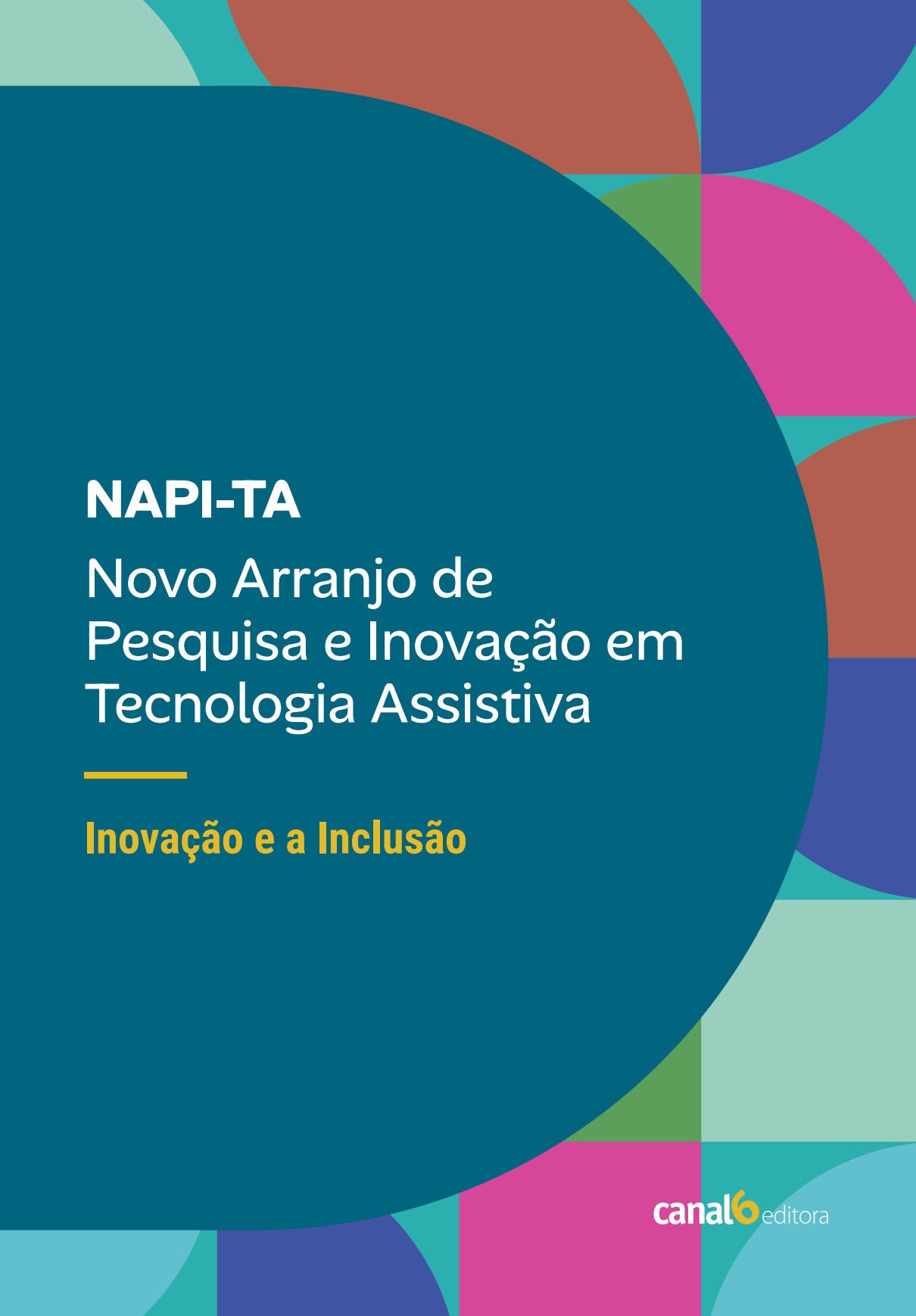




NAPI-TA

**Novo Arranjo de
Pesquisa e Inovação em
Tecnologia Assistiva**

Inovação e a Inclusão

NAPI-TA

Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva

Inovação e a Inclusão

Organizadores

Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto

Anderson Roges Teixeira Góes

Flávio Issao Kubota

Mari Inês Piekas

Heliza Colaço Góes

Angela Maria dos Santos

Vanessa Teixeira

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

N214 NAPI-TA - Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva :
1.ed. inovação e a inclusão. – 1.ed. – Bauru, SP : Canal 6 Editora, 2026.
 174 p.; 16 x 23 cm.

Vários autores.
Vários organizadores.
Bibliografia.
ISBN 978-85-7917-725-5
DOI 10.52050/9788579177255

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

07-2026/130

CDD 371.904334

Índice para catálogo sistemático:

1. Inclusão social : Inovações : Tecnologia assistiva : Educação 371.904334

Aline Grazielle Benitez – Bibliotecária – CRB-1/3129

COMITÊ ORGANIZADOR - NAPI -TA

Incluindo Membros da ABPTA /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 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 Diaz Merino – UDESC

José Aguiomar Foggiatto – UTFPR

Fausto Orsi Medola – UNESP- FAAC

Luís Carlos Pasquarella – UNESP- FAAC

Marcelo Gitirana – UDESC

Maria Lúcia L. 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 Padoam – Coordenadora UENP

José Marcelino – UENP – Vice-coordenadora UENP

Guilherme Nogueira – PUC-Pr

Heloiza Colaço – 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 Noyama – 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

Prof^a. Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto - UFPR

Prof^a. 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

Dr^a 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

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

Dr^a Mari Inês Piekas - Estágio pós-doutoral - PPGDesign-UFPR

COMISSÃO DE GESTÃO DA PLATAFORMA DE SUBMISSÃO DE ARTIGOS

Dr^a 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

Prof^a. Deborah Ribeiro Carvalho - UFPR

COMISSÃO DE GESTÃO DA CONFEÇÃO DOS ANAIS

Prof. Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto - UFPR

Prof. Anderson Roges Teixeira Góes - UFPR

Prof^a. Heliza Colaço Góes - IFPR

Prof^a. 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

Prof^a. Heliza Colaço Góes - IFPR

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

Titulação	Membros do Comitê Científico	Instituição
Dr ^a .	Giselle Schmidt Alves Díaz Merino	UDESC
Dr.	Guilherme Nogueira	PUC-PR
Dr ^a .	Heliza Colaço Góes	IFPR
Dr ^a .	Isabella de Souza Sierra	UFPR
Dr.	Jones Luís Schaefer	PUC-PR
Dr.	José Aguiomar Foggiatto	UTFPR
Dr.	José Guilherme Santa Rosa	UFRN
Dr ^a .	Juliana Bueno	UFPR
Dr ^a .	Kelli Cristine Assis Silva Smythe	UFPR
Dr ^a .	LizanDr ^a 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
Dr ^a .	Mari Inês Piekas	UFPR
Dr ^a .	Maria Lilian de Araujo Barbosa	UFPR
Dr ^a .	Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto	UFPR
Dr.	Miguel Ángel Aires Borrás	UFSCAR
Dr.	Milton José Cinelli	UDESC
Dr ^a .	Nelma de Cássia Silva Sandes Galvão	UFRB
Dr.	Osiris Canciglieri	PUC-PR
Dr ^a .	Paloma Poier Hohmann	UFPR
Dr.	Paulo Eduardo Capel Cardoso	USP
Dr.	Percy Nohama	PUC-PR
Dr ^a .	Roberta Targa Stramandinoli Zanicotti	HT
Dr ^a .	Rosimeri Franck Pichler	UFPE
Dr ^a .	SanDr ^a Regina Marchi	Empresa
Dr.	Sérgio Fernando Lajarin	UFPR
Dr ^a .	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/>

I. Apresentação da Obra e do Arranjo NAPI-TA

Este livro, intitulado **Inovação e Inclusão - Tecnologia Assistiva**, representa um marco fundamental na consolidação da pesquisa, desenvolvimento tecnológico e extensão no Estado do Paraná. A obra reúne a produção científica e os relatos técnicos desenvolvidos no âmbito do Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva (NAPI-TA), uma iniciativa estratégica financiada pela Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná.

O NAPI-TA, estrutura-se como um ecossistema colaborativo e multidisciplinar que articula a Rede Paranaense de Inovação em Tecnologia Assistiva (REPTA). A rede integra instituições de ensino superior públicas e privadas – incluindo a Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Instituto Federal do Paraná (IFPR - Campus Curitiba), Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) e Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP) –, em parceria com órgãos governamentais como a Secretaria do Desenvolvimento Social e Família (SEDEF-PR) e unidades de saúde e reabilitação de excelência, como o Complexo Hospitalar do Trabalhador (CHT/HR) e o Complexo de Saúde Pequeno Cotelengo.

A atuação técnica do NAPI-TA desdobra-se em seis Grupos de Trabalho (GTs) interinstitucionais, projetados para cobrir de forma abrangente as demandas de Pessoas com Deficiência (PcD) e idosos:

GT	Área de Interface	Foco de Atuação e Soluções Desenvolvidas
GT1	Políticas Públicas	Sistematização de dados municipais, aplicativo Conta Libras e desenvolvimento da Plataforma Paraná Acessível em conjunto com a SEDEF-PR.
GT2	Educação Inclusiva	Desenvolvimento de Recursos Pedagógicos Acessíveis (TAE), jogos educativos digitais e táteis (Journey of Inclusion), e materiais baseados no DUA.
GT3	Reabilitação	Interfaces computacionais, dispositivos de reabilitação motora e gerenciamento de tecnologias em ambientes clínicos e domiciliares.

GT	Área de Interface	Foco de Atuação e Soluções Desenvolvidas
GT4	Comunicação	Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA), pranchas virtuais (Amplisoft), robótica social e substituição sensorial para deficiência visual e auditiva.
GT5	Mobilidade e Produto	Acessibilidade aquática e costeira (Praia Acessível / cadeira anfíbia), maquetes táteis, ergonomia para cadeiras de rodas e design inclusivo.
GT6	Próteses e Órteses	Manufatura aditiva (impressão 3D), digitalização facial, órteses ativas para membros e próteses bucomaxilofaciais customizadas.

Prefácio

Tecnologia Assistiva, Inovação e Inclusão: A Construção de uma Ciência com Propósito Social

A garantia da autonomia, da dignidade e da plena participação social das pessoas com deficiência e idosos constitui um dos desafios mais prementes da sociedade contemporânea. Tratar a acessibilidade não como uma mera adaptação pontual, mas como um direito fundamental e um princípio estruturante do desenvolvimento humano, exige transformar o modo como a pesquisa científica dialoga com as necessidades reais do cotidiano. É exatamente na intersecção entre o rigor acadêmico, o avanço tecnológico e o compromisso ético que se consolida esta obra, fruto do empenho coletivo articulado pelo Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva (NAPI-TA), sob o fomento estratégico da Fundação Araucária.

No Estado do Paraná, o NAPI-TA estabeleceu um ecossistema colaborativo sem precedentes ao instituir a Rede Paranaense de Inovação em Tecnologia Assistiva (REPTA). Unindo a expertise de instituições públicas e privadas de ensino superior — como a UFPR, UTFPR, IFPR, PUCPR e UENP —, órgãos governamentais (SEDEF-PR) e importantes complexos de saúde e reabilitação (Complexo Hospitalar do Trabalhador e Pequeno Cotoenglo), o arranjo superou as fronteiras tradicionais entre as disciplinas. Organizado em seis Grupos de Trabalho estratégicos — abrangendo desde as Políticas Públicas e a Educação até a Reabilitação, Comunicação, Mobilidade e a confecção de Próteses e Órteses —, este projeto transformou o conhecimento gerado nos laboratórios em soluções tangíveis para a população.

Este livro reúne uma coletânea de investigações e relatos técnicos que traduzem a maturidade da pesquisa em Tecnologia Assistiva no Paraná. Ao longo de suas páginas, o leitor encontrará contribuições de fronteira que combinam metodologias consolidadas — como o Desenho Universal (DU), o Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA), o Design Centrado no Humano, a Design Science Research (DSR) e o modelo educacional CDIO — à aplicação prática de

tecnologias emergentes. Destacam-se o uso inovador da manufatura aditiva (impressão 3D) de baixo custo, a digitalização e a modelagem em softwares livres, que permitem baratear a produção de dispositivos assistivos e descentralizar o acesso a soluções customizadas.

A amplitude temática da obra reflete a própria complexidade da vida em sociedade. No campo da Tecnologia Assistiva Educacional, os capítulos apresentam recursos pedagógicos revolucionários: desde gráficos matemáticos e de física audiodescritos pedagogicamente e animações tridimensionais astronômicas até a adaptação tátil de obras de arte consagradas para estudantes autistas, jogos digitais para a formação continuada de professores e dispositivos open-source que viabilizam o aprendizado musical do violino por pessoas cegas.

No âmbito da Saúde, Reabilitação e Mobilidade, os trabalhos detalham diretrizes projetuais para o desenvolvimento de cadeiras de rodas de propulsão manual fundadas no paradigma biopsicossocial, orientações para a concepção de órteses ativas de mão voltadas à recuperação motora de pacientes acometidos por AVC, e fluxos digitais para a produção de próteses bucomaxilofaciais realistas, capazes de devolver a autoestima e a reintegração social a pacientes mutilados por neoplasias ou traumas.

Por fim, o volume lança luz sobre Políticas Públicas, Práticas Sociais e Ética, analisando desde a percepção humana e ergonômica dos operadores do programa Praia Acessível no litoral paranaense e o diagnóstico sobre sanitários públicos adequados para adultos cadeirantes até o estabelecimento de boas práticas para a tramitação ética de projetos junto ao Sistema CEP/CONEP.

A publicação deste livro reafirma que a Ciência e a Tecnologia ganham seu verdadeiro sentido quando atuam como pontes para a inclusão e a cidadania. Que as reflexões, métodos e resultados aqui sistematizados sirvam de inspiração e guia para pesquisadores, educadores, profissionais de saúde, gestores públicos e desenvolvedores, impulsionando a consolidação de uma sociedade cada vez mais acessível, equitativa e plenamente inclusiva.

Os Organizadores e o Comitê Gestor do NAPI-TA

Sumário

14 O NAPI-TA e as estratégias para o desenvolvimento da Tecnologia Assistiva no Paraná

Maria Lúcia L. R. Okimoto, Flávio Issao Kubota, Anderson Roges Teixeira Góes, Heliza Colaço Góes, Ângela Santos, José Foggiatto, Luciano Olanyk, Roberta Targa Stramandinoli-Zanicotti, Percy Nohama, Guilherme Nogueira, Fátima Aparecida da Cruz Padoan, Quelen Silveira Coden, Deborah Ribeiro Carvalho, José Antonio Marcelino, Jones Luís Schaefer, Osiris Canciglieri Junior

25 Produção de tecnologia educacional assistiva e auxílio aos professores: atividades do NAPI - TA no contexto do Instituto Federal do Paraná (IFPR) - Campus Curitiba

Angela Maria dos Santos, José Ricardo Dolenga Coelho, Heliza Colaço Góes

34 Diretrizes técnicas, sociais e psicológicas para a construção de cadeiras de rodas de propulsão manual

Gabriele Serur, Guilherme Nunes Nogueira Neto, Percy Nohama

57 Diretrizes para construção de órteses ativas terapêuticas de mão baseadas em mapa mental

Rafael Felipe Fernandes dos Santo, Isabela Schmitz Rauth, Guilherme Nunes Nogueira Neto, Percy Nohama

82 Audiodescrição didática para gráficos de funções matemáticas

Giovanna Alberton de Carvalho, José Ricardo Dolenga Coelho, Heliza Colaço Góes, Angela Maria dos Santos

88 Produção de próteses bucomaxilofaciais com o auxílio de tecnologias de digitalização e de manufatura aditiva de baixo custo

José Aguiar Foggiatto, Luciano Zart Olanyk, Roberta Targa Stramandinoli Zanicotti, Micheli Oslicki

96 Engineering design aplicado à tecnologia assistiva: estudo de caso do modelo CDIO

Maria Lilian de Araujo Barbosa, Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto

- 105 O DUA através da impressão 3D: ensino de artes para estudantes com TEA**
Gislene Carvalho, Caroline Revay Franciosi, Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto
- 114 Ética em pesquisa: um relato técnico sobre o Comitê de Ética e Pesquisa em projetos de Tecnologia Assistiva**
Isadora Castanho, André Luís de Oliveira Lima, Vinícius Lisboa, Daniel Micol, Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto
- 125 Utilização do Desenho Universal para Aprendizagem na confecção de planejamento para ensino de ciências no ensino fundamental dos anos iniciais**
Heloyza Sandoval, Mariana Alves Pereira, José Ricardo Dolenga Coelho, Angela Maria dos Santos, Heliza Colaço Góes
- 131 Análise qualitativa de experiências de pessoas com deficiência cadeirantes usuários de fralda em banheiros com acessibilidade**
Isadora Castanho, Maria Lúcia Okimoto, Flávio Issao Kubota
- 140 Desenho universal de Tecnologia Assistiva para o ensino de violino com foco em pessoas cegas**
Vinicius Luiz Lisboa Miguel, Andre Vitkoski Diogo dos Santos, Vanessa Teixeira, Alvaro Ricardo Ferreira Bento Junior, Piter Pauvelz Cusatis, Daniel Carvalho Micol, Ellen Carolina Ott, Leônia Gabardo Negrelli, Flávio Issao Kubota, Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto
- 148 Redesenho digital do jogo *Journey of Inclusion* para formação de professores**
Kaue Vinicius dos Anjos, Heliza Colaço Góes, José Ricardo Dolenga Coelho
- 154 Relato de experiências em iniciativa inclusiva em praias: o caso dos operadores do Praia Acessível no litoral paranaense**
André Luís de Oliveira Lima, Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto, Flávio Issao Kubota, Raimundo Lopes Diniz
- 166 Animação 3D dos movimentos da Terra como recurso inclusivo para Ciências**
Pedro Pamplona, Angela Maria dos Santos, Heliza Colaço Góes, José Ricardo Dolenga Coelho

O NAPI-TA e as estratégias para o desenvolvimento da Tecnologia Assistiva no Paraná

Maria Lúcia L. R. Okimoto¹, Flávio Issao Kubota², Anderson Roges Teixeira Góes³, Heliza Colaço Góes⁴, Ângela Santos⁵, José Foggiatto⁶, Luciano Olanyk⁷, Roberta Targa Stramandinoli-Zanicotti⁸, Percy Nohama⁹, Guilherme Nogueira¹⁰, Fátima Aparecida da Cruz Padoan¹¹, Quelen Silveira Coden¹², Deborah Ribeiro Carvalho¹³, José Antonio Marcelino¹⁴, Jones Luís Schaefer¹⁵, Osiris Canciglieri Junior¹⁶

UFPR^(1,2,3,13); IFPR^(4,5); UTFPR^(6,7,8); PUC-PR^(9,10,15,16); UENP^(11,12,14); CHT/HR⁽⁸⁾; SEDEF-PR⁽¹²⁾

DOI 10.52050/9788579177255-01

-
- 1 UFPR, Dep. de Eng. Mecânica, PPGDESIGN e PGMEC, lucia.demec@ufpr.br
 - 2 UFPR, Dep. de Eng. Mecânica, PGEM e PGMEC, flavio.kubota@ufpr.br
 - 3 UFPR, Dep. de Expressão Gráfica, PPGECEM e PPGE:TPEn, artgoes@ufpr.br
 - 4 IFPR- Campus Curitiba, PPGECEM e PPGE: TPEn, heliza.goes@ifpr.edu.br
 - 5 IFPR- Campus Curitiba, angela.dossantos@ifpr.edu.br
 - 6 UTFPR, Dep. Acadêmico de Mecânica, PPGECEM, foggiatto@utfpr.edu.br
 - 7 UTFPR, Dep. Acadêmico de Mecânica, PPGECEM, olanyk@utfpr.edu.br
 - 8 CHT/Hospital de Reabilitação, Serviço de Prótese Facial, robertatszanicotti@gmail.com
 - 9 PUCPR, Programa de Pós-graduação em Tecnologia em Saúde, percy.nohama@pucpr.br
 - 10 PUCPR, Programa de Pós-graduação em Tecnologia em Saúde,
 - 11 UENP, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, CCSA-Cornélio Procópio, fatimapadoan@uenp.edu.br
 - 12 SEDEF| GOV-PR, Coord. da Polít. Est. de Defesa dos Direitos da Pessoa com Deficiência, quelen.coden@sedef.pr.gov.br
 - 13 UFPR,, Programa de Pós-graduação em Gestão da Informação, deborah.carvalho@ufpr.br
 - 14 UENP, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, CCSA-Cornélio Procópio, PGNER, josemarcelino@uenp.edu.br
 - 15 PUCPR – PPGEPS, jones.schaefer@pucpr.br
 - 16 PUCPR – PPGEPS, osiris.canciglieri@pucpr.br

RESUMO

Este trabalho objetiva apresentar o **NAPI-TA**, arranjo estratégico voltado ao desenvolvimento da Tecnologia Assistiva (TA) no Paraná para promover a autonomia de pessoas com deficiência e idosos. Metodologicamente, o NAPI-TA articula um ecossistema de inovação composto por **seis grupos de trabalho (GTs)** interinstitucionais, utilizando abordagens como o Desenho Universal, Design Centrado no Humano, Co-Design. Os resultados abrangem a criação da **Rede Paranaense de Inovação em TA (REPTA)** e o desenvolvimento de soluções práticas, como produtos de tecnologia assistiva, plataforma Paraná Acessível, recursos educacionais inclusivos, próteses customizadas, órteses e manuais de órteses, entre outros produtos de TA. Conclui-se que o arranjo consolidou uma rede estratégica, fortaleceu programas de Pós-Graduação consolidando a Tecnologia Assistiva como uma área interdisciplinar de conhecimento, colabora na formação de recursos humanos, subsidiar políticas públicas e promove a inclusão social e a cidadania, tornando o estado do Paraná uma referência nacional em ação pró ativa em Tecnologia Assistiva.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva, Pessoa com Deficiência, Inclusão

INTRODUÇÃO

A Tecnologia Assistiva (TA) é compreendida como uma área interdisciplinar que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços voltados a promover a funcionalidade, autonomia, independência e inclusão social de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. No Brasil, este campo é amparado pela Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015), que reforça o direito à cidadania e à qualidade de vida por meio da eliminação de barreiras. (BRASIL, 2015).

No estado do Paraná, o desenvolvimento desta área ganhou um impulso estratégico com a criação do Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva (NAPI-TA), ação estratégica da Fundação Araucária. Os NAPIs têm como objetivo conduzir a produção de conhecimento de forma colaborativa pelos pesquisadores paranaenses, incitados por demandas reais de desenvolvimento de setores estratégicos para o Estado. O arranjo NAPI-TA surgiu da necessidade de responder a uma crescente demanda social por inclusão e de reduzir o distanciamento entre a pesquisa acadêmica e as necessidades reais das pessoas com deficiência e idosos.

OU QUE É O NAPI-TA?

O NAPI-TA é um ecossistema de inovação que articula universidades, instituições de pesquisa, órgãos governamentais e a sociedade civil para fomentar o desenvolvimento da Tecnologia Assistiva no Paraná. O arranjo é constituído por um comitê gestor, pesquisadores vinculados a diversas Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) e grupos de trabalho (GTs) temáticos.

A rede é composta por parceiros de peso, incluindo a UFPR, UTFPR, IFPR, PUCPR e UENP, além de órgãos como a SEDEF/SEJUF, o Complexo Hospitalar do Trabalhador e parcerias internacionais

OBJETIVOS E ESTRATÉGIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA TA

O objetivo central do NAPI-TA é o estabelecimento e difusão da Rede Paranaense de Inovação em Tecnologia Assistiva, REPTA, integrando ações de pesquisa, extensão e de desenvolvimento. (FUNDAÇÃO ARAUCÁRIA^(b)). E para alcançar este objetivo geral, o arranjo adota as seguintes estratégias:

- Subsidiar Políticas Públicas em TA. Esta meta se realiza através da organização de dados e diagnóstico das demandas reais da população para orientar investimentos governamentais;
- Fomentar a Educação e Investigação em TA. Esta ação se concretiza pelo estímulo à formação de recursos humanos especializados e pela integração da TA nos currículos acadêmicos e nas linhas de pesquisa dos professores em cursos de graduação e Pós-graduação;
- Desenvolvimento de Produtos e Serviços de TA: Criação de metodologias e soluções eficazes, eficientes e de baixo custo;
- Colaboração Interinstitucional: Compartilhamento de conhecimento e infraestrutura entre organizações para evitar ações isoladas e a dicotomização do saber.

COMO É A ESTRUTURA OPERACIONAL DO NAPI-TA?

O desenvolvimento técnico do NAPI-TA é organizado em seis Grupos de Trabalho (GTs), que cobrem as principais áreas de necessidade da PcD: GT1: Políticas Públicas voltadas para a implementação de ações de TA; GT2: Tecnologia Assistiva em Interface com a Educação; GT3: Tecnologia Assistiva em Interface com a Reabilitação; GT4: Tecnologia Assistiva em Interface com a Comunicação; GT5: Mobilidade, Manipulação, Produção e Desenvolvimento de Produto; GT6: Tecnologia Assistiva em Interface com Próteses e Órteses.

Desta forma, os projetos do NAPI-TA estão organizados nesses (GTs), e cada um focado em uma área específica da Tecnologia Assistiva para promover a inclusão no Paraná. Pela grande fluidez da sinergia da REPTA processo de produção de TA, de acordo com as necessidades de cada contexto do usuário PCD, apresentamos alguns exemplos dos principais projetos destacados em cada GT, mas sem esgotar estas ações::

- **GT1: Políticas públicas voltadas para implementação de ações de Tecnologia Assistiva** – Este grupo tem como finalidade organizar dados para subsidiar a formulação de políticas públicas direcionadas à implementação de ações de Tecnologia Assistiva. Entre as ações estão o desenvolvimento e avaliação de usabilidade do Portal Paraná Acessível, uma Plataforma voltada para a organização de dados e consulta sobre acessibilidade em estabelecimentos no estado; Aplicativo Conta Libras para o desenvolvimento de glossário interativo em Libras para apoiar a inclusão de estudantes surdos no ensino superior.
- **GT2: Tecnologia Assistiva em interface com Educação** – Este grupo de trabalho é interdisciplinar e busca desenvolver soluções que promovam a inclusão e a acessibilidade educacional para cada estudante. Em suas ações podemos citar as seguintes atividades realizadas: Desenvolvimento e redesenho de produtos educacionais e de práticas didáticas, garantindo a plena utilização dos recursos didáticos com base nos princípios do Desenho Universal e do Desenho Universal para Aprendizagem; Criação de recursos pedagógicos acessíveis baseados no Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA); Jogos de tabuleiros com versões física e digital para a formação de professores em educação inclusiva; Modelos táteis de células animais e vegetais impressos em 3D para o ensino de citologia a estudantes com deficiência visual; Recursos para Matemática incluem o plano cartesiano tátil 3D, Balança didática de pesos e vídeos com audiodescrição didática de gráficos; Animação 3D dos movimentos da terra, recurso digital dinâmico para facilitar o ensino de Astronomia de forma intuitiva e inclusiva.; e redesenho de um jogo de lógica em formato tátil de alta fidelidade, entre outras produções de materiais didáticos. Atuando também na disseminação do conhecimento e na sensibilização da sociedade sobre a importância da inclusão, da acessibilidade e da tecnologia assistiva na educação.
- **GT3: Tecnologia Assistiva em interface com Reabilitação** – Este GT busca desenvolver soluções físicas e interfaces computacionais que possam contribuir no processo de reabilitação de pessoas com deficiências físicas e cognitivas (PcD). O grupo trabalha com concepção,

projeto e desenvolvimento de produtos e gerenciamento da inserção e difusão junto à sociedade ou comunidade, contribuindo em sua essência no processo de evolução e melhoria das atividades de PcDs em seus cotidianos, garantindo a plena utilização das metodologias de Projeto orientado em ambientes de Engenharia Simultânea.

- **GT4: Tecnologia Assistiva em interface com Comunicação** – Este grupo de trabalho atua de forma inter e multidisciplinar na investigação científica e no desenvolvimento de tecnologias para pessoas com necessidades complexas de comunicação. Abrange as áreas de substituição sensorial e comunicação aumentativa e alternativa (CAA). Na primeira busca soluções funcionais para deficiências visuais, auditivas e táteis, principalmente; e na segunda, alternativas para CAA, que é definida como outras formas de comunicação além da modalidade oral, tais como gestos, língua de sinais, expressões faciais, códigos táteis como o Braille, pranchas de comunicação alfabéticas e/ou pictográficas, ou sistemas computacionais de vocalização e/ou reconhecimento de fala. Os estudos envolvem conceitos de aquisição e processamento de sinais e imagens, reconhecimento de padrões, inteligência artificial, interfaces homem-máquina, design de produto, comunicação, anatomia e fisiologia, entre outros. E o foco dos projetos é a inclusão efetiva das pessoas com deficiências por meio das relações interpessoais na sociedade e físicas com o mundo em que vivem, pela ampliação da acessibilidade, independência e autonomia pessoais, e pela elevação da autoestima. Podemos citar entre as suas ações os seguintes produtos: Prancha Virtual de Comunicação (Amplisoft), Recurso voltado para facilitar a comunicação de pessoas com limitações na fala; Aplicativos de Saúde e Anatomia com estudos de Softwares interativos para auxiliar no atendimento hospitalar e no ensino de anatomia humana de forma acessível, entre outras pesquisas em andamento.
- **GT5: Tecnologia Assistiva em interfaces com Mobilidade, Manipulação, Produção e Desenvolvimento de produto** – Este grupo de trabalho se caracteriza pela atuação interdisciplinar atuando na melhoria das interfaces de produtos com base no design centrado no humano e design inclusivo, sob os pilares do desenho universal. Atuando em todas as etapas de desenvolvimento de produtos, processos e serviços conjuntamente com os usuários. Aplica conceitos de design participativo e na cocriação de soluções para apoio à mobilidade com soluções de problemas da vida diária residencial e urbano, de atividades de apoio às artes, música e esporte. Podemos destacar algumas das ações realizadas:

Praia Acessível e Lazer Aquático: Modelo de gestão de acessibilidade litorânea, incluindo o desenvolvimento de boards de comunicação não verbal para uso em praias; Levantamento de requisitos de acessibilidade e usabilidade de Cadeira Anfíbia. Estudos estruturais em modelos existentes para melhorar a estabilidade e a experiência do usuário; Mapeamento de demandas de pessoas com deficiência no contexto urbano; Reconhecimento Facial de Dor, projeto em parceria com o Pequeno Cotelengo para identificar sinais de desconforto em pacientes não verbais. Adaptações e guias impressos em 3D para permitir que estudantes cegos aprendam a tocar instrumentos musicais; Produção de mapas espaciais táteis para orientação de PcDV e baixa visão.

- **GT6: Tecnologia Assistiva em interface com Prótese e Órtese** – Este grupo de trabalho é multi e interdisciplinar e busca desenvolver soluções de tecnologia assistiva que possam contribuir no processo de confecção de próteses e órteses para reabilitação de pessoas com deficiências físicas (PcD). O grupo trabalha com concepção, projeto e desenvolvimento de tecnologias que possam otimizar o processo de confecção de próteses e órteses, as quais incluem próteses faciais como nasal, auricular, óculo-facial, ocular, intra-orais, próteses de membros superiores e inferiores e órteses em geral. O grupo também busca pesquisa e desenvolvimento de materiais e produtos de tecnologia assistiva voltados para prótese bucomaxilofacial. Podemos citar entre as ações deste GT: Produção de próteses Bucomaxilofaciais individualizadas (nariz, orelha, óculo-palpebral para pacientes juntos ao CHT/HR). Produção de órteses individualizadas feitas sob medida para membros superiores e inferiores em manufatura aditiva. Preparação de manuais e diretrizes para o desenvolvimento de produtos customizados.

Há, desta forma, uma consolidação dos Grupos de Pesquisa e dos GTs supracitados, que integram a **Rede Paranaense de Inovação em Tecnologia Assistiva, REPTA**, unindo Ciência e Tecnologia (UFPR, UTFPR, IFPR, UENP, PUCPR, SEDEF e CHT) em uma governança colaborativa e agregando a partir do seu regimento a possibilidade da adesão de novos pesquisadores, empresas e instituições governamentais e não governamentais de diversas áreas. A partir da estrutura organizacional proposta em Grupos de Trabalho (GTs), busca-se atingir os desafios, como políticas públicas, educação inclusiva, reabilitação e desenvolvimento de produtos, concretizando-se nas ações do NAPI-TA. De forma participativa, podemos usufruir de uma Infraestrutura compartilhada que

propicia e que permite a troca de conhecimentos, otimizando investimentos e material permanente.

METODOLOGIAS INOVADORAS E FORMAÇÃO DE TALENTOS

Uma das estratégias diferenciadas do NAPI-TA é a aplicação de fundamentos metodológicos que privilegiam o Design Centrado no Humano, do Desenho Universal (DU) e do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA).

Para as etapas de desenvolvimento de produto, busca-se o uso de metodologias projetuais que utilizam o Design Participativo ou Co-Design, com a participação dos usuários em todas as etapas de desenvolvimento de soluções de Tecnologia Assistiva. Analisa-se desde o contexto de uso, aspectos culturais, emocionais e de necessidades desses usuários, conjuntamente com estes usuários, familiares, profissionais de saúde, profissionais da educação, enfim todos as pessoas que compartilham experiências e entendem as necessidades reais das PcD, de idosos e pessoas com dificuldade de mobilidade. Procura-se aprofundar e identificar métodos e ferramentas projetuais para garantir resultados que tragam soluções mais efetivas e tragam maior satisfação e qualidade de vida para estas pessoas. Metodologias tradicionais como o Design Centrado no usuário DCU, Design Thinking, bem como CDIO abreviatura de “Conceive-Design-Implement-Operate”, (Conceber, Projetar, Implementar, Operar) adaptados para o desenvolvimento de Tecnologia Assistiva. É uma estrutura educacional para o ensino de engenharia de produto baseada no ciclo de vida de produtos e sistemas reais. Este modelo tem orientado o planejamento de cursos por meio de experiências práticas de *design-build* (projetar e construir) e que tem sido fundamental para aproximar a teoria da prática profissional, capacitando estudantes de graduação a desenvolverem artefatos assistivos tangíveis, como maquetes táteis e recursos pedagógicos impressos em 3D.

Os pesquisadores do NAPI-TA têm avançado significativamente na investigação de novos materiais e processos de fabricação, juntamente na formação de recursos humanos nas pesquisas de iniciação científica, mestrado e doutorado e pós-doutorado, buscando superar o distanciamento entre a pesquisa acadêmica e as necessidades reais da sociedade por meio de soluções de baixo custo e alta eficácia. O foco principal recai sobre a democratização do acesso à Tecnologia Assistiva (TA), utilizando tecnologias digitais e materiais inovadores para promover a autonomia de pessoas com deficiência. Procura-se explorar uma vasta gama de materiais, desde polímeros e resinas industriais, fibras naturais e resíduos reciclados na produção de órteses, próteses e dispositivos de Tecnologia Assistiva aplicados ao ensino, lazer, mobilidade, esporte e ao auxílio à vida diária.

A transição do processo projetual para a entrega de uma TA ao usuário final é mediada por processos de fabricação digital que reduzem custos e tempo de produção. A Manufatura Aditiva (Impressão 3D) utilizada tanto na produção direta de órteses quanto na produção indireta de próteses de silicone, por meio da impressão de moldes precisos, na produção de protótipos de materiais didáticos quanto na produção de produtos de TA em série.

A difusão de uso de Fluxo Digital de Digitalização 3D com o uso de escâneres (laser ou sensores de baixo custo) e fotogrametria que permitem capturar a geometria exata do corpo do paciente, garantindo produtos customizados e individualizados. Uso de softwares de Modelagem e Simulação Virtual, de uso gratuito como Blender e Meshmixer, que são usados para corrigir discrepâncias geométricas, bem como para realizar o espelhamento virtual de membros, para o projeto de órteses e próteses, assegurando a fidelidade estética e dimensional.

IMPACTOS PARA O ESTADO DO PARANÁ

A atuação do NAPI-TA projeta o Paraná como uma referência nacional no setor de Tecnologia Assistiva, gerando impactos que ultrapassam os laboratórios, tais como: Acessibilidade, com foco na criação de métodos, processos, Produtos de TA (próteses e dispositivos de baixo custo), reduzindo a dependência de importações caras, aumentando o número de PcD beneficiadas com TA; Formação de Recursos Humanos, contribuindo na formação contínua de pesquisadores e especialistas em Tecnologia assistiva em todo o estado; colaborando na formação de sinergias de conhecimentos para as Cidades Inteligentes por meio do Alinhamento com as diretrizes de desenvolvimento urbano sustentável e acessível. Desta forma contribuindo para a transformação dos centros urbanos em espaços eficientes para todos, tanto na qualidade de vida das PcD quanto na mobilidade das PcD; O NAPI-TA vem propiciando conexão com o mercado, seja tanto com a transferência do conhecimento científico, transformando as pesquisas acadêmicas em produtos reais, quanto no incentivo ao empreendedorismo e a geração de empregos, por meio da criação de start-up a partir deste conhecimento gerado.

As contribuições do **NAPI-TA** para o meio acadêmico são claramente perceptíveis, inseridas e integradas nas linhas de pesquisas dos Programas de Pós-Graduação, consolidando o Paraná como um polo de excelência em Tecnologia Assistiva (TA) por meio da integração entre ensino, pesquisa e inovação. O projeto do NAPI-TA, atua na superação do distanciamento entre a produção acadêmica e as demandas reais da sociedade. Assim, o NAPI-TA vem promovendo o Fortalecimento da Pós-Graduação e a Interdisciplinaridade com a Integração de distintas áreas do conhecimento. Por intermédio de uma

articulação inédita entre programas de pós-graduação em Engenharia, Design, Tecnologia em saúde, Terapia Ocupacional, Fisioterapia, tratando a TA como um campo fundamentalmente interdisciplinar.

Desta forma contribui com uma formação de alto nível no Estado do Paraná, unindo instituições, públicas estaduais, federais e privadas. Esta afirmativa pode ser aferida pela conclusão de teses de doutorado premiadas tais como: o Prêmio CAPES de Tese em 2024, prêmio BRONZE IAUD 2024, da *International Association of Universal Design* no Japão, entre outros prêmios de melhores artigos e menções honrosas em eventos da área, (FUNDAÇÃO ARAUCÁRIA ^(a), 2025). Além das contribuições diretamente aprovadas pelas PcD, tais como: pesquisas aplicadas em soluções práticas de TA, material didático acessível, órteses de baixo custo e interfaces digitais para idosos, entre inúmeros outros projetos. O NAPI-TA estabeleceu parcerias com IES fora do Paraná, incluindo a UFPB, UFBA, UFSC, UNESP, UDESC, UFMA, UFMS, UFCAT, UFU, UFES e UEMG.

Buscando também a internacionalização dentro desta temática, estabelecendo redes de cooperação com pesquisadores de instituições internacionais. Entre estas tem-se: Inglaterra (University of Surrey), Canadá (OCAD University, IDEA Lab/University of British Columbia), Escócia (University of Glasgow), Espanha (Alcalá de Henares, Granada, Rey Juan Carlos, León), Portugal (Universidade do Porto), USA (George Mason University), Argentina (Cuyo, Nordeste), Chile (Concepción), Uruguai (República), Itália (Bologna) e Japão (Kumamoto e Kyushu). Possibilitando assim o intercâmbio de pesquisadores, a realização de estágios de doutorado sanduíche, permitindo à parceira internacional também a divulgação das pesquisas do NAPI-TA com a publicação de artigos em periódicos de alto impacto (classificação Q1) da plataforma SCOPUS.

