns testes, posicionados em cômodos diferentes e até mesmo em andares distintos. Durante os testes, foram registrados a resposta do sistema, o tempo de comunicação e a taxa de detecção correta dos eventos (Figura 7 e 8).

Figura 07 - Teste de cenário da campainha: módulo de entrada e saída conectados à rede elétrica

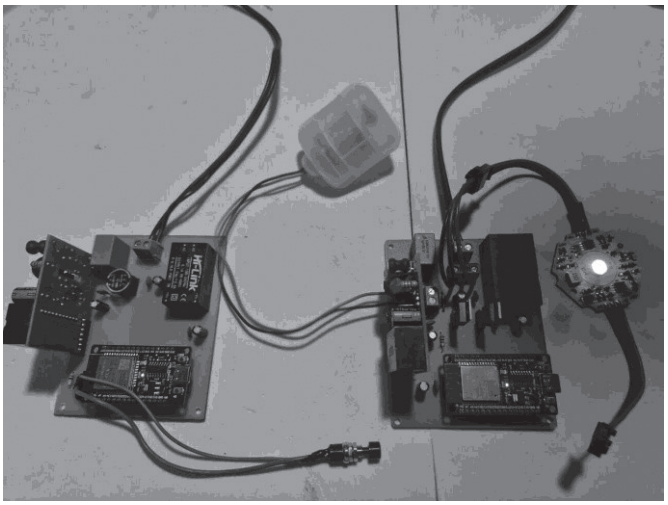
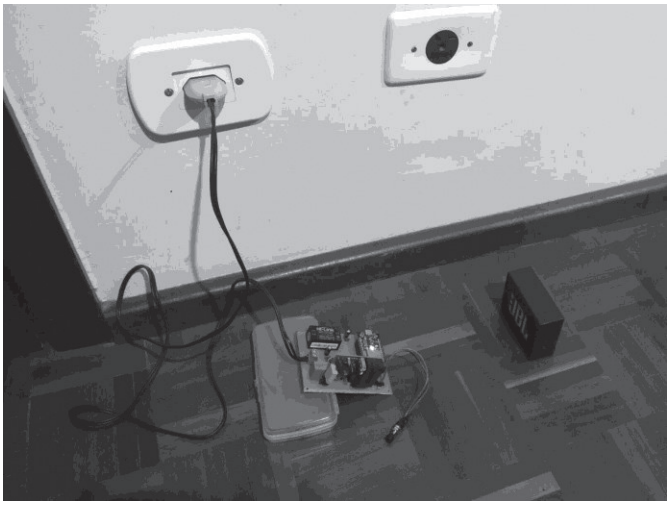


Figura 08 - Teste de cenário de choro: módulo de entrada conectado à rede elétrica e usando caixa de som como fonte de choro



3. RESULTADOS

A validação do sistema foi conduzida por meio de testes práticos com foco em três aspectos principais: a eficácia da comunicação via PLC, o desempenho da inteligência artificial embarcada e a resposta dos atuadores aos eventos simulados.

A comunicação entre os módulos apresentou estabilidade e confiabilidade, sem perdas de pacotes durante os testes de transmissão de dados em tempo real. O sistema manteve sincronização entre os módulos, mesmo em ambiente com ruídos elétricos típicos de uma residência.

O desempenho da IA embarcada no ESP32 foi avaliado por meio de testes de classificação de sons. Durante o treinamento offline, o modelo apresentou um F1-score de 93% (Figura 9). Contudo, após a implementação do modelo no microcontrolador, o desempenho caiu para 51% (Figura 10), o que é atribuído às limitações computacionais do dispositivo e à captação de som em ambiente real.

Figura 9 - Matriz de confusão no teste em simulação usando Python

Matriz de confusão				
		Predição		
		Choro	Aleatório	Silêncio
Real	Choro	1709	177	1
	Aleatório	180	1677	2
	Silêncio	0	6	1924
f1 score		93.49%		

Figura 10 - Matriz de confusão com IA embarcada em ambiente controlado

Matriz de confusão				
		Predição		
		Choro	Aleatório	Silêncio
Real	Choro	48	34	0
	Aleatório	72	86	71
	Silêncio	0	0	49
f1 score		51.60%		

Os testes de acionamento do sistema foram realizados com diferentes estímulos. A simulação da campainha resultou na ativação do LED azul e do motor de vibração (Figura 7). Já na simulação do choro de bebê, o sistema acionou o LED vermelho e o alerta tátil de forma contínua (Figura 8). A prioridade foi dada ao evento da babá eletrônica, nos casos em que ambos os estímulos ocorriam simultaneamente.

4. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos indicam que a proposta de um sistema assistivo baseado em PLC e IA embarcada é tecnicamente viável e promissora para aplicação em ambientes residenciais voltados a pessoas com deficiência auditiva. A utilização da rede elétrica como meio de comunicação provou ser eficiente, com estabilidade e ausência de perdas de pacotes, mesmo em um ambiente com interferências eletromagnéticas típicas.

Comparando-se aos estudos analisados na revisão sistemática realizada por BENCO JUNIOR et al. (2024, p. 3), nota-se que a maior parte das soluções voltadas à automação assistiva para surdos utiliza redes sem fio, como Wi-Fi e Zigbee, que podem sofrer interferências e apresentam maiores exigências estruturais. O uso de PLC, como apresentado neste trabalho, oferece uma alternativa mais acessível e prática, eliminando a necessidade de cabeamento adicional, configuração, conectividade de rede local ou compartilhamento de dados pela internet.

A IA embarcada, embora tenha apresentado excelente desempenho em ambiente simulado (F1-score de 93%), enfrentou desafios após o embarque no ESP32, com redução do desempenho para 51%. Essa discrepância pode ser atribuída à limitação de processamento do microcontrolador, ruídos no ambiente físico e qualidade do microfone utilizado. Ainda assim, a IA demonstrou capacidade funcional na identificação de sons relevantes, especialmente o choro de bebê, validando o conceito de processamento na borda em soluções assistivas.

Outro ponto positivo está no tempo de resposta do sistema, inferior a dois segundos. Esse tempo é adequado para aplicações assistivas, permitindo que o usuário reaja rapidamente aos alertas visuais e táteis emitidos.

Entretanto, algumas limitações foram observadas. A principal está relacionada à sensibilidade da IA embarcada a ruídos externos e à precisão na diferenciação de sons similares. Além disso, o sistema foi validado em ambiente controlado, não refletindo integralmente as condições reais de uma residência com múltiplos cômodos, dispositivos ou ruídos variáveis.

A ausência de uma interface de configuração ou calibragem por parte do usuário também limita sua flexibilidade. Da mesma forma, embora a solução seja modular e escalável, foram testados apenas dois nós (entrada e saída), o que restringe a análise da escalabilidade do sistema em redes maiores.

Apesar dessas limitações, os resultados demonstram que o sistema possui potencial de aplicação real, podendo ser expandido para funcionalidades adicionais, como monitoramento de quedas ou integração com hubs de automação já existentes.

5. CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo desenvolver um sistema assistivo inteligente com funcionalidades de babá eletrônica e campainha voltadas para pessoas com deficiência auditiva, utilizando automação residencial, PLC e inteligência artificial embarcada. Os resultados demonstraram que os objetivos foram parcialmente alcançados, validando a proposta de uma solução acessível, modular e de fácil instalação para ambientes residenciais.

O sistema desenvolvido apresentou funcionamento eficaz, sendo capaz de identificar eventos sonoros e responder com alertas visuais e táteis, contribuindo para maior segurança e autonomia de pessoas com deficiência auditiva. A comunicação via PLC mostrou-se estável, mesmo em rede elétrica residencial, confirmando sua viabilidade como alternativa às conexões sem fio convencionais.

A inteligência artificial baseada em árvore de decisão demonstrou bom desempenho no ambiente de simulação e funcionamento satisfatório no protótipo embarcado, embora com desempenho reduzido, indicando necessidade de melhorias na qualidade da captação sonora e na otimização do modelo para microcontroladores com recursos limitados.

A principal contribuição deste trabalho está na integração de tecnologias acessíveis e de baixo custo — como PLC e IA embarcada — em uma solução assistiva *plug and play*, alinhada aos princípios da acessibilidade, privacidade de dados e da inclusão digital. Além disso, o projeto oferece base para futuras soluções em domótica assistiva, com potencial para aplicação em outros contextos, como cuidado a idosos e monitoramento ambiental. Para estudos futuros, recomenda-se a expansão do sistema para múltiplos módulos, a realização de testes em ambientes residenciais reais, a implementação de uma interface para configuração do usuário e o aprimoramento do modelo de IA com uso de bases de dados mais robustas e técnicas de pré-processamento mais avançadas.

REFERÊNCIAS

BENCO JUNIOR, W. et al. Automação residencial focada ao público deficiente auditivo: revisão sistemática. In: CONGRESSO BRASILEIRO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA – COBICET, 2024, Curitiba. Anais [...]. Curitiba: [s.n.], 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). *Manual de saúde auditiva*. Brasília: MS, 2023.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Relatório mundial da audição*. Genebra: Organização Mundial da Saúde, 2023.

PNS – PESQUISA NACIONAL DE SAÚDE. *Características gerais da população e de domicílios*. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

SABINO SOARES, CC.; SILVA, LA.; FERNANDES, A.; VILLARRUBIA GONZÁLEZ, G.; LEITHARDT, V. R. Q.; DELCIO

PARREIRA, W. Intelligent sensors in assistive systems for deaf people: a comprehensive review. In: PEERJ COMPUT SCI. 2024.

FONSECA, E. et al. FSDnoisy18k. Zenodo.org. 2019. Disponível em: https://zenodo.org/records/2529934. Acesso em: 17 jul. 2024.FONSECA, E. et al. FSDKaggle2018. Zenodo.org. 2019. Disponível em: https://zenodo.org/records/2552860. Acesso em: 17 jul. 2024.

VERES, G. donateacry-corpus. Github.com. 2015. Disponível em: https://github.com/gveres/donateacry-corpus. Acesso em: 21 abr. 2024.

PEDREGOSA, F. et al. Scikit-learn: Machine Learning in Python. Journal of Machine Learning Research, v. 12, p. 2825–2830, 2011. Disponível em: https://jmlr.org/papers/v12/pedregosa11a.html. Acesso em: 28 abr. 2025.

Tecnologia para classificação funcional de atletas de rugby em cadeira de rodas: mecanomiografia do desvio radial de punho

Santos, Ketlin Mikaela Medeiros[*1]; Santos, Elgison da Luz[2]; Fernandes, Maria de Fátima[3]; Santos, Rafael Felipe Fernandes dos[4]; Vara, Gabriela[5]; Petrikic, Djovana[6]; Nogueira, Guilherme Nunes[7]; Nohama, Percy[8]

1 – Programa de Pós Graduação em Tecnologia em Saúde, PUCPR, ketlin.medeiros@hotmail.com
2 – ESSU (Escola Superior de Saúde Única) - Uninter, elgisantos20@gmail.com
3 – ESSU (Escola Superior de Saúde Única) - Uninter, mfatimafv@hotmail.com.br
4 – Programa de Pós Graduação em Tecnologia em Saúde, PUCPR, rafael_ffs@hotmail.com
5 – Programa de Pós Graduação em Tecnologia em Saúde, PUCPR, gabivsipoli@hotmail.com.br
6 – Graduação em Engenharia Biomédica, PUCPR, djovanapetrikic@gmail.com
7 – Programa de Pós Graduação em Tecnologia em Saúde, PUCPR, nogueira.g@pucpr.br
8 – Programa de Pós Graduação em Tecnologia em Saúde, PUCPR, percy.nohama@pucpr.br

DOI 10.52050/9788579177163-34

RESUMO

A classificação funcional no esporte adaptado ainda depende de avaliações subjetivas, o que pode comprometer a equidade competitiva. Este estudo investigou o uso da mecanomiografia (MMG) como ferramenta objetiva para apoiar esse processo em atletas de rúgbi em cadeira de rodas. Sinais de vibração muscular foram coletados durante o desvio radial do punho e comparados entre diferentes classes funcionais. Apesar da ausência de diferenças estatísticas significativas, observaram-se padrões distintos de ativação neuromuscular. Conclui-se que a MMG apresenta potencial como tecnologia assistiva emergente para subsidiar classificações mais justas, aplicáveis às áreas da engenharia, saúde e esporte adaptado.

Palavras-chave: tecnologia assistiva, mecanomiografia, classificação funcional.

ABSTRACT

Functional classification in adaptive sports still relies heavily on subjective assessments, potentially compromising competitive equity. This study investigated the use of mechanomyography (MMG) as an objective tool to support the

classification process in wheelchair rugby athletes. Muscle vibration signals were collected during wrist radial deviation and compared across different functional classes. Although statistically significant differences were not observed, distinct neuromuscular activation patterns emerged. Thesefindings suggest that MMG holds promise as an emerging assistive technology to inform fairer classification systems applicable to engineering, health sciences, and adaptive sports.
Keywords: *assistive technology, mechanomyography, functional classification.*

1. INTRODUÇÃO

A prática esportiva voltada para indivíduos que tiveram lesão medular (LM), possui implicações que favorecem a recuperação funcional (MARTIN GINIS KA *et al*., 2012). Caracteriza-se como uma alternativa terapêutica, sendo ela uma prática isolada ou de competição, como, por exemplo, em modalidades esportivas adaptadas que são adequadas de acordo com a função preservada dos atletas (GASPAR R *et al*., 2019).

A lesão medular é definida como um evento traumático ou não que afeta a medula espinhal, repercutindo em déficits sensoriais, motores e autonômicos reduzindo a independência e a qualidade de vida (QV) (HEARN JH *et al*., 2020). É um evento que muda a vida, resultando em paralisia, atividade física reduzida, morbidade e mortalidade aceleradas (FLACK *et al*., 2022)

Em 2020, o National Spinal Cord Injury Statistical Center (NSCISC) relatou 294.000 pessoas atualmente vivendo com LM (NATIONAL SPINAL CORD INJURY STATISTICAL CENTER, 2020). Em todo o mundo, isso representa 2 a 3 milhões de pessoas, predominantemente adultos jovens, vivendo com deficiência relacionada à LM (ANJUM A *et al*., 2020).

A desregulação interligada de órgãos corporais cardiometabólicos, musculoesqueléticos e endócrinos que ocorre rapidamente após a imobilização ocasionada por LM contribui para a função cardiorrespiratória prejudicada, osteoporose, fraturas, mudanças na composição corporal, resistência à insulina, déficits de hormônios anabólicos, disfunção autonômica e inflamação crônica (COWAN H *et al*., 2020). Sintomas depressivos, ansiedade e dor crônica contribuem ainda mais para a má qualidade de vida entre os indivíduos que vivem com uma lesão medular (LI *et al*., 2020).

Uma melhor compreensão dos mecanismos fisiopatológicos subjacentes à recuperação após a LM abriu novas perspectivas para a reabilitação (AHUJA CS *et al*., 2017). A recuperação espontânea da função motora após lesões incompletas ou completas é geralmente parcial e decorre de processos de plasticidade cerebral e espinhal, envolvendo circuitos poupados e danificados (KIRSHBLUM S *et al*., 2021).

Em um ano após a lesão, 70% dos indivíduos com LM completa em nível cervical recuperaram um nível motor, mas apenas 30% recuperaram dois ou mais níveis motores (STEEVES *et al*., 2011). A taxa de recuperação é menor após a conclusão em comparação com a LM incompleta. A maioria dos lesionados permanece sobremaneira com déficits significativos relacionados à LM (DITUNNO *et al*., 2000).

As consequências que a LM apresenta, explicam por que esse tipo de lesão pode ser mental e fisicamente debilitante para as pessoas afetadas (LI Y *et al*., 2020). O aumento da prevalência não só afeta o número de vítimas, mas também coloca mais pressão sobre o sistema de saúde (ANJUM A *et al*., 2020).

Apesar dos seus efeitos deletérios sobre a saúde e o bem-estar do indivíduo, atualmente não existem tratamentos eficazes para a LM (GAO L *et al*., 2020). As intervenções terapêuticas estabelecidas para LM, como estimulação elétrica funcional durante o ciclismo em membros inferiores (FES-MMII) e exercícios ergométricos de membros superiores (MMSS) com ou sem estimulação, são viáveis, mas mostram eficácia limitada quando administrados isoladamente e tiveram impacto limitado na função geral e resultados de saúde (SANDROW-FEINBERG *et al*., 2015).

A inclusão de indivíduos acometidos por LM no esporte de rendimento é dependente de avaliação, denominada como classificação funcional (CF) (BHAMBHANI Y *et al*., 2010). O processo de CF tem por objetivo avaliar a viabilidade de participação dos candidatos e a definição da categoria e subcategoria do atleta para a respectiva modalidade esportiva, com a finalidade de adequar o nível de equidade entre os participantes das equipes (TWEEDY e VANLANDEWIJCK, 2011).

Pesquisas realizadas com indivíduos hígidos e com LM vem mostrando viabilidade da mecanomiografia (MMG) para avaliação de atividade muscular (KRUEGER-BECK *et al*., 2010, SCHEEREN et al., 2010, MOHAMAD et al., 2017).

A MMG é um procedimento que permite captar vibrações do músculo esquelético, de maneira não invasiva e indolor (IBITOYE *et al*., 2014). A técnica permite acompanhamento instantâneo e quantitativo do trabalho muscular, com recursos que verificam ativação das unidades motoras que se repercutem em vibrações musculares (MEAGHER *et al*., 2020).

Assim, o uso de MMG no contexto esportivo poderá proporcionar maior fidedignidade aos resultados do processo de classificação funcional, promovendo uma competição justa e assegurando que as modalidades esportivas desempenhem um papel fundamental na reabilitação e recuperação de atletas com lesão medular. Ao fornecer dados quantitativos, essas tecnologias

contribuem para decisões mais assertivas, reduzindo a subjetividade e assegurando maior equidade entre as equipes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os voluntários deste estudo foram atletas de *rugby* em cadeira de rodas que atenderam aos critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos e voluntários para o grupo controle sem lesão medular. Os critérios de inclusão para os atletas contemplaram indivíduos com lesão medular (LM) em nível cervical, com comprometimento funcional dos membros superiores e pertencentes a distintas classes funcionais do rugby em cadeira de rodas. Por outro lado, os critérios de exclusão abrangeram atletas com condições que pudessem comprometer a avaliação funcional ou com lesões cutâneas que impedissem o posicionamento adequado dos sensores durante a coleta de dados.A amostragem foi do tipo não probabilística, por conveniência, considerando a disponibilidade dos voluntários. A amostra foi composta por dois grupos: (i) 84 atletas de rugby em cadeira de rodas, todos com envolvimento regular em treinamentos e classificados funcionalmente conforme os critérios do esporte; e (ii) 20 voluntários hígidos, sem histórico de comprometimentos neuromusculares, que integraram o grupo controle. A amostra dos atletas foi predominantemente composta por indivíduos do sexo masculino (89%), sendo 75 homens e 9 mulheres (11%), o que reflete a predominância masculina na modalidade.

A inclusão de um grupo controle composto por voluntários hígidos teve como objetivo permitir a comparação dos padrões de ativação neuromuscular entre indivíduos com e sem lesão medular, favorecendo assim a análise da sensibilidade da MMG em discriminar diferentes condições funcionais.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), sob parecer nº 7.119.938. Todos os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, em conformidade com os princípios éticos.

No sistema de classificação funcional do rugby em cadeira de rodas, as classes variam de

0.5 a 3.5 pontos, sendo 0,5 menores pontuações indicam maior comprometimento funcional. Atletas da classe 2, por exemplo, apresentam moderada limitação nos membros superiores, mas ainda conseguem realizar movimentos funcionais com certo controle, o que justifica sua predominância entre os participantes.

A classe funcional mais representada entre os atletas foi a classe 2 (32%; n = 27), seguida pela classe 0.5 (21%; n = 18), classe 2.5 (18%; n = 15) e classe 1 (17%;

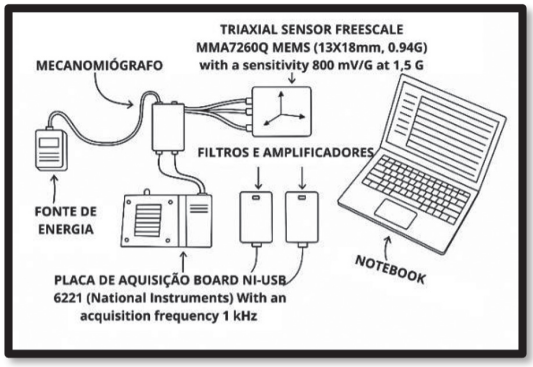
n = 14). As classes com menor representação foram a 1.5 (8%; n = 7) e a 3 (4%; n = 3). No sistema de classificação funcional, menores valores indicam maior grau de comprometimento físico; portanto, atletas da classe 0,5 apresentam maiores limitações, enquanto os da classe 3,0 possuem maior funcionalidade.

Essa distribuição evidencia a heterogeneidade funcional dos atletas, fator essencial para investigar a variabilidade da ativação muscular e do desempenho conforme o grau de comprometimento. Observa-se maior concentração de voluntários nas classes intermediárias, particularmente na classe 2,0, o que pode influenciar os resultados. Classes inferiores, como 0,5 e 1,0, concentram atletas com maior limitação funcional, o que pode impactar nas análises de força muscular.

A MMG foi utilizada como ferramenta não invasiva para registrar oscilações mecânicas associadas à contração muscular, possibilitando a análise da ativação neuromuscular em diferentes classes funcionais. Com o objetivo de garantir a precisão e a reprodutibilidade dos dados, foi implementado um protocolo experimental padronizado, especificamente desenvolvido para a aquisição de sinais MMG.

Para essa aquisição, utilizaram-se sensores triaxiais Freescale MMA7260Q (MEMs; 13x18 mm; 0,94 g), com sensibilidade de 800 mV/G em 1,5 G, acoplados a uma placa de aquisição NI-USB 6221 (National Instruments), configurada com frequência de amostragem de 1 kHz(figura 1). O sistema, desenvolvido pela equipe do Laboratório de Engenharia em Reabilitação (LER-PUCPR), opera com sinais em milivolts (mV) e já foi empregado em estudos anteriores. A preparação dos voluntários consistiu na obtenção do consentimento, preenchimento da anamnese e posicionamento adequado para coleta.

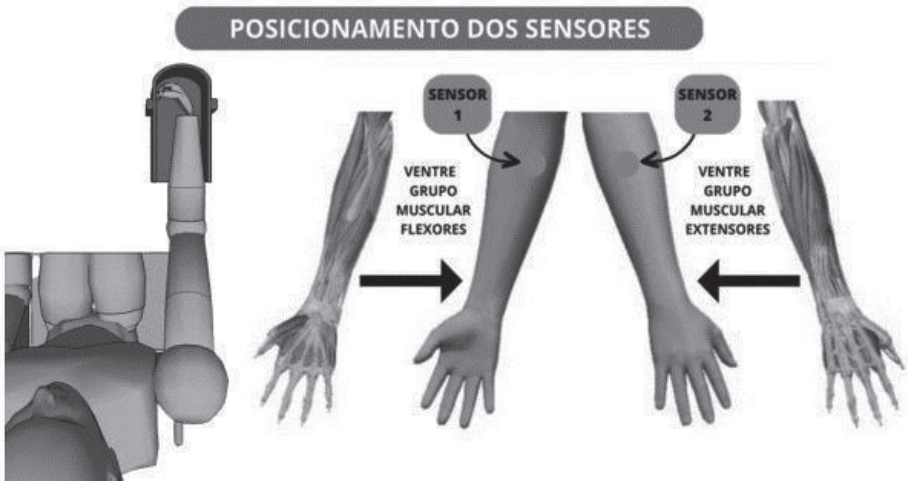
Figura 01 - Sistema de aquisição de sinais MMG



Os atletas permaneceram em suas cadeiras de rodas, enquanto os voluntários hígidos foram posicionados em cadeiras convencionais com apoio ajustável, em

ambos os casos, os voluntários mantiveram o ombro em rotação neutra, cotovelo a 90° e antebraço apoiado em uma estrutura ajustável, garantindo padronização do posicionamento para a coleta dos sinais. Os sensores foram fixados sobre a região do ventre muscular dos músculos flexores e extensores do punho, com base em avaliação anatômica palpável. O Sensor 1 foi posicionado sobre os músculos flexores, e o Sensor 2 sobre os extensores (figura 2). Os voluntários realizaram contrações isométricas voluntárias por 12 s contra resistência fixa, seguindo a ordem: flexão, extensão, desvio ulnar e radial. Essa ordem foi definida com base na alternância de músculos agonistas e antagonistas do punho, visando garantir ativação controlada de diferentes grupos musculares. A seleção dos movimentos também reflete ações motoras funcionais relevantes para o desempenho no rugby em cadeira de rodas.