O NAPI-TA, atuando na integração com o Setor Público com parceria direta com vários entes: Com a SEDEF, com a criação do Portal Paraná Acessível ¹⁷que organiza dados de acessibilidade dos municípios do Paraná para subsidiar investimentos governamentais e a Secretaria Municipal de Saúde de Curitiba, em projetos de extensão junto aos Centros Especializados de Reabilitação; Em parcerias com Instituições de Saúde, na colaboração estreita com o Complexo Hospitalar do Trabalhador, CHT, na produção de próteses bucomaxilofacial, e com o Complexo Hospitalar Pequeno Cotelengo, com aplicações de tecnologias de Projetos de reconhecimento facial para identificação de dor em pacientes não verbais e validação de órteses em contexto clínico real no projeto de Extensão Engenhar-MEC, da UFPR; Na difusão e popularização do conhecimento, entre

17 <https://www.praccessivel.pr.gov.br/>

tantas ações, como a de preparação de material didático educacional em projeto com a UNESCO na produção de conteúdo especializado para o curso de Desenho Universal para Pessoas Idosas, disponível na plataforma aberta ¹⁸da UFPR, disseminando o conhecimento gerado no Paraná para todo o Brasil.

Assim o NAPI-Ta vem cumprindo seus objetivos na Difusão de Boas Práticas e de Produção Científica, procurando dar visibilidade às pesquisas e promover a transferência de tecnologia. Esta meta visa a disseminação do conhecimento a comunidade acadêmica e as instituições de atendimento às PcD. Para o atendimento desta meta, foram realizados dois (2) Seminários do NAPI-TA, em 2024 e 2026, com participantes do NAPI-TA e membros da Sociedade em torno de 100 participantes, bem como eventos de grande porte, como o V Congresso Brasileiro de Tecnologia Assistiva (CBTA) e o 1st ICRDAT International congresso on Assistive Technology, dois Seminários do NAPI-TA |Tecnologia Assistiva, em torno de 500 pessoas, envolvendo pesquisadores nacionais e internacionais. Além de exposições públicas nos eventos dos NAPIs, como a participação em eventos como a realizada em agosto de 2025, Museu Oscar Niemeyer (MON), na 3ª Feira de Empregos e Captação de Talentos promovido pela SMDH e Coletivo Inclusão.

CONCLUSÃO

O NAPI-TA consolidou-se como uma rede de inovação estratégica para o desenvolvimento da Tecnologia Assistiva no Paraná. Ao integrar ciência, tecnologia e inovação com um olhar humano e social, o arranjo não apenas remove barreiras físicas e pedagógicas, mas também promove a dignidade e a cidadania, garantindo que o estado avance na direção de uma sociedade plenamente inclusiva.

O NAPI- TA busca a descentralização da Inovação com a criação de uma Rede de Colaboração unindo universidades (UFPR, UTFPR, PUCPR, UENP, IFPR) e o governo (SEDEF) e órgãos de saúde (CHT), nos permitiu que a inovação não ficasse restrita aos grandes centros, alcançando diversas regiões do estado.

Desta forma, promove subsídio a políticas públicas, permitindo o fornecimento de dados técnicos ao Governo do Estado para que os investimentos em inclusão sejam direcionados de forma assertiva para onde a população mais necessita. Isso incluiu a implementação da Plataforma Paraná Acessível (iAcessível) que cadastra e organiza iniciativas de TA no estado.

18 <https://ufpraberta.ufpr.br/course/view.php?id=1690>

Salienta-se o papel fundamental do NAPI-TA como gerador e propulsor de pesquisas nas diversas áreas interdisciplinares da Tecnologia Assistiva, que procuram ampliar a inclusão das PcD, e com mobilidade reduzida, promovendo a sua autonomia e qualidade de vida. As tecnologias desenvolvidas empregando novos conhecimentos, procuram devolver a dignidade propiciando através de órteses, próteses, com incrementos de mobilidade, promovendo a igualdade, diminuindo barreiras de acessibilidade, ampliando a educação inclusiva e a participação de PcDs na sociedade.

AGRADECIMENTOS

O NAPI-TA agradece à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA) pelo apoio financeiro e confiança depositadas nas instituições parceiras e nos pesquisadores, às PcDs, idosos e pessoas com mobilidade reduzida, que pacientemente escutam e auxiliam os pesquisadores a compreender o processo de co-design e design participativo dentro das etapas projetuais. A todos os colaboradores, PcDs, participantes, apoiadores e voluntários, muito obrigado e o reconhecimento de que a voz das PcD seja sempre ouvida, e que o NAPI-TA possa continuar neste processo de materialização destas vossas necessidades.

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). Brasília, DF: Presidência da República, 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: [inserir o dia, mês abreviado e ano do seu acesso, ex: 31 jul. 2026].

FUNDAÇÃO ARAUCÁRIA ^(a). Anexo XVIII – Relatório Técnico-científico, Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação - NAPI-TA, Curitiba, 114 páginas, 30 jun., 2026.

FUNDAÇÃO ARAUCÁRIA ^(b) | NAPI-TA | Tecnologia Assistiva - Anexo V - Plano de Trabalho. 2022. 65 páginas. Projeto de Pesquisa- UFPR, UTFPR, IFPR, UENP, PUC-PR, SEDEF, CHT- Curitiba, <https://www.araucaria.pr.gov.br/todos-napis/>

Produção de tecnologia educacional assistiva e auxílio aos professores: atividades do NAPI - TA no contexto do Instituto Federal do Paraná (IFPR) - Campus Curitiba

¹Angela Maria dos Santos, ²José Ricardo Dolenga Coelho, ¹Heliza Colaço Góes

¹ Instituto Federal do Paraná - Campus Curitiba

² Secretaria Municipal de Curitiba - SME

DOI 10.52050/9788579177255-02

RESUMO

Este trabalho tem como intuito apresentar as atividades de pesquisa e de desenvolvimento de tecnologias educacionais assistivas e de planejamentos educacionais para a melhoria do processo de inclusão escolar a partir do contexto desenvolvido dentro dos Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação - Tecnologia Assistiva referentes ao grupo de trabalho Tecnologia Assistiva em Interface com a Educação. O objetivo destas pesquisas é o processo de inclusão escolar, propiciando garantia de aprendizagem aos estudantes e, ao mesmo tempo, proporcionando acesso a materiais e ferramentas aos professores de maneira que eles possam pensar suas aulas acessando diversas maneiras de apresentar os temas abordados, possibilitando, como preconiza o Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA), várias formas de representações e de expressões. O trabalho aqui apresentado é um relato técnico do que vem sendo desenvolvido, aprimorado e pesquisado pelo grupo, considerando as áreas de Ciências do Ensino Fundamental dos Anos Iniciais e de Física e Matemática do Ensino Médio. Os resultados apresentam alguns dos recursos pedagógicos já desenvolvidos e necessitando de avaliações e outros já avaliados e sendo utilizados em sala de aula. Como conclusão demonstra-se a criação e o desenvolvimento de tecnologias educacionais inclusivas como meio de possibilitar engajamento de professores e estudantes no processo de acessibilidade e inclusão escolar.

Palavras-chave: Tecnologia Educacional Assistiva. Inclusão. Acessibilidade Educacional.

1. INTRODUÇÃO

A educação especial inclusiva constitui um elemento para assegurar o acesso igualitário e a permanência dos estudantes no percurso educacional. Contudo, a concretização do processo inclusivo voltado aos estudantes da educação especial ainda encontra diversos obstáculos, mesmo após quase duas décadas da implementação da Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (Brasil, 2008) e das demais normativas que a sucederam.

Embora as políticas públicas defendam a inserção de estudantes com deficiência no ensino regular, ainda observam-se lacunas na formação de professores para atuar com esse público, e, em alguns casos, ausência de infraestrutura apropriada.

Para que a inclusão realmente aconteça é importante que os recursos pedagógicos usados tenham caráter geral e não individualizados, possibilitando que todos participem dos mesmos processos de aprendizagem. Neste sentido, torna-se indispensável a criação e a implementação de Tecnologias Educacionais Assistivas como componentes para a consolidação da educação inclusiva. Esses recursos favorecem a superação de barreiras físicas, comunicacionais e pedagógicas na participação dos estudantes com deficiência (Galvão Filho, 2009).

Segundo Costa, Góes e Góes (2026), as Tecnologias Assistivas Educacionais (TAEs) são recursos importantes a serem utilizados por todos os aprendizes, sejam eles com ou sem deficiência. Elas estão sempre relacionadas ao planejamento, de forma que eliminem quaisquer obstáculos para aprendizagem e possibilitem a inclusão escolar.

Os recursos pedagógicos quando pensados para todos e associados a uma formação docente consistente, proporcionam práticas pedagógicas acessíveis e inovadoras, evidenciando a importância de investimentos associados à formação continuada de professores e ao desenvolvimento de recursos tecnológicos.

Nesse sentido, o grupo Tecnologia Assistiva em Interface com a Educação tem feito esforços, a partir de seus pesquisadores em conjunto com estudantes de ensino médio técnico integrado e de graduação, para pensar a inclusão a partir de temas de ciências e matemática e, por meio deles criar planejamentos e recursos didáticos que possam ser disponibilizados de maneira a propiciar aprendizagem inclusiva e permitir acesso aos professores e estudantes a materiais não apenas acessíveis em sala de aula mas em outros espaços em que possa acontecer a aprendizagem.

Na área de Ciências, a literatura indica a importância de propostas didáticas que considerem estudantes com deficiência visual e que explorem diferentes formas de representação dos fenômenos. França e Siqueira (2019),

ao analisarem produções sobre ensino de Física para pessoas com deficiência visual, apresentam a necessidade de materiais que ultrapassem a centralidade da visão e experiências táteis, manipuláveis e conceitualmente associadas com o cotidiano. Assim, a produção de recursos acessíveis não deve ser compreendida como adaptação posterior para um grupo específico, mas como possibilidade de qualificar o ensino para cada estudante.

O Desenho Universal para Aprendizagem (DUA), neste sentido, faz com que a acessibilidade seja encontrada, propondo múltiplas formas de engajamento, de representação e de ação e expressão (CAST, 2024). Em vez de desenvolver um material específico para um único estudante, procura-se planejar recursos que atendam diferentes sujeitos, considerando distintas necessidades, ritmos e formas de aprendizagem.

Considerando estes aspectos, esse trabalho tem como objetivo apresentar os recursos desenvolvidos para o processo de aprendizagem de ciências e matemática de forma a tornar a sala de aula inclusiva e possibilitar recursos aos professores de maneira que consigam apresentar diferentes representações relacionadas aos temas trabalhados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho caracteriza-se como um relato técnico das pesquisas e materiais desenvolvidos junto ao grupo de trabalho Tecnologia Assistiva em Interface com a Educação realizados com pesquisadores e bolsistas do Instituto Federal do Paraná do Campus Curitiba, dentro dos Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação - Tecnologia Assistiva, apoiado pela Fundação Araucária.

O presente estudo foi desenvolvido no âmbito de um grupo de pesquisa dedicado à elaboração de recursos pedagógicos inclusivos para o ensino de Ciências e Matemática. As atividades fundamentam-se nos princípios do Desenho Universal (DU) e do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA), buscando possibilidades de acesso, participação e aprendizagem dos estudantes. Os materiais produzidos são planejados de modo a contemplar diferentes formas de representação dos conteúdos, engajamento dos estudantes e expressão do conhecimento, considerando a diversidade presente no contexto escolar.

Todos os recursos pedagógicos desenvolvidos são pesquisados em suas características para complementarem aulas e planejamentos mais inclusivos, neste sentido, usa-se audiodescrição e implementa-se nessa ferramenta o processo didático pedagógico, desenvolvem-se jogos presenciais e *online* para ensino de determinados conteúdos e para formação de professores que são avaliados no seu processo educacional, usando diversos materiais como por exemplo, EVA, madeira, acrílico, peças impressas em 3D, softwares educacionais,

entre outros. Criam-se recursos didáticos pedagógicos que ampliam a possibilidade de novos meios de representar e engajar (CAST, 2024) os estudantes no processo de aprendizagem.

A metodologia adotada consiste na elaboração, análise e adaptação de recursos didáticos voltados ao ensino inclusivo de Ciências e Matemática. Para isso, o grupo de pesquisa utiliza como referencial a perspectiva do DU e os princípios do DUA (CAST, 2024), priorizando a criação de materiais flexíveis, acessíveis e utilizáveis por diferentes perfis de estudantes. O processo envolve discussões coletivas, levantamento bibliográfico e desenvolvimento colaborativo de estratégias pedagógicas que proporcionam a participação dos sujeitos no ambiente educacional.

Os materiais desenvolvidos pelo grupo de pesquisa têm como objetivo proporcionar práticas pedagógicas mais inclusivas. A construção dos recursos considera aspectos de acessibilidade pedagógica, comunicacional e sensorial, de forma a minimizar barreiras à aprendizagem. Com base nos pressupostos do DU e do DUA, evitam-se adaptações posteriores planejando, desde a concepção dos materiais, diferentes possibilidades de interação, compreensão e participação dos estudantes nas atividades propostas.

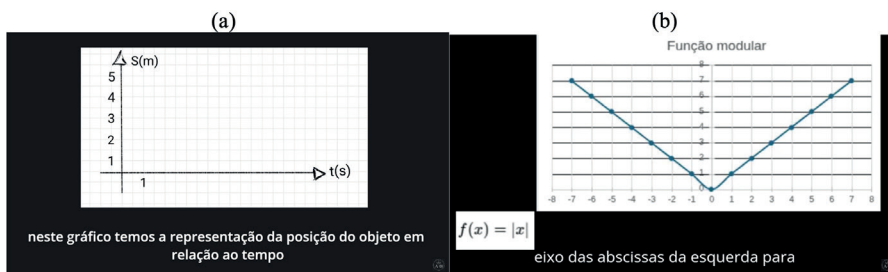
3. RESULTADOS

Vários são os recursos pedagógicos desenvolvidos, principalmente nas áreas de Ciências para o Ensino Fundamental dos Anos Iniciais e de Física e Matemática para o Ensino Médio.

No campo da Física foram desenvolvidos vídeos com a construção de gráficos audiodescritos pedagogicamente para o ensino de cinemática. Usando o mesmo princípio, foram desenvolvidos vídeos para o ensino de funções de primeiro e segundo grau, função exponencial e função modular no ensino de Matemática. No caso da Física os materiais contemplaram representações gráficas associadas ao movimento, aquelas em que a variação da posição e da velocidade em função do tempo permitem discutir deslocamento, velocidade e aceleração de um objeto, conforme Figura 1 (a).

Em relação à Matemática as funções apresentadas didaticamente permitem que os estudantes apropriem-se de pares ordenados, eixos cartesianos e reconheçam as funções através, não apenas imagética, mas pedagogicamente audiodescrita. A produção dos gráficos proporcionou controle sobre os elementos visuais, possibilitando que os eixos, pontos, unidades de medida e retas fossem apresentados de modo compatível com a descrição oral, conforme Figura 1 (b).

Figura 1 - (a) Gráfico posição em função do tempo (b) Audiodescrição sobre Função Modular

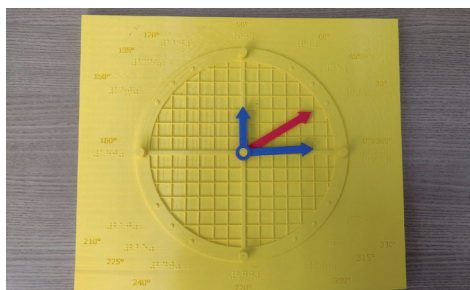


Fonte: Acervo dos pesquisadores (2025).

Ao organizar as etapas de escolha do conteúdo, desenho do gráfico, roteiro, áudio, edição e publicação em página do youtube (<https://www.youtube.com/@AudiodescriçaoDeGraficos>), o projeto construiu um caminho que pode orientar novas produções em Física, Matemática e outras áreas de ensino que utilizam representações gráficas.

Além da audiodescrição de gráficos, na área da Física foi desenvolvido um tabuleiro (*Visual and Touchable System*) com o intuito de apoiar duas dinâmicas principais: a decomposição de vetores e o ensino de movimento circular e uniforme (MCU), conforme Figura 2. Este recurso foi desenvolvido com a ideia do Desenho Universal que considera sete princípios como uso equitativo, flexibilidade, simplicidade, informação perceptível, tolerância ao erro, baixo esforço físico e tamanho e espaço adequados para acesso e uso (CARLETTTO; CAMBIAGHI, 2007).

Figura 2 - Tabuleiro para o ensino de MCU e decomposição vetorial



Fonte: Acervo dos pesquisadores (2025).

A avaliação exploratória realizada evidenciou que o tabuleiro apresentou alinhamento entre a proposta pedagógica e os objetivos de aprendizagem pretendidos. A manipulação das setas, associada à visualização dos quadrantes

e às marcações angulares, contribuiu para a interpretação do fenômeno físico representado. Além disso, a presença de Braille, elementos em baixo-relevo e recursos táteis ampliou as possibilidades de percepção das informações, enquanto a organização da malha cartesiana e o destaque dado aos eixos favoreceram a orientação espacial durante as atividades realizadas em sala de aula, caracterizando assim potencial didático e inclusivo, especialmente por integrar elementos táteis, visuais e funcionais desde a concepção.

No que diz respeito ao ensino de Ciências para o Ensino Fundamental dos Anos Iniciais o grupo vem dedicando-se a um planejamento para o ensino de movimentos da Terra e estações do ano, considerando todo o planejamento pedagógico e todos os recursos necessários para o processo de ensino dos temas considerados.

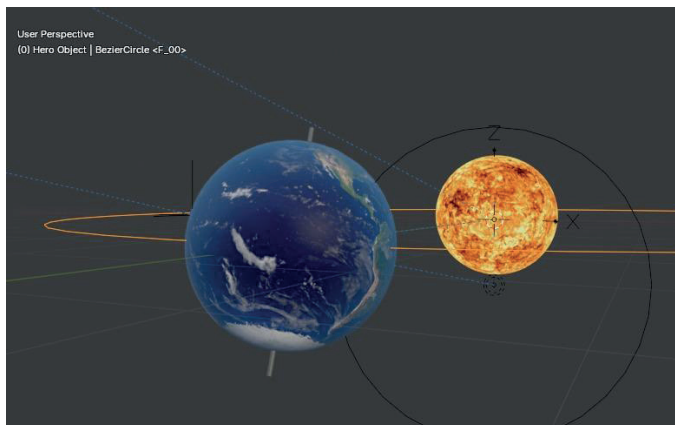
O planejamento é realizado a partir dos princípios do DUA considerando a necessidade de várias formas de engajamento e representação. Estipulou-se uma turma fictícia para um primeiro modelo, possibilitando que este planejamento seja redesenhado para cada turma específica. A partir do desenvolvimento do planejamento que busca trabalhar com as realidades locais e não com modelos eurocêntricos disseminados na literatura passaram-se a ser desenvolvidos recursos apresentados no planejamento.

Esses recursos compreendem animações dos movimentos da Terra em torno de si mesma e em torno do Sol, incluindo audiodescrição dos movimentos e criação de modelo 3D para uso em realidade virtual. Pesquisa e criação de imagens e vídeos que demonstrem as realidades das estações do ano nas diferentes regiões geográficas brasileiras, além de pensar em práticas e experimentos que possam ser realizados em sala de aula com materiais mais acessíveis considerando as diversas realidades escolares no Brasil.

Nesta etapa do projeto estão sendo desenvolvidas as questões técnicas e de adequação pedagógica dos recursos produzidos. A próxima etapa será aplicar e avaliar todo o planejamento e todos os recursos em sala de aula, validando o potencial didático e o processo enquanto efetivo para uma sala de aula inclusiva

No que diz respeito à animação e ao modelo 3D, considerando o aspecto técnico foram percebidos desafios relacionados à interoperabilidade entre diferentes motores gráficos e, no aspecto pedagógico, tem-se percebido a importância da ampliação do acesso ao conhecimento científico para todos os estudantes, sejam eles da educação especial ou não. O modelo de animação é apresentado na figura 3.

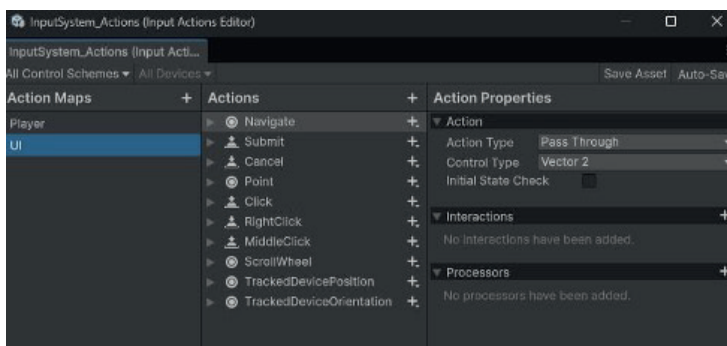
Figura 3 - Astronomia em Realidade Virtual



Fonte: Acervo dos pesquisadores (2026).

Também o projeto propõe o desenvolvimento de uma versão digital interativa de um jogo de tabuleiro voltado à formação docente em Educação Inclusiva, DU e DUA. A iniciativa busca o acesso a materiais formativos por meio de uma ferramenta lúdica, acessível e pedagogicamente estruturada, capaz de proporcionar a compreensão de conceitos relacionados à inclusão escolar e ao planejamento pedagógico acessível. Ao transpor o jogo físico para o ambiente digital, pretende-se diversificar as formas de interação, participação e aprendizagem dos professores, possibilitando que o recurso seja utilizado em diferentes contextos formativos, tanto presenciais quanto remotos, conforme a Figura 4.

Figura 4 - Tela Inicial dos comandos para a construção do jogo



Fonte: Acervo dos pesquisadores (2026).

Dessa forma, o projeto contribui para a criação de estratégias inovadoras de formação continuada, associando tecnologia, acessibilidade e práticas pedagógicas inclusivas. Considera-se que projetos dessa natureza apresentam contribuição para o campo educacional, por articularem pesquisa, desenvolvimento tecnológico e formação docente em torno da construção de práticas inclusivas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados evidenciam a importância do DU e do DUA na construção de práticas pedagógicas inclusivas no ensino de Ciências, Física e Matemática, além disso, destaca-se a importância de iniciativas voltadas à produção de recursos pedagógicos inclusivos, caracterizados por serem tecnologias educacionais assistivas, capazes de proporcionar equidade e acessibilidade nos contextos escolares.

O desenvolvimento de recursos acessíveis, planejados desde sua concepção para atender diferentes formas de aprendizagem, contribui para a ampliação da participação dos estudantes e para a redução de barreiras no processo educativo.

Importante reforçar a ampliação do acesso aos professores a recursos pedagógicos desenvolvidos com base no DU e no DUA. A disponibilização de materiais acessíveis e flexíveis pode contribuir significativamente para a construção de práticas inclusivas no ensino, auxiliando os docentes no planejamento de aulas que contemplem diferentes necessidades, ritmos e formas de aprendizagem.

Nesse contexto, iniciativas de pesquisa e desenvolvimento de recursos pedagógicos tornam-se relevantes não apenas pela produção dos materiais em si, mas por auxiliar a atuação docente e proporcionar a participação dos estudantes no processo educativo e na aprendizagem.

REFERÊNCIAS

BRASIL. *Política de Educação Especial na Perspectiva Inclusiva*. Brasília, DF. 2008. Disponível em: Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva – GEDH & LED – UERJ – Grupo de Pesquisa Educação, Desenvolvimento Humano e Diferenças. Acesso em: 6 maio 2026.

CARLETTO, Ana Claudia; CAMBIAGHI, Silvana. *Desenho Universal: um conceito para todos*. Brasil: Mara Gabrielli, 2007.

CAST. *Universal Design for Learning Guidelines* version 3.0. Lynnfield, MA: CAST, 2024.

COSTA, Priscila Kabbaz Alves da; GÔES, Heliza Colaço; GÔES, Anderson Roges Teixeira. *Beyond Assistive and Educational Technologies: The Emergence of Educational Assistive Technology*. In:

AHFE International Conference 2026, 17., 2026, Istambul, Turquia. Anais [...]. Istambul: AHFE International, 2026.

FRANÇA, Simonilha; SIQUEIRA, Maxwell. Propostas didáticas no ensino de física para deficientes visuais: análise de trabalhos em periódicos e eventos nacionais (2000-2018). *Latin-American Journal of Physics Education*, v. 13, n. 4, 2019.

GALVÃO FILHO, Teófilo Alves. *Tecnologia assistiva: favorecendo o desenvolvimento e a aprendizagem*. Salvador: EDUFBA, 2009.

Diretrizes técnicas, sociais e psicológicas para a construção de cadeiras de rodas de propulsão manual

Gabriele Serur, Guilherme Nunes Nogueira Neto, Percy Nohama

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde, Pontifícia Universidade Católica do Paraná

DOI 10.52050/9788579177255-03

RESUMO

Este capítulo aborda a cadeira de rodas como tecnologia assistiva fundamental para a mobilidade, autonomia e participação social de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. Parte-se de uma perspectiva biopsicossocial, considerando não apenas os aspectos físicos do usuário, mas também suas experiências, necessidades funcionais, contexto ambiental e atividades cotidianas. São discutidos elementos estruturais, funcionais e ergonômicos da cadeira de rodas, bem como sua relação com autocuidado, produtividade, lazer e inclusão. O capítulo também destaca a importância da seleção, prescrição e adaptação adequadas do equipamento, de modo a favorecer segurança, conforto, desempenho funcional e qualidade de vida. Por fim, delineiam-se as diretrizes para o projeto e desenvolvimento de cadeiras de rodas de propulsão manual centradas nas pessoas com deficiência, familiares, cuidadores, profissionais de saúde e da educação. Deste modo, orientam-se desenvolvedores de tecnologias assistivas quanto à representatividade da cadeira de rodas na vida de quem a utiliza e contribui-se para a construção de equipamentos mais próximos das necessidades físicas e emocionais dos usuários.

Palavras-chave: Cadeira de rodas de propulsão manual, Tecnologia assistiva, Pessoa com deficiência, Diretrizes biopsicossociais

1. INTRODUÇÃO

Para atender às necessidades das pessoas com deficiência (PcDs), a engenharia de reabilitação, delimitada como uma intersecção entre a tecnologia e as ciências naturais, humanas, sociais e a medicina (Jonsson; Anderberg, 1999), tem em seu escopo o estudo e desenvolvimento de tecnologias assistivas (TA). As

TA constituem uma área interdisciplinar voltada à promoção da funcionalidade da PcD por meio de produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços, tendo como desfechos a autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (SEDH, 2007).

No campo das TA, destacam-se aquelas destinadas à mobilidade das PcDs. Alves (2006) define a mobilidade como a capacidade do indivíduo de se mover ou mudar de posição ao desempenhar atividades cotidianas, como movimentar-se na cama, deambular, movimentar objetos, e/ou locomover-se em cadeira de rodas. Também incluem-se nessa categoria dispositivos como cadeiras de banho, bengalas e andadores.

De acordo com o último Censo do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 7,3% da população brasileira apresentava algum tipo de deficiência, correspondendo a 14,4 milhões de pessoas (IBGE, 2025).

A Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America (RESNA), importante organização no controle e desenvolvimento das TA, em parceria com a Organização Mundial da Saúde (OMS), manifestou preocupação com o acesso das PcDs a essas tecnologias. Para isso, organizou o programa *Global Cooperation on Assistive Technology*, voltado ao controle das inovações de TA desenvolvidas, produzidas, distribuídas e financiadas por empresas, ressaltando sua importância para o acesso a serviços básicos, como o transporte público (RESNA, 2015). Em comunicações oficiais, a RESNA também estabeleceu compromissos para a promoção das TA, como a integração de 100 países no trabalho conjunto com políticas públicas à independência, empoderamento, integração e inclusão de crianças e adultos com deficiência, além de um acordo que previa \$38 milhões para investimentos em programas de TA (RESNA, 2015).

Nesse contexto, a mobilidade na vida diária de PcDs envolve educação, trabalho, cultura, práticas comunitárias, como esporte e religião, e direitos. A mobilidade é uma característica humana relacionada às sensações, percepções, história de vida e contexto. Já a acessibilidade é o processo o qual torna essa mobilidade possível quando reduzida por deficiência ou sequela (Amaral et al., 2012).

Considerando a importância da mobilidade para a vida humana, o elevado número de pessoas com mobilidade reduzida ou deficiências físicas e o fato de que menos de 5% dessas pessoas têm acesso a uma cadeira de rodas adequadamente ajustada (OMS, 2011), torna-se necessário desenvolver dispositivos que atendam aos requisitos técnicos e psicossociais dos usuários reais. Assim, o estudo descrito neste capítulo teve por objetivo estabelecer

diretrizes para a concepção e a montagem de uma cadeira de rodas de propulsão manual.

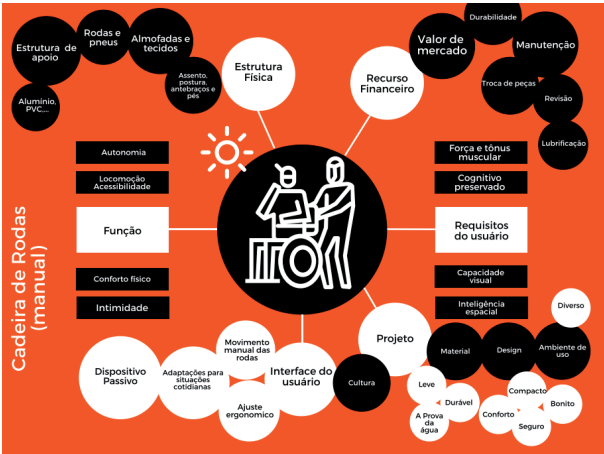
Para subsidiar as diretrizes, realizou-se uma revisão de literatura científica entre os anos de 2015 e 2020 na plataforma Periódicos CAPES, entre 26/10/2020 e 07/12/2020, utilizando os descritores “cadeira de rodas”, “manual” e “tecnologia”, bem como seus correspondentes em inglês. Foram incluídos artigos de revisão da literatura que descreviam as características da cadeira de rodas e de seu público-alvo. O critério de exclusão foi cadeira de rodas com outro mecanismo que não o de propulsão manual.

2. METODOLOGIA

Para elaboração das diretrizes de concepção das cadeiras de rodas de propulsão manual, construiu-se um mapa mental inicial, submetido à avaliação de um grupo de interessados no tema. As contribuições foram discutidas, e quando aceitas, incorporadas ao material, permitindo o redesenho do mapa até sua versão final, ilustrada na Figura 1. Os requisitos do mapa mental foram definidos com base no paradigma biopsicossocial, consolidado após a reforma sanitária, que compreende a saúde para além das técnicas, especializações e da visão restrita do corpo humano.

Esse paradigma considera a construção da saúde como uma relação dinâmica entre realidade coletiva, social e dos processos subjetivos, buscando integrar ações de forma interdisciplinar, e contemplando a atuação dos profissionais de saúde, gestões, financiamentos e processos do sistema (Pereira; Barros; Augusto, 2011). Assim, definem-se as categorias apresentadas no mapa mental para as diretrizes da concepção dessa tecnologia (Quadro 1).

Figura 1 - Mapa mental contendo os principais requisitos para o desenvolvimento de uma cadeira de rodas de propulsão manual.



Quadro 1 - Categorias para a concepção de cadeira de rodas de propulsão manual.

Categoria	Definição
Função	Descreve as funções da cadeira de rodas manual no cotidiano da PcD, envolvendo locomoção, mobilidade, acessibilidade, autonomia e intimidade.
Características	Abrange a estrutura física da cadeira manual, aspectos de design, conforto, praticidade, segurança, beleza, ergonomia e aceitação ao uso.
Requisitos do usuário	Descreve condições físicas, cognitivas, de personalidade e sociais necessárias para controle e autonomia na manipulação da cadeira de rodas.
Interface com o usuário	Trata do uso da cadeira manual, aspectos ergonômicos, ajustes possíveis, movimentos necessários e adaptações cotidianas.
Aspectos culturais	Reúne opiniões de usuários, a representação social da cadeira de rodas e a forma como o usuário é percebido em diversas situações da vida.
Viabilidade financeira	Aborda manutenção, custos, programas de auxílio para aquisição e manutenção, valor de mercado e a realidade brasileira comparada a outros contextos.
Situações de uso	Descreve adaptações necessárias para locomoção na cidade, uso laboral, acadêmico, esportivo, recreativo e de lazer.
Público-alvo	Considera particularidades da cadeira de rodas para crianças, adolescentes, adultos e idosos, bem como para diferentes doenças físicas, quadros clínicos e deficiências.

Fonte: os autores.

3. RESULTADOS

Função da Cadeira de rodas

Para compreender a melhor opção de cadeira de rodas para uma pessoa, ou o avanço dos estudos sobre essa tecnologia assistiva, é necessário identificar a função que a cadeira de rodas exerce para quem dela necessita. Esse requisito aborda seu uso nos aspectos de mobilidade e acessibilidade, e nos processos psicológicos da relação do usuário com sua cadeira.

O Inmetro (2010, p.3), em consonância com as normativas da ABNT, descreve diferentes tipos de cadeira de rodas de propulsão manual com base em suas funções. A cadeira de rodas Padrão é destinada ao deslocamento em qualquer ambiente, podendo ser conduzida pelo usuário ou acompanhante. A cadeira de rodas Higiénica é voltada ao uso em ambientes internos, para higiene pessoal. A cadeira de rodas para Prática de Esportes possui estrutura monobloco, propulsão e frenagem manual, sendo prescrita sob a orientação técnica desportiva e projetada para maior desempenho conforme a modalidade. A cadeira de rodas *stand-up* permite o deslocamento em qualquer ambiente e possibilita ao usuário assumir a postura ortostática, por acionamento manual ou motorizado. A cadeira de rodas tipo Transporte é restrita ao deslocamento em ambientes internos, enquanto a cadeira tipo Carrinho é destinada a crianças com necessidades especiais, permitindo diferentes níveis de adequação postural e, em geral, sendo conduzida por acompanhante.

A literatura também evidencia funções mais amplas da cadeira manual. Sagawa *et al.* (2012) afirmam que ela constitui um dos principais instrumentos de locomoção e funcionalidade diária, embora apresente baixa eficiência quando comparada a outros sistemas, como cadeira à manivela e marcha. Tal limitação decorre, principalmente, da eficiência mecânica, muitas vezes inadequada ao indivíduo, e da exigência dos membros superiores, que não são preparados para a força e repetitividade necessárias à propulsão da cadeira. Assim, locomoção, mobilidade, acessibilidade, autonomia e intimidade devem ser consideradas na concepção de uma cadeira de rodas manual com utilidade real na vida da PcD.

Locomoção, mobilidade e autonomia

Embora seja uma importante tecnologia para a mobilidade, o deslocamento com a cadeira de rodas ainda enfrenta inúmeras barreiras. Sagawa *et al.* (2012) destacam a necessidade de mudanças para que as cidades se tornem inclusivas, sendo a organização dos espaços e da arquitetura uma das principais barreiras. De Almeida e Bueno-Bartholomei (2011) compreendem a acessibilidade

como a garantia de acesso aos espaços, independentemente das características individuais, sendo um direito de qualquer cidadão.

Para promover a acessibilidade, foram estabelecidos esforços legais por meio da Lei nº 10.098/2000 e da norma ABNT NBR 9050/2004, que tratam de especificações relacionadas a terrenos, declive de rampas, largura de portas, corredores, calçadas e circulação. Algumas recomendações são relevantes para a concepção e uso da CR: objetos devem estar a 0,8 m ou 1,0 m de distância do cadeirante e a 1,20 m de altura em relação ao chão; o raio de rotação sem deslocamento deve variar entre 1,20 m e 1,50 m; e a área de aproximação em relação à cadeira deve ser de 0,50 m a 0,55 m.

As rampas devem ter inclinação de 6 a 7%, priorizando pisos antiderrapantes e regulares. Quando houver corrimões, eles devem estar a 0,92 m de altura em relação ao piso e as portas devem possuir de 0,8 m de largura para a passagem da CR. Essas são considerações principais para um projeto arquitetônico acessível.

A dificuldade no uso de espaços públicos pode gerar sentimentos de insucesso e impotência, levando usuários de cadeira de rodas a se perceberem como deficientes em razão da organização dos ambientes (Sagawa *et al.*, 2012), em oposição à autonomia. Desse modo, a concepção de uma cadeira de rodas deve priorizar a independência do indivíduo em seus espaços concretos (casa e comunidade), evitando que a própria cadeira torne-se uma barreira. Além disso, Ebrahimi, Kazemi e Ebrahimi (2016) consideram que um estilo de vida ativo é o principal fator para o êxito na reabilitação.

Intimidade

O grau de mobilidade de uma pessoa impacta significativamente seu dia a dia. A cadeira de rodas é uma extensão do corpo da PcD, assegurando o direito de ir e vir e a interação com a realidade concreta (Nascimento; Dalsin; Renner; Schemes, 2020). Assim, a concepção da cadeira deve considerar a intimidade construída entre usuário e tecnologia, bem como sua relação com dimensões pessoais, emocionais e sociais. Essa condição relacional deve orientar o desenvolvimento da tecnologia assistiva, favorecendo sua associação a sentimentos positivos.

Características da Cadeira de Rodas

As características da cadeira de rodas que um projeto se propõe a atender devem considerar os requisitos já definidos pela literatura científica quanto à efetividade aos limites dessa tecnologia. Assim, neste tópico, contemplam-se aspectos de estrutura, *design* e ergonomia, de modo que o projeto se alinhe às necessidades técnicas de uma cadeira de rodas eficiente.

Estrutura física: apoio/ assento, material, rodas e pneus

No Brasil, há legislação que prevê a obrigatoriedade da metrologia e das regulamentações técnicas para bens de consumo e produtos. Entre as principais, destacam-se: (a) lei nº 9933/1999, que dispõe sobre as competências do Conmetro e do Inmetro; (b) lei nº 8078/1990 do Código de Defesa do Consumidor; (c) lei nº 5966/1973 que institui o Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial; (d) Portaria Inmetro nº 179/2009 que regulamenta o uso das marcas, símbolos de acreditação e reconhecimento da conformidade; (e) Resolução Conmetro nº 05/2008, que trata do registro de objeto com conformidade avaliada compulsória, por programa do Inmetro (INMETRO, 2010).

O projeto deve considerar, inicialmente, as especificações técnicas da ABNT (Quadro 2) referentes à estrutura das cadeiras de rodas. Com base no documento de avaliação de cadeiras de rodas do Inmetro (2010), destacam-se normativas relacionadas a nomenclaturas, estabilidade estática, eficácia dos freios, dimensões de assentos e rodas, forças estáticas, de impacto e fadiga, bonecos de teste, coeficiente de atrito, documentação e identificação do produto, procedimentos de ajuste, gestão da qualidade e ensaios de corrosão, enferrujamento e formação de bolhas em superfícies pintadas.

Em geral, as cadeiras de rodas são classificadas em função do peso, podendo ser padrão, leves ou ultraleves. O peso é um dos principais fatores para o uso ou não uso da cadeira (Ebrahimi; Kazemi; Ebrahimi, 2016). Independentemente da classificação, alguns itens são exigidos em qualquer cadeira de rodas (Figura 2). Esses itens devem ser construídos com materiais pertinentes à função da cadeira, considerando tipo de terreno (como natural, acidentado ou urbanos, clima (como quente, úmido ou chuvoso), estado de conservação das cidades, situações de banho, e transporte. Desse modo, devem orientar o projeto o uso de materiais resistentes e leves. Em situações de menor disponibilidade econômica, recomenda-se priorizar materiais encontrados na região, como madeira ou tubos finos de aço, além de elementos pré-fabricados de fácil soldagem e componentes já existentes no mercado das bicicletas, como câmaras de ar, bolas de plástico e almofadas de assento (Cooper *et al.*, 2018).

Quadro 2 - Normas técnicas para construção de cadeira de rodas de propulsão manual.