Figura 02 - Posicionamento Sensores



O processamento dos sinais de MMG foi realizado no MATLAB® R2023a, contemplando a análise individual dos eixos (X, Y, Z) e do módulo tridimensional. Inicialmente, vetores vazios foram criados para armazenar os valores de raiz média quadrática (RMS) e Frequência Mediana (FM) dos sinais captados pelos sensores 1 e 2. Os sinais foram importados de arquivos.edf, passando por um filtro passa-baixa (50 Hz) para remoção de ruídos de alta frequência e um filtro *notch* (60 Hz) para eliminação de interferências da rede elétrica. Após filtragem, os sinais foram centralizados em zero e segmentados entre as amostras 3001 e 5000 (correspondentes a 3–5 s) para análise do platô de contração. O valor RMS foi calculado para cada eixo e sensor, representando a magnitude média da vibração muscular, sendo um indicador da ativação muscular e do recrutamento de unidades motoras. Já a FM, analisada no domínio da frequência, permitiu

inferir alterações na taxa de disparo das unidades motoras. As janelas temporais foram manualmente selecionadas para excluir transitórios iniciais e finais. A análise foi mantida em milivolts (mV), unidade de saída original do sistema, não sendo convertida para G, embora tal conversão seja possível conforme equação descrita por Santos (SANTOS *et. al.*, 2024).

A análise estatística foi realizada no software JASP®. Para comparação entre as classes funcionais, foram utilizados dois métodos: ANOVA, para variáveis com distribuição normal e homocedasticidade, e o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, para dados que não atenderam a esses pressupostos. Nos casos em que os pressupostos da ANOVA foram atendidos, aplicou-se o teste post hoc de Tukey para comparações múltiplas. Quando se utilizou o teste de Kruskal-Wallis, o teste *post hoc* de Dunn foi empregado para identificar diferenças específicas entre as classes funcionais, minimizando o risco de erro do tipo I. Esse procedimento possibilitou a identificação detalhada das diferenças de ativação muscular entre os grupos analisados.

A pesquisa foi submetida à área temática "Tecnologia Assistiva emergentes e com IA" por investigar a aplicação da MMG como uma tecnologia não invasiva e emergente no campo da avaliação funcional muscular. Embora o sistema utilizado não integre inteligência artificial, trata-se de um recurso inovador com potencial para contribuir significativamente com os processos de classificação funcional no esporte adaptado, integrando diretamente os princípios da tecnologia assistiva voltada à promoção da equidade e à otimização de recursos para avaliação funcional.

3. RESULTADOS

Nesta seção, apresentam-se os resultados decorrentes da análise dos dados coletados junto aos voluntários que compuseram a amostra da pesquisa, durante a coleta mecanomiográfica (MMG) com atletas de *rugby* em cadeira de rodas, comparando-se as diferentes classes funcionais e grupo controle.

A análise de variância (tabela 1) para o desvio radial mostrou um valor de F de 3,255 e um p de 0,006, indicando que há diferença estatisticamente significativa entre as classes funcionais e o grupo hígido (HG).

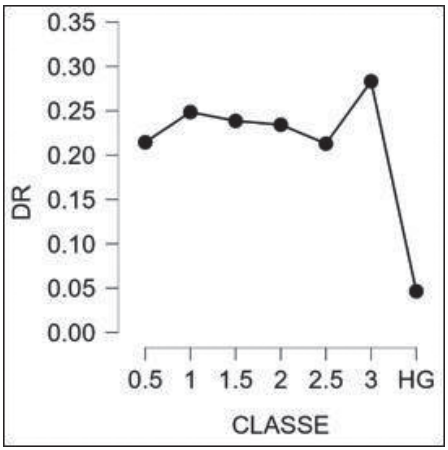
Tabela 01 - ANOVA do sinal de MMG do Desvio Radial entre Atletas

ANOVA - DESVIO RADIAL					
Casos	Soma dos quadrados	gl	Média Quadrática	F	p
CLASSE	0,121	6	0,020	3,255	0,006
Resíduos	0,97	80	0,006		

Nota. Soma dos quadrados Tipo III (gl = graus de liberdade; F= Estatística F da ANOVA (razão entre variância entre grupos e variância dentro dos grupos); p= Valor de significância estatística (p-valor).

O gráfico descritivo, figura 3, revela que, embora as médias das classes funcionais sejam relativamente próximas, a classe HG apresentou uma queda acentuada, destacando-se das demais classes. Isso sugere uma diferença clara entre os grupos funcionais e o grupo hígido na captação da vibração muscular.

Figura 03 - Gráfico do sinal de MMG do Desvio Radial em função das classes dos atletas



Os resultados obtidos indicam que as diferentes classes funcionais dos atletas de rugby em cadeira de rodas apresentaram comportamentos musculares distintos em comparação ao grupo hígido, com destaque para as classes 0,5 e 3,0, que mostraram diferenças significativas em relação ao grupo controle.

4. DISCUSSÃO

Diferenças significativas no comportamento do sinal mecanomiográfico foram observadas entre as classes funcionais, conforme evidenciado pelos resultados da ANOVA. Os dados indicam que as distintas classes funcionais dos atletas de *rugby* em cadeira de rodas apresentaram padrões musculares diferenciados em relação aos indivíduos hígidos, com destaque para as classes

0.5 e 3.0, que exibiram as maiores discrepâncias em comparação ao grupo controle.

Tais achados sugerem que essas variações podem estar associadas a fatores biomecânicos ou às especificidades da função muscular inerente a cada classe funcional. Atletas com maior comprometimento funcional mostraram maior variabilidade na ativação muscular, ao passo que o grupo controle apresentou os maiores coeficientes de variação, indicando maior dispersão dos dados. Isso sugere uma heterogeneidade mais acentuada na ativação muscular entre os indivíduos hígidos, possivelmente em decorrência da variabilidade no condicionamento muscular e nas estratégias de recrutamento neuromuscular. Em contraste, os atletas parecem ter desenvolvido estratégias neuromusculares compensatórias e mais uniformes, resultantes de treinamento e adaptação funcional.

Os maiores valores de ativação muscular observados nos atletas com menor grau de comprometimento (classe 3.0) reforçam a hipótese de que vias neuromusculares preservadas contribuem para respostas musculares mais eficientes e consistentes durante tarefas isométricas. Os resultados estatisticamente significativos entre as classes funcionais reforçam o potencial da MMG como método sensível para detecção de sutis diferenças na ativação muscular, oferecendo subsídios relevantes para avaliações funcionais objetivas no esporte adaptado.

Hipotetiza-se que os valores mais elevados de vibração muscular registrados nos atletas, em comparação aos indivíduos hígidos, estejam relacionados ao maior esforço necessário para sustentar o movimento isométrico resistido, possivelmente em função da maior exigência muscular nas condições avaliadas. As análises estatísticas também revelaram diferenças significativas entre as classes funcionais e o grupo controle em todos os movimentos e eixos analisados, o que reforça a consistência das alterações observadas e a robustez da análise, conferindo validade aos achados no contexto da avaliação biomecânica de atletas.

A análise da MMG entre atletas de diferentes classes funcionais e voluntários hígidos identificou diferenças significativas na ativação muscular, sobretudo nas classes 0,5 e 3,0. A classe 3,0 apresentou a maior ativação, enquanto o grupo controle apresentou valores significativamente inferiores e maior variabilidade. Esses achados sugerem que classes funcionais superiores têm respostas musculares mais estáveis, ao passo que graus mais acentuados de comprometimento neuromuscular tendem a modificar o padrão de recrutamento muscular.

Os resultados corroboram os achados de Vara (2022), que validaram a confiabilidade da MMG para detectar déficits motores, particularmente no eixo Z. Tal como no presente estudo, Vara observou valores RMS mais elevados em indivíduos hígidos, reforçando o potencial da MMG para discriminar condições neuromusculares distintas. Enquanto o estudo de Vara centrou-se nos músculos do tronco e pelve em condições estáticas, o presente trabalho estendeu a aplicação da MMG a movimentos funcionais dos membros superiores, essenciais para a funcionalidade esportiva, oferecendo novas perspectivas sobre o comportamento neuromuscular de atletas de rúgbi em cadeira de rodas. Ademais, o uso de avaliações repetidas e o cálculo do coeficiente de correlação intraclasse (ICC) por Vara fortalecem a confiabilidade da MMG — aspecto não contemplado nesta pesquisa, mas pertinente para investigações futuras.

As variações observadas na ativação muscular entre as classes funcionais provavelmente decorrem de diferenças no grau de comprometimento neuromuscular. Hoffmann em sua pesquisa relatou que indivíduos com maior déficit motor apresentam padrões de recrutamento alterados em razão da capacidade reduzida de geração de força e da coordenação neuromuscular limitada (HOFFMANN *et al*. 2006). Por outro lado, atletas da classe 3.0, apesar do tamanho amostral reduzido, possivelmente se beneficiam de vias motoras mais preservadas, o que favorece uma ativação mais eficiente.

Observou-se, ainda, que atletas com maior tempo de prática no *rugby* ou mais tempo transcorrido de lesão não apresentaram, de forma consistente, sinais de MMG mais estáveis ou distintos entre as classes. Isso sugere que, embora o treinamento e a adaptação crônica possam influenciar a função muscular, a gravidade do comprometimento neuromuscular inicial continua sendo o principal fator determinante dos perfis de ativação captados pela MMG em atletas de rúgbi em cadeira de rodas.

Apesar da MMG ter demonstrado capacidade para distinguir entre classes funcionais, sua aplicabilidade direta à classificação funcional não foi plenamente confirmada, visto que não foram observadas correlações diretas. Embora os parâmetros de MMG tenham apresentado diferenças estatísticas entre as classes, a sobreposição dos resultados indica que a vibração muscular isoladamente como testado pode não ter capturado todas as nuances funcionais necessárias para uma classificação precisa em contextos competitivos. Ainda assim, a MMG permanece como uma ferramenta promissora para avaliação da função neuromuscular em atletas de rúgbi em cadeira de rodas. Estudos adicionais são necessários para aprimorar os descritores da MMG, estabelecer limiares interpretativos e desenvolver uma escala classificatória compatível com os critérios de avaliação atualmente utilizados.

5. CONCLUSÕES

O presente estudo confirmou que os sinais mecanomiográficos (MMG) diferem significativamente entre atletas de rúgbi em cadeira de rodas de distintas classes funcionais e indivíduos hígidos. Atletas com maior capacidade funcional mostraram padrões de ativação muscular mais elevados e estáveis. Esses achados sustentam o potencial da MMG como uma ferramenta objetiva complementar aos atuais métodos subjetivos de classificação funcional no esporte adaptado. Novas investigações são necessárias para o aprimoramento dos descritores do sinal MMG e para o estabelecimento de critérios classificatórios compatíveis com os padrões exigidos em contextos competitivos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao NAPI-TA – Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e pelas bolsas concedidas, bem como à Associação Brasileira de Rugby em Cadeira de Rodas (ABRC) pela colaboração nas coletas de dados.

REFERÊNCIAS

ANJUM, A.; YAZID, M. D.; FAUZI DAUD, M.; IDRIS, J.; NG, A. M. H.; SELVI NAICKER, A.; ISMAIL, O. H. R.;

ATHI KUMAR, R. K.; LOKANATHAN, Y. Spinal cord injury: pathophysiology, multimolecular interactions, and underlying recovery mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 21, n. 20, p. 7533, 2020.

BHAMBHANI, Y. et al. Boosting in athletes with high-level spinal cord injury: knowledge, incidence and attitudes of athletes in paralympic sport. *Disability and Rehabilitation*, v. 32, n. 26, p. 2172-2190, 2010. COWAN, H.; LAKRA, C.; DESAI, M. Autonomic dysreflexia in spinal cord injury. *British Medical Journal* v. 371, p. m3596, 2020.

DITUNNO, J. F. Jr. et al. Recovery of upper-extremity strength in complete and incomplete tetraplegia: a multicenter study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 81, n. 4, p. 389-393, 2000.

FERREIRA, V. M. de V.; VAROTO, R.; CACHO, Ê. A.; CLIQUET, A. Relationship between function, strength and electromyography of upper extremities of persons with tetraplegia. *Spinal Cord*, v. 50, n. 1, p. 28- 32, 2011.

GAO, L. et al. Progress in stem cell therapy for spinal cord injury. *Stem Cells International*, v. 2020, p. 2853650, 2020.

GASPAR, R. et al. Physical exercise for individuals with spinal cord injury: systematic review based on the international classification of functioning, disability, and health. *Journal of Sport Rehabilitation*, v. 28, n. 5, p. 505-516, 2019.

HEARN, J. H.; CROSS, A. Mindfulness for pain, depression, anxiety, and quality of life in people with spinal cord injury: a systematic review. *BMC Neurology,* v. 20, n. 1, p. 32, 2020.

HOFFMANN, G. et al. How to extend the elbow with a weak or paralyzed triceps: control of arm kinematics for aiming in C6–C7 quadriplegic patients. *Neuroscience*, v. 139, n. 2, p. 749-765, 2006.

IBITOYE, M. O. et al. Mechanomyography and muscle function assessment: a review of current state and prospects. *Clinical Biomechanics,* v. 29, n. 6, p. 691-704, 2014.

JOHANSON, M. et al. Triceps brachii in incomplete tetraplegia: EMG and dynamometer evaluation of residual motor resources and capacity for strengthening. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*, v. 19, n. 4, p. 300-310, 2013.

KIRSHBLUM, S. et al. Updates of the International Standards for Neurologic Classification of Spinal Cord Injury: 2015 and 2019. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, v. 31, n. 3, p. 319- 330, 2020.

KRUEGER-BECK, E.; SCHEEREN, E. M.; NOGUEIRA-NETO, G. N.; BUTTON, V. L.; NOHAMA, P. Mechanomyographic response during FES in healthy and paraplegic subjects. In: *ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY,* 32., 2010, Buenos Aires. Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering inMedicine and Biology Society. New York: IEEE, 2010. p. 626–629.

LI, Y. et al. Dementia, depression, and associated brain inflammatory mechanisms after spinal cord injury. *Cells*, v. 9, n. 6, p. 1420, 2020.

MARTIN GINIS, K. A.; JÖRGENSEN, S.; STAPLETON, J. Exercise and sport for persons with spinal cord injury. *PM&R:* The Journal of Injury, Function and Rehabilitation, v. 4, n. 11, p. 894-900, 2012.

MEAGHER, C. et al. New advances in mechanomyography sensor technology and signal processing: validity and intrarater reliability of recordings from muscle. *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering*, v. 7, p. 1-10, 2020.

MOHAMAD, N. Z. et al. Mechanomyography and torque during FES-evoked muscle contractions to fatigue in individuals with spinal cord injury. *Sensors*, v. 17, n. 7, p. 1627, 2017.

SANDROW-FEINBERG, H. R.; HOULÉ, J. D. Exercise after spinal cord injury as an agent for neuroprotection, regeneration and rehabilitation. *Brain Research*, v. 1619, p. 12-21, 2015.

SANTOS, E. L. dos et al. Mechanomyography-based metric scale for spasticity: a pilot descriptive observational study. *Sensors,* v. 24, n. 16, p. 5276, 2024.

SCHEEREN, E. M.; KRUEGER-BECK, E.; NOGUEIRA-NETO, G. N.; BUTTON, V. L. S. N.; NOHAMA, P. Investigation of muscle behavior during different functional electrical stimulation profiles using mechanomyography. In: *ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE ENGINEERING IN*

MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY, 32., 2010, Buenos Aires. Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. New York: IEEE, 2010. p. 3970– 3973.

STEEVES, J. D. et al. Extent of spontaneous motor recovery after traumatic cervical sensorimotor complete spinal cord injury. *Spinal Cord*, v. 49, n. 2, p. 257-265, 2011.

TWEEDY, S. M.; BECKMAN, E. M.; CONNICK, M. J. Paralympic classification: conceptual basis, current methods, and research update. *PM&R*: The Journal of Injury, Function and Rehabilitation, v. 6, n. 8 Suppl., p. S11-S17, 2014.

VARA, Maria de Fátima Fernandes. *Resposta mecanomiográfica de músculos extensores/flexores de tronco e pelve de pessoas com lesão medular.* Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba-PR, 2022.

Tecnologia Assistiva e espaços digitais: comparação entre experiências brasileiras e internacionais

Donaton, Ana Paula [*1]; Seabra Junior, Manoel Osmar[2]

1 – Programa de Pós-graduação em Educação, UNESP - Pres. Prudente, ana.donaton@unesp.br

2 – Programa de Pós-graduação em Educação, UNESP - Pres. Prudente, m.seabra@unesp.br

* -Correspondência: Rua Roberto Simonsen, 305. CEP: 19060-900. Presidente Prudente - SP

DOI 10.52050/9788579177163-35

RESUMO

O estudo analisa como os procedimentos técnicos adotados na construção de espaços digitais de Tecnologia Assistiva, no Brasil e em outros países desde 2015, afetam sua atualização, manutenção e continuidade. Considera-se o impacto das normas de acessibilidade digital e das mudanças nos modos de produção tecnológica. A investigação baseia-se em uma Revisão Sistemática da Literatura (PRISMA 2020) e análise de conteúdo (Bardin, 2016). Os resultados apontam que os procedimentos técnicos adotados, em fases de estruturação e programação, podem influenciar diretamente a continuidade desses ambientes digitais. A ausência de detalhamento técnico nos estudos analisados, especialmente no que se refere à aplicação e documentação de linguagens, bibliotecas e diretrizes nos projetos brasileiros, compromete sua manutenção, atualização e replicabilidade.
Palavras-chave: Tecnologia Assistiva, Espaços Digitais, Procedimentos

ABSTRACT

The study analyzes how the technical procedures adopted in the construction of Assistive Technology digital platforms, in Brazil and other countries since 2015, affect their updating, maintenance, and continuity. It considers the impact of digital accessibility standards and changes in technological production methods. The investigation is based on a Systematic Literature Review (PRISMA 2020) and content analysis (Bardin, 2016). The results indicate that the technical procedures adopted during the structuring and programming phases can directly influence the continuity of these digital environments. The lack of technical detailing in

the analyzed studies, especially regarding the application and documentation of languages, libraries, and guidelines in Brazilian projects, compromises their maintenance, updating, and replicability.
Keywords: *Assistive Technology, Digital Spaces, Practices*

1. INTRODUÇÃO

O ano de 2015 simbolizou um ponto de avanço importante em dois campos que, mesmo distintos, passaram a caminhar de forma conjunta — o fortalecimento dos direitos das pessoas com deficiência e o avanço na criação de ambientes digitais mais acessíveis. Esse foi o ano em que entrou em vigor a Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015), garantindo uma série de direitos e reforçando o papel da Tecnologia Assistiva (TA) no processo de inclusão, especialmente na educação. Foi também por este período que termos como usabilidade, acessibilidade digital, responsividade e experiência do usuário (UI/UX) começaram a ganhar espaço nas discussões sobre desenvolvimento de *sites*, plataformas e aplicativos (Cooper, 2014).

De um lado, a nova legislação trouxe maior visibilidade às barreiras enfrentadas por pessoas com deficiência e à necessidade de ferramentas que promovam a sua autonomia e participação. Assim, como discutido por Calheiros (2015), Tecnologias Assistivas — que incluem desde recursos físicos até softwares especializados — passaram a ser citadas com mais frequência em políticas públicas, como meios de viabilizar a inclusão.

Do outro, o campo do design digital também evoluía, incorporando práticas mais centradas no usuário e ampliando o compromisso com a diversidade. A criação de espaços digitais começou a considerar não só a estética e a funcionalidade, mas também como tornar esses ambientes acessíveis a todos os públicos, incluindo pessoas com deficiência. Internacionalmente, surgiram diretrizes como as do *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG, 2023), atualmente na versão 2.2, com orientações técnicas para tornar conteúdos digitais mais acessíveis, organizando-os em quatro princípios: perceptibilidade, operabilidade, compreensibilidade e robustez.

Já no Brasil, por exemplo, o Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico – eMAG (Brasil, 2020) foi criado com o objetivo de orientar a elaboração de *sites* e portais públicos para garantir o acesso sem barreiras, com recomendações sobre a estrutura da informação até aspectos de navegação e contraste visual. Em complemento, a norma ABNT NBR 17060:2022 (ABNT, 2022) traz requisitos de acessibilidade específicos para aplicativos em dispositivos móveis, com critérios técnicos que asseguram o uso por pessoas com diferentes tipos de deficiência.

Neste encontro entre inclusão e inovação digital, surgiram estudos e iniciativas que integram as duas frentes em projetos técnicos ou acadêmicos voltados à disseminação de recursos sobre Tecnologias Assistivas (Lopes, 2018; Franciscatto, 2017; Calheiros, 2015; Nascimento, 2020). Muitos deles buscaram criar ou aprimorar espaços digitais como portais, plataformas, *sites* e repositórios para disseminação de informações sobre TA, respondendo à falta de recursos acessíveis para professores ou demais profissionais que trabalham com este recurso. Esses projetos ainda têm ganhado espaço, mas seguem enfrentando desafios relacionados à sua manutenção, atualização e alcance. Observa-se que a maioria das iniciativas brasileiras encontram-se dispersas, sem novos conteúdos, ou em vários casos, já não estão mais disponíveis ao público (Lopes, 2018; Franciscatto, 2017 e Simões, 2017), o que compromete sua efetividade como ferramentas de apoio.

Durante a realização de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), conduzida em um estudo anterior com o objetivo de identificar métodos, diretrizes e procedimentos técnicos para a construção de espaços digitais voltados à TA, surgiu de forma orgânica uma diferença significativa entre os contextos nacionais e internacionais. Embora esse não fosse o foco do levantamento, a coleta de dados mostrava diferenças quanto ao desenvolvimento desses ambientes nos diferentes países, o que chamou a atenção dos autores e motivou o desenvolvimento deste novo recorte da investigação.

Diante do contexto, e com base nos dados coletados da RSL, buscou-se responder: de que forma os procedimentos adotados no desenvolvimento de espaços digitais voltados à Tecnologia Assistiva podem influenciar sua continuidade no contexto brasileiro, em contraste com modelos internacionais? Assim, pretende-se analisar comparativamente experiências brasileiras e internacionais na construção de espaços digitais para TA, identificando práticas que possam influenciar sua efetividade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Adotando como diretriz metodológica o protocolo PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) e de natureza qualitativa, conforme orientações de Page *et al.* (2021), o processo metodológico foi estruturado em: (i) definição e preparação da revisão; (ii) coleta e sistematização dos dados; e (iii) análise do material.