Documento	Descrição
ABNT NBR ISO 6440: 2002 / ABNT NBR ISO 7176-22:2016	Define nomenclaturas, termos e instruções referentes aos elementos básicos e aos fabricantes.
ABNT NBR ISO 7176 – 1	Especifica métodos de ensaio para determinação da estabilidade estática das cadeiras de rodas.
ABNT NBR ISO 7176 – 3	Especifica métodos de ensaio para medição da eficácia dos freios de cadeiras de rodas manuais e motorizadas.
ABNT NBR ISO 7176 – 7	Define métodos para medir dimensões de assentos e rodas de cadeiras de rodas destinadas à mobilidade em ambientes internos e externos.
ABNT NBR ISO 7176 – 8	Especifica requisitos e ensaios para forças estáticas, de impacto e de fadiga de cadeiras de rodas, incluindo scooters.
ABNT NBR ISO 7176 – 11	Especifica requisitos para bonecos de teste com massa ≥ 25 kg utilizados na avaliação de cadeiras de rodas.
ABNT NBR ISO 7176 – 13	Define método de ensaio para determinação do coeficiente de atrito de superfícies de ensaio, como concreto rústico.
ABNT NBR ISO 7176 – 15	Especifica informações, documentação e identificação a serem fornecidas com a cadeira de rodas ou pelo fabricante.
ABNT NBR ISO 7176 – 22	Define procedimentos de ajuste para preparação de cadeira de rodas ajustáveis em ensaios conforme a ABNT NBR ISO 7176.
ABNT NBR ISO 9001:2008 / ABNT NBR ISO 9001:2015	Especifica requisitos para sistemas de gestão da qualidade visando conformidade com requisitos do cliente, estatutários e regulamentares.
ABNT NBR 8094:1983	Prescreve método para ensaios de exposição à névoa salina em materiais metálicos revestidos e não revestidos.
ABNT NBR 5770:1984	Estabelece escala de graus de enferrujamento em superfícies de aço pintadas.
ABNT NBR 5841:1974	Estabelece escalas da densidade de distribuição e do tamanho de bolhas em superfícies pintadas.

Fonte: os autores.

Figura 2 - Indicação de itens tipicamente presentes em cadeiras de rodas.



Fonte: Adaptado de "Wheelchair", de Laboratoires Servier (2016), disponível em Wikimedia Commons, licença CC BY-SA 3.0.

Curi, Lima e Ferretti (2020) também citam que as cadeiras de rodas devem ser leves e resistentes, podendo ser construídas com fibras de carbono ou titânio, a fim de exigir menor esforço do usuário. As cadeiras leves tendem a ser encontradas em aço ou alumínio, enquanto as ultraleves são produzidas com ligas de aço e titânio (Ebrahimi; Kazemi; Ebrahimi, 2016). As rodas traseiras podem ser de fibra de carbono, e as dianteiras, de menor diâmetro e pneumáticas (Curi; Lima; Ferretti, 2020).

Sagawa *et al.* (2012) identificaram que os aros de cadeiras de rodas de propulsão são majoritariamente de alumínio anodizado, embora também haja fabricação em aço inox e titânio. Para o aro de tração, os autores destacaram a preferência dos usuários por modelos cilíndricos e emborrachados, entre 15 e 19 mm. As travas devem ser confeccionadas em material resistente e maleável, a fim de evitar quebras devido ao tempo de uso, além de possibilitar fácil destravamento (Nascimento *et al.*, 2020).

Design: conforto, transporte, segurança ao usuário, conceito de beleza e aceitação

O *design* é um importante aliado à adesão do usuário ao uso da cadeira de rodas. Além do conceito de beleza, deve contemplar conforto e segurança. Nos estudos sobre *design* de cadeiras de rodas, observa-se maior ênfase na ergonomia e menor atenção aos sentimentos e significados atribuídos pelas pessoas que a utilizam. A estética da cadeira de rodas não deve ser limitada por

preceitos do projetista, pois a falta de compreensão da realidade do usuário pode resultar em modelos antigos, escuros e associados à fragilidade, às doenças e à infelicidade (Mattos, 2017).

Ebrahimi, Kazemi e Ebrahimi (2016) afirmam que adaptar o *design* às necessidades de cada indivíduo constitui um grande desafio. No entanto, o *design* baseado em evidências, voltado ao ajuste fino das cadeiras de rodas, tem se tornado uma tendência. No caso da infância, Nascimento *et al.* (2020) descrevem que as crianças se identificam com a cadeira escolhida, incluindo mudanças de cor e itens de personalização como o aro das rodas. Os estudos também ressaltam a necessidade de um *design* atento ao papel da qualidade de vida para esses indivíduos (Ebrahimi; Kazemi; Ebrahimi, 2016).

Ergonomia

Outro aspecto importante na construção ou adaptação de uma cadeira de rodas refere-se à ergonomia. Sagawa *et al.* (2012) evidenciaram fatores que devem ser considerados, entre eles o aro de tração, a posição do eixo das rodas traseiras, a altura do banco, a distribuição do peso, a força aplicada e as dores decorrentes do uso.

O aro de tração interfere no gasto energético, na eficiência mecânica e na técnica da propulsão. Deve-se considerar diferentes formatos e tamanhos. O diâmetro, a superfície e a forma do tubo do aro acarretaram mudanças no desempenho: quanto menor o aro, maior a eficiência mecânica, embora haja necessidade de maior força na execução do movimento.

A posição do eixo das rodas traseiras deve ser alinhada ao ombro do usuário. Quando o eixo está mais à frente e próximo ao ombro, há menor esforço, maior contato com o aro e melhor qualidade da propulsão. A altura do banco deve considerar a posição dos cotovelos, que devem permanecer entre 100° e 120°, com a mão no topo do aro. Quando não ajustada, a altura pode dificultar o movimento do punho durante a propulsão manual.

A distribuição inadequada do peso sobre as rodas dianteiras pode aumentar a energia necessária para correções do movimento. Além disso, pessoas com comprometimentos no ombro, tronco e membros superiores tendem a aplicar mais força na direção do eixo da roda. A aplicação brusca e em alta cadência pode gerar deformidades nos ombros. Entre os comprometimentos associados ao uso inadequado da cadeira de rodas, destacam-se dores nos ombros e síndrome do túnel do carpo, especialmente quando a cadeira não está corretamente adaptada.

Requisitos do usuário

Algumas etapas devem ser seguidas pelos serviços de cadeiras de rodas antes da entrega da cadeira ao usuário. O processo inicia-se com o encaminhamento ao serviço. Deve ser feita a avaliação, prescrição e seleção da cadeira de rodas. Na sequência, realizam-se o financiamento e a aquisição da tecnologia. O produto é preparado e adequado ao usuário, além do treinamento para uso seguro e correto. Também devem ser previstos manutenção, reparo e acompanhamento da tecnologia (OMS, 2012).

Esse processo evidencia a importância de avaliar diversos parâmetros do usuário, evitando o uso ineficaz dos recursos investidos pela pessoa ou instituição, e problemas futuros decorrentes do uso incorreto da cadeira ou de adaptações inadequadas.

Inicialmente, deve-se conhecer o usuário. A interação com ele é essencial para compreender suas expectativas em relação à tecnologia, verificar se já utiliza cadeira de rodas ou se necessitará de treinamento, identificar os ambientes de uso, as finalidades das tecnologias e sua condição financeira. De forma geral, as TA podem ser selecionadas com base no modelo de HAAT.

A avaliação detalhada dos aspectos do HAAT pode gerar protocolos que auxiliam o profissional a compreender a real necessidade do paciente. Campos (2017) sugere o uso de informações já coletadas em relatórios de outros profissionais, ressaltando que a melhor avaliação envolve profissionais, família e usuário.

Para essas avaliações, a literatura científica internacional apresenta diversos instrumentos, entre os quais Campos (2017, p. 28) destaca: Beck Battery of Quad Rugby Skills Tests, voltada às habilidades específicas do *rugby* em cadeiras de rodas para indivíduos com tetraplegia ou tetra-equivalência; Assistive Technology Outcomes Profile-Mobility, composto por 68 itens, e destinado a medir o impacto do dispositivo de mobilidade na participação e atividade; Functional Mobility Assessment (FMA), que avalia funcionalidade relacionada aos dispositivos de mobilidade, incluindo independência, segurança, eficiência, conforto, saúde, operação do dispositivo, alcance, transferências, cuidado pessoal, circulação em ambientes internos e externos e uso de transporte; Functioning Everyday in a Wheelchair Seating Mobility Outcomes Measure (FEW), composto por 10 itens e voltado ao perfil da função percebida pelo usuário em atividades de vida diária, mobilidade, transferências, transporte e aspectos da cadeira e aspectos da cadeira; e Wheelchair Use Confidence Scale, que avalia confiança no ambiente físico, desempenho de atividades, solução de problemas, situações sociais, advocacia e gerenciamento emocional.

Diante da necessidade de uma escala brasileira para avaliação da mobilidade, Campos (2017) sugere a adaptação transcultural do Wheelchair Skills Test Questionnaire (WST-Q). Além disso, alguns autores indicam a avaliação de aspectos cognitivos e físicos.

No âmbito cognitivo, devem ser consideradas habilidades proprioceptivas, exteroceptivas e visuais para a condução da cadeira de rodas (Sagawa *et al.*, 2012). Assim, para favorecer a autonomia, recomenda-se que o usuário tenha capacidade visual preservada o suficiente para manobrar a cadeira. Também deve ser considerada a inteligência da pessoa, pois a associação entre deficiência intelectual e deficiência física pode dificultar a condução autônoma da cadeira de rodas.

Quanto à avaliação física, Curi, Lima e Ferretti (2020) elencam preocupações recorrentes na literatura, como a estabilidade de tronco e a coordenação motora para uso seguro e autônomo da cadeira; as adaptações decorrentes do peso corporal, que pode alterar a força necessária à propulsão, especialmente em casos de sobrepeso; e a altura do usuário, que influencia a distância em relação ao aro e pode exigir ajustes na posição do braço.

Interface com o usuário

Como toda tecnologia, um dos principais aspectos a considerar é a forma de interação do usuário com o dispositivo. No caso da cadeira de rodas de propulsão manual, há contato constante com a cadeira e necessidade de ajustes relacionados ao movimento propulsivo.

Deve-se considerar o ensino e o treinamento do usuário iniciante, pois a propulsão constitui a principal forma de relação com essa tecnologia assistiva. Sua execução segura e adequada é fundamental para evitar agravamentos físicos (Sagawa *et al.*, 2012) e frustrações emocionais decorrentes do uso incorreto.

Movimento manual das rodas

A propulsão consiste na aplicação repetida de forças pelas duas mãos, fora do campo de visão, sobre o aro de tração, por curto período. Essa força gera torque efetivo no eixo, permitindo manter a velocidade e a direção necessárias à condução da cadeira de rodas (Sagawa *et al.*, 2012). Em geral, estabelece-se um padrão semicircular e qualquer força aplicada em sentido contrário pode reduzir a performance da propulsão.

Na fase de contato, ocorrem os primeiros movimentos da propulsão. Inicialmente, a mão toca o aro sem gerar força; em seguida, aplica força, movimentando a cadeira, libera a propulsão e permanece no aro. Em seguida, mesmo

com a mão fora do aro, forças residuais mantêm a cadeira em movimento durante a fase de recuperação (Curi; Lima; Ferretti, 2020).

Estudos indicam que buscar *feedback* visual, como olhar para o aro ou para as mãos, não auxilia na propulsão e torna o ato fatigante (Sagawa *et al.*, 2012). Assim, as adaptações devem favorecer o controle das rodas sem esforço excessivo. As cadeiras devem também oferecer conforto no tráfego em calçadas e facilidade de manuseio para transporte em automóveis, porta-malas e outros veículos.

Aspectos culturais

Ao considerar o paradigma biopsicossocial, destacam-se os aspectos culturais relacionados ao uso da cadeira de rodas, os quais podem atuar como facilitadores ou barreiras. A indicação dessa tecnologia deve considerar a realidade concreta do indivíduo, inserido em uma cultura que o constitui como cidadão e agente no mundo. Assim, tornam-se relevantes as representações sociais da cadeira, tanto no imaginário coletivo quanto no de seu usuário.

A PcD é interpretada socialmente também pela aparência de sua cadeira de rodas. Por isso, a cadeira deve apresentar representações compatíveis com quem a usa. Contudo, observa-se que no mercado o principal diferencial entre cadeiras costuma restringir-se às cores, sendo as mais coloridas geralmente associadas ao público infantil (Nascimento *et al.*, 2020).

Os preconceitos sociais em relação à PcD também devem ser considerados, para que a cadeira de rodas não expresse uma limitação para o indivíduo. Para Mattos (2017), essa limitação decorre, em parte, do fato de muitos desenvolvedores de cadeiras de rodas não terem deficiência e, por vezes, carregam um olhar empobrecido sobre essa tecnologia.

Cooper *et al.* (2018) destacam a cadeira de rodas como marco para os direitos das PcDs nos espaços sociais, favorecendo a inclusão social e a mobilidade. Em contrapartida, descrevem um cenário socioeconômico desigual, no qual pessoas com deficiência moderada a grave tendem a viver em ambientes com poucos recursos, apresentar menor realização educacional, maiores taxas de pobreza e maior incidência de doenças não transmissíveis decorrentes da imobilidade.

A condição sócioeconômica da família e do usuário também limita a aquisição de uma cadeira ergonomicamente adequada e com características de personalização, que muitas vezes não é custeada (Nascimento *et al.*, 2020).

Viabilidade financeira

Neste requisito, apresenta-se a lógica de produção e manutenção das cadeiras de rodas, e projetos que viabilizam sua aquisição. Também aborda-se a realidade brasileira da PcD que necessita dessa tecnologia.

Produção e manutenção

Para viabilizar a produção e manutenção das cadeiras de rodas, os fabricantes tendem a padronizar seus recursos, permitindo a personalização de alguns itens, como assento ajustado, espaço para sapato ou prótese e ajustes na geometria (Cooper *et al.*, 2018).

Um dos desafios é que cada fabricante adota formas próprias de manutenção, ainda que siga as normativas da ABNT. Por isso, os projetos devem ressaltar linguagem acessível, para que o usuário realize corretamente a manutenção da cadeira. Sagawa *et al.* (2012) afirmam que ajustes inadequados e ausência de critérios de manutenção podem constituir barreiras ao uso. Além disso, às vezes, pode ser necessária a troca do modelo da cadeira em razão do avanço da idade ou da progressão da doença, reforçando a importância de manuais compreensíveis.

Os fabricantes indicam avanços na qualidade das cadeiras de rodas. Materiais, manufatura e técnicas de montagem têm considerado características fisiológicas dos usuários e segurança do uso. *Softwares* de *design* possibilitam a criação de modelos virtuais, simulações de projetos e testes de força, rigidez, peso e resistência, aumentando a qualidade da produção dessas TA. Entre as inovações, destaca-se a manufatura aditiva, ou impressão tridimensional. Tal técnica permite criar objetos em três dimensões, camada por camada, a partir de modelos desenhados em softwares de design (Cooper *et al.*, 2018).

As cadeiras de rodas, em muitos casos, são um investimento de longo prazo. Em países desenvolvidos, embora mais caras, as cadeiras ultraleves tendem a ser mais econômicas ao longo do tempo, apresentando maior durabilidade e menor impacto físico ao usuário (Ebrahimi; Kazemi; Ebrahimi, 2016). Porém, essa não é a realidade social em escala global.

Realidade brasileira

Em contexto internacional, as cadeiras de rodas devem ser seguras, duráveis e contar com manutenção acessível para atender à mobilidade diária das pessoas (ISPO, 2001). No Brasil, há legislação voltada à produção de cadeiras de rodas seguras para PcDs.

A Portaria nº 1.272/2013 trata dos procedimentos relacionados a cadeiras de rodas quanto a procedimentos, medicamentos, órteses, próteses e materiais

especiais do Sistema Único de Saúde (SUS). Isso permite sua aquisição gratuita como direito garantido por lei. Essa portaria cita o Decreto nº 7.612/2011, que institui o Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência (Viver sem Limite), e a Portaria nº 793/2012, que institui a Rede de Cuidados a Pessoa com Deficiência no SUS (BRASIL, 2013).

Pesquisas em sites de busca evidenciaram que muitas informações destinadas a quem necessita de cadeira de rodas circulam em *blogs* e sites de opinião, nos quais pessoas compartilham experiências. De acordo com o *blog Freedom* (2021), o acesso por meio do SUS ocorre por inscrição prévia nos serviços de reabilitação física da Secretaria de Saúde do município de residência. Deve-se apresentar o cartão SUS, documento com foto, comprovante de endereço e prescrição um profissional de saúde do SUS, podendo a inscrição ser feita pelo beneficiado ou responsável legal. O *blog Freedom* (2021) também lista organizações sem fins lucrativos voltadas à doação de cadeiras de rodas, como os projetos “Eu ajudo na lata”, “Lacre do bem, lacre amigo” e “Rotary”.

Considerando que uma cadeira com itens básicos obrigatórios, ajustes restritos e sem personalização custa em torno de R\$ 600,00 no mercado brasileiro (em busca informal), e que o salário-mínimo no país é R\$ 1.621,00 (05/2026); então, evidencia-se a dificuldade de acesso da população a essa tecnologia. Soma-se a isso a necessidade de manutenção quase mensal, incluindo troca de pneus, peças e manutenção preventiva dos freios.

Assim, no Brasil, a doação é relevante para que cadeiras de rodas cheguem às PcDs. Mas, para que a mobilidade e acessibilidade sejam efetivamente atendidas, deve-se considerar as necessidades de quem recebe a doação, sendo essencial a orientação profissional nesse processo.

Situação de uso

Considerando que as cadeiras de rodas acompanham as pessoas em suas atividades de vida diária, é essencial que sua concepção compreenda as situações de uso às quais o usuário estará exposto, adaptando-a aos diferentes contextos.

Uso laboral/universidade

A literatura indica que ambientes de trabalho e acadêmicos devem garantir acessibilidade e adaptações arquitetônicas necessárias. Nesses espaços, a cadeira pode seguir o padrão comum, mas deve ser confortável, pois o usuário permanecerá muito tempo nela e poderá transportar objetos, como notebook e mochila. Também deve apresentar cintos ou travas, estabilidade e ajustes para o escritório, como distância entre rodas, altura do braço e do pedal e inclinação do

assento. A mesa deve estar na altura adequada para permitir o acesso da cadeira e uso do computador (Ebrahimi; Kazemi; Ebrahimi, 2016).

Esportes

A interação entre o atleta e a cadeira é determinante para o sucesso em modalidades paradesportivas. Bussmann e Greguol (2012), ao estudarem a propulsão de atletas em cadeiras de rodas, apontam escassez de pesquisas sobre as particularidades dessa população, o que dificulta o treinamento e as adaptações necessárias ao desempenho. Os estudos existentes relacionam aspectos biomecânicos ao desempenho, como duração do impulso, proporção entre fases de impulso e recuperação, contato e ângulo de propulsão.

Usuários de cadeiras de rodas enfrentam barreiras para o treino esportivo, que têm sido parcialmente supridas por *videogames*, *sites* e aplicativos de *smartphones* voltados ao tornar o treino físico mais motivador. Essas tecnologias, aliadas à cadeira de rodas, podem favorecer o desenvolvimento de habilidades específicas para os esportes em cadeira (Cooper et al., 2018).

Cooper et al. (2018) indicam princípios para a concepção de cadeiras esportivas: (1) o peso deve ser o menor possível, reduzindo a força de propulsão e tornando-a ágil e rápida; (2) o *design* deve aliar baixo peso, resistência e rigidez, para otimizar a transferência de energia do atleta para a cadeira; (3) em esportes nos quais a mobilidade é crítica, deve-se minimizar a resistência dos rolamentos, do vento e interna (movimento da pessoa no assento); (4) o desempenho tende a melhorar quanto mais o *design* se aproxima das necessidades da pessoa; e (5) o encaixe e a posição do usuário devem maximizar o controle do equipamento.

Na corrida, destaca-se a análise de fatores cinéticos da propulsão. Em provas de longa distância, o tempo de contato com o aro, o tempo de ciclo e a velocidade angular não se relacionam diretamente ao tempo de corrida, enquanto a habilidade depende do ângulo de toque. Cooper et al. (2018) também estudaram adaptações esportivas realizadas por grandes empresas globais em cadeiras de rodas para corrida, incluindo o uso de fibra de carbono.

Há disparidades no acesso às cadeiras de rodas esportivas, relacionadas às desigualdades sociais em países economicamente menos desenvolvidos. O custo desses equipamentos tende a ser elevado, havendo necessidade da ajuda de terceiros para a compra do equipamento. Essa diferença impacta as competições, já que paratletas com melhores condições financeiras tendem a utilizar cadeiras mais adequadas, enquanto outros recorrem à própria cadeira (Cooper et al., 2018).

Para a produção de cadeiras esportivas, Cooper et al. (2018) alertam ainda para o *doping* tecnológico, no qual paratletas podem alcançar desempenho

superior devido à tecnologia do equipamento. Assim, cada esporte possui particularidades e regras próprias que devem ser observadas.

Cadeiras de rodas para corrida tendem a apresentar encosto baixo, para facilitar o movimento dos braços; assento mais baixo, para ampliar o ângulo em relação às rodas; aros menores; e pneus tubulares para alta pressão. Para o basquete, os quadros são mais rígidos e leves, com eixos ajustáveis para manobras e proteções laterais. De forma semelhante, cadeiras para tênis e *rugby* tendem a posicionar o usuário como se estivesse ajoelhado, para reduzir a resistência do rolamento (Cooper *et al.*, 2018).

Uso escolar e recreativo de crianças

No uso escolar, a cadeira deve oferecer conforto e praticidade para atividades acadêmicas, socialização e participação em diferentes atividades. Nascimento *et al.* (2020), ao estudarem a opinião de crianças sobre suas cadeiras de rodas, observaram que, em razão do brincar e dos movimentos realizados na cadeira, é necessário reduzir o desconforto físico, pois as crianças não permanecem estáticas por longos períodos.

Praia e outras situações ao ar livre e/ou lazer

A literatura científica ainda explora pouco o tema das cadeiras de rodas para lazer, concentrando-se mais nos espaços externos. Em terrenos naturais, íngremes e desnivelados, Ebrahimi, Kazemi e Ebrahimi (2016) apontam as cadeiras ultraleves como mais adequadas para passeios confortáveis. Evidencia-se, portanto, a necessidade de cadeiras de rodas para uso em cenários diversos, como praias, campos, piscinas, e ambientes de lazer.

Público-alvo

Conforme o paradigma biopsicossocial, deve-se considerar que a pessoa utiliza uma tecnologia assistiva a partir de sua realidade biológica, social e psicológica. Por isso, é necessário descrever características do desenvolvimento humano que impactam significativamente a relação da PcD e o uso de sua cadeira de rodas.

Crianças e adolescentes

Uma característica comum no desenvolvimento de crianças e jovens com deficiências físicas é o encorajamento de pais ou cuidadores a uma vida menos ativa e mais sedentária (Melo; Munster, 2016). Essa condição pode gerar complicações no desenvolvimento motor, físico, emocional e social. Assim, a

cadeira de rodas para esse público deve considerar segurança e *design*, tal que pais e cuidadores, especialmente os mais superprotetores, sintam-se seguros para incentivar maior atividade.

As crianças ainda enfrentam desafios, como professores que não se consideram capacitados, insucesso, *bullying*, barreiras físicas de acessibilidade e desinteresse próprio, fatores que dificultam a convivência escolar e social (Melo; Munster, 2016).

Os adolescentes apresentam particularidades próprias dessa fase, como mudanças corporais e emocionais da puberdade, busca por identidade e inserção em grupos sociais. Travlos *et al.* (2017) identificaram que meninos usuários de cadeira de rodas demonstraram barreiras interpessoais, como sentimentos ambivalentes em relação à independência social e resistência em falar sobre o futuro.

As mudanças da adolescência podem constituir fator de risco para a saúde mental, e a cadeira de rodas pode agravar questões relacionadas à imagem corporal. Travlos *et al.* (2017) observaram que a integração desses adolescentes em grupos de pares favoreceu a construção de um senso de identidade. Em estudo comparativo, jovens com deficiências físicas mais severas apresentaram maiores escores nos domínios de imagem corporal, escola e funcionamento social. Crianças com deficiência física grave desde a primeira infância tendem a perceber a cadeira de rodas como parte de sua identidade na adolescência, aceitando com maior facilidade suas limitações e reconhecendo seu estado físico, além de poderem alcançar sucesso escolar ao priorizar atividades intelectuais (Travlos *et al.*, 2017). Soma-se a isso o fato de que alguns medicamentos usados no tratamento de deficiências decorrentes de alterações neuromusculares podem estar associados ao atraso puberal.

Adultos

Muitas cadeiras de rodas disponíveis no mercado são voltadas ao público adulto, mas nem sempre apresentam ajustes e personalizações necessárias para que a pessoa estabeleça relação afetiva com elas. A fase adulta é marcada por conquistas sociais, como emprego, independência financeira, participação em grupos sociais e relacionamentos amorosos. A cadeira de rodas acompanha o adulto em situações de intimidade e individualidade, devendo contribuir para sua confiança e autonomia.

A importância do paradigma biopsicossocial na vida adulta está em considerar não apenas os problemas corporais decorrentes da deficiência física, mas também seus impactos na subjetividade. Dependendo do momento em que a deficiência foi adquirida, pode ser essencial que a pessoa estabeleça

relação positiva com sua cadeira para ressignificar aspectos da própria vida (Silva; Albertini, 2007; Ayres; Rial; Nuernberg, 2013). Na fase adulta, destaca-se também a sexualidade do usuário de cadeira de rodas. Alguns autores apontam que, para esse público, a sexualidade constitui um silêncio velado, decorrente da necessidade de ocultá-la (Silva; Albertini, 2007; Ayres; Rial; Nuernberg, 2013). Isso contribui para a infantilização e para limites na vivência da sexualidade adulta, dimensão importante para autonomia, intimidade e qualidade de vida. Assim, a cadeira de rodas não deve se tornar mais um limitador para que o adulto exerça suas vontades e decisões.

Idosos

No envelhecimento humano, a tecnologia assistiva deve priorizar dignidade e autonomia. Essa fase envolve o conceito de fragilidade, entendido como a identificação de situações que exigem apoio (Carriel; Paschoarelli, 2009, pp. 49-50).

Também é importante relacionar o padrão estético desejado pelo idoso ao *design* do produto, desenvolver novos conceitos de rodas em cadeiras e projetar produtos de fácil higienização, manutenção, formatos anatômicos e ajustes adequados. Esses fatores valorizam a vida do idoso cadeirante e contribuem para prevenção, manutenção e reabilitação da saúde.

O idoso pode apresentar combinações de doenças e limitações, próprias das síndromes geriátricas, como instabilidade, quedas, mobilidade reduzida, perdas cognitivas e sensoriais, perda de autonomia e incontinência (Carriel; Paschoarelli, 2009). Nesse contexto, são necessárias adaptações nas cadeiras de rodas, principalmente para reduzir os impactos dessas síndromes na vida social e emocional dos idosos.

Doenças de perda progressiva de força muscular

Travlos *et al.* (2017) correlacionaram aspectos da qualidade de vida em pessoas com doenças neuromusculares usuárias de cadeira de rodas com outros grupos. Os resultados indicaram que a funcionalidade física reduz as interações do indivíduo com o espaço, mas não impacta significativamente os aspectos psicossociais de sua qualidade de vida.

Jovens com maior comprometimento físico decorrente de perda muscular por fatores imutáveis, bem como não ambulantes desde a primeira infância, apresentaram escores mais elevados em domínios psicossociais. Esses jovens demonstraram habilidades para o ensino superior, aspectos positivos da imagem corporal, boa relação com professores e bom desempenho acadêmico. Em comparação com pares com menor comprometimento motor, apresentaram

desenvolvimento intelectual semelhante, assim como em relação aos grupos sem essas doenças (Travlos *et al.*, 2017).

Essas características do desenvolvimento, articuladas às demandas sociais e psicológicas, são essenciais para que o projeto de uma cadeira de rodas corresponda ao público-alvo que dela fará uso. Em situações progressivas, as cadeiras devem passar por adaptações que acompanhem a evolução da doença e as limitações impostas aos movimentos da pessoa, considerando também os impactos emocionais de um curso de vida incerto.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, delinearam-se diretrizes para o projeto e desenvolvimento de cadeiras de rodas de propulsão manual centradas nas pessoas com deficiência, familiares, cuidadores, profissionais de saúde e da educação. Busca-se, assim, orientar desenvolvedores de tecnologias assistivas quanto à representatividade da cadeira de rodas na vida de quem a utiliza e contribuir para a construção de equipamentos mais próximos das necessidades físicas e emocionais dos usuários.

Trata-se de um estudo que atravessa diversas áreas do conhecimento, com destaque para a contribuição da psicologia do desenvolvimento humano ao relacionar aspectos técnicos e tecnológicos às fases da vida do usuário de cadeira de rodas. Ressalta-se a necessidade de estudos *in vivo* para compreender as realidades e possibilidades que a cadeira de rodas oferece à experiência humana.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA) pela concessão de bolsas de pesquisa e apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. Mobilidade e acessibilidade: conceitos e novas práticas. *Indústria e Ambiente*, v.55, p. 12-14, 2006.
- AMARAL, F.L.J.; HOLANDA, C.M.; QUIRINO, M.A.B.; NASCIMENTO, J.P.; NEVES, R. F.; RIBEIRO, K.S.Q.; ALVES, S.B. Accessibility for people with disabilities or permanent mobility restrictions to the Unified Health System. *Ciência & Saúde coletiva*, v.17, n.7, p. 1833-1840, 2012.
- AYRES, M.B.; RIAL, C.S.; NUERNBERG, A. A mocinha em cadeira de rodas: mulher, corpo, sexualidade e deficiência: um olhar sobre a trajetória da personagem Luciana da telenovela *Viver a vida*. In: *SEMINÁRIO INTERNACIONAL FAZENDO GÊNERO*, 2013, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis:

lis: UFSC, 2013. Disponível em: http://www.fg2013.wwc2017.eventos.dype.com.br/resources/anais/20/1380747841_ARQUIVO_A_MOCINHA_EM_CADEIRA_DE_RODAS.pdf. Acesso em: 15 de junho de 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria nº 1.272, de 25 de junho de 2013*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2013. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2013/prt1272_25_06_2013.html. Acesso em: 15 jun. 2026.

BUSSMANN, A. J. C.; GREGUOL, M. Propulsion techniques analysis of wheelchair athletes: a review study. *Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo*, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 193-198, maio/ago. 2012.

CAMPOS, L. C. B. *Adaptação transcultural do "Wheelchair Skills Test" (versão 4.3): questionário para usuários de cadeiras de rodas manuais e cuidadores para a língua portuguesa (Brasil)*. 2017. 128 f. Dissertação (Mestrado em Terapia Ocupacional) – Programa de Pós-Graduação em Terapia Ocupacional, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017.

CARRIEL, I. R.; PASCHOARELLI, L. C. Design ergonômico de cadeira de rodas para idosos. In: PASCHOARELLI, L. C.; MENEZES, M. S. (org.). *Design e ergonomia: aspectos tecnológicos*. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 279 p. ISBN 978-85-7983-001-3.

COOPER, R. A.; TUAKLI-WOSORNU, Y. A.; HENDERSON, G. V.; QUINBY, E.; DICIANNO, B. E.; TSANG, K.; DING, D.; COOPER, R.; CRYTZER, T. M.; KOONTZ, A. M.; RICE, I.; BLEAKNEY, A. W. Engineering and technology in wheelchair sport. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, v. 29, n. 2, p. 347-369, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2018.01.013>.

CURI, H. T.; LIMA, J.; FERRETTI, E. C. Fatores relacionados à eficiência da propulsão em cadeira de rodas manual de usuários com paraplegia devido à lesão medular. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, v. 28, n. 3, p. 999-1019, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4322/2526-8910.ctoAR1935>.

DE ALMEIDA, P. A. S.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L. Acessibilidade de cadeirantes no espaço de ensino público: UNESP, Campus de Presidente Prudente-SP. *Revista da Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP*, v. 5, n. 2, p. 21-46, 2011.

EBRAHIMI, A.; KAZEMI, A.; EBRAHIMI, A. Wheelchair design and its influence on physical activity and quality of life among disabled individuals. *Iranian Rehabilitation Journal*, v. 14, n. 2, p. 85-92, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18869/nrip.irj.14.2.85>.

FREEDOM. *Doação de cadeira de rodas pelo SUS: saiba como conseguir a sua!* 2021. Disponível em: <https://freedom.ind.br/doacao-cadeira-de-rodas-sus/>. Acesso em: 14 jun. 2026.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Demográfico 2022: pessoas com deficiência e pessoas diagnosticadas com transtorno do espectro autista: resultados preliminares da amostra*. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. 80 p.

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. *Portaria nº 314, de 24 de agosto de 2010*. Brasília, DF: INMETRO, 2010. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001594.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2020.

ISPO – INTERNATIONAL SOCIETY FOR PROSTHETICS AND ORTHOTICS. ISPO consensus conference on appropriate orthopaedic technology for low-income countries: conclusions and recommendations. *Prosthetics and Orthotics International*, v. 25, n. 3, p. 168-170, 2001.

JONSSON, B.; ANDERBERG, P. *Rehabilitation engineering and design research: theory and method*. Lund: CERTEC, 1999. v. 2b. Disponível em: [https://portal.research.lu.se/portal/en/publications/rehabilitation-engineering-and-design-research--theory-and-method\(bc2b8952-8bc2-49f3-8240-fde944f231fa\).html](https://portal.research.lu.se/portal/en/publications/rehabilitation-engineering-and-design-research--theory-and-method(bc2b8952-8bc2-49f3-8240-fde944f231fa).html). Acesso em: 15 jun. 2026.

LABORATOIRES SERVIER, Wheelchair. 2016. 1 imagem. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equipment_-_Wheelchair_-_Smart-Servier.png. Acesso em: 15 jun. 2026.

MATTOS, L. M. *Julgamento visual de cadeiras de rodas: contribuições para o design de produtos assistivos*. 2017. Dissertação (Mestrado em Design) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2017. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/152003/mattos_lm_me_bauru.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 15 jun. 2026.

MELO, F. A.; MUNSTER, M. A. Iniciação esportiva em cadeira de rodas: estruturação de um programa para crianças com deficiência física. *Pensar a Prática*, v. 19, n. 1, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5216/rpp.v19i1.36060>

NASCIMENTO, S. M.; DALSIN, C.; RENNER, J. S.; SCHEMES, C. A cadeira de rodas infantil sob a perspectiva do design emocional e da ergonomia. *Multitemas*, Campo Grande, MS, v. 25, n. 59, p. 127-146, jan./abr. 2020.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Relatório mundial sobre a deficiência*. São Paulo: SEDPcD, 2011. Disponível em: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44575/9788564047020_por.pdf?sequence=4. Acesso em: 15 jun. 2026.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Pacote de treinamento em serviços para cadeiras de rodas*. Genebra: OMS, 2012. Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/78236/9789241503471_reference_manual_por.pdf?sequence=48. Acesso em: 15 jun. 2026.

PEREIRA, T. A.; BARROS, M. N.; AUGUSTO, M. C. O cuidado em saúde: o paradigma biopsicossocial e a subjetividade em foco. *Mental*, v. 9, n. 17, p. 523-536, 2011. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/mental/v9n17/02.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2026.

RESNA – REHABILITATION ENGINEERING AND ASSISTIVE TECHNOLOGY SOCIETY OF NORTH AMERICA. *Comments to House Subcommittee on Labor, Health and Human Services, and Education*. [S. l.]: RESNA, mar. 2015. Disponível em: <https://www.resna.org/Portals/0/Documents/Government%20Relations/CCD%20AT%20Act%20Letter%20to%20House%20FY2016.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2026.

SAGAWA, Y. J.; HAUPENTHAL, A.; BORGES, N. G.; SANTOS, D. P.; FISIOTER, E. W. Análise da propulsão em cadeira de rodas manual: revisão de literatura. *Fisioterapia em Movimento*, Curitiba, v. 25, n. 1, p. 185-194, jan./mar. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-51502012000100018>.

SEDH – SECRETARIA ESPECIAL DOS DIREITOS HUMANOS. Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência. *Ata da VII Reunião do Comitê de Ajudas Técnicas CAT-CORDE-SEDH-PR*, realizada nos dias 13 e 14 de dezembro de 2007. Brasília, DF: SEDH, 2007. Disponível em: https://www.assistiva.com.br/Ata_VII_Reuni%C3%A3o_do_Comite_de_Ajudas_T%C3%A9cnicas.pdf. Acesso em: 15 jun. 2026.

SILVA, L. C.; ALBERTINI, P. A reinvenção da sexualidade masculina na paraplegia adquirida. *Revista do Departamento de Psicologia – UFF*, Niterói, v. 19, n. 1, p. 37-48, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-80232007000100003&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 15 jun. 2026. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-80232007000100003>.

TRAVLOS, V.; PATMAN, S.; WILSON, A.; SIMCOCK, G.; DOWNS, J. Quality of life and psychosocial well-being in youth with neuromuscular disorders who are wheelchair users: a systematic review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 98, p. 1004-1017, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2016.10.011>.

Diretrizes para construção de órteses ativas terapêuticas de mão baseadas em mapa mental

Rafael Felipe Fernandes dos Santo, Isabela Schmitz Rauth,
Guilherme Nunes Nogueira Neto, Percy Nohama

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde, Pontifícia Universidade Católica do Paraná

DOI 10.52050/9788579177255-04

RESUMO

Órteses são dispositivos terapêuticos ou assistivos que ajudam a melhorar a mobilidade, função e conforto de pessoas com deficiências físicas ou lesões musculoesqueléticas. Apesar da relevância, o projeto e a construção de órteses ativas carecem de especificações que englobem aspectos, características e funcionalidades referentes ao design, aos materiais, estrutura, técnicas e estratégias de controle a serem consideradas. Com o objetivo de propor diretrizes para auxiliar no desenvolvimento de órteses ativas de mão, realizou-se um estudo para identificar o estado da arte referente às tecnologias existentes em reabilitação motora das mãos. Uma revisão de escopo foi realizada para o desenvolvimento da pesquisa, na qual foram identificados quarenta artigos, por meio das palavras-chave mão, órtese ativa e reabilitação, nas plataformas de pesquisa Science Direct e IEEE Xplore. Após a aplicação das restrições, oito artigos foram analisados. Por meio dessa análise, elencou-se os principais requisitos a serem considerados no projeto e construção de uma órtese ativa de mão, tais como Design, Estrutura, formas de Controle, tipos de Movimento e Interface com o usuário. Esses elementos foram divididos em quatro áreas, Design, Interface, Composição Estrutural e Função para facilitar a compreensão. Com auxílio de um mapa mental, foi possível levantar e elaborar as diretrizes. A área de Design elenca aspectos estéticos e ergonômicos; a Função destaca as funções que a órtese precisa auxiliar; a Interface expressa as formas que o usuário poderá utilizar o sistema da órtese; a Composição Estrutural elenca aspectos mecânicos e elétricos da órtese.

Palavras-chave: Órtese ativa terapêutica, Reabilitação, Membros superiores, Mapa mental

1. INTRODUÇÃO

O acidente vascular cerebral é a segunda causa mais comum de morte e a principal causa de incapacidade motora (DONNAN *et al.*, 2008). Mais de 60% dos sobreviventes sofrem perdas motoras, o que prejudica as atividades diárias que dependem dos movimentos das mãos e punhos como, por exemplo, pegar e segurar objetos (CISOTTO *et al.*, 2013), assim como dirigir, digitar, entre outras.

O AVC é considerado uma doença de causa súbita e pode afetar qualquer região do cérebro, levando à perda da função motora contralateral correspondente à área afetada (FERRO; PIMENTEL; 2013). Existem dois tipos de AVC: isquêmico e hemorrágico, sendo o primeiro o mais comum, relacionado a 80% dos casos. Ele ocorre quando há um déficit de oxigênio e nutrientes importantes na região vascular, devido à ausência de fluxo sanguíneo (O'SULLIVAN; SCHMITT, 2010).

Os métodos para reabilitação pós-AVC podem ser definidos da seguinte forma: aprendizado motor, treino de tarefa específica, terapia de movimento induzida por restrição, imagética motora, treinamento em esteira de suporte de peso corporal, treino por assistência robótica e treino virtual (ARYA *et al.*, 2011).

A robótica está ganhando mais espaço ao longo dos anos, além de facilitar a realização da terapia na residência dos pacientes, e de forma mais confortável. Essa tecnologia pode reduzir o tempo da reabilitação, pois os usuários podem realizar vários exercícios, com repetição, ao longo do dia. O fato de não precisar se locomover até a clínica de reabilitação é muito vantajoso, tendo em vista que a humanidade passou por momentos de *lockdown* em meio à pandemia do Coronavírus COVID-19. Dessa forma, a segurança e a continuidade do tratamento mantêm-se normalmente.

Ademais, o uso de dispositivos robóticos para reabilitação é capaz de fornecer alta intensidade, repetições, tarefas específicas e um tratamento interativo para membros superiores lesionados, obtendo amplos ganhos (PRANGE *et al.*, 2006). Além disso, a reabilitação dos membros superiores com dispositivos robóticos supre a necessidade da presença de um fisioterapeuta, diminuindo a frequência dos pacientes nas seções de reabilitação, pois poderiam realizar o tratamento de forma remota ou híbrida (PRANGE *et al.*, 2006).

Entretanto, para desenvolvimento de órteses ativas de mão há dificuldades de encontrar na literatura informações objetivas que inspirem e norteiem sua construção. Em face dessa limitação, surgiu a necessidade de se elaborar um conjunto de diretrizes que orientem a construção de órteses para reabilitação. Como as diretrizes são um conjunto de instruções, normas e critérios (BUENO, 2007), elas auxiliam engenheiros e *designers* no planejamento e desenvolvimento

desses dispositivos, garantindo assim, que todos os elementos imprescindíveis para o bom funcionamento sejam levados em consideração.

Baseado nesse contexto, realizou-se um estudo das principais tecnologias empregadas na reabilitação motora das mãos, para pessoas que sofreram acidente vascular cerebral. A partir dele, elaborou-se um conjunto de diretrizes para a construção de órteses ativas de mão, apresentando os elementos necessários que garantam funcionamento, efetividade e segurança.

2. METODOLOGIA

As plataformas de pesquisa Science Direct e IEEE Xplore foram utilizadas para obtenção da literatura utilizada na revisão bibliográfica exposta em Resultados. Os artigos foram coletados por meio de uma busca avançada utilizando o operador booleano AND (“e”) para combinar as seguintes palavras-chave: “hand”, “active orthosis” e “rehabilitation”. Em ambas as bases de dados, a busca restringiu-se aos projetos de engenharia, aos artigos publicados entre os anos 2010 e 2023, evitando que a informação encontrada seja obsoleta e aos focados em órteses ativas de mão, excluíram-se artigos de revisão e artigos duplicados encontrados nos resultados da pesquisa. Após essa filtragem, foram selecionados oito artigos.

3. RESULTADOS

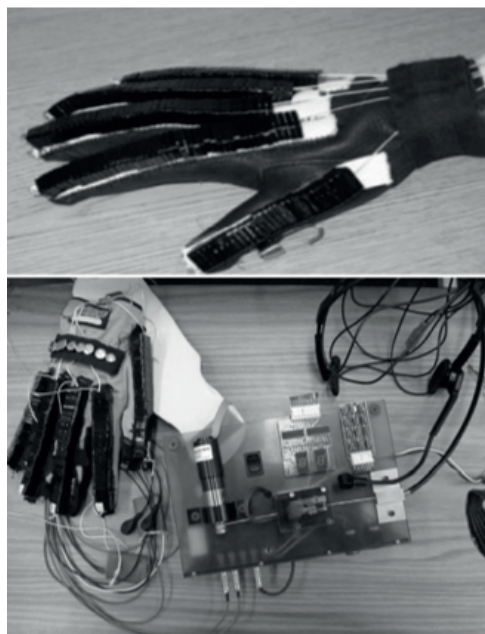
A maioria dos artigos coletados descreve adequadamente as órteses uma vez que apresentam informações sobre os atuadores, o grau de liberdade, o material utilizado na fabricação da órtese e a sua aplicação.

Ochoa *et al.* (2011) desenvolveram uma órtese denominada J-Glove, ilustrada na Figura 1, a qual funciona por meio de cinco cabos e de um servomotor. O seu funcionamento pode ser sintetizado da seguinte forma: a força no cabo é transmitida ao dedo por meio dos cabos e da luva, induzindo torques de extensão nas articulações. Esses cinco cabos formam um único cabo no punho. Esse cabo único passa por um cabo Bowden para um servomotor, o qual é controlado via sinal de modulação de pulso (PWM) por meio de um microprocessador RabbitCore RCM 4510. Além disso, o dispositivo monitora sinais eletromiográficos (EMG), garantindo, assim, tanto a participação ativa do paciente quanto o fornecimento de *feedback* dos padrões eletromiográficos obtidos.

O deslocamento do cabo ocorre pela conversão da rotação do motor e o seu comprimento é calculado por meio de um codificador que está conectado ao servomotor. O programa tem dois estados: abertura e fechamento. Ao definir o estado inicial como abertura, a mão do usuário é fechada e o microprocessador

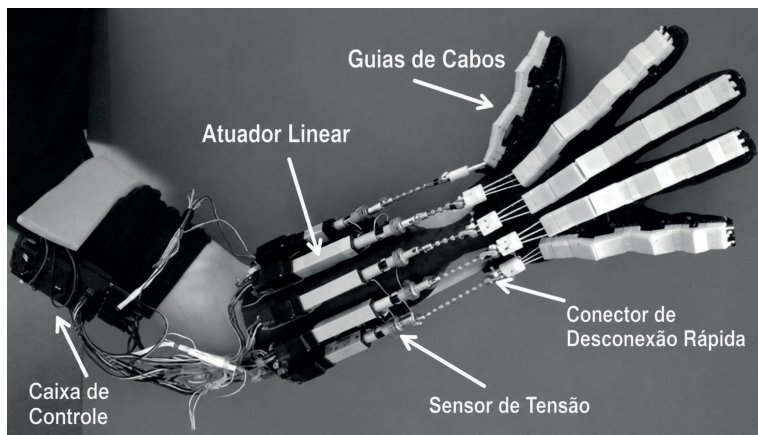
aguarda que a atividade muscular ultrapasse o limiar da tensão, a qual é modificada dependendo da atividade muscular do sujeito. Uma vez atingido esse limiar, o microprocessador ajusta um PWM e o motor puxa os cabos. Quando o limite de extensão é atingido, o microcontrolador altera o algoritmo para o estado de fechamento, permitindo que o usuário feche a mão até que o limite de flexão seja atingido, o que altera novamente o algoritmo para o estado de abertura, completando um ciclo de movimento (OCHOA *et al.*, 2011).

Figura 1 - J-Glove (OCHOA *et al.*, 2011).



Fischer *et al.* (2016) construíram uma órtese denominada eXtension Glove (X-Glove), ilustrada na Figura 2, que aciona, independentemente, cada dedo e permite o livre movimento de cada articulação. Os cabos servem como tendões extensores externos e passam por cabos-guias que estão conectados à parte dorsal da luva. A fim de evitar a hiperextensão articular, esses cabos-guias formam uma ponte sobre cada articulação, permitindo a flexão articular.

Figura 2 - X-Glove (FISCHER et al., 2016).



Os cabos-guias foram fabricados com nylon com fibras de vidro e foram costurados na luva. Em cada dedo, o cabo do seu respectivo atuador é dividido em três para passar através das guias. Os servoatuadores lineares movem o cabo, gerando torque de extensão em cada articulação dos dedos. Um sensor de tensão localiza-se entre o motor e o cabo para medir a força em cada cabo. Um microcontrolador RabbitCore RCM 3410 lê os dados e gera um PWM apropriado para cada motor (FISCHER et al., 2016).

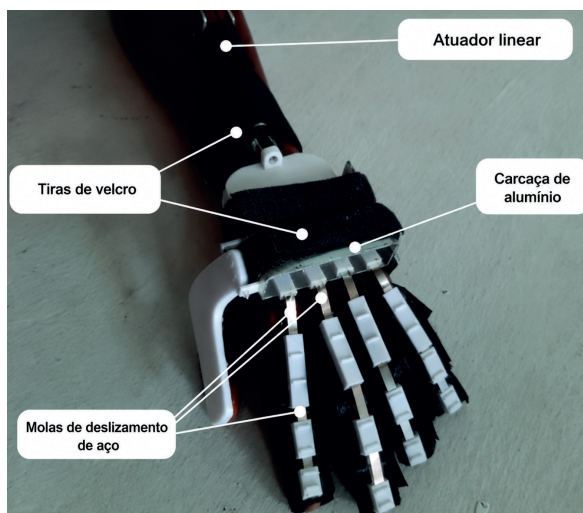
Nota-se que os atuadores lineares estão acoplados em uma tala de fibra de carbono, enquanto os demais componentes eletrônicos de suporte estão dentro de uma pequena caixa amarrada à parte superior do braço. Ademais, todo o dispositivo pode ser acionado a partir de uma bateria de íons de lítio usada na cintura. Em relação à operação da X-Glove, há dois modos distintos que são controlados por um botão: alongamento e treinamento ativo. No modo de alongamento, a luva movimentada, simultaneamente, todos os cinco dedos, da flexão para a extensão. Os dedos são mantidos estendidos por 1 s e, então, retornam à postura flexionada. Este ciclo é repetido pelo tempo desejado (FISCHER et al., 2016).

Já para o modo de treinamento, há um controle Proporcional Integral Derivativo (PID) que garante que cada motor linear forneça uma força de extensão igual à força necessária para manter o dedo estendido neutralmente quando o usuário estiver relaxado. Assim, o usuário pode fechar a mão a qualquer momento, criando força de flexão maior do que a força de extensão produzida pela luva. Para isso, o dispositivo mede periodicamente a força necessária para estender os dedos enquanto o usuário permanece passivo (FISCHER et al., 2016).

Akinniyi et al. (2022) desenvolveram uma órtese que utiliza um mecanismo de mola deslizante flexível e três peças de material rígido, conforme ilustrado

na Figura 3. A mola deslizante foi desenvolvida a partir de uma placa fina de aço inoxidável e ela desliza por dentro das camadas rígidas dos dedos, permitindo a flexão e a extensão de várias articulações sempre que um movimento linear é aplicado às molas. As molas são acionadas por um atuador linear baseado em pequenos deslocamentos mão-músculo medidos por um sensor de EMG. Além disso, um microcontrolador serve como interface entre o sensor de EMG e a órtese.

Figura 3 - Órtese de Akinniyi *et al.*, 2022.



O sistema mecânico consiste nas camadas de articulações rígidas fabricadas por manufatura aditiva, tiras de aço inoxidável e camada de base superior reforçada com alumínio. O mecanismo funciona de tal forma que, conforme as molas se movem, o dispositivo dobra e estende-se (AKINNIYI *et al.*, 2022).

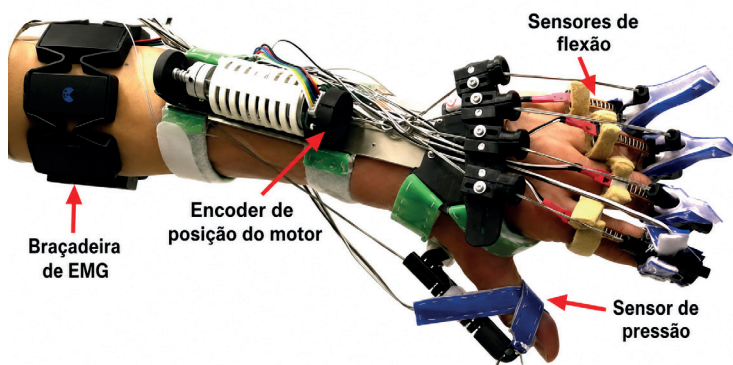
Por fim, o sistema de controle consiste em um microcontrolador Atmega 328 e eletrodos de EMG. A atividade muscular do braço é capturada por um eletrodo de EMG e o sinal é amplificado. O microcontrolador processa o sinal de EMG amplificado para controlar o atuador linear que, por sua vez, inicia o movimento. Um músculo distendido implica em um movimento para frente, ou seja, de extensão, enquanto um músculo contraído implica em um movimento para trás, de flexão (AKINNIYI *et al.*, 2022).

Park *et al.* (2019) construíram uma órtese de controle multimodal, usando sensores de EMG, curvatura e pressão como entradas, como ilustrado na Figura 4. Esse dispositivo é composto por duas partes: uma tala de alumínio para o antebraço, com acionamento e componentes para as pontas dos dedos para

roteamento de cabos. Para o acionamento, usaram um controlador PID cuja amplitude de movimento é determinada pelo tamanho da mão do usuário.

Os componentes das pontas dos dedos foram produzidos por manufatura aditiva e são fixados às pontas dos dedos usando correias de velcro. A parte inferior das correias é de borracha para evitar a migração distal. Os componentes possibilitam o suporte elevado dos exo-tendões que melhoram a transmissão de força já que aumentam o momento do braço em torno das articulações. Além disso, os componentes impedem a hiperextensão da articulação e servem como um ponto de ancoragem para os tendões (PARK *et al.*, 2019).

Figura 4 - Órtese de Park *et al.*, 2019.



Em relação ao sensor de EMG, os autores usaram uma abraçadeira eletrônica para a detecção dos sinais musculares. A abraçadeira é composta por oito eletrodos de EMG e é colocada no antebraço do sujeito, proximal à tala. O algoritmo de reconhecimento de padrões usa os sinais de EMG para prever a intenção de movimento da mão do usuário. Por meio do algoritmo de reconhecimento, é possível prever três possíveis intenções do usuário: abrir a mão (Intent=Open), fechar a mão (Intent=Closed) e relaxar (Intent=Relaxed), o que permite ao usuário abrir a mão utilizando o dispositivo exo-tendões e, em seguida, relaxar a mão enquanto posiciona o braço, evitando a fadiga muscular (PARK *et al.*, 2019).

Para classificar a intenção do usuário, os sinais eletromiográficos coletados naquele momento são inseridos em um classificador aleatório. O classificador produz três valores, cada um sendo a probabilidade dos sinais de EMG pertencerem a uma classe de intenção correspondente. Essas três probabilidades são colocadas através de um filtro de média móvel (janela de 0,5 s), a fim de eliminar previsões falsas. Finalmente, compara-se as probabilidades de saída do filtro com três limiares definidos manualmente. Se a probabilidade de uma classe exceder o limiar, o resultado é classificado como pertencente a essa classe, e

caso nenhum dos limites tenha sido excedido, a intenção permanece a mesma da última etapa (PARK *et al.*, 2019).

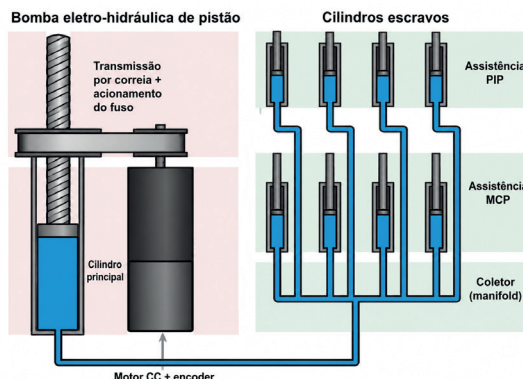
Dessa forma, o controle por meio do sinal de EMG emite comandos do motor para os exo-tendões com base na intenção do usuário. Se o controle prevê que a intenção do usuário é Intent=Open, o dispositivo irá retrainar os tendões, estendendo os dedos. Se a intenção do usuário for Intent=Closed, o dispositivo irá estender o tendão, flexionando os dedos. E se a intenção for Intent=Relaxed, o comando anterior é enviado para o dispositivo (PARK *et al.*, 2019).

Park *et al.* (2019) propuseram dois tipos de controle multimodal. No primeiro tipo, é feita uma análise de dados dos quatro sensores de curvatura para detectar a intenção do usuário de abrir a mão e o controle de EMG detecta a intenção do usuário de fechar a mão. O outro tipo analisa dados dos sensores de pressão para detectar a intenção do usuário de fechar a mão e sensores de EMG para detectar a intenção do usuário de abrir a mão.

Bos *et al.* (2020) desenvolveram uma órtese híbrida, denominada SymbiHand, utilizando atuadores hidráulicos e elétricos, cujo propósito é auxiliar os movimentos da mão, utilizando sinais de EMG. Em relação ao mecanismo da órtese, a conversão da energia elétrica em trabalho mecânico foi feita por meio de uma bomba de pistão eletro-hidráulica. O sistema de transmissão desse dispositivo foi realizado por meio de um sistema hidráulico com cilindros mestre-escravo.

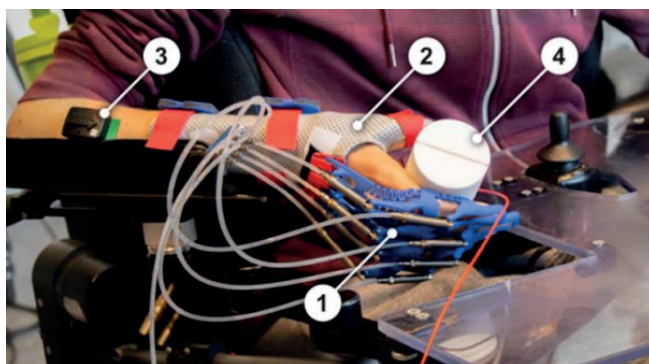
O cilindro mestre foi incorporado à bomba de pistão, e a pressão foi dividida entre os cilindros escravos que foram fixados nos dedos. Cada dedo foi equipado com dois cilindros escravos, responsáveis pela articulação metacarpofalangiana (MCP) e interfalangiana proximal (PIP). Por meio de um controlador, os dados foram processados e os comandos foram enviados para o motor pressionar o fluido, o que, por consequência, movimenta os dedos que estão acoplados a uma estrutura flexível de plástico (BOS *et al.*, 2020). Na Figura 5, pode-se observar o funcionamento.

Figura 5 - Funcionamento do sistema com atuadores elétrico e hidráulicos (BOS *et al.*, 2020).



Na Figura 6, é possível observar o sistema flexível com os pistões hidráulicos (1), a manta termoplástica que estabiliza o punho (2), o sistema que adquire os sinais de EMG (3) e o cilindro que mede a força de preensão (4).

Figura 6 - Órtese eletrohidráulica de BOS *et al.*, 2020.



Ates *et al.* (2015) construíram uma órtese ativa de mão e punho denominada SCRIPT Active Orthosis (SAO), sendo que o protótipo final foi batizado como SAO-i3. A órtese possui um motor elétrico que aciona os dedos e o punho por meio da definição de forças ajustáveis, possibilitando o controle individual de cada dedo. O torque fornecido pelo atuador elétrico é transmitido como torque para as tampas dos dedos por meio de molas. Para os dedos, foi utilizado um mecanismo de paralelogramo duplo para o autoalinhamento.

Os autores implementaram uma articulação convencional de punho, a qual possibilitou o movimento dos dedos e do punho de forma independente. Em relação ao sistema eletrônico da órtese, foram utilizados potenciômetros miniaturizados Bourns 3382 para medir a flexão e a extensão dos dedos e do

punho, além de medir a força de assistência. Além disso, o Arduino Mega 2560 foi usado como microcontrolador para transmitir as informações sensoriais e receber os pontos de ajuste da força de assistência. As Figura 7 e Figura 8 ilustram, respectivamente, os sistemas de transmissão de energia utilizados e o protótipo construído.

Figura 7 - Sistema de transmissão de energia utilizado na órtese (ATES *et al.*, 2015).

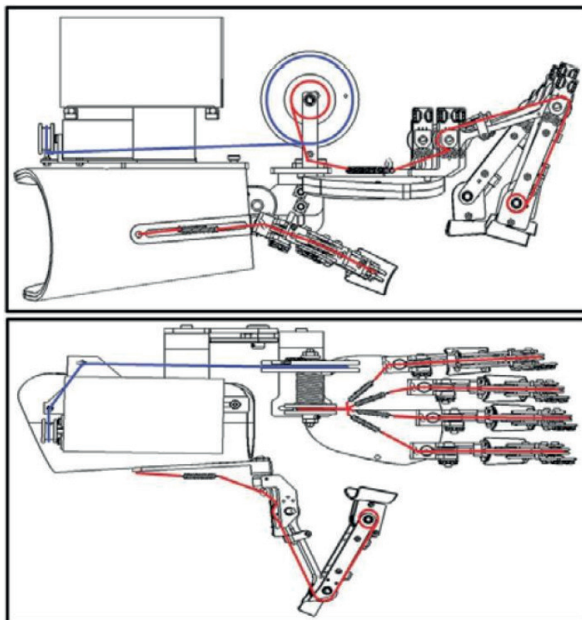
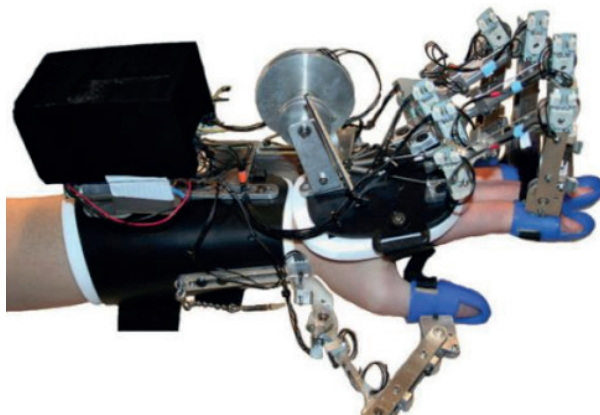


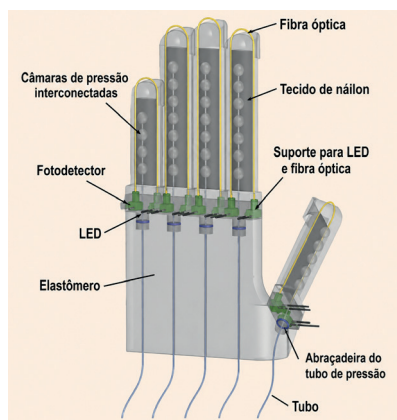
Figura 8 - Órtese de ATES *et al.*, 2015.



Zhao *et al.* (2016) confeccionaram uma órtese ativa que auxilia no movimento de flexão dos dedos de forma independente. A órtese foi fabricada com um elastômero de silicone e é um dispositivo de detecção uma vez que em cada dedo há sensores de curvatura e no centro há câmaras de ar. Em relação ao seu funcionamento, quando um fluido é pressurizado no interior dessas câmaras, a órtese flexiona os dedos por meio de um substrato de fibra de nylon. Cada dedo possui a sua própria válvula de controle de três posições (entrada de ar, retenção e saída de ar). Esse controle permite a entrada e a saída de ar, aumentando e diminuindo a curvatura, respectivamente. Se a curvatura estiver próxima do limite, o fluxo de ar é interrompido e o volume de gás é mantido.

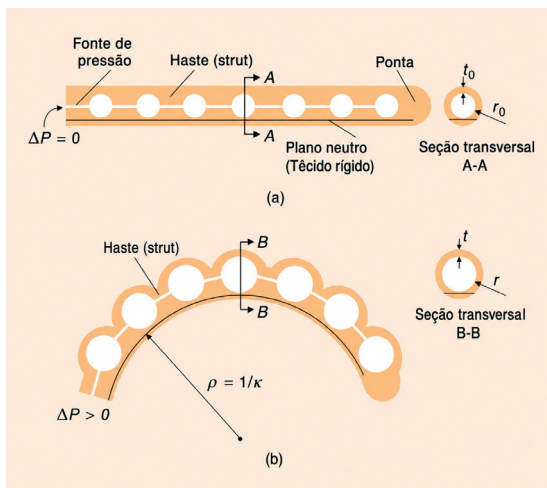
A Figura 9 ilustra o interior da órtese, a qual é constituída por um conjunto de fibras ópticas, um detector de luz e um diodo emissor de luz (LED), os quais foram empregados como sensores de deflexão dos dedos. Quando o LED emite luz, a fibra óptica a transmite para o detector de luz. Essa intensidade de luz transmitida pela fibra diminui quando a órtese realiza o movimento de flexão; logo, estabelece-se uma relação entre a deflexão e a intensidade de luz (ZHAO *et al.*, 2016).

Figura 9 - Interior da órtese com componentes utilizados em sua confecção (ZHAO *et al.*, 2016).



Na Figura 10, nota-se o que acontece com a órtese quando um fluido é pressurizado no interior das câmaras dos dedos. A imagem ilustra duas condições: (a) representa a órtese em estado de repouso, ou seja, a pressão não está variando no interior das câmaras; (b) representa a órtese flexionando quando há variação de pressão por conta da pressurização do fluido e a ação do substrato de fibra de nylon que guia a estrutura, formando uma curvatura semelhante à dos dedos ao flexionar (ZHAO *et al.*, 2016).

Figura 10 - Comportamento de flexão e extensão dos dedos da órtese ao pressurizar o sistema (ZHAO *et al.*, 2016).



Nas Figuras 11 e 12, ilustra-se, respectivamente, o sistema de controle da órtese, em que válvulas eletropneumáticas controlam o fluido no interior da órtese, acionando e controlando, individualmente, cada dedo e o projeto finalizado da órtese (ZHAO *et al.*, 2016).

Patar *et al.* (2014) construíram um protótipo de uma órtese ativa pneumática, denominada PAFEx, que pode controlar a mão humana de forma a realizar movimentos de flexão e de extensão, conforme ilustrado na Figura 13, respectivamente. Os movimentos são possíveis por conta do cilindro pneumático em que ao deslocar-se para frente e para trás gera os movimentos de flexão e de extensão. O controle da órtese é feito por meio de um programa em C++, o qual aciona o sistema pneumático.

Figura 11 - Sistema de controle utilizando válvulas eletropneumáticas (ZHAO *et al.*, 2016).

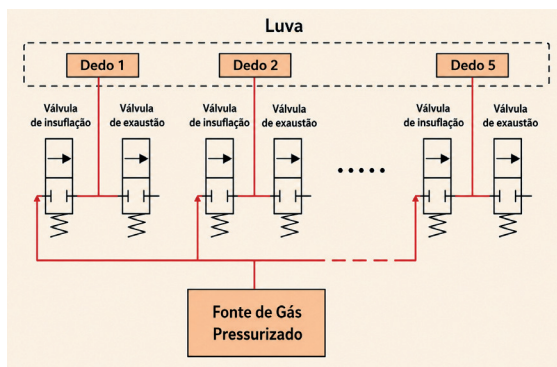


Figura 12 - Modelo final da órtese denominada Soft-Hand (ZHAO *et al.*, 2016).

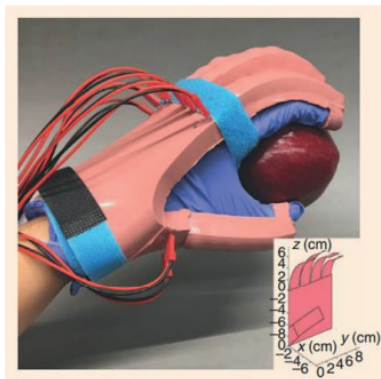
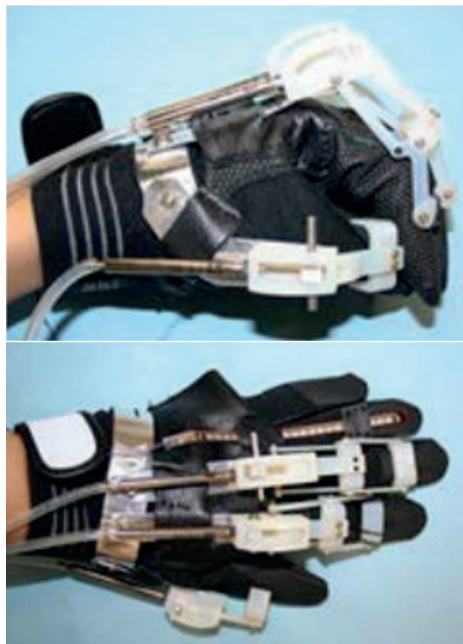


Figura 13 - Extensão da órtese (PATAR *et al.*, 2014).

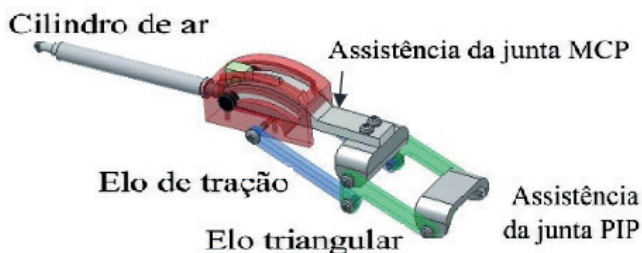


A combinação dos cilindros de ar com o mecanismo de cames, ilustrado na Figura 14, é usada para traduzir o movimento linear para o movimento de rotação (PATAR *et al.*, 2014).

Com base na mecânica da anatomia da mão humana, os autores identificaram que o polegar e os outros dedos são diferentes em termos de movimento. Logo, para o dedo polegar, um único movimento do cilindro de ar move o came, auxiliando o movimento de rotação da articulação MCP. Para os dedos indicador

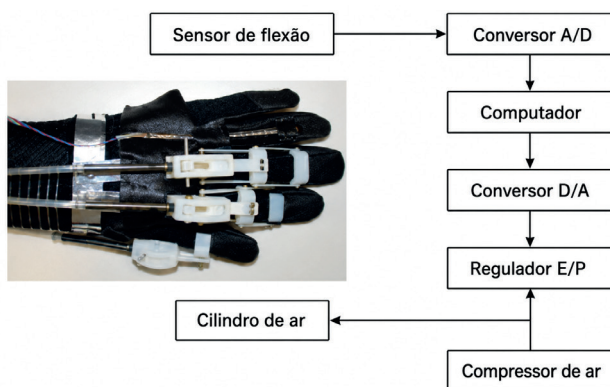
e médio, os autores usaram um cilindro de ar por causa da ligação triangular que empurrará pelo came, produzindo o movimento de rotação para auxiliar a articulação PIP (PATAR *et al.*, 2014).

Figura 14 - Combinação do cilindro de ar com o mecanismo de came (PATAR *et al.*, 2014).



O algoritmo de controle foi escrito em Visual C++ e serve como entrada para o sistema de controle. Em relação à flexão, um sensor de flexão no dedo anelar detecta a mudança angular, fazendo com que o sistema pneumático controle a articulação do dedo para flexioná-lo. Se o sensor de flexão alterar a resistência elétrica, o ângulo de flexão torna-se maior do que o limiar, logo, o sistema começará a flexionar. O ângulo de flexão é medido como uma tensão elétrica. A tensão elétrica é convertida em sinais digitais pelo conversor analógico/digital (A/D). O sinal digital é convertido em sinal analógico e transmitido como saída através de um conversor Digital/analógico (D/A). A chave reguladora de pressão (E/P) ativará o ar compressor, fornecendo ar aos cilindros de ar para auxiliar a mão. A Figura 15 apresenta uma visão geral desse sistema (PATAR *et al.*, 2014).

Figura 15 - Fluxograma do sistema (PATAR *et al.*, 2014).



4. ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS EXISTENTES

Considerando as informações consultadas na literatura, constata-se que, para ser funcional, uma órtese necessita de um mecanismo de transmissão de energia e potência com atuadores (que podem ser mecânicos, elétricos, pneumáticos ou hidráulicos), sensores, graus de liberdade e estratégias de controle. Além disso, o *design* e o material devem promover conforto para o usuário.

Os projetos de Ochoa *et al.* (2011), assim como o de Fischer *et al.* (2016), foram testados em voluntários com debilitação motora moderada das mãos; logo, mais testes devem ser conduzidos com indivíduos que apresentem um alto grau de debilitação. Um ponto forte do projeto de Ochoa *et al.* (2011) é o *feedback* possibilitado pelo uso EMG uma vez que tanto o usuário quanto o profissional responsável pela reabilitação poderão acompanhar a evolução e tomar decisões adequadas. Contudo, é importante considerar que os valores de EMG podem ser afetados por fatores como a colocação de eletrodos e a condição da pele. Por fim, segundo os autores, o *feedback* geral dos usuários sobre a órtese foi positivo. Em relação ao *design*, por conta de os cabos estarem à mostra, pode dificultar a movimentação e causar apreensão e insegurança no usuário.

A órtese de Fischer *et al.* (2016) consegue atuar de forma independente em cada dedo ao mesmo tempo que permite a livre circulação de cada articulação. É uma órtese portátil que pode ser facilmente usada na reabilitação doméstica. O seu *design* mais limpo e minimalista ajuda o usuário a se sentir mais confortável em usá-la. Além disso, a divisão do cabo do respectivo atuador em três cabos proporciona maior estabilidade lateral. Segundo os autores, os dados recolhidos durante o tratamento revelaram uma melhoria significativa em relação aos dados pré-treino, os quais foram coletados durante duas semanas antes do início do tratamento. Outro ponto negativo é que não se sabe se essa melhoria foi mantida para além do tempo de um mês de teste. Logo, em testes futuros seria mais adequado uma duração mais longa tanto para a coleta de dados pré-treino como para o acompanhamento do usuário.

A órtese de Akinniyi *et al.* (2022) é leve e portátil, fabricada com o filamento PLA em impressora 3D, pesando 245 g, o que facilita o uso em casa e possibilita o uso por períodos prolongados sem prejudicar a mão do usuário. Além disso, o velcro e o couro promovem firmeza da mão e conforto durante o uso. Como foi incorporada uma base de alumínio de 2 mm de espessura, o dispositivo apresenta uma combinação adequada entre flexibilidade e rigidez. Ao ser usada corretamente, não foi constatada nenhuma ameaça para a mão do usuário quando usado corretamente. Um ponto negativo é que o dispositivo foi testado apenas em indivíduos saudáveis; logo, seriam necessários testes em indivíduos

que apresentem debilitação motora para um melhor *feedback* e maior precisão de análise de efetividade.

Em relação à órtese de Park *et al.* (2019), um ponto positivo é a incorporação de mais de um tipo de sensor uma vez que há uma ampla gama de padrões de comprometimento motor. Segundo os autores, um ponto que pode ser melhorado é a forma de seleção do modo de controle da órtese que é feita manualmente. Uma opção seria a criação de um software que possa não só determinar o melhor modo de controle, automatizando essa etapa, como também receber os sinais dos sensores, acompanhando o progresso da reabilitação do usuário. Considerando o *design*, a órtese possui muitos fios externos que podem dificultar a movimentação do usuário, além de gerar apreensão do usuário e medo de choques elétricos, como observado na órtese de Ochoa *et al.* (2011).

Em relação à órtese SymbiHand, de Bos *et al.* (2020), os participantes expressaram desconforto ao utilizar o dispositivo, por conta do material ser áspero e possuir uma superfície irregular. De acordo com o *feedback*, a tala do polegar e do punho era bastante confortável e fornecia suporte suficiente. Contudo, colocar a tala mostrou-se bastante complicado, uma vez que a abertura para passar as articulações do MCP era pequena demais.

De acordo com os comentários dos voluntários que participaram dos testes da órtese de Ates *et al.* (2015), o *design* da órtese não é amigável nem discreto e, além de ser volumosa, não parece segura para uso doméstico por conta do motor e da eletrônica estarem aparentes. Ademais, os usuários comentaram que as tampas dos dedos eram difíceis de colocar e escorregavam dos dedos, causando desconforto. Por fim, os autores verificaram ainda que o mecanismo dos dedos restringe o movimento de abdução e adução dos dedos por serem rígidos e só permitem a flexão e a extensão.

Para a órtese de Zhao *et al.* (2016), os pontos positivos são a utilização de válvulas eletropneumáticas que controlam individualmente cada dedo e a luva ser composta de material polimérico, sendo altamente compatível e fornecendo pouca resistência ao movimento. Contudo, foram constatados alguns pontos negativos como o fato de o dispositivo não ser portátil, devido ao sistema de ar comprimido não ser comum em todas as residências, e a detecção e controle estarem limitados apenas à curvatura. Além disso, a órtese não permite a flexão completa dos dedos, o que prejudicaria a reabilitação motora.

A órtese de Patar *et al.* (2014) possui dois pontos negativos principais. O primeiro é que esse dispositivo só movimenta o dedo polegar, o indicador e o médio; portanto, é necessária a expansão para os outros dedos. O segundo ponto é que não foi testada em uma amostra de voluntários; logo, não há um *feedback* adequado; portanto, é imprescindível a iniciação desses testes.

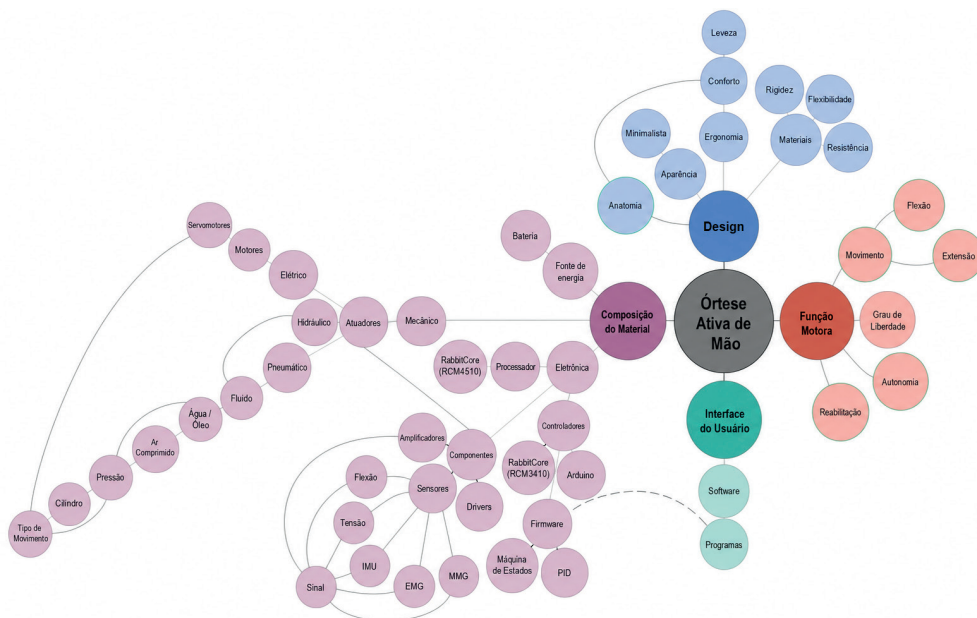
4. DIRETRIZES PARA A CONSTRUÇÃO DE ÓRTESES

Com base na revisão elaborada, foi possível elencar os principais elementos que devem ser levados em consideração para a construção de uma órtese ativa de mão, como por exemplo, Design, Estrutura, formas de Controle, tipos de Movimento e Interface com o usuário. Esses elementos foram divididos em quatro áreas: Design, Interface, Composição Estrutural e Função para facilitar a compreensão e pode ser observado na Figura 16.

O núcleo do mapa encontra-se na cor cinza. Pode-se notar o balão com nome *Design* na cor azul conectado a ele, esse balão possui relações diretas com: Anatomia, Aparência, Ergonomia e Materiais.

Primeiramente, para projetar uma órtese é necessário analisar e se basear na biomecânica e na Anatomia da mão humana, uma vez que a compreensão anatômica auxilia o desenvolvedor a espelhar, na órtese, as partes envolvidas no movimento (PATAR *et al.*, 2014).

Figura 16 - Mapa Mental de diretrizes para desenvolvimento de órteses.



Cada dedo da mão humana possui três articulações: metacarpofalangiana (MCP), interfalangiana proximal (PIP) e interfalangiana distal (DIP); diferindo apenas o polegar, o qual possui a MCP, a carpometacarpo (CMC) e a interfalangiana (IP), conforme ilustradas nas Figura 17 e Figura 18. Essas articulações são as

responsáveis pela movimentação, atuando durante os movimentos de flexão e extensão (GOSLING *et al.*, 2019). Portanto, uma órtese deve possuir exo-articulações que permitam o espelhamento desse movimento.

Figura 17 - Modelo esquelético da mão (LIN *et al.*, 2000).