Na fase de planejamento (fase i), foram definidos os descritores da revisão, que incluíram: Repositório, Portal, Plataforma, Recursos, Educação Especial, Educação Inclusiva, Tecnologia Assistiva, Desenvolvimento, Pessoa com deficiência, Procedimentos,

Requisitos, Design e Acessibilidade. Cada um desses termos foi também traduzido para o inglês, compondo estratégias de busca em cruzamento entre si, e com o uso dos operadores *booleanos* AND e OR. As bases de dados selecionadas foram: Catálogo de Teses & Dissertações (Capes), Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), SciELO, Institute of Education Science (ERIC), Scopus (Elsevier), Web of Science (WoS) e Sage Open. O principal critério para a seleção dos artigos foi o ano de publicação, considerado entre 2015 e 2024. Além disso, a inclusão dos estudos na coleta esteve condicionada à aplicação do procedimento em espaços digitais reais, analisados já na fase de triagem, por serem fundamentais para responder à pergunta norteadora da pesquisa. Diante da escassez de relatos sobre espaços digitais exclusivamente voltados à Tecnologia Assistiva, a revisão ampliou seu escopo para incluir, de maneira complementar, outros dois tipos de espaços digitais: ambientes digitais com foco educacional e terapêutico. Considerando que, na ausência de *sites* especializados, é comum que profissionais da área de Tecnologia Assistiva recorram a espaços digitais similares para obter informações e recursos.

A coleta de dados (fase II) ocorreu entre novembro de 2024 e janeiro de 2025, com a participação de duas pesquisadoras e validação conjunta dos materiais selecionados, conforme indica Medrado *et. al* (2014). A busca resultou em 1.209 estudos, sendo 18 selecionados, após triagem, para compor a revisão (figura 1), conforme os critérios PRISMA (Page *et al*., 2021). Para garantir a credibilidade do processo, a etapa foi submetida à avaliação de dois especialistas — um da área de programação e outro de Educação Inclusiva — que validaram sua coerência metodológica. Após ajustes recomendados pelos mesmos, o relatório das coletas foi publicado na plataforma Open Science Framework (OSF)[1].

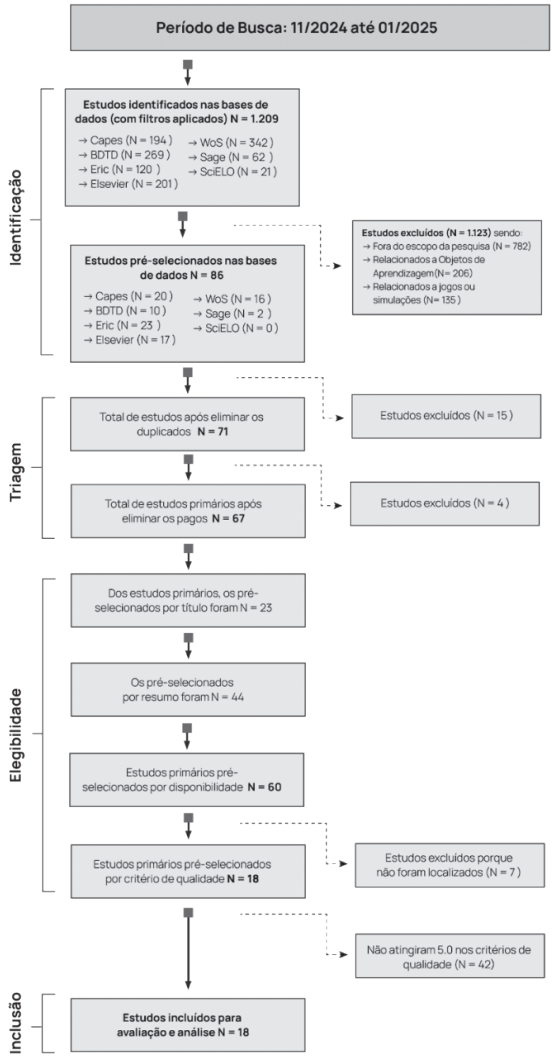
Na fase iii) de análise, os dados foram organizados com base em diferentes recortes. O principal, orientado pela questão PICO (*Population*, *Intervention*, *Comparison*, *and Outcome*), buscou identificar os métodos utilizados no desenvolvimento de espaços digitais (Schiavenatto, 2021), mas, a riqueza dos dados permitiu ampliar a investigação para além deste escopo. Surgiu assim uma análise secundária na comparação entre experiências brasileiras e internacionais, justificando sua abordagem específica neste artigo.

Deste modo, nesta fase, análise de conteúdo usou Bardin (2016). Foram seguidas as três etapas propostas pela autora: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados. A pré-análise ocorreu paralelamente à avaliação dos critérios de qualidade dos estudos incluídos; sempre que um material atingia nota igual ou superior a 5, ele era automaticamente submetido

1 Pode ser acessado diretamente pelo link: https://osf.io/g6uvb

a pré-análise. Após, o conteúdo dos estudos selecionados foi organizado em quadros de frequência e mapeamento. Os mesmos podem ser consultados no relatório da OSF.

Figura 1 - *Flow Diagram* de coletas e seleção de estudos da fase ii



3. RESULTADOS

O Quadro 1 apresenta, em ordem de execução, os procedimentos adotados pelos estudos na criação de seus respectivos espaços digitais. Além dos métodos

utilizados, o quadro organiza também o nome dos autores, o ano de publicação dos estudos e a sua origem, indicando se se tratam de produções nacionais ou internacionais.

Quadro 1 - Descrição de ferramentas e procedimentos indicados por estudo.

Autor/Ano	Localidade	Procedimentos descritos nos estudos
Israel (2019)	Nacional	1) Análise Heurística de Repositórios 2) Grupo Focal para organização dos recursos 3) Prototipação e Programação (não especifica as ferramentas) 4) Políticas e Captação de Conteúdo 5) Validação por Questionário - Escala Likert
Reus (2019)	Nacional	1) Análise entre repositórios 2) Desenvolvimento open-source e co-design (não especifica as ferramentas) 3) Entrevistas abertas com profissionais da rede Estadual e Municipal 4) Criação do protótipo (não especifica ferramentas)
Lauxen (2024)	Nacional	1) RSL 2) Entrevistas Semi-estruturadas 3) Prototipação (Design Thinking HTML, JAVASCRIPT e CSS) 4) Avaliação (Modelo TAM)
Silva (2021)	Nacional	1) Levantamento Bibliográfico e Requisitos 2) Desenho do Modelo (Não especifica as ferramentas) 3) Programação: HTML, JavaScript 4) Avaliação por especialistas (heurística, usabilidade e normas de qualidade de sofyware)
Araújo (2017)	Nacional	1) Observação de Usuários e Aplicação de Questionários (Forms) 2) SCRUM 3) Programação: HTML, JavaScript,, Css,
Simões (2017)	Nacional	1) RSL e Consultoria 2) Desenho do Modelo (UCD) 3) Programação: HTML5, SSL 4) Validação pelo ISO/IEC 25010.
Nascimento (2020)	Nacional	1) P&D (experimental) 2) Desenho do Modelo (Design Universal) 3) Programação: HTML5, CSS, JavaScript, Node e Mongo 4) Teste do Modelo por questionário 5) Validação por especialistas
Richardson *et. al* (2022)	Internacional	1) Entrevista com público de interesse 2) Desenho do Modelo (Método DBR - Design Universal) 3) Construção por HPT e OER 4) Validação por especialistas (Método DBR)

Autor/Ano	Localidade	Procedimentos descritos nos estudos
Banat *et. al* (2023)	Internacional	1) Entrevista com público de interesse 2) Desenho do Modelo (Método UX - UCD) 3) Descreve o próprio método para organização e integração de conteúdos, a partir dos UX-UCD_Design Thinking 5) Validação por especialistas (questionário)
KÖLEMEN e AKGÜN (2022)	Internacional	1) Entrevista com público de interesse 2) Modelo MOOC seguindo o WC3 de acessibilidade 3) Programação (HTML5) 4) Testes de Usabilidade e Performance (automáticos) 5) Validação com Público de interesse (entrevistas)
Conway (2017)	Internacional	1) Estudo de caso 2) Framework de Inovação de Roger 3) Programação (HTML) 4) Testes de Usabilidade e Performance
Nganji e Brayshaw (2017)	Internacional	1) RSL 2) Descreve o próprio método que integra tecnologias da web semântica e inteligência artificial para personalizar materiais de aprendizagem 3) Criação de regras lógicas que combinam diferentes necessidades dos alunos para recomendar materiais de aprendizagem adequados.
Skourlas *et. al* (2016)	Internacional	1) RSL 2) Criação de sistema que combina IR, LMS e TA para apoiar alunos com deficiências. O software de código aberto DSpace foi utilizado para construir o repositório, com ontologias em OWL (Web Ontology Language) 3) Validação sistêmica
Anglade *et. al* (2016)	Internacional	1) Grupo Focal 2) Desenho do Modelo (Co-Design - Design Thinking - Design Universal) 3) Desenvolvimento (UML - Empresa particular) 4) Testes em estudo piloto
Favarino e Masala (2017)	Internacional	1) P&D 2) Esboço da Arquitetura da Informação 3) API Content Management Interoperability Services (CMIS) para padronizar a comunicação entre os repositórios 4) Design do protótipo de integração (ferramenta não especificada) 5) Teste de Performance 6) Avaliação de usuários (questionário)
Kim *et. al* (2024)	Internacional	1) Entrevistas Semiestruturadas 2) Forms com 175 potenciais usuários, analisando as respostas por meio do modelo UTAUT (Teoria Unificada de Aceitação e Uso de Tecnologia). 3) Validação por SPSS

Autor/Ano	Localidade	Procedimentos descritos nos estudos
Eun *et. al* (2023)	Internacional	1) Grupo Focal 2) Desenho do Modelo (Co-Design - UI/UX - UCD) 3) Desenvolvimento (não especifica ferramentas) 4) Testes em estudo piloto na própria ferramenta
Chistol *et. al* (2023)	Internacional	1) Entrevistas e consultas com terapeutas especializados em Análise do Comportamento Aplicada (ABA) 2) Desenho: UCD- Double Diamond - Personas e Figma 3) Desenvolvimento: HTML, Unity e React/Ruby 4) Avaliação pelos protocolos Quantitative Evaluation Framework (QEF

Considerando o Quadro 1, todos os projetos analisados, tanto nacionais quanto internacionais, iniciaram com o mesmo propósito: compreender os usuários e os espaços digitais envolvidos. O primeiro procedimento adotado por eles foi a coleta de dados, seja por meio da análise dos espaços digitais, levantamento teórico ou diretamente com os usuários por entrevistas. A maioria das ferramentas e métodos se repete entre as pesquisas.

Como segundo procedimento, os dois grupos avançam para a etapa de estruturação dos espaços digitais, com foco na organização dos ambientes. Observa-se o uso de metodologias que favorecem a participação dos usuários, como *co-design*. Nos estudos nacionais, predominam práticas para organização dos recursos e projeto: metodologias como SCRUM (voltada à gestão ágil de projetos); Design Universal (projeto inclusivo que considera a diversidade humana desde a concepção) e Design Centrado no Usuário – UCD (*User-Centered Design*, abordagem para criação conforme necessidades específicas do usuário final); e o desenvolvimento *open source* (modelo de código aberto que permite livre acesso, modificação e distribuição do software). É importante notar, contudo, uma tendência de menor detalhamento técnico sobre como elas foram empregadas nos processos.

Nos estudos internacionais, há maior descrição e diversidade metodológica, com o uso de modelos como DBR (*Design-Based Research*, pesquisa de resolução de problemas por meio de ciclos de projeto e análise); UX (*User Experience*, abordagem centrada na experiência do usuário); Design Thinking e estruturas mais refinadas como *Double*

Diamond (modelo em quatro etapas que alterna divergência e convergência de ideias) e *personas* com prototipação em Figma (ferramenta digital para criação de interfaces visuais interativas). O *Framework* de Inovação de Rogers descreve como novas ideias e tecnologias se difundem na sociedade, considerando o tipo de inovação e perfil dos adotantes. Já o modelo MOOC (*Massive Open Online Course*), baseado no WCAG (2023), segue padrões de acessibilidade digital para

que os cursos *online* sejam inclusivos para pessoas com diferentes tipos de deficiência. Alguns trabalhos avançam na integração de tecnologias específicas, como inteligência artificial e infraestruturas de repositório DSpace (plataforma *open source* para gerenciamento de acervos digitais).