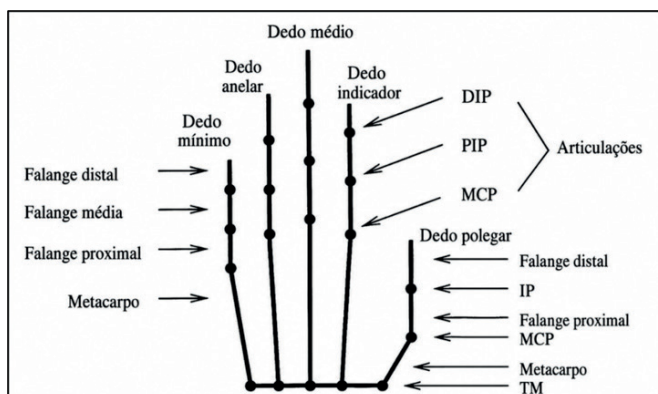
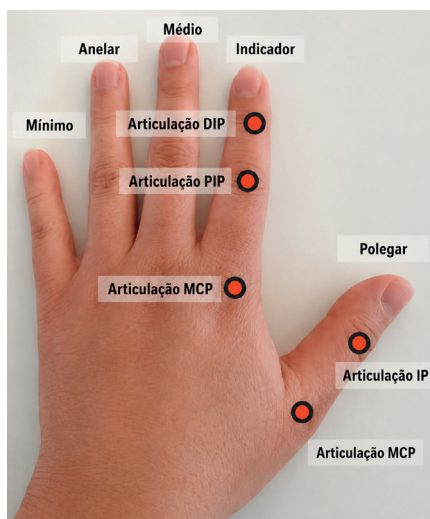


Figura 18 - Anatomia da mão humana (PATAR *et al.*, 2014).



Outrossim, fundamentando-se na literatura estudada, percebe-se como a Ergonomia e a Aparência desempenham um papel importante na aceitação da órtese. Em Ergonomia, estão agregados os balões Conforto e, em seguida, Leve, pois o conforto permite uma adaptação melhor a mão do usuário sem causar desconforto, além de este fator estar relacionado diretamente com a anatomia da mão, indicado pela conexão entre os balões. O balão Leve também está atrelado

ao conceito de conforto, pois uma estrutura pesada pode dificultar os exercícios da mão. O balão Minimalista está conectado ao balão de Aparência, pois quanto mais simples for o *design* externo para o usuário mais segurança ele sentirá. O balão Materiais possui três ramificações, sendo elas: Rigidez, Flexibilidade e Resistência, onde um equilíbrio entre elas deve ser utilizado para a construção da órtese. Dessa forma, um *design* minimalista e amigável e a escolha dos materiais a serem utilizados na órtese são cruciais, uma vez que devem ser leves, resistentes e apresentarem a combinação adequada entre rigidez e flexibilidade, permitindo a flexão dos dedos e proporcionando conforto ao usuário (AKINNIYI *et al.*, 2022), conforme mostrado na Figura 16 nos balões em tons de azul.

Outro balão atribuído ao núcleo do mapa, é o da Função onde são anexados outros quatro balões: Graus de Liberdade, Autonomia, Movimento e Reabilitação, conforme ilustrado na Figura 16 nos balões em tons de vermelho. Quanto maior o grau de liberdade, maior autonomia que a órtese terá, logo, menor será a restrição do espaço de trabalho do usuário (HOUSMAN *et al.*, 2007). Outra função é a capacidade de realizar os movimentos, onde são ligados mais dois balões um para Flexão e outro para Extensão de forma a proporcionar uma Reabilitação efetiva ao usuário.

No que diz respeito à composição estrutural de uma órtese, pode-se dividi-la em três subáreas: Fonte de Energia, Mecânica e Eletrônica conforme ilustrado na Figura 16 nos balões em tons de roxo, de modo a facilitar a compreensão. A subárea energética refere-se ao fornecimento de energia para a órtese funcionar, que normalmente emprega bateria, um componente limitador da autonomia da órtese. A subárea mecânica está conectada com o balão Atuadores, onde se ramificam três balões: Elétrico, Pneumático e Hidráulico, que são os diferentes tipos de atuadores que podem compor uma órtese ativa de mão. Os atuadores são os responsáveis por produzir movimento, por meio da conversão de energia elétrica, hidráulica ou pneumática (NEPIN, 2022).

Segundo Nepin (2022), os atuadores pneumáticos geram energia mecânica a partir da pressurização do ar. Em relação ao funcionamento, o atuador pneumático conta com um pistão situado dentro de um cilindro oco. Ao ser aplicada a pressão, por uma bomba externa, esse pistão é movido para dentro do cilindro e, conforme a pressão aumenta, o cilindro se move resultando na geração de energia mecânica. Por apresentarem elevada durabilidade e serem poderosos, leves e compatíveis, os atuadores pneumáticos são considerados atraentes para a aplicação em órteses de reabilitação. Contudo, por serem difíceis de controlar, o seu uso é limitado (WOLBRECHT *et al.*, 2010).

Atuadores hidráulicos, por sua vez, transformam energia mecânica por meio da pressurização de água ou óleo (NEPIN, 2022). De acordo com Bos *et*

al. (2018), eles são amplamente utilizados fora da área médica, por exemplo, na área da construção civil. Contudo, em escala menor, podem ser utilizados em laboratórios, como microssistemas hidráulicos. Esses microssistemas são compactos, leves e permitem aumento de pressão, tornando possível o seu uso em órteses. Sistemas hidráulicos são mais fáceis de controlar, em comparação aos pneumáticos, uma vez que seu foco está na força e não na velocidade. Outra diferença é que se pode controlar o posicionamento intermediário de um percurso com mais facilidade.

Os balões de Hidráulico e Pneumático se unem em um novo balão chamado Fluido, pois ambos trabalham com fluido; porém, divergentes. Em seguida, há duas ramificações novas, Água/Óleo e Ar comprimido. Há, novamente, uma união entre esses balões, chamado de Pressão, pois ambas as formas de trabalho dependem da pressão aplicada no sistema. Esse balão é conectado em Cilindro e Tipo de Movimento, cada cilindro possui a sua especificação técnica, formas de atuação e número de estágios.

Segundo Petruzella (2009), os atuadores elétricos, como, por exemplo, os motores elétricos, transformam energia elétrica em energia mecânica por meio de campos magnéticos, realizando o movimento desejado. Um *encoder* é acoplado ao motor e envia a posição ou velocidade para o controlador. Com essa realimentação de dados, o controlador pode reavaliar os comandos para atingir uma determinada posição ou velocidade.

O balão Elétrico está conectado a Motores que, por sua vez, é conectado em Servomotores, finalizando a última conexão em Tipo de Movimento; analogamente aos cilindros, cada tipo de motor possui sua especificação, por exemplo: corrente, tensão, torque, dentre outros.

Por fim, a subárea Eletrônica conecta-se a três balões: Componentes, Processadores e Controladores, os quais são responsáveis pelos comandos que chegarão aos atuadores, além de servirem como uma interface entre os sensores e a órtese. De acordo com Ibrahim (2006), microcontroladores são pequenos *chips* embarcados programados em Assembly; porém, é possível programá-los por meio da linguagem C/C++.

O microprocessador RabbitCore RCM4510 e os microcontroladores RabbitCore RCM3400 e Atmega 328 foram os responsáveis pela leitura dos sinais provindos dos seus respectivos sensores e pelo controle dos motores nas órteses de Ochoa et al. (2011), Fischer et al. (2016) e Akinniyi et al. (2022), respectivamente. Já o microcontrolador Arduino Mega 2560 foi usado na transmissão das informações sensoriais e no recebimento das informações sobre os pontos de ajuste da força de assistência na órtese de Ates et al. (2015).

O balão *Firmware* foi agregado em Controladores, onde serão divididos em mais dois, PID e Máquina de Estados, que são estratégias de controle adotadas na construção de órteses. O *firmware* é compilado no interior do controlador.

No trabalho de Zhao *et al.* (2016), para o controle da órtese, foi utilizada a estratégia de Máquina de Estados Finitos, por meio do Arduino Mega, em que cada dedo possuía sua máquina de cinco estados:

- Estado 1 – “Aguardar”;
- Estado 2 – “Inflar” então “Aguardar”;
- Estado 3 – “Esvaziar” então “Aguardar”;
- Estado 4 – “Inflar”;
- Estado 5 – “Esvaziar”.

Nos Estados 2 e 3, respectivamente, pode-se identificar o tempo necessário para enchimento das câmaras dos dedos e seu esvaziamento, para saber quando parar. Com esse método, foi possível representar qualquer amplitude de flexão.

Segundo Jailani *et al.* (2010), o algoritmo do controle PID engloba três parâmetros: o valor proporcional (P), que determina a reação ao erro atual; o valor integral (I), o qual, com base na soma dos erros atuais, determina a reação; e o valor derivado (D), que determina a reação baseando-se na taxa de variação do erro (JAILANI *et al.*, 2010). Tal controle foi utilizado nas órteses de Fischer *et al.* (2016) e Park *et al.* (2019), para garantir que o motor forneça a força necessária e para o acionamento da órtese, respectivamente.

Ademais, fazem parte do balão Componentes, *Drivers*, Amplificadores e Sensores. Há uma conexão entre Componentes e Atuadores, pois diversos atuadores mecânicos também são constituídos de partes eletrônicas. Os sensores podem ser de EMG, de mecanomiografia (MMG), de força, de flexão, as Unidades de Movimento Inercial (IMUs), dentre outros. Os sensores são os responsáveis por identificar quais movimentos a mão e dedos estão executando ou pretendem executar, convertendo essas ações fisiológicas em sinais elétricos. O balão Sinal possui diversas conexões com os balões de sensores, mencionados anteriormente, há também uma conexão com Amplificadores, pois em alguns casos o sinal obtido precisa ser amplificado para que seja possível extrair uma resposta adequada.

Os *drivers* são componentes eletrônicos que atuam como uma interface entre o microcontrolador e o atuador, uma vez que esses dispositivos funcionam em diferentes faixas de tensão (ourPCB, 2023). As órteses de Ates *et al.* (2015) e Bos *et al.* (2020) utilizam o *motor driver*, o qual é o responsável por receber os

dados do microcontrolador, amplificando a sua corrente e, consequentemente, acionando o motor.

De acordo com Bos *et al.* (2018), os sensores de EMG são capazes de captar o sinal elétrico emitido pelo músculo quando há intenção de contração. É um método bem estabelecido para decodificar a intenção motora do paciente, utilizado amplamente no controle de órteses ativas de mão. Ademais, Roy *et al.* (2007) complementam que o sensor de EMG é um transdutor eletroquímico que detecta biopotenciais utilizando contatos metálicos estabelecidos sobre a superfície da pele. O fluxo de corrente elétrica é proporcional ao contato entre sensor e pele do usuário. Ruídos podem contaminar o sinal de EMG devido às alterações na conexão entre sensor e pele.

Segundo Ibitoye *et al.* (2014), em estudos referentes à MMG, descobriu-se que o som é uma propriedade intrínseca da contração muscular, sendo as frequências musculares entre 2 e 120 Hz. Com isso, a MMG foi reconhecida como sinal mecânico complementar ao sinal de EMG. É possível detectar esse sinal na superfície da pele, pois durante a contração, as fibras musculares se alteram gerando ondas de pressão no sensor (IBITOYE *et al.*, 2014). Para a aquisição do sinal, pode-se utilizar transdutores piezoelétricos, sensores a laser, microfones capacitivos ou acelerômetros.

Sensores de flexão são fundamentados em um revestimento de elementos de carbono resistivos em um substrato fino e flexível de plástico. Ao dobrar esse substrato, o sensor gera uma resistência elétrica proporcional ao ângulo de flexão. Esses sensores são eletricamente estáveis, possuem baixo custo e durabilidade alta e não sofrem influência de ruído (SAGGIO, 2014).

De acordo com Chen *et al.* (2016), por utilizarem Tecnologia de Transmissão de Rádio (RTT), os IMUs podem ser colocados em dispositivos vestíveis que visam a reabilitação. São constituídos por um giroscópio e um magnetômetro. O giroscópio identifica mudanças de orientação, verifica a velocidade angular por meio de um acelerômetro e calcula a aceleração linear. O magnetômetro identifica o campo magnético da Terra e aponta para o norte. Além disso, são componentes leves e que apresentam baixo custo e baixo consumo.

Conforme exposto na Figura 16, nos balões em tons de verde, um balão nomeado Interface com Usuário representa a conexão e integração do usuário com o dispositivo, ela é necessária para executar os movimentos e controlar uma órtese. Ademais, uma interface atua diretamente na aquisição, leitura, monitoramento, processamento e armazenamento dos sinais coletados pelos sensores. Além de ser uma fonte de comunicação entre o sistema eletrônico e o mecânico de uma órtese, essa interface pode ser implementada em linguagem

de programação como Python e C++, como, por exemplo, no projeto de Patar et al. (2014).

Por fim, um balão de *Software* é agregado à Interface com Usuário e, em seguida conectado em Programa, pois é necessário um *software* para executar os programas de movimentos do dispositivo. Pode-se notar uma linha hachurada conectando Programa e Firmware, que pertence a outro bloco do mapa. Essa conexão existe pois o programa desenvolvido precisa comunicar-se com o *firmware* do dispositivo e, assim, trabalhar com as estratégias de controle de órteses.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, propuseram-se diretrizes a serem empregadas no projeto, construção e avaliação de órteses ativas de mão que visam a reabilitação de indivíduos que sofreram perda motora, a partir da descrição e do entendimento das principais tecnologias existentes na atualidade, as suas características e limitações, assim como os aspectos e especificações que podem ser melhorados a fim de promover terapias mais eficientes e efetivas ao usuário.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA) pela concessão de bolsas de pesquisa e apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- AKINNIYI, O. T.; AYODELE, K. P.; KOMOLAFE, M. A.; OLAOGUN, M. O. B.; OWOLABI, D. G.; FAJIMI, M. A.; MACAULAY, M.; OGUNBA, K. S. A low-cost orthosis using a compliant spring mechanism for post-stroke hand rehabilitation. In: IEEE NIGERIA 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON DISRUPTIVE TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (NIGERCON), 4., 2022, Lagos. Proceedings [...]. Lagos: IEEE, 2022. p. 1-4. DOI: 10.1109/NIGERCON54645.2022.9803146.
- ARYA, K. N.; PANDIAN, S.; VERMA, R.; GARG, R. K. Movement therapy induced neural reorganization and motor recovery in stroke: a review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, v. 15, n. 4, p. 528-537, 2011. DOI: 10.1016/j.jbmt.2011.01.023.
- ATES, S.; MORA-MORENO, I.; WESSELS, M.; STIENEN, A. H. A. Combined active wrist and hand orthosis for home use: lessons learned. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON REHABILITATION ROBOTICS (ICORR), 2015, Singapore. Proceedings [...]. Singapore: IEEE, 2015. p. 398-403. DOI: 10.1109/ICORR.2015.7281232.

BOS, R. A.; NIZAMIS, K.; PLETTEBURG, D. H.; HERDER, J. L. Design of an electrohydraulic hand orthosis for people with Duchenne muscular dystrophy using commercially available components. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMEDICAL ROBOTICS AND BIOMECHATRONICS (BIOROB), 7., 2018, Enschede. Proceedings [...]. Enschede: IEEE, 2018. p. 305-311. DOI: 10.1109/BIOROB.2018.8487196.

BOS, R. A.; NIZAMIS, K.; KOOPMAN, B. F. J. M.; PLETTEBURG, D. H.; HERDER, J. L.; SARTORI, M.; PLETTEBURG, D. A case study with Symbihand: an sEMG-controlled electrohydraulic hand orthosis for individuals with Duchenne muscular dystrophy. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, v. 28, n. 1, p. 258-266, 2020. DOI: 10.1109/TNSRE.2019.2952470.

BUENO, F. da S. Minidicionário da língua portuguesa. 2. ed. São Paulo: FTD, 2007. ISBN 978-85-322-6280-6.

CHEN, P. J.; DU, Y. C.; SHIH, C. B.; YANG, L. C.; LIN, H. T.; FAN, S. C. Development of an upper limb rehabilitation system using inertial movement units and Kinect device. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED MATERIALS FOR SCIENCE AND ENGINEERING (ICAMSE), 2016, Tainan. Proceedings [...]. Tainan: IEEE, 2016. p. 275-278. DOI: 10.1109/ICAMSE.2016.7840309.

CISOTTO, G.; PUPOLIN, S.; SILVONI, S.; PICCIONE, F. An application of Brain Computer Interface in chronic stroke to improve arm reaching function exploiting operant learning strategy and brain plasticity. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON E-HEALTH NETWORKING, APPLICATIONS AND SERVICES (HEALTHCOM), 15., 2013, Lisbon. Proceedings [...]. Lisbon: IEEE, 2013. p. 280-282. DOI: 10.1109/HealthCom.2013.6720684.

DONNAN, G. A.; FISCHER, M.; MACLEOD, M.; DAVIS, S. M. Stroke. The Lancet, v. 371, n. 9624, p. 1612-1623, 2008. DOI: 10.1016/S0140-6736(08)60694-7.

FERRO, J.; PIMENTEL, J. Neurologia fundamental: princípios, diagnóstico e tratamento. Lisboa: Lidel, 2013.

FISCHER, H. C.; TRIANDAFILOU, K. M.; THIELBAR, K. O.; OCHOA, J. M.; LAZZARO, E. D. C.; PACHOLSKI, K. A.; KAMPER, D. G. Use of a portable assistive glove to facilitate rehabilitation in stroke survivors with severe hand impairment. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, v. 24, n. 3, p. 344-351, 2016. DOI: 10.1109/TNSRE.2015.2513675.

GOSLING, J.; HARRIS, P.; HUMPHERSON, J.; WHITMORE, I.; WILLAN, P. Anatomia humana. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

HOUSMAN, S. J.; LE, V.; RAHMAN, T.; SANCHEZ, R. J.; REINKENSMAYER, D. J. Arm-training with T-WREX after chronic stroke: preliminary results of a randomized controlled trial. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON REHABILITATION ROBOTICS, 10., 2007, Noordwijk. Proceedings [...]. Noordwijk: IEEE, 2007. p. 562-568. DOI: 10.1109/ICORR.2007.4428481.

IBITOYE, M. O.; HAMZAID, N. A.; ZUNIGA, J. M.; WAHAB, A. K. A. Mechanomyography and muscle function assessment: a review of current state and prospects. Clinical Biomechanics, v. 29, n. 6, p. 691-704, 2014. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2014.04.003.

IBRAHIM, D. Microcontroller based applied digital control. New York: Wiley, 2006.

JAILANI, R.; TOKHI, M. O.; GHAROONI, S. C.; HUSSAIN, Z. PID control of knee extension for FES-assisted walking with spring brake orthosis. In: ASIA INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHE-

MATICAL/ANALYTICAL MODELLING AND COMPUTER SIMULATION, 4., 2010, Kota Kinabalu. Proceedings [...]. Kota Kinabalu: IEEE, 2010. p. 261-266. DOI: 10.1109/AMS.2010.59.

LIN, J.; WU, Y.; HUANG, T. S. Modeling the constraints of human hand motion. In: WORKSHOP ON HUMAN MOTION, 2000, Austin. Proceedings [...]. Austin: IEEE, 2000. p. 121-126. DOI: 10.1109/HUMO.2000.897381.

NEPIN. Atuadores: o que são e para o que servem. Nepin Acessórios Industriais, 2022. Disponível em: <https://www.nepin.com.br/blog/solucoes-industriais/atuadores-o-que-sao-e-para-o-que-servem/>. Acesso em: 26 mar. 2023.

OCHOA, J. M.; KAMPER, D. G.; LISTENBERGER, M.; LEE, S. W. Use of an electromyographically driven hand orthosis for training after stroke. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON REHABILITATION ROBOTICS, 2011, Zurich. Proceedings [...]. Zurich: IEEE, 2011. p. 1-5. DOI: 10.1109/ICORR.2011.5975382.

O'SULLIVAN, S. B.; SCHMITT, T. J. Fisioterapia: avaliação e tratamento. 5. ed. São Paulo: Manole, 2010.

PARK, S.; MEEKER, C.; WEBER, L. M.; BISHOP, L.; STEIN, J.; CIOCARLIE, M. Multimodal sensing and interaction for a robotic hand orthosis. IEEE Robotics and Automation Letters, v. 4, n. 2, p. 315-322, 2019. DOI: 10.1109/LRA.2018.2890199.

PATAR, M. N. A. A.; TAKASHI, K.; LOW, C. Y.; MAHMUD, J. System integration and control of finger orthosis for post stroke rehabilitation. Procedia Technology, 2014. DOI: 10.1016/j.protcy.2014.09.048.

PETRUZELLA, F. D. Electric motors and control systems. New York: McGraw-Hill Education, 2009.

PRANGE, G. B.; JANNINK, M. J. A.; GROOTHUIS-ODDSHOORN, C. G. M.; HERMENS, H. J.; IJZERMAN, M. J. Systematic review of the effect of robot-aided therapy on recovery of the hemiparetic arm after stroke. The Journal of Rehabilitation Research and Development, v. 43, n. 2, p. 171, 2006. DOI: 10.1682/JRRD.2005.04.0076.

ROY, S. H.; DE LUCA, G.; CHENG, M. S.; JOHANSSON, A.; GILMORE, L. D.; DE LUCA, C. J. Electro-mechanical stability of surface EMG sensors. Medical & Biological Engineering & Computing, v. 45, n. 5, p. 447-457, 2007. DOI: 10.1007/s11517-007-0168-z.

SAGGIO, G. A novel array of flex sensors for a goniometric glove. Sensors and Actuators A: Physical, v. 205, p. 119-125, 2014. DOI: 10.1016/j.sna.2013.10.030.

OURPCB. What is motor driver: a complete guide and more! OurPCB, 2015-2023. Disponível em: <https://www.ourpcb.com/what-is-motor-driver.html>. Acesso em: 10 abr. 2023.

WOLBRECHT, E. T.; REINKENSMAYER, D. J.; BOBROW, J. E. Pneumatic control of robots for rehabilitation. The International Journal of Robotics Research, v. 29, n. 1, p. 23-38, 2010. DOI: 10.1177/0278364909103787.

ZHAO, H.; JALVING, J.; HUANG, R.; KNEPPER, R.; RUINA, A.; SHEPHERD, R. A helping hand: soft orthosis with integrated optical strain sensors and EMG control. IEEE Robotics & Automation Magazine, v. 23, n. 3, p. 55-64, 2016. DOI: 10.1109/MRA.2016.2582216.

Audiodescrição didática para gráficos de funções matemáticas

¹Giovanna Alberton de Carvalho, ²José Ricardo Dolenga Coelho, ¹Heliza Colaço Góes, ¹Angela Maria dos Santos

¹Instituto Federal do Paraná - Campus Curitiba

²Secretaria Municipal de Curitiba - SME

DOI 10.52050/9788579177255-05

RESUMO

Este resumo expandido apresenta a produção de vídeos com audiodescrição didática para gráficos de funções matemáticas, desenvolvidos como recurso de acessibilidade para o ensino de Matemática. A proposta parte da compreensão de que o estudo de funções depende de representações visuais, como plano cartesiano, eixos, pares ordenados, curvas e tendências, o que pode criar barreiras para estudantes cegos, com baixa visão ou com dificuldades na interpretação gráfica. O objetivo é descrever o processo de elaboração desses materiais e discutir suas contribuições para práticas pedagógicas mais acessíveis. Metodologicamente, o trabalho envolveu estudo teórico sobre audiodescrição e Tecnologia Assistiva (TA), seleção dos conteúdos matemáticos, construção de gráficos autorais, elaboração e revisão de roteiros, edição dos vídeos, inserção de narração e legendas e avaliação interna dos produtos pela equipe. Em 2025, foram produzidos vídeos sobre função do primeiro grau, função quadrática, função modular e função exponencial, com testes de diferentes ferramentas de edição e formas de narração, incluindo voz gerada por inteligência artificial e voz humana. Os resultados parciais indicam que a audiodescrição, quando planejada didaticamente, pode tornar explícitos os elementos do gráfico e proporcionar a compreensão sequencial dos conceitos. Conclui-se que o recurso pode contribuir para a acessibilidade na Educação Matemática, embora ainda seja necessária sua aplicação em contexto escolar para analisar sua efetividade aos estudantes.

Palavras-chave: Audiodescrição. Educação Matemática. Acessibilidade. Tecnologia Assistiva.

1. INTRODUÇÃO

O ensino de funções matemáticas possibilita diferentes formas de representação, entre elas tabelas, expressões algébricas e gráficos. No entanto, quando o conteúdo é apresentado por meio de imagens, estudantes cegos, com baixa visão ou com dificuldades na interpretação visual podem encontrar barreiras para acompanhar a explicação, compreender o comportamento da função e relacionar seus elementos ao plano cartesiano. Nesse contexto, a audiodescrição pode ser compreendida como uma estratégia de acessibilidade comunicacional e didática, pois transforma informações visuais em descrições verbais organizadas, objetivas e significativas.

A Tecnologia Assistiva (TA), conforme definição apresentada pelo Comitê de Ajudas Técnicas, envolve produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que buscam promover a funcionalidade, a autonomia, a participação e a inclusão de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida (Brasil, 2007). Na educação, essa compreensão amplia o olhar sobre os recursos acessíveis, pois não se restringe a equipamentos complexos, mas inclui soluções pedagógicas planejadas para reduzir barreiras e favorecer o acesso ao conhecimento (Galvão Filho, 2022). Nesse sentido, apresentam-se as Tecnologias Assistivas Educacionais (TAE), compreendidas como recursos pedagógicos planejados para atender à diversidade presente na sala de aula, desenvolvidas para serem utilizadas por todos os estudantes, com ou sem deficiência, promovendo acessibilidade, participação e aprendizagem de forma inclusiva. Dependendo das necessidades de cada estudante, uma TAE pode assumir a função de Tecnologia Assistiva ou de Tecnologia Educacional, estando sempre vinculada ao planejamento pedagógico e à eliminação de barreiras no processo de aprendizagem. (Costa, Góes e Góes, 2026).

Dessa forma, a audiodescrição torna-se relevante para o ensino de Matemática por possibilitar que elementos como eixos, escalas, coordenadas, crescimento, decrescimento, ponto de origem, interseções e formato das curvas sejam apresentados de forma sequencial. Para Alves, Teles e Pereira (2011), a audiodescrição pode contribuir para o acesso à informação visual por meio da tradução de imagens em palavras. No caso dos gráficos de funções, essa tradução precisa ser didática, pois não basta descrever a imagem considerando ser necessário a compreensão dos conceitos matemáticos inseridos no momento da sala de aula.

Assim, este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de vídeos com audiodescrição didática para gráficos de funções matemáticas, especialmente funções de primeiro grau, quadrática, modular e exponencial. Busca-se discutir de que modo a elaboração desses materiais pode contribuir

para práticas mais acessíveis na Educação Matemática, considerando tanto estudantes com deficiência visual quanto estudantes sem deficiência que também podem beneficiarem-se de explicações mais detalhadas, organizadas e multisensoriais.

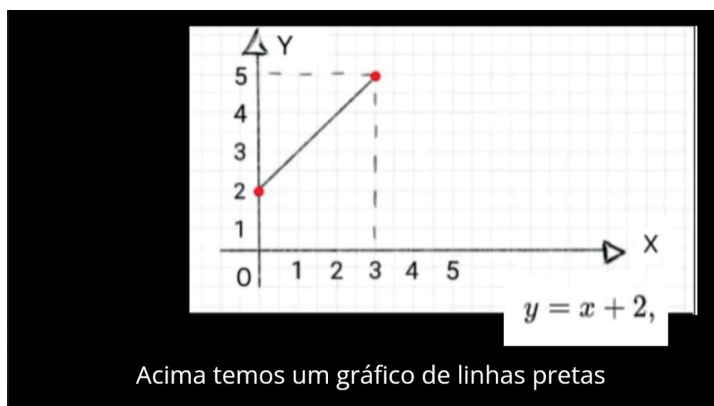
2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho caracteriza-se como um relato de desenvolvimento de material didático acessível, de abordagem qualitativa e natureza aplicada. O percurso metodológico foi organizado a partir da produção de vídeos educativos com audiodescrição didática, tendo construção de explicações acessíveis para gráficos de funções matemáticas. A proposta foi desenvolvida no âmbito de atividades de pesquisa vinculadas à acessibilidade, à Tecnologia Assistiva Educacional (TAE) e à Educação Matemática.

Inicialmente, realizou-se um estudo dos conceitos matemáticos que seriam abordados nos vídeos, com atenção às dificuldades comuns na leitura de gráficos e à necessidade de utilizar uma linguagem simples para entendimento do estudante. Em seguida, foram selecionadas as funções a serem trabalhadas: função do primeiro grau, função quadrática, função modular e função exponencial. Para cada função, foram construídos gráficos autorais a partir de tabelas de valores, buscando exemplos visualmente adequados à explicação didática.

Após a construção dos gráficos, foram elaborados roteiros de audiodescrição contemplando dois aspectos complementares: a descrição visual do gráfico e a explicação dos conceitos matemáticos envolvidos, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Gráfico sobre a função de primeiro grau



Fonte: Acervo dos pesquisadores (2025).

Os roteiros indicavam elementos como título, eixos, escala, pares ordenados, quadrantes, comportamento da curva e relações entre os valores de x e de y . Na sequência, os vídeos foram editados com apoio de ferramentas digitais, como *Clipchamp*, *CapCut* e *Kinemaster*, com inserção de narração, legendas e revisões sucessivas.

A etapa final consistiu na avaliação interna dos vídeos pela equipe, considerando a linguagem, correção matemática, ritmo da narração, sincronização entre áudio, imagem e legenda e acessibilidade da explicação. Durante esse processo, foram realizados ajustes nos roteiros, nos gráficos e na edição, de modo a aprimorar o material antes de sua divulgação e posterior aplicação em contexto escolar.

3. RESULTADOS

A partir dos estudos realizados sobre audiodescrição e acessibilidade na Educação Matemática, foram produzidos, durante o ano de 2025, quatro vídeos de audiodescrição de gráficos, contemplando função do primeiro grau, função quadrática, função modular e função exponencial. Esses materiais foram planejados para auxiliar o processo de aprendizagem de estudantes com e sem deficiência, em situações nas quais a interpretação gráfica constitui uma barreira para a compreensão dos conceitos.

O desenvolvimento dos vídeos seguiu uma sequência de etapas que envolveu estudo do conteúdo, elaboração dos gráficos, escrita dos roteiros, revisão pela equipe, edição e correção do produto final. A proposta também deu continuidade a uma experiência anterior do grupo de pesquisa, associada à audiodescrição de gráficos relacionados à Física. Desse modo, buscou-se aproveitar procedimentos já testados, ao mesmo tempo em que foram realizadas adaptações necessárias ao campo da Matemática.

Durante a produção, observou-se que a escolha dos recursos de edição interfere no tempo e na qualidade do trabalho. Inicialmente, utilizou-se o *Clipchamp*, que possibilitou a conversão de texto em áudio e a criação de legendas automáticas. Contudo, foram identificadas dificuldades relacionadas à fluidez do processo, à necessidade de correções na pronúncia da voz gerada por inteligência artificial (IA) e ao tempo de ajuste das legendas. Por essa razão, também foram testados outros softwares, como *CapCut* e *Kinemaster*, buscando alternativas práticas para a edição dos vídeos.

Assim, outro resultado foi a comparação entre narração produzida por IA e narração com voz humana. No vídeo sobre função exponencial, foi realizado o teste com voz humana, tendo como locutora a bolsista.. Essa mudança possibilitou controle de entonação, ritmo e naturalidade da explicação,

reduzindo parte do trabalho de adaptação do roteiro à leitura artificial. Ainda assim, tanto a voz humana quanto a voz gerada por IA foram consideradas para a revisão e para correção dos termos matemáticos e compreensão pelo público alvo.

Dessa forma, foram necessárias reescritas e reedições dos roteiros ao longo do processo. No caso da função exponencial, por exemplo, o roteiro e o gráfico foram alterados mais de uma vez, buscando encontrar uma forma simples, clara e matematicamente adequada de apresentar o crescimento da função. Esse movimento evidenciou que a produção de audiodescrição didática não é apenas uma etapa técnica de narração, mas um processo pedagógico de seleção, organização e mediação das informações para a aprendizagem.

Os resultados parciais indicam que a audiodescrição pode proporcionar a compreensão dos gráficos quando descreve os elementos visuais de maneira ordenada e os articula aos conceitos matemáticos. Ao explicitar o que aparece no gráfico e por que aquele comportamento ocorre, o vídeo passa a funcionar como material de auxílio para estudantes e professores, contribuindo para uma prática pedagógica acessível e planejada às diferentes formas de aprender.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho desenvolvido pode contribuir para que a audiodescrição didática possa ser utilizada como recurso de acessibilidade no ensino de gráficos de funções matemáticas. Ao desenvolver informações visuais em explicações verbais organizadas, o recurso contribui para reduzir barreiras comunicacionais e proporcionar a participação de estudantes que apresentam diferentes necessidades de acesso à informação.

A produção dos vídeos demonstrou que a elaboração de materiais acessíveis considera o planejamento, a revisão e o aspecto pedagógico. Não se trata apenas de narrar o que está na imagem, mas de selecionar informações para organizar a sequência da explicação e relacionar os elementos visuais aos conceitos matemáticos.

Nesse sentido, a audiodescrição aproxima-se de uma estratégia de mediação didática, pois auxilia na compreensão dos gráficos e pode proporcionar a autonomia dos estudantes durante o estudo das funções. Essa continuidade dialoga com a perspectiva do Desenho Universal para Aprendizagem (DUA), ao propor recursos flexíveis e diversificados que ampliem as possibilidades de participação no processo educativo (Góes; Costa; Góes, 2025).

Como os vídeos ainda não foram aplicados em contexto escolar, os resultados apresentados são parciais e se referem ao processo de produção dos materiais. A etapa seguinte da pesquisa deverá envolver a utilização dos vídeos com

estudantes, permitindo analisar sua efetividade, identificar ajustes necessários e compreender como a audiodescrição contribui para a aprendizagem matemática.

REFERÊNCIAS

ALVES, S. F.; TELES, V. C.; PEREIRA, T. V. Propostas para um modelo brasileiro de audiodescrição para deficientes visuais. *Revista Tradução e Comunicação*, Londrina, n. 22, p. 45-60, 2011.

BRASIL. Presidência da República. Secretaria Especial dos Direitos Humanos. Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência. *Ata da VII reunião do Comitê de Ajudas Técnicas - CAT*, realizada em Brasília nos dias 13 e 14 de dezembro de 2007. Brasília, DF, 2007.

COSTA, Priscila Kabbaz Alves da; GÓES, Heliza Colaço; GÓES, Anderson Roges Teixeira. *Beyond Assistive and Educational Technologies: The Emergence of Educational Assistive Technology*. In: AHFE International Conference 2026, 17., 2026, Istambul, Turquia. Anais [...]. Istambul: AHFE International, 2026.

GALVÃO FILHO, Teobaldo. *Tecnologia assistiva: desafios e possibilidades na educação inclusiva*. Curitiba: CRV, 2022.

GÓES, Anderson Roges Teixeira; COSTA, Priscila Kabbaz Alves da; GÓES, Heliza Colaço. A proposal for initial and continuing education based on the Universal Design for Learning approach: an experience in Brazilian higher education. *The Educational Review*, USA, v. 9, n. 3, p. 262-273, 2025.

MENEZES, Giselle; ALVES, Débora. Barreiras e possibilidades no ensino de matemática para alunos com deficiência visual. *Revista Brasileira de Educação Especial*, v. 27, n. 1, p. 75-92, jan./abr. 2021.

SILVA, Eduardo; FLORES, Patrícia. Recursos de acessibilidade no ensino de matemática: o papel da audiodescrição. *Educação Matemática Debate*, v. 8, n. 17, p. 112-132, maio/ago. 2020.

Produção de próteses bucomaxilofaciais com o auxílio de tecnologias de digitalização e de manufatura aditiva de baixo custo

¹José Aguimar Foggiatto, ¹Luciano Zart Olanyk, ²Roberta Targa Stramandinoli Zanicotti, ¹Micheli Oslicki

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Curitiba

²Hospital do Trabalhador - Curitiba

DOI 10.52050/9788579177255-06

RESUMO

No âmbito da tecnologia assistiva, o uso de próteses desempenham um papel crucial não apenas na restauração estética e funcional, mas também no bem-estar emocional dos pacientes, melhorando a autoestima e promovendo a aceitação social. Neste contexto, este trabalho apresenta os resultados de pesquisas onde métodos e ferramentas foram desenvolvidos pelo grupo de trabalho de próteses e órteses (GT6) do NAPI-TA para produção de próteses bucomaxilofaciais. Através de técnicas de digitalização e de manufatura aditiva, também conhecida como impressão 3D - ambas de baixo custo - são apresentados os métodos e resultados da produção de próteses usadas em pessoas que sofreram perdas totais ou parciais de órgãos da face como nariz, orelha e região óculo-palpebral. O uso recente dessas tecnologias permite a produção de próteses personalizadas e realistas a um maior número de pessoas, elevando a confiança e auto estima de pacientes, auxiliando-os na sua recuperação psicossocial, qualidade de vida, cidadania e reintegração do paciente na sociedade [1]. As causas da falta de órgãos na face podem ser congênitas devido às malformações, distúrbios de desenvolvimento geradas por traumas, acidentes na região da cabeça e pescoço ou de origem oncológica [2]. O cirurgião dentista é o profissional habilitado para atuar com próteses bucomaxilofaciais, no entanto são poucos os profissionais que se especializam nessa área visto que, usualmente, a confecção tradicional dessas próteses demandam muito tempo. Além disso, a qualidade é dependente da habilidade manual do profissional. Isto afasta o interesse e reduz drasticamente a oferta dessas próteses, tornando-as praticamente inacessíveis para a grande maioria da população de baixa renda. É importante destacar que

são justamente estas pessoas de menor poder aquisitivo, as que mais precisam de próteses bucomaxilofaciais, principalmente nos casos de perda de órgãos, devido a presença de neoplasias, uma vez que é comum serem atendidas tardiamente e, devido a cirurgias já não há mais como manter os órgãos próximos ou acometidos pelo câncer. O texto apresenta alguns dos resultados das pesquisas sobre novos métodos e ferramentas com propósito de diminuir a dependência da habilidade manual dos profissionais que produzem próteses faciais, inserindo tecnologias de baixo custo como digitalização e manufatura aditiva. Não obstante, o grupo trabalha para desenvolver mais técnicas relacionadas ao assunto.

Palavras-chave: Manufatura aditiva, Próteses bucomaxilofaciais, Fabricação baixo custo.

1. INTRODUÇÃO

A reconstrução facial com a utilização de próteses bucomaxilofaciais é de grande complexidade e depende de muito treinamento e habilidade para se atingir um bom nível de similaridade com o órgão perdido. A prótese deve ser planejada para devolver a funcionalidade do órgão e, quando possível, ser bem aceita pelos pacientes permitindo-lhes recuperar a sua confiança e autoestima [3]. Durante o biênio 2018-2019, foram registrados no Brasil, 85.170 casos novos de câncer de pele não melanoma entre homens e 80.410 entre as mulheres. O câncer de pele não melanoma é o mais incidente em homens nas Regiões Sul (160,08/100 mil), Sudeste (89,80/100 mil) e Centro-Oeste (69,27/100 mil). Quanto ao melanoma, sua letalidade é elevada, porém sua incidência é baixa (2.920 casos novos em homens e 3.340 casos novos em mulheres). As maiores taxas estimadas em homens e mulheres encontram-se na Região Sul [4]. Observa-se que nesta região do Brasil, local onde será desenvolvido esse projeto, ocupa o primeiro lugar em relação a incidência de tipos de câncer de pele (não melanoma e melanoma), que é apenas uma das causas que geram a perda de órgãos na face. Apenas esses dados evidenciam a necessidade de iniciativas para atender as demandas de pacientes mutilados devido à presença de neoplasias [2]. Além desses casos, há ainda os congênitos e os causados por acidentes.

As próteses são dispositivos médicos customizados, usados para substituir ou reconstruir partes do corpo perdidas devido a traumas, doenças congênitas ou câncer. Elas desempenham um papel crucial não apenas na restauração estética e funcional, mas também no bem-estar emocional dos pacientes, melhorando a autoestima e promovendo a aceitação social. Muitos pacientes apresentam defeitos bucomaxilofaciais, devido a procedimentos cirúrgicos de ressecção de tumores, acidentes ou má formação congênita e, por isso, apresentam o rosto mutilado. As próteses faciais são uma das possíveis soluções estéticas

e funcionais para estes pacientes. Dentre estas soluções, estão incluídas as próteses que passam em ponte sobre o defeito, chamadas de Epíteses, como as próteses oculopalpebrais, nasais e auriculares. Muitas vezes este tipo de reabilitação com próteses é mais eficaz que reconstruções cirúrgicas, sendo menos desgastante para o paciente e vantajoso do ponto de vista estético, além de terem um custo mais baixo [5].

A história das próteses remonta ao Egito Antigo, com uma prótese de dedo do pé de cerca de 950 a.C. feita de madeira e couro, encontrada em uma múmia. Na Roma e Grécia Antiga, guerreiros usavam próteses de bronze, ferro e madeira após perderem membros em batalhas, que tinham tanto funções funcionais quanto estéticas. Durante a Idade Média, as próteses evoluíram lentamente, mas o Renascimento trouxe avanços significativos com Ambroise Paré, que criou dispositivos mais sofisticados, incluindo uma perna de madeira com junta de genuflexão e uma mão com dedos articulados. Nos séculos XIX e XX, a Revolução Industrial permitiu a produção em massa de próteses, tornando-as mais acessíveis e incorporando materiais mais leves e duráveis, como alumínio e plástico. Durante e após as guerras mundiais, a demanda por próteses aumentou significativamente, levando a inovações adicionais.

As próteses faciais surgiram nesse período, com trabalhos pioneiros de artistas como Anna Coleman Ladd, que confeccionava máscaras para soldados mutilados na Primeira Guerra Mundial. Este tipo de prótese exerce um papel fundamental na recuperação da autoestima do paciente reabilitado, ao restaurar aspectos funcionais, estéticos e também a autoconfiança, facilitando seu retorno à rotina, às atividades profissionais e à convivência social [6]. A prótese facial é um tratamento reversível e eficaz, que em alguns casos torna-se a solução definitiva. Em essência, trata-se da ciência de restaurar uma parte mal formada ou ausente do corpo humano por meios artificiais, exigindo a reprodução fiel da forma e cor da estrutura a ser substituída. Atualmente, as próteses são confeccionadas com materiais, como resinas acrílicas, silicones de grau médico e pigmentos atóxicos e são retidas ou sustentadas por dentes remanescentes, implantes osteointegrados, pele adjacente com ou sem adesivo, em cavidades corporais [7]. A confecção desses dispositivos, quando realizada sem o auxílio de tecnologias digitais, é um processo moroso e essencialmente artesanal, que depende fortemente da habilidade e sensibilidade artística do protesista. Exige longas horas intensivas de trabalho manual e inicia-se com uma moldagem da região a ser reabilitada, seguida da escultura em cera juntamente com outros materiais, que durante o processo são ajustados visando alcançar uma boa adaptação no usuário. Devido à natureza do processo, baseado em tentativa e erro nos ajustes

clínicos, o cirurgião precisa dispor de maior tempo em consultório, até que a prótese atinja um nível satisfatório de estética e funcionalidade [8].

Atualmente, o uso de ferramentas digitais em conjunto com a Manufatura Aditiva (AM), também conhecida como impressão 3D, permitem uma grande variedade de aplicações específicas como a modelagem de órgãos individualizados, em um curto espaço de tempo. A aplicação dessas tecnologias tem se mostrado peça-chave no processo de confecção desses produtos assistivos, em especial, quando se trata da redução de tempo e recursos dos profissionais de saúde [9].

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos que serão descritos foram desenvolvidos no Núcleo de Manufatura Aditiva e Ferramental Rápido - NUFER do Departamento de Engenharia Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-CT). A equipe é formada por bolsistas de graduação e pós-graduação orientados pelos professores pesquisadores que compõem o GT6 do NAPI-TA.

O processo de produção de próteses bucomaxilofaciais inicia com a aquisição da geometria dos segmentos corporais e, pode ser realizada de diversas formas, conforme a disponibilidade de informações do paciente. A melhor situação é o uso de tomografia computadorizada anterior à perda do órgão da região de interesse. Uma segunda opção é o uso de sistemas de digitalização 3D. Embora o NUFER possua duas tecnologias de digitalização comerciais (a laser e por apalramento), há preferência pelo uso de soluções de baixo custo, como por exemplo, programas de digitalização baseados em fotografias (RECAP-Autodesk®), sensores utilizados em vídeo games (Kinect/XBOX), entre outros. Como última alternativa pode ser utilizada uma biblioteca digital, desenvolvida pela equipe de projeto, com modelos 3D de anatomia de diversas pessoas. A escolha será feita baseada em fotografias do paciente tiradas antes da perda do órgão.

Os modelos digitais 3D, gerados a partir de tomografias computadorizadas ou por tecnologias de digitalização sempre precisam de alguma correção. Nesta etapa, correções são realizadas por meio de programas gratuitos de modelagem 3D disponibilizados na internet, como o Blender e o Meshmixer.

Uma vez corrigidos, os modelos digitais 3D são utilizados para a produção indireta de próteses por manufatura aditiva. Esta produção inicia com a obtenção de um molde impresso a partir de filamentos de PLA ou resina. Estes moldes são finalmente usados para moldar o órgão em silicone. Atualmente o NUFER possui uma infraestrutura com uma variedade de impressoras de filamentos e de resina. (Quadro 1) com 8 máquinas de impressão 3D, sendo que quatro delas

são consideradas de baixo custo (3D Cloner DH+ ANET A8, Mendel e Graber) e deverão ser utilizadas no projeto.

Os dispositivos protéticos desenvolvidos passam por processos de acabamento e de verificação computacional sob a responsabilidade da equipe executora. Subsequentemente, a validação do artefato produzido é conduzida pelo próprio paciente, contando com o suporte de cirurgiões-dentistas e demais profissionais de saúde vinculados às instituições parceiras. Nessa fase, são conferidos prioridade aos requisitos estéticos, visando a fidelidade cromática em relação à face do usuário, bem como à correta adaptabilidade e funcionalidade dos dispositivos protéticos faciais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implementação do fluxo digital viabiliza a criação de reconstruções virtuais de alta precisão para a face. Nesta etapa, as discrepâncias geométricas são corrigidas, assim como fechamento de lacunas e refinamento de superfícies para a recomposição virtual dos elementos anatômicos perdidos. Sempre que necessário, adota-se o espelhamento da região contralateral íntegra, visando assegurar a simetria morfológica e a fidelidade estética do dispositivo (Figura 1).

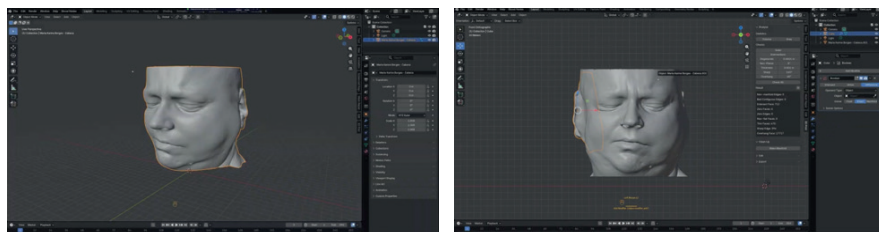


Figura 1 - Etapas de modelagem tridimensional no software Blender, incluindo tratamento da malha digital, correção de imperfeições anatômicas e espelhamento virtual para reconstrução de estruturas faciais.

A partir dos biomodelos refinados, moldes (Figura 2) são extraídos e projetados para produção dos dispositivos protéticos faciais em silicone.



Figura 2 - Moldes produzidos por manufatura aditiva para produção de prótese facial por silicone

Os moldes resultantes proporcionam uma conformidade rigorosa com a anatomia planejada em ambiente digital, como exibe a Figura 3, comprovando que a articulação entre exames de tomografia computadorizada, ferramentas de modelagem 3D de código aberto e processos de manufatura aditiva é plenamente eficaz.



Figura 3 - Exemplos de estruturas protéticas produzidas a partir do fluxo digital, incluindo prótese auricular e prótese nasal confeccionadas em silicone, utilizadas apenas para validação laboratorial.

Após a validação do molde no NUFER, o arquivo digital e o molde é enviado ao profissional de saúde que produz a próteses de silicone, assegurando a preservação dos modelos virtuais, o que facilita a confecção de novas peças sem a obrigatoriedade de reiniciar os procedimentos de digitalização e design do paciente. Tal diferencial constitui um benefício expressivo para o sistema público de saúde, estabelecimentos de ensino e unidades reabilitadoras que visam a otimização de ativos e a democratização do atendimento especializado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A convergência entre exames de tomografia computadorizada, ferramentas de modelagem 3D de código aberto e sistemas de manufatura aditiva consolidou-se como uma metodologia eficaz no desenvolvimento de dispositivos protéticos customizados. Esse fluxo de trabalho digital viabilizou a obtenção de moldes precisos e biomodelos complexos em silicone de grau médico, assegurando uma padronização superior e maior previsibilidade nos ciclos clínicos e laboratoriais do processo reabilitador.

Sob a ótica do cirurgião-dentista, tal inovação atenua a dependência intrínseca da habilidade manual e sensibilidade artística, otimizando o tempo em consultório e garantindo a preservação perpétua dos arquivos digitais para futuras reproduções. Para o usuário, os benefícios refletem-se em uma reabilitação estética e funcional mais ágil, reduzindo o desgaste de intervenções invasivas e promovendo, de forma decisiva, sua reintegração psicossocial e elevação da autoestima.

Ademais, a aplicação de tecnologias de baixo custo aliada a softwares gratuitos emerge como um vetor de democratização da assistência especializada, tornando o tratamento acessível no âmbito das políticas públicas de saúde e instituições acadêmicas. Em suma, o planejamento virtual e a impressão 3D estabelecem-se como pilares estratégicos para a evolução da tecnologia assistiva, provendo soluções personalizadas e de alta fidelidade anatômica à população de baixa renda.

REFERÊNCIAS

- [1] MORETTO, Emerson Galves. Elaboração de próteses auriculares individualizadas por meio de manufatura apoiada por computador. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2016, 110p.
- [2] RODRIGUES, Richard Gabriel Silva; RODRIGUES Débora Soares; OLIVEIRA, Daniela Cristina de. Reabilitação com prótese bucomaxilofacial Revisão de literatura; RSM Revista Saúde Multidisciplinar; 5ª Ed., p.20-27, 2019.
- [3] LIMA C.C.M. Impacto da reabilitação bucomaxilofacial sobre o estado nutricional, sintomas depressivos, autoimagem, autoestima e qualidade de vida em adultos e idosos. Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul; 2014.
- [4] ESTIMATIVA 2018: Incidência de câncer no Brasil / Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. Coordenação de Prevenção e Vigilância. - Rio de Janeiro: INCA, 2017.
- [5] SALAZAR-GAMARRA, R.; SEELAUS, R.; DA SILVA, J. V. L.; DA SILVA, A. M.; DIB, L. L. Monoscopic photogrammetry to obtain 3D models by a mobile device: A method for making facial prostheses. Journal of Otolaryngology - Head & Neck Surgery, v. 45, n. 1, 2016.

- [6] SILVA, L. C. P. Aplicação Da Impressão 3D E Reconstrução Digital No Desenvolvimento De Próteses, 2019.
- [7] WATSON, J.; HATAMLEH, M. M. Complete integration of technology for improved reproduction of auricular prostheses. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 111, n. 5, p. 430-436, 2014.
- [8] DE NEGREIROS, W. A.; DE OLIVEIRA, J. F. B.; FIALLOS, A. C. M.; et al. Desenho, escultura e intura em prótese bucomaxilofacial: princípios e técnicas. *Odontologia: pesquisa e práticas contemporâneas - Volume 3*. p.43:61, 2022. Editora Científica Digital.
- [9] VOLPATO, Neri (org.). *Tecnologias e aplicações da manufatura aditiva*. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2024.
- [10] NAKAMURA, D.M. Formulação de cores em silicone a partir de imagens não calibradas: Uma abordagem voltada para a prótese facial; Tese (Doutorado) - Faculdade de Odontologia - USP, São Paulo, 2021, 145 p.

Engineering design aplicado à tecnologia assistiva: estudo de caso do modelo CDIO

¹Maria Lilian de Araujo Barbosa, ²Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto

¹Universidade Federal do Paraná (UFPR -LABERG) - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5438-9061>

²Universidade Federal do Paraná (UFPR -LABERG) - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1968-1964>

DOI 10.52050/9788579177255-07

RESUMO

O presente trabalho analisa a aplicação da abordagem CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) no desenvolvimento de produtos de Tecnologia Assistiva, no contexto de estudantes de iniciação científica na graduação em Engenharia Mecânica. Trata-se de um estudo de caso aplicado à prática de Engineering Design, cuja unidade de análise foi um curso em formato híbrido, estruturado como “sprint” e realizado em quatro encontros. A metodologia integrou aprendizagem ativa, com foco na concepção e desenvolvimento de artefatos assistivos. Os resultados indicam que o uso do CDIO em cursos de curta duração é viável e contribui para o engajamento dos estudantes, além de favorecer o desenvolvimento de competências técnicas e a sensibilização para questões sociais e inclusivas. A experiência também evidenciou o potencial da abordagem para promover a integração entre ensino, pesquisa e extensão. Conclui-se que o modelo adotado está alinhado aos objetivos estratégicos do curso de Engenharia Mecânica e do NAPI-TA, contribuindo para a disseminação do conhecimento em Tecnologia Assistiva e para a redução de barreiras sociais, com potencial de aplicação em outros contextos educacionais.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva. Acessibilidade Comunicacional. Design Centrado no Usuário.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a formação de engenheiros mecânicos não aborda competências para o desenvolvimento de produtos para acessibilidade e Tecnologia Assistiva (TA), embora tais temas sejam amplamente estudados na área do Design, mais familiarizada com pesquisas e resolução de problemas sociais. Observa-se falta de disciplinas que integrem criatividade e inclusão no contexto da engenharia

mecânica, impactando a formação profissional para atender demandas sociais e de acessibilidade. Essa lacuna foi evidenciada a partir da leitura da matriz curricular do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná (UFPR, 2024) e do planejamento estratégico do departamento, que prevê inovação e criatividade com responsabilidade socioambiental, mas cuja aplicação prática na graduação permanece tímida (UFPR, 2024).

Nesse contexto, levantou-se a seguinte questão de pesquisa: Como o Engineering Design pode integrar design e engenharia mecânica, utilizando o modelo CDIO, para o desenvolvimento de artefatos de Tecnologia Assistiva?

A relevância do estudo reside em sua contribuição para os objetivos do Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva (NAPI-TA), que busca reduzir barreiras de inclusão social, educacional e profissional de idosos e pessoas com deficiência (PCDs), além de promover o ensino de metodologias para o desenvolvimento de produtos de TA, proporcionando acesso equitativo (NAPI-TA, 2023).

O estudo também alinha-se ao Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Mecânica da UFPR, que preconiza a formação de profissionais com pensamento crítico e compromisso social (UFPR, 2024).

Portanto, esse estudo visa contribuir com uma lacuna de conhecimento e de abordagens pedagógicas que integrem Engineering Design e TA no curso de graduação de Engenharia Mecânica da UFPR, no contexto de alunos de iniciação científica vinculados ao Laboratório de Ergonomia e Usabilidade (LabErg) da UFPR.

O objetivo foi investigar, por meio de estudo de caso, o desenvolvimento e aplicação de um curso de Engineering Design estruturado no modelo CDIO para sensibilização formativa de alunos de iniciação científica em Engenharia Mecânica do LabErg, planejando, implementando e documentando o curso em quatro sprints, analisando o aprendizado por métricas qualitativas e sistematizando os resultados em um guia prático para desenvolvimento de artefatos assistivos.

O CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) é um modelo educacional criado no início dos anos 2000 por educadores do MIT (Massachusetts Institute of Technology) e de universidades suecas para aproximar o ensino de engenharia da prática profissional, reconhecendo que o ensino de engenharia e as demandas reais do mercado haviam se afastado e que essa lacuna precisava ser fechada.

O modelo é baseado na premissa de que graduados em engenharia devem ser capazes de conceber, projetar, implementar e operar sistemas de engenharia complexos, criando sistemas e produtos de valor agregado à sociedade. Hoje, o CDIO é adotado por instituições de referência como MIT, Stanford e USP

em iniciativas colaborativas globais envolvendo escolas de engenharia dos EUA, Europa, Canadá, Reino Unido, África, Ásia e Nova Zelândia. O método é reconhecido internacionalmente por unir Engenharia e Design, sendo compatível com as especificidades de desenvolvimento de Tecnologia Assistiva e com o formato proposto para o curso de curta duração em sprints, proposto neste estudo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa qualitativa de abordagem fenomenológica. Segundo Sampieri, Collado, Lúcio (2013), a pesquisa qualitativa é utilizada quando não se pretende provar causalidade, mas explorar, analisar e interpretar fenômenos e, nesse sentido, é fenomenológica. O estudo foi conduzido por meio de estudo de caso conforme o modelo de Yin (2010), que organiza os procedimentos em quatro etapas: desenho do estudo, condução, análise das evidências e relato final. A unidade de análise foi um curso de Engineering Design estruturado por uma adaptação do modelo CDIO, realizado em formato híbrido ao longo de quatro encontros denominados de sprints, com estudantes de Engenharia Mecânica de iniciação científica vinculados ao LabErg (UFPR).

O levantamento bibliográfico foi realizado na plataforma SciSpace, com seleção de 21 artigos a partir de critérios de inclusão (aderência ao tema e à pergunta de pesquisa). O curso foi organizado em quatro sprints correspondentes às fases do CDIO: 1. Conceive: apresentação do modelo e revisão de literatura; 2. Design: desenvolvimento de alternativas e especificações; 3. Implement: prototipagem e testes com revisão por pares; 4. Operate: apresentação final e reflexão crítica. Foram criadas e adaptadas pela docente responsável ferramentas de apoio para documentação e gestão do projeto, incluindo Procedimentos Operacionais Padrão (POP), matriz RACI, checklists e templates.

Os artefatos assistivos desenvolvidos foram avaliados por especialistas em acessibilidade, em processo de revisão por pares, considerando critérios técnicos de usabilidade e acessibilidade. O engajamento discente foi analisado por meio de versão adaptada da escala EAE-E4D, com 12 itens distribuídos em quatro dimensões (comportamental, cognitiva, afetiva e agente), mensurados em escala Likert de cinco pontos. As atividades ocorreram em formato híbrido no LabErg, com suporte de infraestrutura do laboratório para os alunos e uso de Microsoft Teams e WhatsApp para mediação síncrona e comunicação pela docente responsável, que fez a facilitação à distância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados seguem a ordem dos procedimentos metodológicos definidos e alinham-se aos objetivos específicos. O levantamento do referencial teórico, com seleção de 21 artigos de 100 inicialmente encontrados na plataforma SciSpace, forneceu a base para escolha do modelo CDIO em formato de sprints como processo pedagógico. A análise comparativa de abordagens (Design Thinking, PBL, Design Sprint) confirmou que o CDIO é o mais adequado para cursos de curta duração, unindo Engenharia e Design de forma internacionalmente reconhecida e compatível com as especificidades de desenvolvimento de Tecnologia Assistiva (TA). O procedimento pedagógico foi estruturado em quatro sprints correspondentes às fases do CDIO.

Sprint 1 (Conceive), foram compartilhadas informações iniciais sobre as demandas para desenvolvimento dos produtos e responsabilidades, organizadas em uma matriz RACI (Responsible, Accountable, Consulted, Informed), ferramenta de gestão de projetos que promove eficiência e comunicação clara de papéis (ARSHAD *et al.*, 2023).

Sprint 2 (Design), os alunos desenvolveram alternativas e esboços funcionais com especificação preliminar de materiais, sustentados por revisão de literatura registrada no POP 1 e ficha de reflexão (POP 2).

Sprint 3 (Implement), foram construídos protótipos de baixa e média fidelidade, submetidos a revisão técnica de forma e função por especialistas em acessibilidade. Foram revisados requisitos de acessibilidade visual: contraste cromático, dimensionamento tipográfico, organização hierárquica das informações e eliminação de elementos visuais que comprometesse a audiodescrição. A avaliação dos artefatos assistivos por especialistas identificou barreiras de acessibilidade e oportunidades de melhoria (Figura 1).

Figura 1 - Folder antes e depois da avaliação por especialistas



Fonte: os alunos (2025)

No Sprint 4 (Operate), ocorreu a apresentação dos protótipos finalizados e sistematização das percepções dos alunos por meio de survey para reflexão crítica sobre o curso no formato apresentado.

Os resultados sobre as percepções dos alunos foram: as ferramentas POP e RACI ajudaram a organizar responsabilidades e reduzir retrabalho, mas sua efetividade não foi percebida de forma unânime, sugerindo necessidade de familiarização inicial com ferramentas de projeto.

A etapa de ideação, fundamentada em revisão bibliográfica, trouxe clareza para os alunos e gerou alternativas de qualidade (3 respostas com notas altas e 1 neutra), reforçando o papel da base teórica para o desenvolvimento de artefatos assistivos.

Sobre o Sprint 3, as avaliações distribuíram-se entre notas médias e altas, evidenciando ganhos, mas apontando a necessidade de mais tempo para refinamento dos protótipos.

Na percepção dos alunos sobre o Sprint 4, os resultados indicam que processos e materiais (POP final, RACI, checklists, templates) foram úteis e aplicáveis na prática dos alunos, consolidando-se como material instrucional para futuros treinamentos.

Os alunos salientaram que o suporte dos consultores especialistas foi percebido como essencial (concentração nas notas mais altas da escala),

confirmando o papel da consultoria externa no processo pedagógico e técnico em cursos de curta duração para o desenvolvimento de TA. Embora os protótipos não tenham sido testados pelos usuários finais, devido a limitações de tempo e necessidade de adequações a comitês de ética, os profissionais contribuíram com sua experiência de prática profissional.

Os alunos relataram aumento significativo de empatia e confiança para atuar com TA em contextos reais, indicando que houve sensibilização formativa; no entanto, declararam ter percebido a necessidade de maior preparo profissional e exposição prática para atuar profissionalmente na área de TA.

Na avaliação qualitativa do engajamento dos alunos foi utilizada uma escala EAE-E4D adaptada em quatro dimensões: comportamental, cognitiva, afetiva e agente em uma escala Likert de 5 pontos (VEIGA, 2016; LIKERT, 1932).

A média global foi de 4,1 (muito bom), sendo a dimensão cognitiva a mais destacada, com média de 4,33. O engajamento observado foi predominantemente “muito bom”, referindo-se ao envolvimento do aluno com processos mentais e estratégias de aprendizagem ativa.

Como contribuição adicional deste estudo, estratégia de disseminação, foi elaborado e publicado o Guia Prático para replicação do modelo CDIO adaptado para o Desenvolvimento de Artefatos Assistivos no formato de e-book, com o título: Integração entre Engenharia, Design e Tecnologia Assistiva: CDIO em sprints para prototipagem conceitual em português¹ e traduzido para inglês² e espanhol³. O material instrucional serve como apoio e uso interno do LabErg, em especial para alunos de iniciação científica, garantindo replicabilidade da metodologia. Além disso, a tradução em inglês e espanhol promove a disseminação internacional do conhecimento gerado.

5. CONCLUSÃO

O estudo confirmou que a integração entre design e engenharia mecânica, estruturada no modelo CDIO em quatro sprints, favoreceu o desenvolvimento de produtos de Tecnologia Assistiva, articulando teoria e prototipagem com revisão técnica de especialistas.

1 <https://zenodo.org/records/18021292>

2 <https://canal6.com.br/livreacesso/livro/integration-between-engineering-design-and-assistive-technology-cdio-in-sprints-for-conceptual-prototyping/>

3 <https://canal6.com.br/livreacesso/livro/integracion-entre-ingenieria-diseno-y-tecnologia-asistiva-cdio-en-sprints-para-la-prototipacion-conceptual/>

Nesse sentido, os objetivos específicos foram atendidos, validando o CDIO como abordagem pedagógica para cursos de curta duração. Os objetivos de sensibilização formativa de estudantes de Engenharia Mecânica, ainda que com os limites e desafios para a condução do curso relacionados a tempo, calendário acadêmico, organização dos encontros em formato híbrido, comunicação por grupo de WhatsApp, foram alcançados.

o modelo CDIO no modelo adaptado e em formato de sprints permite integrar teoria e prática, articulando Engenharia e Design para desenvolver artefatos assistivos com validade técnica por meio de revisão por pares e sensibilidade a este segmento e perfil da sociedade e à acessibilidade.

O produto final do estudo foi entregue no formato de e-book, com ISBN e DOI, traduzido para português, inglês e espanhol. Espera-se que o material seja utilizado como referencial teórico e instrumental em diferentes contextos educacionais, garantindo replicabilidade da metodologia e disseminação internacional do conhecimento e dos projetos desenvolvidos pelo LabErg.

Portanto, o modelo mostrou-se viável e relevante para enriquecer o currículo de Engenharia Mecânica com práticas inclusivas, contribuindo para a formação de profissionais tecnicamente competentes e socialmente responsáveis. O formato em sprints trouxe agilidade ao processo mantendo o rigor metodológico e pode ser aplicado a diferentes contextos, como disciplinas de desenvolvimento de produto em cursos de engenharia e design, projetos de extensão, ambientes interdisciplinares, laboratórios de prototipação e espaços de inovação.

A metodologia pode contribuir para formar raciocínio projetual inclusivo, orientado por evidências e conectado a demandas reais, com foco em acessibilidade, rigor metodológico e impacto social. O rigor metodológico se apoia em três dimensões essenciais: transparência (explicitar o que foi feito, por que foi feito e como foi conduzido), rastreabilidade (garantir o registro sistemático das decisões, evidências e análises) e replicabilidade (permite que o percurso metodológico seja revisitado, analisado ou adaptado em outros contextos).

Finalizando, a pergunta de pesquisa “Como o Engineering Design pode integrar design e engenharia mecânica, utilizando o modelo CDIO, para o desenvolvimento de artefatos de Tecnologia Assistiva?” foi respondida e o objetivo geral foi alcançado. O modelo CDIO pode contribuir para integrar teoria e prática no desenvolvimento de artefatos de Tecnologia Assistiva e promover sensibilização para esta área de conhecimento em diferentes cenários e contextos.

Nota sobre uso de IA generativa: Este texto foi revisado e aprimorado com o auxílio de ferramentas de Inteligência Artificial Generativa para correção

ortográfica, gramatical e sugestões de estilo. (Language Tools). Todas as correções e alterações propostas foram avaliadas e ajustadas pela autora, mantendo a autoria e o rigor acadêmico do conteúdo conforme diretrizes da UFPR (2025).

REFERÊNCIAS

ARSHAD, Mohammad; SAHA, Sandeep; SAHU, Sanjay Kumar. Development of RACI matrix for complete machine lifecycle. *International Research Journal of Engineering and Technology*, v. 10, n. 02, p. 520, fev. 2023. e-ISSN 2395-0056. Disponível em: <https://www.academia.edu/98197994/>

CDIO. CDIO vision: What is a CDIO-based education? [s.l.], [202-]. Disponível em: <https://cdio.org/cdio-vision>.

CRAWLEY, E.; MALMQVIST, J.; ÖSTLUND, S.; BRODERICK, S. Rethinking engineering education: the CDIO approach. 2. ed. New York: Springer, 2014. Disponível em: <https://cdio.org/knowledge-library/documents/rethinking-engineering-education-cdio-approach>

DIETER, George E.; SCHMIDT, Linda C. *Engineering Design*. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2013

ISO - International Organization for Standardization. ISO 9999:2022. Assistive products. Classification and terminology Geneva. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/72464.html> Acesso em: 20 abr. 2025.

KNAPP, J. *Sprint: how to solve big problems and test new ideas in just five days*. New York: Simon & Schuster, 2016.

KELLEY, Todd Richard. Examination of engineering design in curriculum content and assessment practices of secondary technology education. 2008. Tese (Doctor of Philosophy). Mary Frances Early College of Education, University of Georgia, 2008. Disponível em: <https://openscholar.uga.edu/record/9169?ln=en&v=pdf>

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, New York, n. 140, p. 1-55, 1932. Disponível em: https://legacy.voteview.com/pdf/Likert_1932.pdf

NOVO ARRANJO DE PESQUISA E INOVAÇÃO EM TECNOLOGIA ASSISTIVA (NAPI-TA). *Projetos de Pesquisa*. Curitiba: UFPR, [202-]. Disponível em: <https://tecnologia.ufpr.br/laberg/projetos-desenvolvidos/>.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández.; LUCIO Maria dei Pilar Baptista Lucio. *Metodologia de Pesquisa*. 5. Ed. Porto Alegre: Editora Penso, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR). *Diretrizes para o uso ético e responsável da Inteligência Artificial Generativa: um guia prático para pesquisadores*. Curitiba: UFPR, 2025. Disponível em: <https://gedai.ufpr.br/iag-principios-eticos-e-boas-praticas/>

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR). Conselho de ensino, pesquisa e extensão. Dispõe sobre as atividades de Extensão na Universidade Federal do Paraná. Resolução No 57/19 – CEPE. Sala das Sessões, em 13 de dezembro de 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR). Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Mecânica. Curitiba. UFPR, 2024. Disponível em: https://demec.ufpr.br/wp-content/uploads/2024/02/ppc_integral_2024.pdf

VEIGA, F. H. (2016). Assessing student Engagement in School: Development and validation of a four-dimensional scale. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, pp. 813-819. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.02.153>

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Assistive Technology. Geneva: World Health Organization, 2022. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/assistive-technology>.

YIN, Robert K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

O DUA através da impressão 3D: ensino de artes para estudantes com TEA

Gislene Carvalho, Caroline Revay Franciosi, Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto

Universidade Federal do Paraná (UFPR -LABERG)

DOI 10.52050/9788579177255-08

RESUMO

O ensino de Arte para estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA) enfrenta barreiras pedagógicas que demandam recursos inclusivos e multissensoriais. Diante desse contexto, este estudo tem como objetivo apresentar o processo de construção de um artefato tecnológico-pedagógico, fundamentado no Desenho Universal para Aprendizagem (DUA) e materializado via impressão 3D, visando promover a acessibilidade e inclusão no ensino de arte. Para isso, adotou-se uma pesquisa aplicada e qualitativa, guiada pelo método *Design Science Research* (DSR), aprofundando-se nas fases de exploração e proposição, através de realização da conversão tridimensional modular da obra “Abaporu”, de Tarsila do Amaral. Os resultados iniciais da fabricação de três versões iterativas revelaram que peças inteiriças podem restringir a interação do aluno, enquanto módulos com encaixes convencionais apresentam fragilidade estrutural durante o manuseio. Constatou-se a necessidade de aprimoramentos mecânicos, como o uso de encaixes magnéticos, para garantir a flexibilidade tátil exigida pelo DUA. Conclui-se que o processo documentado consolida a impressão 3D como um recurso promissor e responsivo para democratizar o patrimônio cultural na educação inclusiva, exigindo experimentação material contínua previamente à validação escolar.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva. Neurodivergencia. Desenho Universal para Aprendizagem. Inclusão. Acessibilidade.

1. INTRODUÇÃO

A identificação e o diagnóstico do Transtorno do Espectro Autista (TEA) tem apresentado um crescimento expressivo. Dados publicados pelo Centro de Controle e Prevenção de Doenças dos Estados Unidos (CDC) em 2022, indicam que a prevalência do autismo atingiu a marca de 1 em cada 31

crianças, aproximadamente 3,22%. É destacado que esse aumento não reflete necessariamente o surgimento de novos casos, mas sim um avanço fundamental no acesso à saúde, na melhoria dos critérios de triagem diagnóstica e em uma maior conscientização clínica e social (SHAW *et al.*, 202a wd5).

No contexto brasileiro, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) realizou um levantamento que identificou mais de 2,4 milhões de pessoas diagnosticadas com autismo no território brasileiro, correspondendo a 1,2% da população. Porém, a taxa de escolarização equivale a 36,9%, uma proporção superior à média geral da população brasileira (24,3%). Esse cenário ocorre porque a maior parte dos diagnósticos se concentra nas idades mais jovens, especialmente entre 6 e 14 anos, que corresponde a faixa etária escolar obrigatória no país (IBGE, 2025).

Embora a educação seja um direito, sua implementação encontra obstáculos significativos de natureza estrutural e comportamental, especialmente no contexto da educação especial. Ao longo da história, esses estudantes foram alvo de práticas de segregação e exclusão no ambiente escolar. Nos dias atuais, o sistema educacional ainda lida com o problema do capacitismo, que se revela em comportamentos e ações diárias que dificultam a participação desses alunos nos espaços de aprendizado (DE MAMANN FERREIRA *et al.*, 2023). Desta forma o desafio atual ultrapassa o acesso à matrícula e concentra-se nas condições de permanência e no desenvolvimento de uma aprendizagem de fato efetiva.

No campo do ensino de Arte, tais desafios tornam-se ainda mais complexos e, simultaneamente, promissores. A Arte, enquanto linguagem sensível, expressiva e multissemiótica, apresenta um elevado potencial inclusivo, sobretudo ao possibilitar múltiplas formas de expressão, percepção e comunicação, favorecendo diferentes modos de participação dos estudantes nos processos de aprendizagem (BARBOSA, 2012; EISNER, 2008). Contudo, práticas pedagógicas pouco adaptadas, excessivamente abstratas ou fundamentadas em modelos tradicionais de ensino ainda podem restringir o acesso, o engajamento e a permanência desses estudantes nas experiências estéticas escolares, evidenciando a necessidade de recursos pedagógicos acessíveis que articulem mediação sensorial, flexibilidade curricular e estratégias inclusivas (MEYER; ROSE; GORDON, 2014). No caso de estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA), experiências artísticas mediadas por estímulos visuais, táteis e sensoriais podem ampliar possibilidades de interação, expressão simbólica e desenvolvimento da comunicação não verbal (CUNHA, 2020).

Nesse contexto, o Desenho Universal para Aprendizagem (DUA) emerge como um referencial teórico-metodológico relevante, ao propor a flexibilização das práticas educacionais por meio de um conjunto de princípios, estratégias e

ações (WATKINS; TREVIRANUS; ROBERTS, 2020). Fundamentado nas pesquisas desenvolvidas pelo Center for Applied Special Technology (CAST), o DUA visa tornar o ensino acessível e funcional para todos, partindo da convicção de que não existe um estudante padrão, e que existe a necessidade de desenvolver experiências flexíveis dentro de um ambiente de aprendizagem, favorecendo a eliminação de barreiras pedagógicas e a promoção da participação efetiva dos estudantes (MEYER; ROSE; GORDON, 2014).

De acordo com Bersch (2017), a Tecnologia Assistiva (TA) constitui uma área interdisciplinar que reúne produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços destinados a promover a funcionalidade de pessoas com deficiência. Seu objetivo central é ampliar a autonomia, a independência, a qualidade de vida e a inclusão social desses indivíduos, por meio da superação de barreiras que limitam sua participação nos diferentes contextos. Ao convergir com os princípios do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA), a Tecnologia Assistiva viabiliza a oferta de múltiplas formas de representação das informações, de ação e expressão dos conhecimentos e de engajamento no processo educativo. É exatamente nessa intersecção que a impressão 3D emerge como um recurso assistivo promissor. Ao permitir a materialização de conteúdos bidimensionais em objetos tridimensionais táteis, essa tecnologia operacionaliza as diretrizes do DUA, instrumentalizando a construção de recursos pedagógicos flexíveis, capazes de atender às especificidades sensoriais e cognitivas de estudantes e promover a participação efetiva de todos na sala de aula.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa caracteriza-se como aplicada, pois visa resolver um problema prático por meio da construção de um artefato tecnológico-pedagógico através da impressão 3D, adota-se uma abordagem qualitativa, por buscar compreender significados, comportamentos, sentimentos e experiências humanas. Utiliza-se como método o *Design Science Research* (DSR), pela proposta de resolução de problemas concretos por meio do desenvolvimento de artefatos capazes de promover intervenções em contextos reais (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015; PEFFERS *et al.*, 2007).

O método DSR justifica-se pela natureza desta investigação, uma vez que o estudo não se limita à compreensão de um fenômeno educacional, mas busca desenvolver um protótipo pedagógico fundamentado nos princípios do Design Universal para Aprendizagem (DUA) através de Tecnologias Assistivas (TA), destinado ao ensino de Arte para estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA). Nesse sentido, o artefato pedagógico assume função mediadora,

sendo concebido como recurso de acessibilidade e suporte aos processos de ensino-aprendizagem em contextos inclusivos.

Embora o percurso metodológico original da DSR, proposto por Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015), seja estruturado em doze etapas, sua inerente flexibilidade permite adequá-lo em quatro fases macro: Exploração, Proposição, Avaliação e Conclusão. Cabe ressaltar, contudo, que o escopo deste artigo concentra-se exclusivamente nas duas primeiras fases, tendo como objetivo mapear o desenvolvimento inicial de um protótipo pedagógico criado para suprir as lacunas identificadas. Para isso realizou-se um levantamento teórico e documental acerca dos desafios encontrados na literatura, especialmente no ensino de Arte, considerando aspectos relacionados à acessibilidade pedagógica, participação, engajamento e mediação dos processos de aprendizagem.

As ações desenvolvidas articulam-se em torno das duas primeiras fases do percurso metodológico: a Exploração e a Proposição. A fase de Exploração iniciou-se com uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) em bases de dados nacionais e internacionais, com o objetivo de mapear a produção científica sobre a tradução de imagens bidimensionais (2D) para representações tridimensionais (3D) nos campos da arte, design, educação e acessibilidade. Na sequência, realizou-se uma Revisão Bibliográfica Assistemática (RBA) para o aprofundamento teórico de conceitos emergentes, como percepção tátil, design universal e prototipagem. A articulação entre a RBS e a RBA evidenciou a lacuna científica que justifica este trabalho: a ausência de metodologias estruturadas para a conversão de conteúdos 2D em experiências 3D acessíveis em contextos educacionais e artísticos.

Diante desse diagnóstico, avançou-se para a fase de Proposição, na qual foram definidos os objetivos da solução. Estabeleceu-se como meta o desenvolvimento de um protótipo pedagógico acessível, flexível e sensorialmente responsivo, idealizado para favorecer a compreensão estética e o engajamento de estudantes com TEA. Para tanto, a estrutura inicial do artefato foi fundamentada nos princípios do DUA, assegurando múltiplos meios de representação, ação, expressão e engajamento.

Outro aspecto importante, refere-se à escolha da obra “Abaporu”, de Tarsila do Amaral, como objeto de materialização tridimensional. A transposição de uma obra emblemática da arte brasileira para um recurso tátil amplia as possibilidades de acesso ao patrimônio artístico-cultural, contribuindo para práticas pedagógicas mais inclusivas e democráticas. Essa perspectiva reforça a compreensão da Arte como linguagem acessível a diferentes formas de percepção e expressão, valorizando a diversidade presente nas salas de aula contemporâneas.