No terceiro procedimento, os estudos nacionais avançam para a programação, utilizando, em quase todos os casos, HTML (*HyperText Markup Language*), CSS (*Cascading Style Sheets*) e JavaScript (o HTML estrutura o conteúdo, o CSS define o estilo visual, e o JavaScript adiciona interatividade às páginas), mas novamente, não há detalhamento nos textos sobre como foi realizada essa etapa, citando-se apenas as linguagens.

Nos estudos internacionais, junto da programação — por vezes sem especificação das ferramentas - são adotadas também metodologias como HPT (*Human Performance Technology*, abordagem focada na melhoria do desempenho humano por meio de soluções tecnológicas) e OER (*Open Educational Resources*, recursos educacionais abertos para compartilhamento e reutilização). Há também uso de modelagem UML (*Unified Modeling Language*, linguagem visual para especificação e documentação de sistemas), integração via CMIS (*Content Management Interoperability Services*, padrão para interoperabilidade entre repositórios), e ferramentas de desenvolvimento como Unity, React e Ruby. Nota-se, que o terceiro procedimento, varia entre os termos "prototipação" e "programação", é importante considerar que, a prototipação envolve a criação de modelos iniciais para testar ideias e interfaces; a programação refere-se à codificação do sistema para torná-lo operacional.

Após a programação, a maioria dos estudos avançou para validação e testes dos espaços digitais desenvolvidos, descritas como procedimentos 4, 5 e/ou 6. No entanto, há exceções: o estudo de Nganji e Brayshaw (2017), Araújo (2017) e Reus (2019) encerrou sua proposta na terceira etapa, sem validação do espaço digital. Israel (2019), focou o procedimento 4 na pesquisa de políticas e na captação de conteúdo, e avançou no 5 e 6 para validação, assim como fez Favarino e Masala (2017). Nos estudos nacionais, predominam as validações com questionários estruturados (incluindo uso de Escala Likert), um projeto cita a avaliação pela norma ISO/IEC 25010, que trata da qualidade de produtos de software. Também são citadas avaliações com especialistas, com base em critérios heurísticos, no próprio protótipo. Observa-se que esses testes, nos dois grupos, foram elaborados pelos próprios pesquisadores, com critérios adaptados às especificidades de cada projeto, os instrumentos utilizados estão descritos nos textos ou disponibilizados nos apêndices. Nos estudos internacionais, essa tendência se mantém, e também aparecem avaliações por meio do *Quantitative*

Evaluation Framework (QEF), baseado na norma ISO 9126 (que foi substituída em 2011 pela ISO 25010).

4. DISCUSSÃO

Hoje, estruturar um espaço digital passa, antes de tudo, por entender quem vai usá-lo (Cooper, 2014). Os estudos analisados, em ambos os grupos, trazem a valorização do usuário, independentemente da abordagem adotada, para fundamentar o processo de criação, e para que o espaço digital desenvolvido dialogue com sua realidade. Logo no primeiro procedimento, é comum a realização de entrevistas e mapeamentos para entender o perfil e as necessidades do público-alvo, o que orienta decisões importantes do projeto. Esse foco também aparece nas etapas finais (procedimentos de 4 a 6), com validações e testes realizados em até mais de uma rodada, tanto com especialistas, quanto com usuários reais.

A principal diferença observada entre os relatos nacionais e internacionais na construção destes espaços digitais, está concentrada nos procedimentos 2 e 3, especialmente no que diz respeito às ferramentas e metodologias utilizadas para estruturá-los e desenvolvê-los. Em relação às linguagens e ferramentas - quando são especificadas - é exclusiva a escolha pelo HTML e CSS, o que está alinhada com as recomendações do eMAG (Brasil, 2020), WCAG (2023) e da norma ABNT NBR 17060:2022 (ABNT, 2022), que orientam expressamente o uso delas, por serem compatíveis com navegadores e dispositivos assistivos. No entanto, nenhum dos estudos associa diretamente a construção de seus espaços digitais a essas três normativas específicas. Algumas pesquisas mencionam outras normas, como a ABNT ISO/IEC 9126 (Silva, 2021; Araújo, 2017), a ISO/IEC 25010 (Simões, 2017) e a ISO 9241 (Nascimento, 2020), mas, em geral, os textos não explicitam o como essas diretrizes foram efetivamente aplicadas no desenvolvimento técnico das plataformas.

Apesar da fundamentação teórica, o cenário brasileiro, traz práticas mais básicas e pouco detalhamento técnico de como os espaços foram programados. Esse detalhamento e documentação dos *frameworks* ou estruturas utilizadas, é um dos elementos que garante a reprodutibilidade e a manutenção dos espaços digitais, a ABNT (2022) e o WCAG (2023) pressupõe diretrizes que a exigem; já o eMAG (Brasil, 2020) é explícito quanto à necessidade de registro e descrição técnica do desenvolvimento.

Os estudos internacionais descrevem uma articulação maior entre pesquisa e estrutura tecnológica. Foi possível notar, no corpo do texto, as estratégias pensadas e seus respectivos procedimentos, tanto no desenvolvimento, quanto para que os projetos tenham meios de se manterem ativos ao longo do tempo.

Relacionando também os dados do Quadro 1, estas estratégias envolvem desde a interconexão entre repositórios de diferentes instituições com CMIS (Favarino e Masala, 2017), integração com ambientes virtuais de aprendizagem (AVA/LMS) (Skourlas *et. al*, 2016), e, a aplicação de inteligência artificial para curadoria de conteúdos adaptados a múltiplas deficiências (Nganji e

Brayshaw, 2017). Também há iniciativas que exploram realidade virtual como para ampliar a experiência dos usuários (Chistol *et. al*, 2023). No que se refere à escolha das linguagens para estruturar o espaço, como descrito anteriormente, apesar de alguns estudos também não sinalizarem as linguagens, os materiais apontam uso integrado do HTML, CSS e Javascript com plataformas *open source*, Figma e outras linguagens. Em contrapartida, há menções e procedimentos quanto ao WCAG (2023) apenas por Conway (2017); Koleman e Akgun (2022); Skourlas *et. al.* (2016) e Eun *et. al* (2023).

5. CONCLUSÕES

Os achados desta RSL, indicam que os procedimentos e ferramentas adotados no desenvolvimento de espaços digitais voltados à Tecnologia Assistiva podem influenciar sua continuidade, especialmente nas etapas que definem a estruturação e programação. Observa-se que o pouco detalhamento técnico, pode comprometer tanto a reprodução quanto a manutenção desses ambientes, considerando que, sem a descrição de como as linguagens e bibliotecas foram usadas, por exemplo, outros profissionais podem ter dificuldade em corrigir falhas, fazer iterações, atualizar e replicar a pesquisa em novos contextos. Apesar de citar diretrizes como WCAG (2023) e ISO 9241, os estudos explicam brevemente como elas foram integradas nos processos de desenvolvimento. Fala-se sobre o espaço digital, da sua relevância social e como identificar as necessidades dos usuários, mas pouco se explicita sobre como essas informações são convertidas em decisões dentro de sua programação. Embora o foco deste recorte tenha sido os indicativos para manter os espaços atuais e ativos, observa-se a necessidade de investigar como recursos de acessibilidade, como navegação por teclado e legendas, previstos nas diretrizes, vêm sendo aplicados. Essa análise está em desenvolvimento, para publicação futura dos autores.

As experiências internacionais, também não são específicas quanto às diretrizes de acessibilidade, mas trazem maior detalhamento técnico, e a adoção de estratégias que favorecem a sustentabilidade dos espaços, explorando alternativas tecnológicas que interligam ou integram eles com outros sistemas, como o LMS, ampliado o potencial de uso e manutenção. Os autores pretendem explorar a viabilidade dessas estratégias na construção de uma plataforma sobre Tecnologia Assistiva, assim como avaliar se a aplicação do protocolo IEEE

830-1998, GitHub ou versionamento podem favorecer a continuidade desses projetos.

AGRADECIMENTOS

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 17060:2022* – Acessibilidade em aplicativos de dispositivos móveis – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, out. 2022. Disponível em: https://www.abntcolecao.com.br/mpf/grid.aspx. Acesso em: 29 jul. 2025

ANGLADE, C.; BRETON, M.; SIMARD, F.; FITZPATRICK, T.; FITZPATRICK, M.; BRUNEAU, G.; GABOURY, I. *Development and implementation of an interprofessional digital platform to increase therapeutic adherence: protocol for a mixed design study. JMIR Research Protocols*, [S.l.], v. 11, n. 8, p. e34463, 2022. Disponível em: https://www.researchprotocols.org/2022/8/e34463. Acesso em: 3 maio 2025.

ARAÚJO, F. K. *Mosaico Inclusivo:* uma plataforma para troca de experiências entre docentes que atuam no ensino profissionalizante com alunos PcDs. 2017. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Industrial) –SENAI CIMATEC, Salvador, 2017. Disponível em: http://repositoriosenaiba.fieb.org.br/handle/fieb/910. Acesso em: 3 maio 2025.

BANAT, H. R; PALESE, E.; GILL, H. M.; STAPLES, S.; DILGER, B. *Designing digital repositories: user centered design thinking and sustainable professional development. Composition Studies*, [S.l.], v. 51, n. 1, p. 44-64, 2023. Disponível em: https://eric.ed.gov/?id=EJ1390145. Acesso em: 3 maio 2025.

BARDIN, Laurence. *Análise de Conteúdo* São Paulo: Edições 70, 2016.

BRASIL. *Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico – eMAG.* Brasília: Governo Federal, 2020. Disponível em: https://emag.governoeletronico.gov.br/. Acesso em: 29 jul. 2025.

CALHEIROS, D. S. *Consultoria colaborativa à distância em tecnologia assistiva para professores de salas de recursos multifuncionais.* 2015. 165f. Dissertação. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015. Disponível em: < https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/3179?show=full > Acesso em: 07 mai. 2025.

CHISTOL, M; TURCU, C; DANUBIANU, M. *Autism Assistant: a platform for autism home-based therapeutic intervention*. *IEEE Access*, [S.l.], 2023. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/ABSTRACT/document/10234705. Acesso em: 3 maio 2025.

CONWAY, T H. *Case study in modeling accessibility for online instruction.* 2017. Dissertação (Doutorado em Learning Design and Technology) – Universidade de Hawai'i at Mānoa, Honolulu, 2017. Disponível em:. Acesso em: 3 maio 2025.

COOPER, A. *et al. About face: the essentials of interaction design.* John Wiley & Sons, 2014.

EUN R, KIM, A J; JANG, S. U; KIM, E. J.. *Usability study to promote co-creation among people with disabilities, developers, and makers with a focus on the Assistive Technology Open Platform*

in Korea. IEEE Access, [S.l.], 2024. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/ABSTRACT/document/10381625. Acesso em: 3 maio 2025.

FAVARINO, L; MASALA, E. *A new architecture for cross-repository creation and sharing of educational resources. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET),* [S.l.], v. 12, n. 2, p. 185–209, 2017. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/930f/8dc6a9e2431776e5a15973afd.pdf. Acesso em: 3 maio 2025.

FRANCISCATTO, R.. *SolAssist – Biblioteca Virtual de Soluções Assistivas acessível na inclusão social de pessoas com deficiência.* 2017. 164 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/158276. Acesso em: 3 maio 2025.

ISRAEL, H. *Metodologia de ensino com recursos digitais: como promover sua utilização por professores por meio de uma plataforma digital educacional.* 2019. 107 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Novas Tecnologias Digitais na Educação) – Centro Universitário Carioca, Rio de Janeiro, 2019.

KIM, A J et al. *Predicting adoption of the assistive technology open platform: extended unified theory of acceptance and use of technology. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, Abingdon, v. 19, n. 7, p. 2506–2518, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1080/17483107.2023.2300050 . Acesso em: 3 maio 2025.

KÖLEMEN, C. S; AKGÜN, E. *Designing, development, implementation and assessment of the accessible mass open learning platforms for the visually impaired individuals*. *The Turkish Online Journal of Educational Technology,* [S.l.], v. 21, n. 3, p. 15-27, jul. 2022. Disponível em: https://eric.ed.gov/?id=EJ1345734. Acesso em: 3 maio 2025.