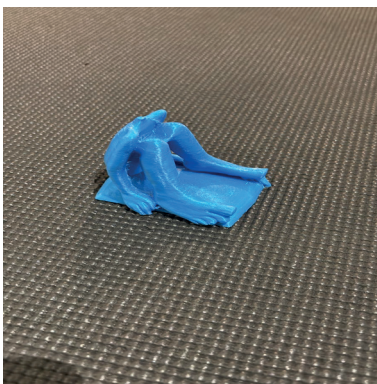
3. RESULTADOS

Os resultados desta pesquisa evidenciam contribuições relevantes para o campo da educação inclusiva e do ensino de Arte, especialmente no que se refere ao desenvolvimento de práticas pedagógicas acessíveis voltadas a estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA). A investigação permitiu não apenas compreender um problema presente no contexto educacional, mas também conceber um artefato pedagógico, de maneira inicial.

Na etapa de identificação do problema, os resultados apontaram a persistência de barreiras pedagógicas no ensino de Arte, especialmente relacionadas à rigidez metodológica, à predominância de abordagens excessivamente abstratas e à limitada adaptação dos recursos didáticos às especificidades cognitivas, sensoriais e comunicacionais dos estudantes com TEA. O levantamento teórico evidenciou que, embora os estudantes autistas estejam cada vez mais presentes na escola regular, ainda existem lacunas significativas quanto às estratégias efetivas de permanência, participação e aprendizagem significativa no ambiente escolar.

Desta maneira, nasceu o primeiro protótipo, impresso na impressora K1 MAX - Creality, em PNL, na cor azul (Figura 1), constituindo-se em uma peça inteiriça para testar a transição do bidimensional para o tridimensional, mas apresentou um tamanho muito reduzido e a limitação de não ser divisível em partes. Como alternativa para corrigir as primeiras impressões negativas acerca do primeiro protótipo, desenvolveu-se uma segunda versão (figura 2), impressa na mesma impressora e com o mesmo material, em módulos separados, contudo, os encaixes projetados ficaram rasos e mostraram-se suscetíveis à quebra durante o manuseio.

Figura 1 - Primeira versão impressa.



Fonte: As autoras (2026).

Figura 2 - Segunda versão impressa.



Fonte: As autoras (2026).

A terceira iteração, impressa na P2S, Bambu Lab, com PLA (figura 3), modificou a estrutura para recortes em formato de “bolachas” com encaixes horizontais, mas ainda assim evidenciou fragilidades na junção final, resultando em novas quebras das peças.

Figura 3 - Terceira versão impressa.



Fonte: As autoras (2026).

A partir dessa trajetória contínua de avaliação definiu-se que a solução para a próxima etapa de consolidação do artefato envolverá o uso de encaixes magnéticos (ímãs) para garantir a durabilidade, além da necessidade apontada de aperfeiçoar o acabamento geral da superfície e incorporar as cores originais da tela da artista. Além de que, teremos nesta forma de impressão diferentes níveis de dificuldade, uma vez que poderemos ter mais junções ou menos.

Portanto o percurso de concepção relatado demonstra que o uso da impressão 3D, para a realização da abordagem do DUA, exige experimentação, manuseio e articulação, mas aponta para um alto potencial inclusivo, oferecendo um mapeamento rigoroso e subsídios projetuais consolidados para que futuras investigações realizem testes empíricos estruturados.

4. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos reforçam a relevância da articulação entre os princípios do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) e as potencialidades da impressão 3D como estratégia para a promoção da educação inclusiva. Ao identificar barreiras pedagógicas presentes no ensino de Arte para estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA), a pesquisa corrobora apontamentos recorrentes na literatura, os quais destacam a necessidade de práticas mais flexíveis, multissensoriais e responsivas às diferentes formas de aprender no contexto escolar inclusivo.

A predominância de abordagens centradas na abstração e em representações exclusivamente visuais pode limitar a participação de estudantes autistas, especialmente daqueles que apresentam necessidades específicas relacionadas ao processamento sensorial, à comunicação e à compreensão de conceitos espaciais. Nesse sentido, os resultados observados convergem com os pressupostos do DUA, que defendem a oferta de múltiplas formas de representação, ação, expressão e engajamento. A exploração tátil da obra “Abaporu”, por exemplo, materializa essa diretriz ao permitir que o aluno compreenda concretamente a relação entre as partes da obra e suas proporções características, superando a barreira da bidimensionalidade.

Sob a perspectiva metodológica do *Design Science Research* (DSR), em suas fases iniciais, o processo de observação, refinamento e readequação do protótipo permitiu identificar limitações e potencialidades fundamentais ao longo da execução. A fragilidade estrutural observada nas primeiras iterações evidenciou que falhas materiais podem atuar como gatilhos de desregulação ou frustração motora para estudantes com TEA. Assim, o direcionamento para o uso de encaixes magnéticos desponta não apenas como um aprimoramento técnico, mas como uma adequação pedagógica que garante o *feedback* tátil e a autonomia exigidos pelo DUA. Esse resultado demonstra a viabilidade da utilização da impressão 3D como recurso pedagógico acessível, reforçando o entendimento de que práticas inclusivas demandam constante adaptação estrutural às singularidades dos sujeitos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos permitiram constatar que a elaboração do protótipo possibilitou refletir sobre formas alternativas de representação do conhecimento artístico, favorecendo abordagens mais concretas, multissensoriais e acessíveis, em consonância com os pressupostos do DUA.

A utilização do método *Design Science Research* (DSR) mostrou-se adequada aos objetivos da investigação, uma vez que possibilitou a compreensão do problema, o desenvolvimento do artefato e a realização de sucessivos processos de avaliação e refinamento material. Nesse sentido, o estudo evidencia que a construção de soluções educacionais inclusivas demanda um movimento contínuo de análise, adaptação e aperfeiçoamento, considerando as especificidades dos contextos escolares e das necessidades dos estudantes.

A materialização tridimensional da obra “Abaporu”, de Tarsila do Amaral, demonstrou o potencial da impressão 3D para ampliar o acesso ao patrimônio artístico-cultural, oferecendo novas possibilidades de interação, exploração tátil e compreensão espacial. Embora não tenha sido realizada uma validação experimental com estudantes, o artefato desenvolvido apresenta potencial para contribuir com práticas pedagógicas mais inclusivas, especialmente no atendimento às demandas de alunos que se beneficiam de recursos concretos e multissensoriais.

Como limitações da pesquisa, destaca-se a ausência de aplicação direta do protótipo em contextos escolares e a inexistência de avaliações sistemáticas junto a estudantes e professores. Dessa forma, os resultados devem ser compreendidos como indicativos preliminares das possibilidades oferecidas pela proposta desenvolvida.

Conclui-se que a impressão 3D, quando fundamentada nos princípios do DUA, consolida-se como um recurso pedagógico potente para democratizar o ensino de Arte, especialmente para estudantes com TEA. Embora os resultados apresentados sejam de caráter inicial e projetual, eles fornecem evidências e subsídios metodológicos concretos para que futuras investigações avancem para a validação empírica nas escolas, avaliando o impacto direto desses artefatos tridimensionais no engajamento e na aprendizagem inclusiva.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Ana Mae. *A imagem no ensino da arte: anos oitenta e novos tempos*. 8. ed. São Paulo: Perspectiva, 2012.

BERSCH, Rita. *Introdução à tecnologia assistiva*. Porto Alegre: Assistiva Tecnologia e Educação, 2017.

CUNHA, Eugênio. *Autismo e inclusão: psicopedagogia e práticas educativas na escola e na família*. 8. ed. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2020.

DE MAMANN FERREIRA, Simone; GESSER, Marivete; LETÍCIA KEMPFER BÖCK, Geisa; CARVALHO LEANDRO, Gabriel. *A produção científica sobre capacitismo na educação básica: uma revisão integrativa de literatura*. Revista Portuguesa de Educação, [s. l.], v. 36, n. 1, p. e23022, 2023. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rpe/article/view/27998>. Acesso em: 15 abr. 2026.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. *Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Porto Alegre: Bookman, 2015.

EISNER, Elliot W. *O que pode a educação aprender das artes sobre a prática da educação?* Currículo sem Fronteiras, v. 8, n. 2, p. 5-17, jul./dez. 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo 2022 identifica 2,4 milhões de pessoas diagnosticadas com autismo no Brasil*. Agência de Notícias IBGE, Rio de Janeiro, 23 maio 2025. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/43464-censo-2022-identifica-2-4-milhoes-de-pessoas-diagnosticadas-com-autismo-no-brasil>. Acesso em: 27 maio 2026.

MEYER, Anne; ROSE, David H.; GORDON, David. *Universal Design for Learning: theory and practice*. Wakefield: CAST Professional Publishing, 2014.

PEFFERS, K.; TUUNANEN, T.; ROTHENBERGER, M. A.; CHATTERJEE, S. *A design science research methodology for information systems research*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DESIGN SCIENCE RESEARCH IN INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY, 1., 2007, Pasadena. Proceedings [...]. Pasadena, CA, 2007.

SHAW, K. A. *Prevalence and early identification of autism spectrum disorder among children aged 4 and 8 years*. Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 16 Sites, United States, 2022. MMWR. Surveillance Summaries, v. 74, n. 2, 17 abr. 2025.

WATKINS, Caren; TREVIRANUS, Jutta; ROBERTS, Vera. *Inclusive Design for Learning: creating flexible and adaptable content with learners*. Ontario: Inclusive Design Research Centre (IDRC), 2020.

Ética em pesquisa: um relato técnico sobre o Comitê de Ética e Pesquisa em projetos de Tecnologia Assistiva

Isadora Castanho, André Luís de Oliveira Lima, Vinícius Lisboa,
Daniel Micol, Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto

Universidade Federal do Paraná

DOI 10.52050/9788579177255-09

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento científico e tecnológico, especialmente em áreas aplicadas como a tecnologia assistiva (TA), tem como objetivo propor soluções que contribuam para a melhoria da qualidade de vida e autonomia das pessoas. Entretanto, pesquisas que envolvem seres humanos exigem atenção aos princípios éticos relacionados à dignidade, segurança, autonomia e proteção dos participantes, sendo submetidas à avaliação do Sistema CEP/CONEP conforme as normativas nacionais vigentes.

No contexto da TA, a participação direta de usuários, profissionais e instituições parceiras é frequentemente necessária para avaliação, desenvolvimento e validação das soluções propostas. Essa característica torna o processo de submissão ética um aspecto fundamental do planejamento da pesquisa, envolvendo não apenas a adequação metodológica, mas também a organização documental, descrição dos procedimentos, identificação dos riscos e definição das responsabilidades dos envolvidos.

Apesar da relevância desse processo, pesquisadores frequentemente relatam dificuldades relacionadas à submissão e tramitação dos protocolos de pesquisa, especialmente quanto à interpretação das exigências, organização dos documentos, comunicação com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) e impacto dos prazos de aprovação no cronograma dos estudos. Dessa forma, compreender esses desafios pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias que tornem o processo mais eficiente e previsível.

Assim, este trabalho tem como objetivo identificar e organizar os principais desafios encontrados por pesquisadores do Laboratório de Ergonomia e Usabilidade (LABERG) da Universidade Federal do Paraná durante processos

de submissão de pesquisas em TA ao Comitê de Ética, agrupando-os por similaridade e propondo boas práticas para otimização do fluxo de submissão.

2. O COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA

O progresso em pesquisa científica impulsiona o avanço da ciência e tecnologia, proporcionando a criação de soluções que impactam diretamente o nosso dia a dia. Para que este desenvolvimento científico ocorra de forma ética, pesquisas que envolvem seres humanos devem ser realizadas com rigor ético, visando preservar a dignidade, liberdade e autonomia humanas (Batista; Andrade, 2012). É de extrema importância que os potenciais benefícios da pesquisa sejam superiores aos potenciais riscos aos quais a população estudada estará sujeita. Para avaliação criteriosa deste tipo de pesquisa, é da competência do Conselho Nacional de Saúde (CNS) assegurar que sejam cumpridos os direitos e deveres dos seres humanos, da comunidade científica e do estado, através de normas regulamentadoras.

Pesquisas que envolvem seres humanos devem ser submetidas à apreciação ética pelo Sistema CEP/CONEP, constituído pelos Comitês de Ética e Pesquisa (CEP) operam em âmbito regional, e pela Comissão Nacional de Ética e Pesquisa (CONEP) instância máxima que atua a nível nacional e integra o grupo das 19 comissões intersetoriais que compõem o CNS (CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE, 2026). Os CEPs apresentam uma estrutura multidisciplinar para avaliação das pesquisas, considerando todas as etapas que envolvem seres humanos, desde a elaboração do projeto até relatórios parciais e finais (Batista; Andrade, 2012).

Projetos de pesquisa, cujos protocolos são de baixa e média complexidade passam por apreciação ética no CEP, enquanto protocolos considerados de alta complexidade seguem para avaliação do CONEP.

Na Universidade Federal do Paraná (UFPR), toda pesquisa envolvendo seres humanos deve passar por um de seus CEPs, de acordo com a natureza da pesquisa proposta, sendo eles o Comitê de Ética e Pesquisa do Setor de Ciências da Saúde (CEP/SD) criado em 2003, e o Comitê de Ética e Pesquisa de Ciências Humanas e Sociais (CEP/CHS) criado mais recentemente em 2021. Ambos os CEPs seguem as diretrizes e normativas definidas pelo Plenário do CNS, sendo elas a Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, e o CEP/CHS segue complementarmente a Resolução nº 510, de 07 de abril de 2016.

Ambas as Resoluções nº 466 e nº 510 convergem no que tange os princípios éticos fundamentais, as responsabilidades do pesquisador, a transparência sobre os procedimentos e riscos associados, a obtenção do consentimento dos participantes e o direito a assistência e indenizações. No entanto, as duas

Resoluções diferem com relação ao foco da aplicação, uma vez que a Resolução nº 466 é voltada para procedimentos da área biomédica e da saúde, e a Resolução de nº 510 foca nos procedimentos metodológicos que envolvem a aquisição de dados dos participantes e suas implicações, sem intervenção direta no corpo humano, sendo mais voltada para a conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) nº 13.709, de 14 de agosto de 2018.

O protocolo de pesquisa envolvendo seres humanos deve ser submetido para apreciação ética através de submissão no sistema Plataforma Brasil, concentrando toda a documentação solicitada para a análise pelo CEP apropriado à natureza da pesquisa.

3. FLUXO DE SUBMISSÃO NA PLATAFORMA BRASIL

Para a submissão do projeto de pesquisa à apreciação ética pelo CEP, deverá ser submetido na Plataforma Brasil o protocolo de pesquisa proposto, que consiste em um conjunto de documentos relativos à metodologia de pesquisa, aos procedimentos, aos instrumentos, ao informe dos riscos e o registro de consentimento, entre outros, que estão associados ao estudo proposto. Os documentos obrigatórios para apreciação ética pelo CEP/CHS estão dispostos à seguir:

- Folha de rosto: no estágio final de submissão do projeto de pesquisa na Plataforma Brasil, estará disponível para download a folha de rosto, que deverá ser assinada pelo pesquisador principal, e pelo coordenador do Programa de Pós-Graduação da instituição proponente.
- Ata de aprovação do projeto: a ata de aprovação do projeto de pesquisa pelo colegiado do respectivo Programa de Pós-Graduação da instituição proponente.
- Projeto de pesquisa: este documento deve conter o projeto de pesquisa detalhado, contendo o tema e os objetivos geral e específicos da pesquisa, a relevância social, a metodologia proposta, o orçamento total, bem como informações sobre o local de realização pretendido e a população estudada. As garantias éticas aos participantes, os riscos e benefícios da pesquisa, e os critérios de encerramento e suspensão da pesquisa devem estar detalhados no documento de projeto de pesquisa de forma clara e objetiva. A divulgação dos resultados do estudo também deve estar prevista no documento em questão.
- Roteiro de instrumentos: enquanto o projeto de pesquisa expõe o que será feito, o roteiro de instrumentos estabelece como os procedimentos de pesquisa serão realizados. Fatores como preparação

inicial, esclarecimentos, critérios de inclusão e exclusão na pesquisa, procedimentos de coleta de dados, procedimentos de tratamento dos dados coletados, informações sobre o encerramento e a divulgação dos resultados da pesquisa deverão estar contidos no roteiro de instrumentos de forma detalhada.

- Registro de Consentimento Livre e Informado (RCLI): este documento deve conter informações específicas sobre os procedimentos de pesquisa a serem realizados escrito de forma clara e objetiva para fácil entendimento, para a ciência do participante e/ou seu responsável legal e a obtenção de seu consentimento esclarecido.
- Registro de Assentimento Livre e Informado (RALI): similar ao RCLI, este documento se destina à indivíduos menores de idade, com linguagem acessível para a faixa etária.
- Concordância dos serviços envolvidos: É o documento emitido pela chefia da unidade ou departamento da instituição proponente onde a pesquisa está vinculada, formalizando o envolvimento do setor no projeto.
- Concordância da instituição coparticipante: Instituição externa na qual será realizada uma das etapas de coleta de dados da pesquisa.
- Carta de atendimento: Para protocolos de pesquisa cujas medidas de mitigação de riscos envolvem o atendimento por terceiros, deve-se incluir uma Carta de Atendimento do prestador de serviço. Este documento deve garantir que a assistência ao participante será imediata e sem custos.
- Termo de guarda de material biológico: este documento é obrigatório caso esteja prevista a coleta de material biológico dos participantes.

Cada documento deve ser elaborado com informações específicas do protocolo de pesquisa proposto. É possível que o CEP identifique a necessidade de apresentar documentos adicionais relativos aos procedimentos propostos no protocolo de pesquisa em questão, para um esclarecimento pleno e satisfatório das informações apresentadas através da submissão.

O processo de aprovação do protocolo de pesquisa deve contar com a elaboração atenta do pesquisador, para que toda a documentação requerida possa estar clara e de fácil entendimento para a equipe do CEP.

4. APRECIÇÃO ÉTICA NO CEP/CHS

A apreciação ética de um projeto de pesquisa pelo CEP se inicia após a submissão do protocolo de pesquisa na Plataforma Brasil. O status do andamento do processo de apreciação ética pode ser consultado através da Plataforma Brasil.

Uma vez submetido, o protocolo de pesquisa será recepcionado pela secretaria do CEP credenciado, que irá conferir a documentação e informar o pesquisador responsável sobre quaisquer pendências documentais identificadas. Caso nenhuma pendência seja constatada, o protocolo de pesquisa aceito segue para a relatoria.

O relator é um membro do CEP que irá analisar o protocolo de pesquisa e elaborar um parecer sobre os aspectos éticos e metodológicos, que servirá de fundamentação para a tomada de decisão pelo colegiado. O relator designado para a apreciação ética de um projeto de pesquisa deve ser de uma área de atuação diferente daquela que a pesquisa se enquadra, com o objetivo de eliminar quaisquer possíveis vieses que possam surgir durante a análise do protocolo proposto.

Após deliberação do colegiado, o parecer consubstanciado assinado pelo Coordenador do CEP será liberado via Plataforma Brasil. O parecer poderá estar classificado como aprovado, não aprovado, suspenso ou retirado. Nos casos em que não houver aprovação, o parecer conterá comentários, considerações e recomendações inseridos pelo relator, exigindo correções ou esclarecimentos pertinentes ao protocolo de pesquisa apreciado. As correções realizadas devem ser submetidas no mesmo processo de apreciação ética através da Plataforma Brasil dentro do prazo estipulado pelo CEP.

5. EXPERIÊNCIAS COM O COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA

Os projetos de pesquisa em TA comumente requerem coleta de dados de seres humanos, visto que a disciplina tem foco em promover soluções para pessoas com deficiência, especialmente em casos de aplicação prática de uma solução proposta.

No entanto, pesquisadores da área relatam que os processos de submissão e apreciação ética até a aprovação são longos, levando em média de 5 a 7 meses para que os projetos de pesquisa do Laboratório de Ergonomia e Usabilidade (LABERG) da UFPR, podendo em alguns casos levar mais de 1 ano, possam ser aprovados.

Para identificar os principais desafios e poder agrupá-los visando a implementação de boas práticas, um protocolo online básico foi aplicado,

considerando um questionário curto para esse mapeamento. O mapeamento contou com a participação de 10 pesquisadores no intervalo de 2010 à 2026, considerando os cursos de Pós-graduação em Design e Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná.

Dentre os relatos objetivos, foi possível perceber que os desafios no processo estão mais voltados à gestão da submissão em detrimento aos aspectos técnicos da pesquisa. O processo envolvendo comunicação, documentação, planejamento e alinhamento entre pesquisadores e CEP foram identificados com principais pontos.

Dessa forma, a partir da análise de conteúdo dos relatos, considerando o processo básico de organização das respostas, codificação e interpretação proposto por Bardin (2015), organizou-se os dados em quatro grupos de similaridade. O primeiro grupo está voltado à comunicação, clareza e consistência dos pareceres éticos, sendo identificados por: (i) falta de clareza nos pareceres emitidos; (ii) Solicitação de ajustes em pareceres posteriores que não haviam sido apontado anteriormente; (iii) Indicação de alteração em etapas avançadas do processo; e (iv) solicitação de documentos que divergiam às orientações iniciais.

Esse grupo evidencia uma dificuldade relacionada à comunicação entre pesquisadores e comitê, principalmente quando os pedidos de adequação estão situados de forma incremental e pouco previsível. Intensificando-se pela ausência a uniformidade entre pareceres, implicando na ampliação do ciclo de correção, impactando o tempo total de aprovação e desenvolvimento da pesquisa.

O segundo grupo é caracterizado pela gestão do tempo, prazos e planejamento do processo de aprovação, elencados pelos apontamentos: (i) Tempo prolongado para aprovação; (ii) Processo de submissão superior a um ano em alguns casos; (iii) Necessidade de acompanhar constantemente o calendário do CEP; e (iv) Impacto da aprovação ética no cronograma geral da pesquisa.

O tempo de tramitação aparece como um desafio forte, considerando que a aprovação é uma etapa condicionante para o início da coleta de dados. Dessa forma, os atrasos podem comprometer cronogramas, desenvolvimento de protótipos, testes com usuários e etapas posteriores da pesquisa.

O terceiro grupo fica na organização documental e o preenchimento da plataforma de submissão, elencada pelos desafios: (i) Dificuldade em identificar quais documentos deveriam ser enviados; (ii) Incerteza sobre formato e conteúdo esperado dos documentos; (iii) confusão em relação aos modelos disponibilizados; (iv) Processo considerado burocrático e pouco intuitivo.

Destaca-se que a documentação representa uma etapa crítica no processo, exigindo coerência entre diferentes materiais, como projeto de pesquisa, termos de consentimento, instrumentos de coleta, cronograma e documentação institucional. Considerando a vasta possibilidade de pesquisas e os caminhos que podem ser direcionados, a dificuldade indica uma necessidade de padronização e orientação aos pesquisadores, principalmente àqueles que realizam o processo pela primeira vez.

Por fim, o quarto e último grupo caracteriza-se pela adequação metodológica e articulação com participantes e instituições parceiras, elencadas por: (i) Necessidade de definir claramente a coleta de dados; (ii) Dificuldade de descrever como o processo ao todo será realizado; (iii) Envolvimento de membros externos, como profissionais pouco familiarizados com a plataforma; e (iv) Dificuldade de comunicação entre equipe de pesquisa e participantes institucionais.

As pesquisas focadas em TA frequentemente dependem da participação de usuários, profissionais da saúde e instituições parceiras, envolvendo complexidade ao processo, já que todos os envolvidos precisam compreender suas responsabilidades dentro da submissão ética. O quadro abaixo apresenta um resumo dos dados coletados e interpretados:

Grupo	Problema identificado	Previsão de boa prática
Comunicação e pareceres	Falta de previsibilidade nas solicitações	Maior clareza e padronização das avaliações
Tempo e planejamento	Longos períodos de tramitação	Inserção do CEP no planejamento inicial
Documentação	Dúvidas sobre documentos e formatos	Guias, modelos e checklists
Método e participantes	Complexidade das pesquisas	Melhor descrição dos procedimentos e alinhamento das equipes

6. BOAS PRÁTICAS

Quanto à elaboração do protocolo de pesquisa, é indispensável elaborar os documentos em linguagem simples e objetiva, que seja de fácil entendimento para os membros do CEP e para os participantes da pesquisa. É recomendável também que o pesquisador responsável observe criteriosamente o projeto de pesquisa de uma perspectiva impessoal, neutra e objetiva, mitigando vieses que podem atrapalhar a identificação dos riscos aos participantes.

É de extrema importância que o pesquisador esteja ciente da natureza de cada documento a ser concebido, cujas características podem ser explicitadas e

esclarecidas por meio da ferramenta 5W2H, metodologia de gestão que auxilia no mapeamento e estruturação das informações necessárias.

O 5W2H é uma sigla do inglês que apresenta 7 perguntas específicas (*what, why, where, when, who, how, how much*) a serem respondidas sobre o projeto em questão. Para protocolos de pesquisa em TA, estão listadas abaixo cada pergunta e as respostas pertinentes ao contexto:

1. O que será feito? (*What*): Descrever o tema da sua pesquisa e quais atividades estão previstas, dando ênfase às informações sobre a natureza e os procedimentos da coleta de dados envolvendo seres humanos.
2. Por que será feito? (*Why*): Evidenciar os objetivos gerais e específicos da pesquisa, sua relevância social da pesquisa, e os benefícios para a população estudada. Neste item, deve-se explicitar as expectativas dos pesquisadores com relação aos participantes, bem como informar sobre os riscos a que eles serão expostos uma vez que derem o consentimento para a participação.
3. Onde será feito? (*Where*): Informar sobre a instituição proponente e instituições parceiras que possam estar vinculadas ao projeto, e apontar o local de realização da coleta de dados, seja ele físico ou virtual; detalhar também o local de divulgação dos dados da pesquisa.
4. Quando será feito? (*When*): Especificar o cronograma e o tempo de execução, bem como o prazo inicial e final da coleta de dados; informar sobre a data de divulgação dos resultados da pesquisa, e sobre o período de armazenamento dos dados brutos da pesquisa.
5. Por quem será feito? (*Who*): Apresentar informações sobre todas as pessoas envolvidas na pesquisa, desde o(s) pesquisador(es), terceiros envolvidos e a população participante, a quantidade de participantes e as expectativas com relação a cada um dos grupos.
6. Como será feito? (*How*): Detalhar os procedimentos da coleta de dados e de que forma eles impactarão os participantes, quais serão os procedimentos de registro de consentimento, de que forma os riscos associados à participação na pesquisa poderão ser mitigados e como será feita a divulgação dos dados da pesquisa.
7. Quanto custará? (*How much*): Minuciar os riscos da participação na pesquisa como forma de custos tangíveis e intangíveis aos quais o participante poderá estar sujeito. Como custos tangíveis, pode-se entender o deslocamento e o tempo dedicado à participação na pesquisa, bem como riscos à integridade física do participante, Para custos intangíveis, podem ser descritos desconfortos emocionais e

psíquicos, constrangimentos, riscos à privacidade e potenciais danos à imagem e reputação do participante.

Com base nas informações mapeadas com o uso do 5W2H, é possível estruturar cada documento do protocolo de pesquisa. Quando voltadas aos desafios identificados no processo de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa, algumas boas práticas alinhadas à 5W2H podem ser adotadas para tornar o fluxo mais previsível, organizado e eficiente.

No que se refere à comunicação e interpretação dos pareceres éticos, recomenda-se que o pesquisador realize uma análise criteriosa das exigências normativas antes da submissão, antecipando possíveis questionamentos do CEP por meio de uma descrição metodológica clara e detalhada. Também é recomendável organizar as respostas aos pareceres de forma sistemática, indicando cada alteração realizada e garantindo maior rastreabilidade das adequações solicitadas.

Em relação à gestão do tempo e planejamento da pesquisa, destaca-se a necessidade de incorporar a etapa de aprovação ética ao cronograma geral do projeto, considerando os períodos de análise, possíveis ajustes e reapresentações, evitando que o início da coleta de dados ocorra sem a devida aprovação. Quanto à organização documental, é indispensável elaborar os documentos em linguagem simples, objetiva e coerente entre si, garantindo alinhamento entre projeto de pesquisa, termos de consentimento, instrumentos de coleta, cronograma e demais arquivos exigidos.

Recomenda-se ainda que o pesquisador esteja ciente da finalidade de cada documento e utilize ferramentas de apoio, como checklists internos e modelos previamente estruturados, a fim de reduzir dúvidas sobre formatos, conteúdos e requisitos específicos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos desafios identificados no processo de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa, algumas boas práticas podem ser adotadas para tornar o fluxo mais previsível, organizado e eficiente. No que refere-se à comunicação e interpretação dos pareceres éticos, recomenda-se que o pesquisador realize uma análise criteriosa das exigências normativas antes da submissão, antecipando possíveis questionamentos do CEP por meio de uma descrição metodológica clara e detalhada. Também é recomendável organizar as respostas aos pareceres de forma sistemática, indicando cada alteração realizada e garantindo maior rastreabilidade das adequações solicitadas.

Em relação à gestão do tempo e planejamento da pesquisa, destaca-se a necessidade de incorporar a etapa de aprovação ética ao cronograma geral do projeto, considerando os períodos de análise, possíveis ajustes e reapresentações, evitando que o início da coleta de dados ocorra sem a devida aprovação. Quanto à organização documental, é indispensável elaborar os documentos em linguagem simples, objetiva e coerente entre si, garantindo alinhamento entre projeto de pesquisa, termos de consentimento, instrumentos de coleta, cronograma e demais arquivos exigidos.

Recomenda-se ainda que o pesquisador esteja ciente da finalidade de cada documento e utilize ferramentas de apoio, como checklists internos e modelos previamente estruturados, a fim de reduzir dúvidas sobre formatos, conteúdos e requisitos específicos. Nesse contexto, a ferramenta 5W2H (Klock; Gasparini; Pimenta, 2016) apresenta-se como uma estratégia de apoio para o planejamento e estruturação das informações necessárias ao protocolo, auxiliando na definição de o que será feito (What), por que será feito (Why), onde será realizado (Where), quando ocorrerá (When), por quem será conduzido (Who), como será executado (How) e quais custos e riscos estarão envolvidos (How much).

Por fim, considerando os desafios relacionados à adequação metodológica e articulação com participantes e instituições parceiras, torna-se fundamental descrever detalhadamente os procedimentos de coleta de dados, caracterizar os participantes, explicitar as formas de interação com usuários e colaboradores externos, bem como apresentar estratégias de mitigação dos riscos envolvidos. Em pesquisas de tecnologia assistiva, nas quais frequentemente há participação direta de usuários e profissionais de diferentes áreas, essa clareza metodológica contribui para aproximar a linguagem do design, ergonomia e usabilidade das exigências éticas formais, favorecendo uma avaliação mais consistente pelo CEP e reduzindo ciclos de ajustes durante o processo de submissão.

REFERÊNCIAS

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. 1. ed. Lisboa: Edições 70, 2015.

BATISTA, K. T.; ANDRADE, R. R. de; BEZERRA, N. L. O papel dos comitês de ética em pesquisa. *Revista Brasileira de Cirurgia Plástica*, v. 27, n. 1, p. 150–155, 2012.

CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. Disponível em: <<https://www.gov.br/conselho-nacional-de-saude/pt-br/camaras-tecnicas-e-comissoes>>. Acesso em: 29 maio. 2026.

CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE (Brasil). Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 13 jun. 2013. Seção 1, p. 59-62.

CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE (Brasil). Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016. Normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais. Brasília, DF, 24 de maio de 2016.

KLOCK, A. C. T.; GASPARINI, I.; PIMENTA, M. S. 5W2H Framework, Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems, 2016.

Comitê de Ética em Pesquisa do Setor de Ciências da Saúde - CEP/SD. Disponível em: <<https://saude.ufpr.br/cometica/>>.

Comitê de Ética e Pesquisa de Ciências Humanas e Sociais - CEP/CHS. Disponível em: <<http://www.humanas.ufpr.br/portal/cep-chs/>>.

Utilização do Desenho Universal para Aprendizagem na confecção de planejamento para ensino de ciências no ensino fundamental dos anos iniciais

¹Heloyza Sandoval, ¹Mariana Alves Pereira, ²José Ricardo Dolenga Coelho, ¹Angela Maria dos Santos, ¹Heliza Colaço Góes

¹Instituto Federal do Paraná - Campus Curitiba

²Secretaria Municipal de Curitiba - SME

DOI 10.52050/9788579177255-10

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo criar e validar um planejamento pedagógico para o ensino das estações do ano, elaborado com base no Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA), considerando a diversidade dos estudantes e a necessidade de superar abordagens descontextualizadas desse conteúdo no modelo tropical brasileiro. Assim, o estudo, de abordagem qualitativa, foi desenvolvido a partir de análise bibliográfica e documental, tomando como referência a Base Nacional Comum Curricular, as diretrizes do DUA e estudos sobre planejamento inclusivo. A proposta organiza uma sequência de três aulas para uma turma simulada do 4º ano do ensino fundamental dos anos iniciais, considerando o levantamento de conhecimentos prévios, utilização de recursos concretos e visuais, pesquisa sobre as regiões brasileiras e produção de história em quadrinhos. A análise do planejamento evidencia que a organização prévia das estratégias possibilita antecipar barreiras, diversificar formas de acesso à informação e ampliar as possibilidades de participação e expressão dos estudantes. Acredita-se que um planejamento orientado pelo DUA apresenta potencial para favorecer práticas de ensino mais acessíveis, contextualizadas e flexíveis, sobretudo quando considera a realidade da turma desde a concepção da proposta.

Palavras-chave: Desenho Universal para Aprendizagem. Planejamento pedagógico. Ensino de Ciências. Estações do ano. Inclusão.

1. INTRODUÇÃO

O ensino das estações do ano é apresentado no currículo de Ciências dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental, mas costuma ser ensinado por meio de imagens e explicações que pouco dialogam com a diversidade climática brasileira. Representações como neve durante o inverno, folhas secas no outono e flores intensas na primavera costumam refletir um padrão vinculado a países do hemisfério norte. Essa perspectiva pode comprometer a compreensão dos estudantes, já que frequentemente não dialoga com as experiências observadas no contexto brasileiro, marcado por diferentes regimes climáticos. Selles e Ferreira (2004) indicam que tais representações decorrem, em parte, da incorporação acrítica de materiais didáticos produzidos a partir de outras realidades culturais e geográficas.

Nesse sentido, compreender as estações do ano requer a problematização das imagens padronizadas, o diálogo com o cotidiano dos estudantes e a construção de relações entre conhecimentos científicos e experiências locais. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) apresenta a importância de práticas que considerem vivências, interesses, necessidades e diferentes formas de participação dos estudantes no processo de aprendizagem (BRASIL, 2018).

Nesse contexto, o Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) apresenta-se como uma abordagem para orientar o planejamento pedagógico, pois propõe que objetivos, métodos, materiais e avaliações sejam pensados desde o início para contemplar a variabilidade dos estudantes (SEBASTIÁN-HEREDERO, 2020). Assim, o planejamento deixa de ser apenas uma etapa burocrática e passa a funcionar como instrumento de antecipação de barreiras, organização de apoios e diversificação das formas de engajamento, representação e ação e expressão (CAST, 2024). O objetivo deste estudo é analisar um planejamento pedagógico baseado no DUA para o ensino das estações do ano, identificando suas contribuições para um processo de ensino e aprendizagem de Ciências mais inclusivos, contextualizados e flexíveis.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa caracteriza-se como qualitativa, pois busca compreender e organizar uma proposta pedagógica situada no campo educacional, considerando o contexto, os sujeitos e as práticas envolvidas (LÜDKE; ANDRÉ, 2018). O estudo foi desenvolvido no âmbito de uma proposta de planejamento para o ensino das estações do ano no 4º ano do ensino fundamental, com o objetivo de analisar o próprio planejamento, ainda em fase anterior à aplicação em sala de aula.

Os procedimentos metodológicos envolveram análise bibliográfica e documental. A análise bibliográfica contemplou estudos sobre o DUA, planejamento docente e problematização de abordagens eurocêntricas no ensino das estações do ano. A análise documental considerou a BNCC, no que se refere à necessidade de associar conhecimentos científicos às experiências dos estudantes. Com base nesses referenciais, foi construída uma turma simulada, composta por diferentes perfis de aprendizagem, incluindo estudantes com baixa visão, estudante imigrante, estudante com Transtorno do Espectro Autista e estudantes com diferentes níveis de participação e engajamento, conforme a Figura 1:

Figura 1 - Início do planejamento pedagógico 4º ano do Ensino Fundamental dos Anos Iniciais

IDENTIFICAÇÃO	Ano/Série: 4º ano do Ensino Fundamental Disciplina: Ciências Tema: Terra e Universo: Estações do Ano Duração: 3 aulas de 50 minutos cada
Característica da turma • A turma é composta por 25 estudantes, com idades de 10 a 11 anos, sendo 13 estudantes meninas e 12 estudantes meninos. Estes estudantes são participativos, é uma turma unida e com diferentes estilos de aprendizagem; • Dentre estes estudantes, uma estudante possui o laudo de TEA (Transtorno do Espectro Autista), nível 2 de suporte. Possui grande interesse por histórias em quadrinho; • E um estudante com baixa visão, com a perda de visão periférica, conseguindo enxergar as imagens que se formam no centro do olho e não visualizando o que está ao redor; POTENCIALIDADES • Inclusão real e efetiva: A aula considera diferentes formas de aprendizagem e oferece múltiplas formas de participação e expressão. • Desenvolvimento de competências sociais e cognitivas: Estimula a cooperação, a empatia, a comunicação e a resolução de problemas. • Engajamento nas discussões: Os estudantes possuem grande interesse por ciências acompanhando canais no youtube e em sala de aula trazendo debates sobre os assuntos que pesquisaram durante as aulas, e tem interesse em discussões que promovam a reflexão; • Flexibilidade pedagógica: Os recursos e estratégias foram planejados para atender a uma diversidade de perfis na mesma proposta. • Fortalecimento da autonomia e autoavaliação: Ao escolher como participar, como registrar e como resolver os desafios, os estudantes exercitam a autorregulação. • Conexão com o pensamento complexo: Ao articular teoria e prática, diversidade e colaboração, a proposta estimula uma visão mais ampla do conhecimento. • Espírito colaborativo: a grande maioria dos estudantes gosta de trabalhar em equipe;	

Fonte: Acervo dos pesquisadores (2026)

O planejamento foi organizado em três aulas. A primeira aula contempla o levantamento dos conhecimentos prévios e a apresentação inicial do tema, com registros por fala, escrita e desenho, além do uso de globo terrestre e lanterna para representar movimentos da Terra e sua relação com as estações. A segunda aula propõe a ampliação das formas de representação por meio de vídeo, imagens, pesquisa em grupo e comparação das estações nas diferentes regiões do Brasil. A terceira aula prevê a produção de uma história em quadrinhos, permitindo que os estudantes sistematizem o que aprenderam por meio de linguagem visual, narrativa e colaborativa. A avaliação é processual, considerando participação, registros, interações, argumentações e produções dos estudantes.

3. RESULTADOS

Embora a proposta não tenha sido aplicada, a análise do planejamento possibilita identificar o ensino inclusivo de Ciências, pois o primeiro aspecto observado é o diagnóstico inicial da turma. Ao prever momentos de escuta, registro e expressão dos conhecimentos prévios, o planejamento reconhece que os estudantes chegam à aula com experiências distintas sobre clima, paisagem e fenômenos naturais. Essa escolha aproxima-se do princípio do engajamento, pois valoriza interesses, pertencimentos e repertórios culturais como ponto de partida para a aprendizagem (CAST, 2024).

Outro resultado previsto refere-se à diversificação das formas de representação, pois a utilização de globo, lanterna, imagens, vídeos, relatos familiares, pesquisa e materiais impressos cria diferentes caminhos de acesso ao conteúdo. Essa organização com os conceitos relacionados aos movimentos da Terra e às estações do ano podem ser abstratos para estudantes dos Anos Iniciais. Ao combinar explicação oral, manipulação de objetos, visualização de imagens e investigação coletiva, o planejamento amplia as possibilidades de compreensão e reduz a dependência de uma única forma de ensino (SEBASTIÁN-HEREDERO, 2020).