LAUXEN, G.A. *TEAjudo – Plataforma online de apoio para professores com alunos autistas em sala de aula.* 2024. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologias Educacionais em Rede) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Educação, Santa Maria, RS, 2024. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/handle/1/32342. Acesso em: 3 maio 2025.

MEDRADO, C.; GOMES, V. M.; NUNES SOBRINHO, F. P. Atributos teórico metodológicos da revisão sistemática das pesquisas empíricas em educação em educação especial In.: NUNES, L. R. O. P., (Org.) *Novas trilhas no modo de fazer pesquisa em educação especial.* São Carlos.ABPEE, 2014. Disponível em: <https://www.abpee.net/pdf/livros/Novas%20trilhas%20no%20modo%20de%20fazer%20pesquisa%2 0em%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20Especial.pdf> Acesso em: 29 jan. 2025

NASCIMENTO, R. A. L. *Desenvolvimento de um portal de objetos em audiodescrição: recurso de tecnologia assistiva para inclusão de pessoas com deficiência visual – "BOCAWEB"*. 2020. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Educação, Dourados, MS, 2020. Disponível em: Acesso em: 3 maio 2025.

NGANJI, J T.; BRAYSHAW, M. *Disability-aware adaptive and personalised learning for students with multiple disabilities*. *Journal of Assistive Technologies,* [S.l.], v. 17, n. 1, p. 45-56, 2023. Disponível em: www.emeraldinsight.com/2056-4880.htm. Acesso em: 3 maio 2025.

LOPES, A. P. S *A tecnologia assistiva para a inclusão de estudantes com deficiência na educação superior:* concepção e avaliação de um portal educacional para auxiliar a prática docente. 2019. 209

f. Dissertação (Mestrado em Cultura e Sociedade) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019. Disponível em: https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/2773. Acesso em: 12 maio 2025.

PAGE, M. J. *et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews.* bmj, v. 372, 2021. Disponível em: <https://www.bmj.com/content/bmj/372/bmj.n71.full.pdf > . Acesso em: 09 mai. 2025

REUS, V B. *Inovação inclusiva na educação especial:* plataforma colaborativa para gestão da escolarização e do processo de ensino-aprendizagem. 2020. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Informação e Comunicação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/215043. Acesso em: 3 maio 2025.

RICHARDSON, J C.; CASTELLANOS R, D; JANAKIRAMAN, S; DUHA, M S. *The process of developing a digital repository for online teaching using design-based research. Educational Technology Research and Development*, [S.l.], v. 70, n. 3, p. 731-750, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s11528-022-00795-w. Acesso em: 3 maio 2025.

SCHIAVENATO, M; CHU, F. *PICO: what it is and what it is not. Education in Practice*, [S.l.], v. 56, p. 103194, 2021. Disponível em https://www.sciencedirect.com/science/article/ abs/pii/S1471595321002304. Acesso em: 3 maio 2025. SILVA, A l. *Plataforma educacional para apoio na vivência, comunicação e comportamento de crianças com Transtorno do Espectro Autista.* 2021. Dissertação Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, SP, 2021.

SIMÕES, J. S. *Plataforma web de atividades terapêuticas:* desenvolvimento e aplicação. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2017. Disponível em: https://repositorio.usp.br/item/002876586. Acesso em: 3 maio 2025.

SKOURLAS, C; et. Al. *Integration of institutional repositories and e-learning platforms for supporting disabled students. Library Review*, [S.l.], v. 64, n. 8, p. 577-589, 2016. Disponível em: https://www.emerald. com/insight/content/doi/10.1108/lr-08-2015-0088/full/html. Acesso: 3 mai2025.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM (W3C). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2*. 2023. Disponível em: https://www.w3.org/TR/WCAG22/. Acesso em: 29 jul. 2025.

EIXO TEMÁTICO | Tecnologias Assistivas emergentes e com IA

RELATOS TÉCNICOS

Allena: uma extensão de navegador baseada em voz para a inclusão digital de pessoas com deficiência visual

Soares, Laissa[1]; Gontijo, Amanda[2]; Morganna, Ellen[3]; Oliveira, Luciano[4]; Leão, Amanda[5]; Brito, Leandro[6]; Souza, Nilmar

1 – Discente, UFRB, laissa@aluno.ufrb.edu.br
2 – Engenheira de controle de automação, UFMG, amandamg99@gmail.com
3 – Bacharel em Sistemas de Informação, Uniub, ers.morganna@gmail.com
4 – Discente, UFRB, luciano.oliveira@aluno.ufrb.edu.br
5 – Discente, UFRB, amanda.leao@aluno.ufrb.edu.br
6 – Docente, UFRB, lbsantos@ufrb.edu.br
7 – Docente, UFRB, nilmar@ufrb.edu.br
* - Correspondência: Av. Centenário, 697 - Sim, Feira de Santana - BA, 44042-280

DOI 10.52050/9788579177163-36

RESUMO

Pessoas com deficiência visual enfrentam desafios significativos na navegação de páginas web, mesmo com o uso de leitores de tela. Este trabalho apresenta a Allena, uma extensão de navegador baseada em inteligência artificial que transforma comandos de voz em ações diretas na interface web. Desenvolvida a partir do evento Inovathon, a solução busca preencher lacunas nas tecnologias assistivas existentes, promovendo uma navegação mais acessível e centrada na experiência do usuário. O protótipo foi construído com o uso da Web Speech API e testado em páginas reais. Os resultados indicaram uma redução superior a 75% no tempo necessário para a realização de tarefas acessíveis. A Allena representa um avanço no uso da IA em prol da inclusão digital, com impactos diretos nas áreas de Engenharia, Design e Tecnologia Assistiva.
Palavras-chave: acessibilidade digital, inteligência artificial, comando de voz.

ABSTRACT

Visually impaired people face significant challenges navigating web pages, even with screen readers. This paper presents Allena, an artificial intelligence-based

browser extension that transforms voice commands into direct actions in the web interface. Developed at the Inovathon event, the solution aims to fill gaps in existing assistive technologies, promoting more accessible navigation focused on the user experience. The prototype was built using the Web Speech API and tested on real pages. The results indicated a reduction of over 75% in the time required to perform accessible tasks. Allena represents a breakthrough in the use of AI for digital inclusion, with direct impacts on the fields of Engineering, Design, and Assistive Technology.
Keywords: *digital accessibility, artificial intelligence, voice command.*

1. INTRODUÇÃO

A acessibilidade digital é um pilar essencial para a plena inclusão de pessoas com deficiência visual na sociedade da informação. Apesar dos avanços tecnológicos, diversas barreiras ainda dificultam o acesso de usuários cegos e com baixa visão a conteúdos e serviços online. Dados do último censo indicam que aproximadamente 6,5 milhões de brasileiros possuem algum tipo de deficiência, sendo a deficiência visual a mais prevalente (IBGE, 2023).

Estudos recentes confirmam que, embora existam diretrizes robustas, como as Web Content Accessibility Guidelines (WCAG), muitos websites ainda falham na implementação de boas práticas de acessibilidade. Entre os principais problemas estão a ausência de descrições alternativas, a organização semântica inadequada dos elementos e a incompatibilidade com tecnologias assistivas, o que torna a navegação lenta, frustrante e, em muitos casos, inviável para esse público (Kiambati, Juma & Wawire, 2024; Kerdar, Bächler & Kirchhoff, 2024). No Brasil, essa situação é ainda mais crítica, visto que apenas 2,9% dos sites nacionais foram aprovados em todos os testes de acessibilidade, segundo dados do Movimento Web para Todos.

Diante desse cenário, tecnologias baseadas em inteligência artificial, especialmente aquelas que utilizam comandos de voz, surgem como soluções promissoras. Além de simplificarem a interação, essas ferramentas reduzem significativamente a dependência de interfaces visuais, proporcionando uma navegação mais intuitiva e eficiente (Silva, Ferreira & Sacramento, 2018; Khasawneh, 2023).

Neste contexto, apresenta-se a ALLENA, uma extensão de navegador baseada em inteligência artificial que transforma comandos de voz em ações diretas na interface web. Seu desenvolvimento teve início no evento de inovação Inovathon, realizado no Google São Paulo, com o propósito de criar uma solução acessível, eficiente e centrada na experiência do usuário. A iniciativa busca preencher lacunas nas atuais soluções de acessibilidade, combinando

tecnologias emergentes, design inclusivo e foco nas necessidades reais de pessoas com deficiência visual.

Este relato técnico descreve o processo de desenvolvimento, testes e validação da extensão ALLENA, destacando seu impacto na redução do tempo de execução de tarefas online e sua contribuição prática para o avanço da tecnologia assistiva no contexto da acessibilidade digital.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Levantamento de Necessidades e Definição dos Requisitos

Diante da dinâmica intensa do hackathon (cerca de oito horas de desenvolvimento), a definição ágil de requisitos foi orientada pelas necessidades reais de usuários com deficiência visual. A equipe contou com o apoio direto de uma estudante cega, usuária experiente de leitores de tela, o que permitiu compreender na prática os principais entraves na navegação web. A vivência prévia de uma integrante em projetos inclusivos reforçou a identificação de barreiras como descrições ausentes, navegação pouco intuitiva e baixa compatibilidade com leitores de tela. A partir disso, foram priorizados os seguintes requisitos: (i) reduzir etapas de navegação; (ii) permitir comandos de voz naturais; e (iii) eliminar a necessidade de adaptações específicas nos sites acessados.

2.2. Arquitetura da Solução e Tecnologias Utilizadas

A arquitetura da extensão ALLENA foi projetada de forma modular, integrando tecnologias web consolidadas e ferramentas baseadas em inteligência artificial. A solução é composta por um conjunto de componentes que operam tanto no navegador quanto em um backend leve, permitindo a interação por voz com qualquer página da web, sem necessidade de modificações no código dos sites acessados.

O desenvolvimento front-end da extensão foi realizado utilizando HTML5, CSS e JavaScript, com prioridade para o uso de código nativo. Essa abordagem se deve às restrições impostas pelo padrão Manifest V3, que limita a utilização de frameworks frontend robustos como React, Vue e Angular, pois não são diretamente suportados em content scripts ou na interface popup da extensão. Para garantir leveza, compatibilidade e aderência às normas de segurança dos navegadores modernos, a construção da interface e da lógica da extensão foi feita com JavaScript puro.

No que se refere aos recursos de voz, foram implementadas APIs nativas do navegador:

- Reconhecimento de Fala: via Web Speech API, responsável por capturar e transcrever os comandos de voz do usuário.
- Síntese de Fala (TTS): através da Speech Synthesis API, que fornece feedback auditivo ao usuário, confirmando ações ou fornecendo informações.

O backend da aplicação foi desenvolvido utilizando funcionando como camada intermediária para processar os comandos, interpretar intenções e, quando necessário, gerar respostas com suporte de modelos de linguagem, como o Gemini, utilizado para compreensão e desambiguação de comandos mais complexos.

A extensão foi construída sob o padrão Manifest V3 do navegador Google Chrome, o que garante maior segurança, desempenho otimizado e melhor gerenciamento de permissões. No contexto do funcionamento da extensão, destaca-se o uso de Content Scripts, que são trechos de código JavaScript injetados diretamente nas páginas visitadas.

O fluxo de funcionamento da ALLENA ocorre da seguinte maneira: o usuário ativa a extensão, ativa o microfone que captura o comando via Web Speech API; o backend processa e interpreta o comando, utilizando o modelo Gemini para refinar a intenção; em seguida, o Content Script traduz esse comando em ações no DOM da página, como clicar e rolar. Por fim, o feedback da ação é retornado ao usuário através de áudio pela Speech Synthesis API. Essa arquitetura permite que a extensão funcione de maneira independente da estrutura interna dos sites visitados, oferecendo uma camada de acessibilidade sobre qualquer página web, desde que seus elementos sejam identificáveis no DOM.

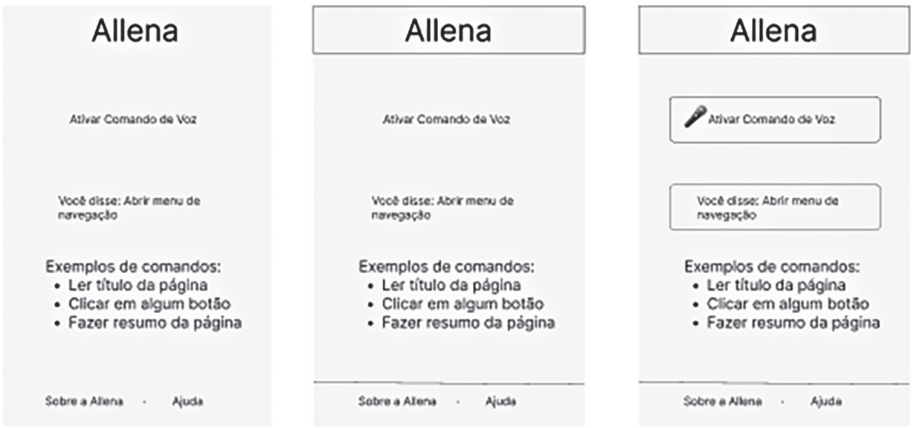
2.3. Prototipagem e Iterações

A construção da extensão ALLENA iniciou-se com o desenvolvimento de um protótipo funcional, cujo objetivo era validar a viabilidade técnica e a usabilidade da solução. Nesta primeira versão, foi implementado o suporte a comandos básicos, especialmente a capacidade de identificar elementos clicáveis — como botões — e executar a ação correspondente mediante comando de voz.

O processo de prototipagem seguiu uma abordagem iterativa, envolvendo ciclos de testes tanto em ambiente controlado quanto em situações reais de navegação na web. A cada rodada de testes, foram observados pontos de melhoria relacionados à precisão do reconhecimento de comandos, identificação correta dos elementos no DOM das páginas e clareza no retorno das ações realizadas. Uma das melhorias significativas incorporadas ao longo das iterações foi o desenvolvimento de uma interface auditiva. Por meio da API de Speech Synthesis, a extensão passou a fornecer feedback sonoro imediato

após a execução de cada comando, informando, por exemplo, que um botão foi clicado ou que determinado elemento não pôde ser localizado na página. Esse recurso mostrou-se essencial para aumentar a confiança dos usuários durante a navegação, contribuindo para uma interação mais fluida e segura.

Imagem 01 - Primeiro rascunho do designer da extensão ALLENA.



Visualmente, o design da interface também evoluiu ao longo do processo. A Imagem 01 representa o primeiro rascunho do design da extensão, com um layout simplificado e foco na funcionalidade mínima viável (MVP). Já a Imagem 02 ilustra a versão final do design, refinada após a incorporação dos feedbacks dos usuários durante os testes e validações, priorizando clareza, acessibilidade e simplicidade de uso.

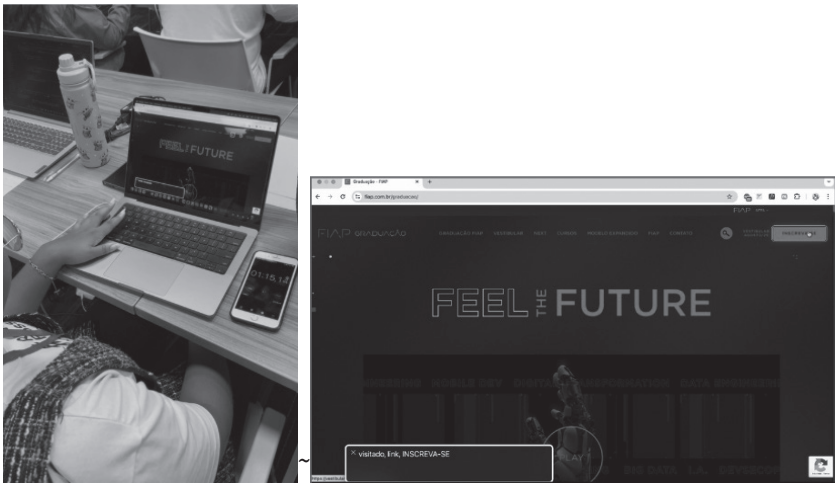
Imagem 02 - Designer final após teste e validações da extensão ALLENA.



3. RESULTADOS

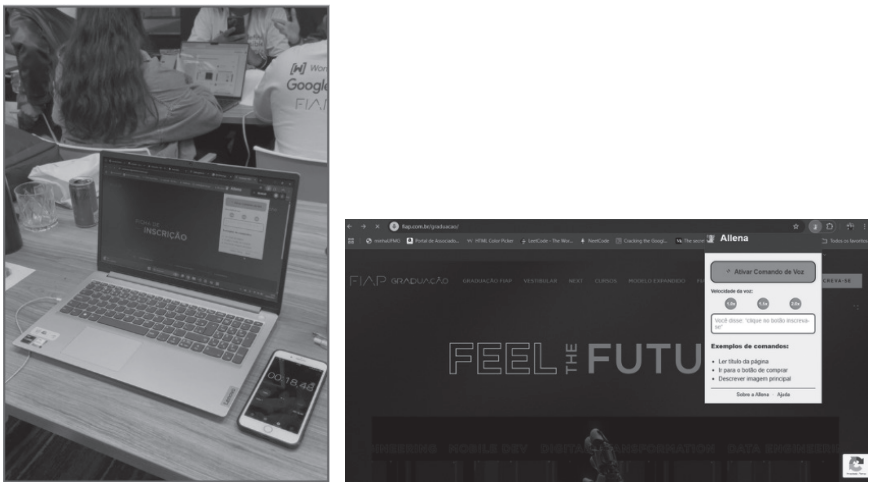
Para validar a eficiência da extensão ALLENA em um ambiente real, foi realizado um teste prático utilizando o site da FIAP, um dos patrocinadores do evento. A tarefa definida consistiu em localizar e clicar no botão “Inscreva-se” presente na página inicial. O teste comparativo foi conduzido utilizando dois recursos: o leitor de tela VoiceOver, tecnologia assistiva amplamente utilizada por pessoas com deficiência visual, e a extensão ALLENA, operando via comandos de voz. No primeiro teste, utilizando o VoiceOver, o tempo necessário para localizar e clicar no botão foi de 1 minuto e 15 segundos (75 segundos). Esse tempo refletiu as etapas necessárias de navegação sequencial, varredura dos elementos da página e confirmação do comando.

Imagem 03 - Registro do teste realizado utilizando o leitor de tela VoiceOver, acompanhado de um print da tela durante o uso.



No segundo teste, com a utilização da ALLENA, a mesma ação foi executada através de um comando de voz simples, levando apenas 18 segundos para ser concluída.

Imagem 04 - Registro do teste realizado com a extensão **ALLENA**, acompanhado de um print da tela durante a execução do comando de voz.



Ao comparar os dois métodos, observa-se que a extensão ALLENA foi aproximadamente 76% mais rápida na execução da tarefa, representando uma redução significativa no tempo necessário e um ganho expressivo em eficiência e autonomia para o usuário.

A fórmula aplicada para o cálculo da redução percentual foi:

$$\text{Redução} = ((75 - 18)/75) \times 100 = 76\%$$

Esse resultado demonstra o potencial da solução como ferramenta complementar aos leitores de tela, proporcionando uma navegação mais ágil e intuitiva em páginas web.

Embora os resultados tenham demonstrado ganhos expressivos na execução de tarefas simples, foram observadas algumas limitações durante os testes. Atualmente, a ALLENA opera de forma otimizada em páginas web que seguem uma estrutura HTML semântica, onde os elementos possuem identificadores definidos no DOM. No entanto, foram observadas limitações em páginas altamente dinâmicas, especialmente aquelas desenvolvidas como Single Page Applications (SPA), nas quais elementos são carregados ou modificados de forma assíncrona. Nessas situações, a detecção e manipulação dos componentes pela extensão nem sempre ocorre de forma imediata ou precisa.

4. CONCLUSÕES

O desenvolvimento da extensão ALLENA atingiu plenamente seus objetivos, consolidando-se como uma solução inovadora para transformar comandos de voz em ações na web, promovendo maior autonomia e acessibilidade digital para

pessoas com deficiência visual. Idealizada e construída durante um hackathon, no qual foi premiada, a ferramenta passou por avaliação criteriosa de uma banca especializada em acessibilidade, incluindo uma pessoa cega, usuária de tecnologias assistivas, que validou diretamente sua aplicabilidade e relevância. Os testes demonstraram que a ALLENA é capaz de reduzir significativamente o tempo necessário para a execução de tarefas simples, além de otimizar processos que tradicionalmente envolvem múltiplas etapas com leitores de tela. A principal contribuição científica da ALLENA reside na proposição de uma camada de acessibilidade independente de adaptações prévias dos sites, permitindo que usuários interajam com interfaces web de forma mais direta, eficiente e intuitiva. Esse avanço representa uma contribuição significativa para o campo da tecnologia assistiva e da inclusão digital.

Entretanto, os testes também evidenciaram desafios técnicos, especialmente em páginas altamente dinâmicas que fazem uso intensivo de carregamento assíncrono. Como desdobramento, futuras investigações e aprimoramentos da extensão devem focar na implementação de mecanismos de detecção de alterações no DOM em tempo real e na incorporação de técnicas avançadas de inteligência artificial, ampliando a robustez, adaptabilidade e eficácia da ferramenta em diferentes contextos web. Dessa forma, a ALLENA não apenas se estabelece como uma inovação prática, mas também abre caminho para novas pesquisas na área de acessibilidade digital, incentivando o desenvolvimento de soluções cada vez mais eficientes e inclusivas.

REFERÊNCIAS

KIAMBATI, F.; JUMA, S. W.; WAWIRE, B. A. Accessibility of digital systems in information retrieval by users with visual impairment. Quality Assurance in Education, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1108/qae-11-2023-0190. Acesso em: 20 maio 2025.

KERDAR, S. H.; BÄCHLER, L.; KIRCHHOFF, B. M. The accessibility of digital technologies for people with visual impairment and blindness: a scoping review. Discov. Comput., v. 27, p. 24, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10791-024-09460-7. Acesso em: 20 maio 2025.

MOVIMENTO WEB PARA TODOS. Apenas 2,9% dos sites brasileiros foram aprovados em todos os testes de acessibilidade, aponta pesquisa. Disponível em: https://mwpt.com.br/apenas-29-dos-sites-brasileiros-foram-aprovados-em-todos-os-testes-de-acessibilidade-aponta-pesquisa/. Acesso em: 20 maio 2025.

W3C. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1. Disponível em: https://www.w3.org/TR/WCAG21/. Acesso em: 23 maio 2025.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pessoas com deficiência têm menor acesso à educação, ao trabalho e à renda. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37317-pes-

soas-com-deficiencia-tem-menor-acesso-a-educacao-ao-trabalho-e-a-renda. Acesso em: 23 maio 2025.

KHASAWNEH, M. Digital Inclusion: Analyzing social media accessibility features for students with visual impairments. Studies in Media and Communication, v. 12, n. 1, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.11114/smc.v12i1.6559. Acesso em: 25 maio 2025.

REALIZAÇÃO

NAPiTA
PESQUISA E INOVAÇÃO EM TECNOLOGIA ASSISTIVA

ABPTA

INCENTIVO

CNPq

ARAUCÁRIA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO PARA O PARANÁ

APOIO

HOSPITAL INC
INSTITUTO DE NEUROLOGIA DE CURITIBA

Unimed

UNILEHU

SANEPAR

APOIO INSTITUCIONAL

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

PUCPR
GRUPO MARISTA

UENP

INSTITUTO FEDERAL
Paraná

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO
SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL E FAMÍLIA

COMPLEXO HOSPITALAR DO TRABALHADOR

Aliança Contra Hanseníase
INSTITUTO

Associação Paranaense de Hansenologia
APH

COMPLEXO DE SAÚDE
PEQUENO COTOLENGO

TS
TECHSOLUTION

LABERG

canal6 editora

ISBN 978-85-7917-716-3

9 788579 177163