A proposta pode representar situações padronizadas das estações do ano, pois a pesquisa sobre as regiões brasileiras possibilita problematizar a ideia de que todas as localidades vivenciam as estações da mesma maneira. Assim, os estudantes podem comparar as características climáticas de diferentes contextos, perceber a existência de períodos secos e chuvosos e associar o conteúdo escolar com experiências familiares e comunitárias. Essa escolha pode desenvolver o letramento científico, pois proporciona a interpretação dos fenômenos naturais a partir de evidências, observações e comparações contextualizadas.

No campo da ação e expressão, a produção da história em quadrinhos apresenta uma estratégia que possibilita que os estudantes comuniquem suas aprendizagens por meio de desenhos, textos curtos, organização sequencial e trabalho em grupo, a atividade amplia as formas de apresentar conhecimento. Além disso, associa-se com interesses da turma simulada e proporciona alternativas para estudantes que podem encontrar barreiras em avaliações escritas. Essa compreensão está associada à perspectiva de que o planejamento com DUA não deve ser entendido como roteiro fixo, mas como processo flexível de tomada de decisões pedagógicas, aberto ao redesenho conforme as respostas da turma (SEBASTIÁN-HEREDERO; GÓES; GÓES, 2025).

A análise apresenta que o planejamento inclusivo não depende necessariamente de recursos de alto custo. Embora a proposta preveja a

possibilidade de uso de óculos de realidade virtual, mas apresenta alternativas, como projetor, televisão ou imagens impressas. Essa previsão expressa que a ausência de determinado recurso não inviabiliza a aula e possibilita desenvolver materiais flexíveis. Desse modo, o planejamento orientado pelo DUA pode contribuir para a prática docente, pois possibilita a adaptação posterior para a organização antecipada de oportunidades de aprendizagem para os estudantes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo possibilita analisar que o planejamento pedagógico baseado no DUA apresenta contribuições para o ensino das estações do ano, por considerar a diversidade dos estudantes desde a concepção da proposta. Ao associar diagnóstico inicial, recursos concretos, representações visuais, pesquisa regional, produção colaborativa e avaliação processual, o planejamento amplia as possibilidades de participação e expressão, além de proporcionar a contextualização do conteúdo de Ciências.

Conclui-se que a proposta analisada pode superar abordagens eurocêntricas e padronizadas, pois incentiva os estudantes a compreenderem as estações do ano a partir das diferentes realidades brasileiras. Como limitação, destaca-se que os resultados apresentados ainda se referem à análise do planejamento, sendo necessária a aplicação em contexto real para observar interações, dificuldades e necessidades de redesenho. Ainda assim, o estudo apresenta que planejar com base no DUA é um caminho para construir práticas pedagógicas acessíveis e flexíveis com a educação inclusiva.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 13 maio 2026.

CAST. *Diretrizes do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA)* versão 3.0. Wakefield, MA: CAST, 2024. Disponível em: <https://udlguidelines.cast.org>. Acesso em: 2 maio 2026.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2018.

SEBASTIÁN-HEREDERO, Eladio. Diretrizes para o Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA). *Revista Brasileira de Educação Especial*, Bauru, v. 26, n. 4, p. 733-768, out./dez. 2020. DOI: 10.1590/1980-54702020v26e0155. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1980-54702020v26e0155>. Acesso em: 11 maio 2026.

SEBASTIAN-HEREDERO, Eladio; GÓES, Anderson Roges Teixeira; GÓES, Heliza Colaço. Planificación docente en el contexto del Diseño Universal para el Aprendizaje: fundamentos y estrategias. *Revista Educação Especial*, Santa Maria, v. 38, p. 1-24, 2025. DOI: 10.5902/1984686X93528. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial>. Acesso em: 11 maio 2026.

SELLES, Sandra Escovedo; FERREIRA, Márcia Serra. Influências histórico-culturais nas representações sobre as estações do ano em livros didáticos de ciências. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 10, n. 1, p. 101-110, 2004.

Análise qualitativa de experiências de pessoas com deficiência cadeirantes usuários de fralda em banheiros com acessibilidade

Isadora Castanho, Maria Lúcia Okimoto, Flávio Issao Kubota

Universidade Federal do Paraná

DOI 10.52050/9788579177255-11

1. O CENÁRIO ATUAL NO BRASIL

No Brasil, dados da Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) realizada em 2019 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apontam que cerca de 7,8 milhões de brasileiros possuem deficiência física nos membros inferiores, isto corresponde a 3,8% da população acima de 2 anos (CNN Brasil, 2021). No entanto, não foram encontrados dados sobre o uso de fralda por pessoas com deficiência (PcD) cadeirantes no Brasil.

A Lei de Acessibilidade no Brasil nº 10.098 exige que todos os estabelecimentos públicos e privados, bem como ambientes físicos e digitais, estejam de acordo com as necessidades de acessibilidade da PcD. Os critérios de acessibilidade são definidos pela NBR 9050, norma brasileira de acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, e pela Norma ISO 9241-210, norma internacional para a ergonomia nas interações humano-sistema, cujo anexo 600 trata da ergonomia do ambiente físico.

A norma NBR 9050 dedica o capítulo 7 às condições mínimas de acessibilidade para sanitários, banheiros e vestiários, sendo o subcapítulo 7.9 dedicado a sanitários e banheiros com trocador para criança e adulto para sanitário familiar, que exige uma superfície mínima para troca de roupas na posição deitada, de dimensões 0,70m de largura por 1,80m de comprimento, a 0,46m de altura do chão, e que suporte um mínimo de 150 kg.

O projeto de lei 451/23 na câmara dos deputados estabelece a instalação de fraldário acessível ao idoso, pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida em edifícios públicos e privados onde haja circulação maior do que 500 pessoas. Esta proposta pretende ser inserida na Lei da Acessibilidade, que obriga que todos os edifícios devem ter ao menos um banheiro com acessibilidade para PcD. Outros projetos de lei com propostas similares à nível estadual e federal

estão em tramitação, como o projeto de lei 9448/17, da lei 265/2022 no estado do Paraná e da lei 285/2023 no Mato Grosso do Sul.

Apesar destes esforços coletivos, raramente se encontra banheiros com estações de troca de fralda que atendam as necessidades de cadeirantes adultos. Mais frequentemente, os banheiros públicos possuem estações de troca para crianças de até 2 anos, com dimensões e capacidade de carga que impossibilita a adaptação ao uso por adultos de forma segura. Este cenário configura uma violação dos direitos humanos à acessibilidade, integridade e saúde da Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência (Treiman, 2023), tratado internacional de direitos humanos das Nações Unidas.

Em um estudo realizado por Treiman, Cheng e Oswald (2024) nos Estados Unidos, foram entrevistadas pessoas com deficiência usuárias de fralda e cuidadores para compreender os desafios encontrados por elas para a realização da troca de fralda em locais públicos. Todos os entrevistados relataram o uso de locais improvisados, como dentro de um veículo em estacionamento público, no chão de um banheiro ou utilizaram trocadores de fralda para bebês, sendo que 75% dos entrevistados alegaram terem improvisado outros cenários, como banco de parque, mesa de piquenique e corredores de aeroporto.

Nos Estados Unidos, a legislação que proíbe a discriminação contra pessoas com deficiência não requer explicitamente que mesas de troca de fralda para adultos sejam instaladas em banheiros de espaços públicos (Treiman, 2023).

2. INICIATIVAS E SOLUÇÕES DE TECNOLOGIA ASSISTIVA

No mercado, é possível encontrar soluções de Tecnologia Assistiva (TA) para este problema, no entanto, deve-se reforçar a importância da implementação destas soluções em banheiros de espaços públicos. O Hospital Universitário de Santa Maria (HUSM), no Rio Grande do Sul, inaugurou em junho de 2024 um fraldário adulto para pacientes ambulatoriais e cadeirantes, além de pacientes ostomizados. O espaço permite que os usuários possam realizar a troca com ou sem ajuda de um cuidador, e o trocador consiste de uma maca fixa com altura adequada para o deslocamento a ser feito da cadeira de rodas para a mesa. O fraldário beneficia públicos de todas as idades, desde bebês a idosos.

Na Inglaterra, a organização Changing Places começou em 2005 com o intuito de disseminar a importância da instalação de banheiros com estações de troca de fralda, com equipamentos que facilitem o acesso, como mesas de troca e guinchos (figura 1). O site da organização conta com uma ferramenta de busca de locais públicos como restaurantes, shopping, museus, entre outros, que contam com banheiros que possuem fraldário.



Figura 1 - Banheiro acessível da Changing Places (2025).

A instituição Patient Safety USA, dos Estados Unidos, menciona uma mesa de troca já existentes no mercado, como a Pressalit Care nursing bench 3000 series (figura 2), com ajuste elétrico de altura e com encosto dobrável, enquanto a Rifton, fabricante americana de soluções em acessibilidade, propôs em 2011 uma estação de suporte vertical alternativa às mesas de troca (figura 3).



Figura 2 - Pressalit Care Nursing Bench 3000 series (2025).



Figura 3 - Rifton Support Station (2025).

3. EXPERIÊNCIAS PESSOAIS

Para compreender as necessidades desta população, foram entrevistados 3 PcD cadeirantes adultos usuários de fralda selecionados de forma aleatória, conforme disponibilidade. Foi feita a coleta das assinaturas de um Registro de Consentimento Livre e Esclarecido (RCLI), assinado pelo entrevistado ou por seu responsável legal.

A coleta de dados foi realizada por meio de entrevista semiestruturada para explorar a vivência e o conhecimento empírico no que tange o uso de fraldas e o seu manejo em banheiros de locais públicos. Perguntou-se sobre a rotina dos indivíduos, as atividades que realizam, o sentimento com relação ao uso de fralda e as experiências com a troca de fralda em banheiros de espaços públicos. As perguntas do questionário foram criadas com base em artigos da revisão da literatura e de entrevistas informais não estruturadas realizadas com outras PcD e cuidadores.

Os dados coletados passaram por análise qualitativa das observações e experiências vividas pelos entrevistados, e contemplam de forma geral as necessidades básicas humanas e as qualidades do produto.

3.1 Perfil dos Entrevistados

O indivíduo A, homem de 71 anos, adquiriu a deficiência há cerca de 9 anos, mielite transversa que causou a paralisia dos membros inferiores. Ele relata que faz a própria higiene pessoal. O indivíduo A vive sozinho e dirige o próprio carro, faz atividades como ir ao mercado e ir à fisioterapia duas vezes por semana. O deslocamento é feito de carro.

O indivíduo B, mulher de 50 anos, é cuidadora de sua mãe, de 70 anos, vítima de AVC que causou a perda da fala e dos movimentos dos membros inferiores, necessitando da ajuda da cuidadora para realizar a higiene pessoal. Juntas, frequentam a ADFP duas vezes por semana para sessões de fisioterapia da mãe e ao dentista quando necessário, e a cuidadora conta ainda que leva sua mãe consigo à toda saída de casa, como idas ao mercado e ao restaurante popular. O deslocamento é realizado via ônibus.

O indivíduo C, mulher de 68 anos, é cuidadora do filho de 43 anos, vive com sequelas de traumatismo craniano após uma queda em casa, entre elas a perda dos movimentos dos membros inferiores e de autonomia no geral. As atividades da semana consistem em visitas ao médico, dentista e sessões de fisioterapia duas vezes na semana. O Indivíduo C conta que o deslocamento do filho às suas atividades é feito de ambulância.

Os resultados foram divididos em 3 tópicos principais, sendo o impacto no convívio social, os riscos à saúde e segurança e as expectativas com relação ao futuro dos banheiros com acessibilidade.

O impacto no convívio social foi descrito por todos os entrevistados como fator determinante no planejamento das atividades fora de casa. Quando questionados se em algum momento encontraram banheiros para PcD com condições ideais para a troca de fralda, todos responderam que não. O uso da fralda foi apontado como causador de constrangimento por dois entrevistados. O indivíduo A comenta que devido à incontinência urinária, não consegue prever em que momento a fralda será usada, e que o odor e o desconforto geram constrangimento, enquanto o indivíduo B relata que sua mãe recuperou o controle das necessidades fisiológicas após sentir-se constrangida com momentos em que precisou usar a fralda em ambientes públicos, o que acarretou outros problemas como constipação, ressecamento e dores abdominais.

O indivíduo A comenta que teve experiências com banheiros de países da Europa como Espanha e Portugal, e que mesmo em países desenvolvidos, não encontrou banheiros satisfatórios para a troca da fralda. O indivíduo A comentou que gosta de assistir a jogos em estádios de futebol, e que em um destes eventos o odor da fralda lhe causou constrangimento, mas optou por permanecer até o fim do jogo mesmo em desconforto.

O risco de constrangimento gera a necessidade de planejamento para as saídas que não podem ser evitadas, sendo utilizadas estratégias como o controle de necessidades fisiológicas, a redução do consumo de líquidos e alimentos antes e durante as saídas, bem como o uso de medicações para incontinência urinária e supositórios.

3.3 Riscos à saúde e segurança

Nas situações em que não se pode adiar ou evitar uma troca de fralda em banheiros de espaços públicos, todos os entrevistados relatam situações de imprevisto para adaptar um ambiente para a realização da troca.

O indivíduo A aponta que já fez sua troca dentro de um carro, no chão do banheiro, usando uma cadeira de banho adaptada para PcD, e quando visita a casa de seus familiares, utiliza uma cama para a atividade. O indivíduo B conta que a troca é realizada em banheiros públicos apenas em último caso, e que faz a troca com a cadeirante de pé, apoiada em seus ombros, fazendo o mais rápido possível para evitar a queda e outros acidentes que possam ocorrer com a mãe cadeirante.

O indivíduo C conta que apenas realiza as trocas em casa, e caso haja necessidade, devido às atividades do cadeirante serem predominantemente em ambientes médicos, utiliza uma cama ou maca para a troca. Os indivíduos A e B apontam para o risco de contaminação, infecções do trato urinário e riscos de queda em suas experiências passadas. Os indivíduos B e C relatam sentirem dores no corpo devido ao esforço de movimentar e carregar as pessoas com deficiência que estão sob os seus cuidados.

3.4 Expectativas dos Entrevistados

Todos os entrevistados gostariam que houvessem soluções disponíveis para troca de fralda para adultos em banheiros de locais públicos, e que isto proporcionaria maior liberdade e auto estima, acredita o indivíduo A, mais praticidade e segurança, segundo o indivíduo B, e menos dificuldades no geral, aponta o indivíduo C. O indivíduo A conta ter curiosidade por soluções existentes no mercado para este problema, que faz pesquisas informalmente sobre o tema, e citou algumas das soluções que encontrou, como modelos de cama retrátil para troca.

3.5 Considerações para estudos futuros

O pequeno número de candidatos gerou pequeno volume de dados e o perfil diversificado dos entrevistados se mostram como fatores limitadores ao trabalho. Houve dificuldade em encontrar pessoas a serem entrevistadas, não só devido ao problema abordado neste trabalho ser enfrentado por uma pequena parcela da população, mas também por ser um assunto íntimo e privado, o que torna o assunto delicado e nem todos os que lidam com este problema estão dispostos a conversar abertamente sobre o tema. Para trabalhos futuros, é indicado que sejam entrevistados no mínimo 5 indivíduos para que se possa fazer uma análise estatística. O perfil do entrevistado também deve ser definido, uma vez que a vivência da pessoa com deficiência é diferente da vivência do cuidador, em aspectos como autonomia e constrangimento. Diferenças de gênero devem ser levadas em conta, uma vez que mulheres cadeirantes em idade fértil e que usem fralda podem lidar ainda com o período menstrual, podendo ser fator adicional ao estudo. As experiências de indivíduos de diferentes classes sociais devem ser investigadas para identificar se elas são distintas entre si.

4. CONCLUSÃO

Nota-se que há uma demanda por soluções eficazes para o problema. A falta de soluções para troca de fralda em banheiros para PcD gera uma série de inconvenientes para a parte da população que enfrenta este problema. As atividades fora de casa que são priorizadas se limitam a compromissos médicos e terapias, e atividades de lazer são vistas como inviáveis, uma vez que exigem um planejamento em torno da gestão das necessidades fisiológicas, devido ao risco de não haver a possibilidade de ser feita a troca da fralda de maneira segura e confortável.

As soluções existentes apresentadas na seção 1 podem mitigar o problema, desde que sejam implementadas nos banheiros para PcD de locais públicos. Isto pode ser reforçado com um maior rigor ao cumprimento da Lei de Acessibilidade no Brasil, e com adequação às normas NBR 9050 e ISO 9241-210.

Existem muitas soluções em TA para este problema, mas a implementação em espaços públicos deve ser incentivada, uma vez que aqueles que se beneficiariam ainda se encontram insatisfeitos com a situação da acessibilidade nos banheiros públicos para o fim de troca de fralda de PcD adultos cadeirantes. Estudos futuros com amostras maiores da população reforçarão a importância de uma maior atenção a este público, como integrantes da sociedade que merecem ter suas necessidades básicas humanas atendidas.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro. 2015.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 9241-210:2021. Ergonomia da interação humano-sistema. Genebra, Suíça, 2010.

Changing Places Toilets. Disponível em: <<https://www.changing-places.org/>>. Acesso em: 9 dez. 2025.

Estabelecimentos deverão disponibilizar fraldário acessível para idosos, crianças e pessoas com deficiência. Disponível em: <<https://anoticiadigital.com.br/noticia/38695/estabelecimentos-deverao-disponibilizar-fraldario-acessivel-para-idosos-criancas-e-pessoas-com-deficiencia>>. Acesso em: 9 dez. 2025.

HUSM inaugura fraldário adulto para uso de pacientes ambulatoriais e cadeirantes. Disponível em: <<https://www.gov.br/ebserh/pt-br/hospitais-universitarios/regiao-sul/husm-ufsm/comunicacao/noticias/husm-inaugura-fraldario-adulto-para-uso-de-pacientes-ambulatoriais-e-cadeirantes>>. Acesso em: 9 dez. 2025.

JANONE, L.; ALMEIDA, P. Brasil tem mais de 17 milhões de pessoas com deficiência, segundo IBGE. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/brasil-tem-mais-de-17-milhoes-de-pessoas-com-deficiencia-segundo-ibge/?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 9 dez. 2025.

LEI No 10.098, DE 19 DE DEZEMBRO DE 2000. Disponível em: <http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw_Identificacao/lei%2010.098-2000?OpenDocument>. Acesso em: 9 dez. 2025.

Leis de acessibilidade: quais são, importância e quem fiscaliza? Disponível em: <<https://www.hantalk.me/br/blog/leis-de-acessibilidade/>>. Acesso em: 9 dez. 2025.

Matéria determina instalação de trocadores às pess... Disponível em: <<https://al.ms.gov.br/Noticias/138333/materia-determina-instalacao-de-trocadores-as-pessoas-com-deficiencia#>>. Acesso em: 9 dez. 2025.

Projeto determina instalação de fraldário acessível para idosos e deficientes em grandes edifícios - Notícias. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/noticias/938900-projeto-determina-instalacao-de-fraldario-acessivel-para-idosos-e-deficientes-em-grandes-edificios/>>. Acesso em: 9 jan. 2025.

PSAFETY. Changing Tables For Special Needs & Disabled Adults. Disponível em: <<https://www.patientsafetyusa.com/blog/finding-the-best-adult-changing-table-for-your-needs/>>. Acesso em: 9 dez. 2025.

Toileting revolutionized. Disponível em: <<https://www.rifton.com/education-center/articles/toileting-revolutionized>>. Acesso em: 9 dez. 2025.

TREIMAN, G. No Dignity on the Floor: A Human Rights Argument for Adult-Sized Changing Tables in Public Restrooms in the United States. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10309150/pdf/hhr-25-01-213.pdf>>. 2023.

TREIMAN, G.; CHENG, M.; OSWALD, M. "This is not built for me": A qualitative study of adult-sized changing tables and public restroom accessibility. *Disability and Health Journal*, p. 101520, 29 ago. 2024.

Trocador Adulto - Espaço seguro e confortável suportando até 150kg facilmente. Disponível em: <<https://solucaoacessivel.com.br/trocador-adulto/>>. Acesso em: 9 jan. 2025.

Desenho universal de Tecnologia Assistiva para o ensino de violino com foco em pessoas cegas

¹Vinicius Luiz Lisboa Miguel, ¹Andre Vitkoski Diogo dos Santos, ¹Vanessa Teixeira, ¹Alvaro Ricardo Ferreira Bento Junior, ¹Piter Pauvelz Cusatis, ¹Daniel Carvalho Micol, ²Ellen Carolina Ott, ²Leônia Gabardo Negrelli, ¹Flávio Issao Kubota, ¹Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto

¹ Universidade Federal do Paraná (UFPR -LABERG)

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

DOI 10.52050/9788579177255-12

RESUMO

O presente trabalho analisa o design, usabilidade e aplicação prática de acessórios assistivos para o estudo prático de violino no desenvolvimento de produtos de Tecnologia Assistiva, Open Source, no contexto de estudantes cegos sem acesso a muitos recursos. A metodologia adotou os princípios do Design Centrado no Usuário, integrando a fabricação digital por impressão 3D com sessões iterativas de apresentação, avaliação e testes dos produtos com os alunos e especialistas. Foram desenvolvidos e testados três artefatos complementares: moldes táteis para as cravelhas, um apoio para localização de notas no braço do instrumento e um guia magnético para o arco (colimador). Os resultados indicam que o envolvimento direto dos usuários finais e a aplicação do método científico permitiram aprimoramentos cruciais: os moldes para cravelhas mostraram-se eficazes como guia de orientação espacial tátil, e o guia para o arco evoluiu para um sistema magnético estável e seguro, enquanto o apoio de braço foi cientificamente descartado por interferir negativamente na técnica e na acústica. Conclui-se que o uso da manufatura aditiva para a concepção de ferramentas de Tecnologia Assistiva é viável, supera a limitação de artefatos importados de alto custo e contribui ativamente para o engajamento e a democratização do estudo musical. A experiência consolida a importância da integração entre pesquisa, ensino e extensão, alinhando-se aos objetivos estratégicos do NAPI-TA na disseminação do conhecimento e na redução de barreiras sociais.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva. Acessibilidade. Design Centrado no Usuário. Desenho Universal.

ABSTRACT

This study analyzes the design, usability, and practical application of assistive accessories for practical violin study in the development of open-source assistive technology products, specifically for blind students who lack access to many resources. The methodology adopted the principles of User-Centered Design, integrating digital fabrication via 3D printing with iterative sessions of product presentation, evaluation, and testing with students and experts. Three complementary devices were developed and tested: tactile molds for the tuning pegs, a support for locating notes on the instrument's neck, and a magnetic guide for the bow (collimator). The results indicate that the direct involvement of end users and the application of the scientific method enabled crucial improvements: the fingerboard templates proved effective as a tactile spatial orientation guide, and the bow guide evolved into a stable and secure magnetic system, while the arm support was scientifically ruled out for negatively interfering with playing technique and acoustics. It is concluded that the use of additive manufacturing for the design of Assistive Technology tools is feasible, overcomes the limitation of high-cost imported devices, and actively contributes to engagement and the democratization of music education. This experience reinforces the importance of integrating research, teaching, and outreach, aligning with NAPI-TA's strategic objectives in the dissemination of knowledge.

Keywords: Assistive Technology. Accessibility. User-centered Design. Universal Design

1. INTRODUÇÃO

A aprendizagem musical representa uma importante ferramenta de desenvolvimento cognitivo e inclusão social. Para as pessoas com deficiência visual (cegas ou com baixa visão), a música enriquece a vida diária, promove a auto expressão e o envolvimento social, ajudando a desenvolver um senso de comunidade (BAKER; GREEN, 2018; MACK et al., 2021). Como esse público utiliza ativamente a audição para compensar a falta de visão, a prática musical torna-se uma fonte de prazer pessoal (LU et al., 2023) e deve ser vista não apenas como uma habilidade isolada, mas como uma atividade que facilita a integração na sociedade e pode até mesmo gerar oportunidades de trabalho (ZHANG et al., 2025).

Apesar dessa importância e dos efeitos positivos, o ensino de música para pessoas com deficiência visual enfrenta desafios estruturais significativos,

caracterizados por uma notável carência de recursos pedagógicos adequados (PINO; VILADOT, 2019). O ambiente de ensino musical tradicional baseia-se fortemente em métodos visuais, como o uso de partituras convencionais e demonstrações gestuais feitas por professores. No caso de instrumentos complexos como o violino, as barreiras são ainda maiores, pois sua prática exige o controle preciso da postura e do arco (SUZUKI, 1978), além da decodificação simultânea das partituras.

A principal ferramenta de leitura adaptada disponível atualmente é a musicografia Braille, contudo, ela exige um processo contínuo e complexo de leitura tátil, demandando grande capacidade de abstração e memorização. Devido a essas dificuldades no processo contínuo de leitura tátil, muitos estudantes acabam preferindo aprender música “de ouvido”, valendo-se da comparação com gravações de áudio e plataformas como o YouTube (GOLDSTEIN, 2000; BAKER; GREEN, 2016). No entanto, a literatura aponta que o maior obstáculo para a formação do músico com deficiência visual não é a complexidade de aprender o código Braille em si, mas a profunda escassez de partituras que são transcritas para este sistema, o que limita consideravelmente o desenvolvimento e a autonomia do aluno (BONILHA, 2010).

Nesse cenário, pesquisas e buscas extensivas no mercado revelaram uma lacuna crítica: faltam sistemas integrados que combinam o aprendizado teórico musical ao suporte instrumental tátil. Os acessórios físicos para auxiliar o manuseio e estudo do violino que existem no mercado costumam ser importados e possuem um alto custo, o que os torna inviáveis para grande parte dos estudantes.

Diante dessas barreiras, a Tecnologia Assistiva (TA) surge como um campo promissor para promover a inclusão, atuando como uma extensão das capacidades sensoriais dos alunos e criando pontes para o conhecimento (PRITCHARD et al., 2021). Nesse contexto, a fabricação digital por meio da impressão 3D se apresenta como uma solução de baixo custo para o desenvolvimento de alternativas acessíveis (SANCHES, 2023). Assim, levantou-se a seguinte questão de pesquisa: Visto a não democratização de artefatos consolidados no mercado e as barreiras dos métodos tradicionais, como produtos táteis de baixo custo fornecidos ou modelados via manufatura aditiva podem ser integrados no ensino e quão funcionais eles são para o pleno desenvolvimento prático do estudo de violino para pessoas cegas?

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento dos acessórios buscou tornar o contato tátil com o violino mais acessível e facilitar o processo inicial de aprendizagem do

instrumento. Para viabilizar a produção e manter o baixo custo do projeto, optou-se pela utilização de manufatura aditiva (impressão 3D), empregando o filamento plástico PLA.

A partir da análise das dificuldades enfrentadas pelos alunos, foram projetados e fabricados três acessórios complementares:

1. Moldes para cravelhas: Peças impressas em 3D projetadas para envolver as cravelhas do violino, contendo identificação tátil para cada respectiva corda. Para a fabricação dos moldes das cravelhas, optou-se pela manufatura aditiva utilizando impressão 3D em resina. O design priorizou a criação de peças finas e com marcações em Braille em proporções adequadas, assegurando que o dispositivo não atrapalhasse o manuseio do violino. Embora o acabamento estético não tenha sido o foco primário nesta etapa de prototipagem, a fixação dos moldes nas cravelhas originais do instrumento foi realizada utilizando fita dupla face fina de alta qualidade, garantindo a aderência necessária para os testes sem causar danos ao violino.
2. Apoio para localização de notas musicais: Uma peça fixada no braço do violino, que apresenta marcas táteis em relevo. Seu objetivo é guiar o usuário na localização espacial da posição da mão esquerda ao longo do espelho do instrumento para encontrar as notas musicais. A concepção deste acessório seguiu uma abordagem iterativa e empírica. Inicialmente, cogitou-se a aplicação de guias táteis diretamente sobre o espelho do braço do violino de forma análoga aos trastes de violões e baixos, utilizando materiais simples como papel sulfite e fita. Contudo, os testes preliminares demonstraram rapidamente que essa interferência física afetava a acústica do instrumento, alterando completamente o som e prejudicando o estudo e a interpretação das notas. Para contornar esse problema, a equipe projetou um segundo modelo, manufaturado em impressão 3D (PLA), desenhado para ser encaixado na parte de trás do braço do violino, com o intuito de guiar a localização espacial da mão esquerda do usuário sem tocar nas cordas.
3. Guia para o arco: Como as opções de mercado são importadas e de alto custo, a equipe decidiu focar na modelagem 3D deste acessório. O desenvolvimento do colimador exigiu uma extensa prototipagem iterativa. A versão inicial consistiu em uma manufatura baseada em um modelo amador obtido na internet. Contudo, os testes práticos com os alunos cegos revelaram que essa peça não encaixava corretamente e carecia de firmeza quando o estudante encostava o arco no colimador. A partir desse diagnóstico, a equipe estruturou novos modelos para

avaliação estrutural. Foram testadas versões mais firmes, que acabaram apresentando o risco de arranhar e danificar o instrumento, e versões mais largas, que se mostraram instáveis e tendiam a inclinar para uma posição incorreta durante o estudo. Para solucionar definitivamente essas barreiras mecânicas, a última versão do design foi reformulada em um modelo de duas partes conectadas por um ímã. Esse novo mecanismo magnético impede a pressão excessiva (que poderia causar danos ao violino), ao mesmo tempo em que mantém o objeto perfeitamente firme e estável para a execução do movimento paralelo ao cavalete.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação prática dos acessórios foi conduzida por meio de sessões de testes de usabilidade com os próprios estudantes de violino com deficiência visual. Os retornos obtidos indicaram diferentes níveis de eficiência para cada peça:

1. Moldes para cravelhas: O acessório foi considerado um sucesso pelos usuários e especialistas. Os estudantes relataram que a peça facilitou significativamente o processo de afinação, que costuma ser uma barreira complexa para iniciantes. Em relação aos moldes para as cravelhas, os testes práticos revelaram que a solução foi validada e aprovada pela professora especialista como um excelente guia de orientação espacial. O tamanho e o relevo em Braille cumpriram o objetivo de auxiliar o aluno cego a identificar corretamente qual corda está prestes a manusear. No entanto, observou-se que, mesmo com esse auxílio tátil de localização, o ato mecânico de afinar o violino com precisão permanece sendo um desafio complexo para pessoas com deficiência visual. Diante dessa limitação, aponta-se como trabalho futuro a necessidade de desenvolver e testar novos artefatos assistivos que sejam projetados especificamente para facilitar a mecânica da afinação.
2. Apoio para localização de notas (Braço do Violino): Embora o modelo 3D encaixado atrás do braço tenha parecido promissor em uma primeira instância, sua validação em contexto real revelou falhas ergonômicas críticas. Durante os testes, a professora especialista e orientadora Ellen apontou que a presença da peça estorvava severamente a pega do aluno no instrumento e interferia negativamente na mecânica do ensino. A equipe observou que, longe de agregar ao desenvolvimento motor e cognitivo dos estudantes, o acessório estava, na verdade, dificultando

o processo de aprendizagem e prejudicando a postura correta da mão esquerda.

3. Guia para o arco: As avaliações iniciais evidenciaram que os primeiros modelos testados não obtiveram sucesso, pois apresentavam um encaixe inconsistente e um formato que dificultava o posicionamento correto pelo usuário. No entanto, a partir das rodadas de otimização detalhadas na metodologia, que culminaram na versão de duas partes conectadas por ímã, identificou-se um guia de arco eficiente, de baixo custo e de fácil utilização. Este modelo final superou as limitações de design e instabilidade anteriores, mostrando-se uma solução acessível e prática que elimina a dependência de produtos importados de alto custo.

4. CONCLUSÃO

O estudo evidenciou de forma contundente que existe uma demanda clara e latente por acessórios de baixo custo que auxiliem na ergonomia e na aprendizagem de instrumentos musicais complexos, como o violino. A fabricação digital, especificamente por meio da impressão 3D utilizando materiais como PLA e resina, confirmou ser uma ferramenta poderosa e viável para a criação destas soluções assistivas acessíveis e iterativas. A implementação de acessórios físicos mostrou-se uma etapa complementar e essencial para a experiência de compreender a teoria e manusear corretamente o instrumento, reduzindo significativamente a dependência de métodos unicamente visuais ou de produtos importados de alto custo.

Através da abordagem pautada no Design Centrado no Usuário e da aplicação rigorosa do método científico, foi possível testar, validar e refinar as propostas iniciais na prática. Em relação aos moldes para cravelhas, os testes práticos revelaram que a solução impressa em resina e fixada com fita dupla face fina cumpriu o seu objetivo primário, sendo amplamente validada por especialistas como um excelente guia de orientação espacial em Braille. Contudo, observou-se que o ato mecânico de afinar o violino com precisão permanece um desafio complexo para o público alvo, apontando como trabalho futuro a necessidade de desenvolver artefatos focados não apenas na localização, mas especificamente na facilitação da mecânica da afinação.

No que tange ao apoio para localização de notas musicais (braço do violino), a pesquisa demonstrou a importância de submeter os protótipos ao escrutínio em contexto real: embora a premissa fosse promissora na modelagem, o dispositivo revelou falhas ergonômicas críticas. A presença da peça física

estorvava severamente a pega autônoma do aluno e alterava a acústica do instrumento. Esta constatação levou à decisão consciente de descartar o acessório, comprovando que intervenções de design assistivo devem respeitar as dinâmicas de uso e não podem prejudicar a técnica instrumental ou a usabilidade geral.

Por fim, o desenvolvimento do guia para o arco (colimador) ilustrou perfeitamente a força e a necessidade da prototipagem iterativa. Após a equipe identificar que modelos amadores da internet ou versões muito firmes apresentavam instabilidade e riscos severos de arranhar o instrumento, o design evoluiu e foi reformulado para um modelo funcional de duas partes conectadas por ímãs. Este sistema magnético final garantiu a estabilidade e a firmeza necessárias para a execução do movimento do arco paralelo ao cavalete, sem aplicar uma pressão excessiva que danifica o violino.

De modo geral, conclui-se que o desenvolvimento pautado em testes contínuos e nas reais necessidades dos usuários válida propostas tangíveis e contribui diretamente para a redução de barreiras, estabelecendo caminhos robustos, metodológicos e democráticos para a inclusão de pessoas com deficiência visual na educação musical.

REFERÊNCIAS

- BONILHA, F. Do toque ao som: O ensino da musicografia Braille como um caminho para a educação musical inclusiva. 2010. Tese (Doutorado em Música) – Universidade Estadual de Campinas, 2010.
- LU, L.; COCHRANE, K. A.; KANG, J.; GIROUARD, A. “Why are there so many steps?”: Improving Access to Blind and Low Vision Music Learning through Personal Adaptations and Future Design Ideas. *ACM Transactions on Accessible Computing*, v. 16, n. 3, Artigo 22, p. 1–20, 2023.
- PINO, A.; VILADOT, L. Teaching-learning resources and supports in the music classroom: Key aspects for the inclusion of visually impaired students. *British Journal of Visual Impairment*, Barcelona, v. 37, n. 1, p. 17-28, 2019.
- SANCHES, E. C. P. Artefato de auxílio ao design de imagens audiotáteis impressas em 3D a educação inclusiva de cegos. 2023. Tese (Doutorado em Design) – Universidade Federal do Paraná, 2023.
- SUZUKI, S. *Suzuki Violin School*. v. 1. Miami: Summy-Birchard Inc., 1978.
- ZHANG, S.; MASU, R.; BETTEGA, M.; FAN, M. Accessibility and Social Inclusivity: A Literature Review of Music Technology for Blind and Low Vision People. In: *THE 27TH INTERNATIONAL ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS AND ACCESSIBILITY (ASSETS '25)*. Anais... New York: ACM, 2025.
- BAKER, D.; GREEN, L. *Disability arts and visually impaired musicians in the community*. Oxford: Oxford University Press, 2018.

BAKER, D.; GREEN, L. Perceptions of schooling, pedagogy and notation in the lives of visually-impaired musicians. *Research Studies in Music Education*, v. 38, n. 2, p. 193-219, 2016.

GOLDSTEIN, D. Music pedagogy for the blind. *International Journal of Music Education*, v. 35, n. 1, p. 35-39, 2000.

MACK, K. et al. What do we mean by “accessibility research”? A literature survey of accessibility papers in CHI and ASSETS from 1994 to 2019. In: *PROCEEDINGS OF THE 2021 CHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS*, 2021. Anais... Nova York: ACM, 2021. p. 1-18.

PRITCHARD, D.; ENGLISH, A.; RAVENSCROFT, J. Extended cognition, assistive technology and education. *Synthese, Edimburgo*, v. 199, n. 3, p. 1-23, 2021.

Redesenho digital do jogo *Journey of Inclusion* para formação de professores

¹Kaue Vinicius dos Anjos, ¹Heliza Colaço Góes, ²José Ricardo Dolenga Coelho

¹Instituto Federal do Paraná - Campus Curitiba

²Secretaria Municipal de Curitiba - SME

DOI 10.52050/9788579177255-13

RESUMO

Este resumo apresenta a proposta de desenvolvimento da versão digital do jogo *Journey of Inclusion*, recurso de tabuleiro para à formação de professores em Educação Inclusiva, Desenho Universal (DU) e Desenho Universal para Aprendizagem (DUA). A proposta considera a avaliação do redesenho físico do jogo, que indicou avanços de acessibilidade e usabilidade, mas a necessidade de ajustes na dinâmica, na mecânica e na clareza das cartas. O projeto digital busca preservar o caráter formativo e colaborativo do jogo, reorganizando sua jogabilidade por meio de problematizações, coleta de cartas e superação de barreiras no tabuleiro. Os procedimentos envolvem análise do material analógico, elaboração de *Game Design Document* (GDD), desenvolvimento na *Unity* e controle de versão pelo *GitHub*. Como resultado preliminar, apresenta-se a reestruturação conceitual e mecânica do jogo, ainda em fase de desenvolvimento.

Palavras-chave: Educação inclusiva. Jogos digitais. Tecnologia Assistiva Educacional. Desenho Universal para Aprendizagem. Formação de professores.

1. INTRODUÇÃO

A educação inclusiva busca criar um ambiente escolar que respeite e acolha a diversidade dos estudantes, considerando diferentes perfis, necessidades e formas de participação. Entre os desafios enfrentados pelos educadores nesse processo, destaca-se a falta de recursos pedagógicos acessíveis, capazes de atender às diversas formas de aprendizagem e participação dos estudantes. Nesse contexto, o desenvolvimento, a adaptação e o redesenho de recursos pedagógicos tornam-se estratégias para proporcionar a equidade e o direito da aprendizagem. São recursos, metodologias e estratégias que buscam

proporcionar a funcionalidade, a participação e a autonomia de pessoas com deficiência ou com barreiras de acesso (Brasil, 2009; Bersch, 2017).

Uma das estratégias utilizadas nesse campo são as Tecnologias Assistivas Educacionais (TAE), compreendidas como recursos pedagógicos planejados para atender à diversidade presente na sala de aula, desenvolvidas para serem utilizadas por todos os estudantes, com ou sem deficiência, promovendo acessibilidade, participação e aprendizagem de forma inclusiva. Dependendo das necessidades de cada estudante, uma TAE pode assumir a função de Tecnologia Assistiva ou de Tecnologia Educacional, estando sempre vinculada ao planejamento pedagógico e à eliminação de barreiras no processo de aprendizagem. (Costa, Góes e Góes, 2026). No contexto escolar, essas tecnologias também envolvem modos de organizar materiais, linguagens, regras e interações. No entanto, muitos educadores ainda apresentam dificuldades para desenvolvê-las e utilizá-las, pela falta de formação sobre inclusão e acessibilidade.

Sob esse aspecto, foi desenvolvido o jogo *Journey of Inclusion*, um jogo de tabuleiro projetado para a formação de professores sobre Educação Inclusiva. O jogo tem como finalidade introduzir esses conceitos de maneira lúdica, estimulando reflexões sobre práticas pedagógicas inclusivas. Na versão física, a dinâmica baseia-se em rolagem de dados, movimentação pelo tabuleiro e leitura de cartas relacionadas aos pilares do DUA, que envolvem múltiplos meios de engajamento, representação, ação e expressão.

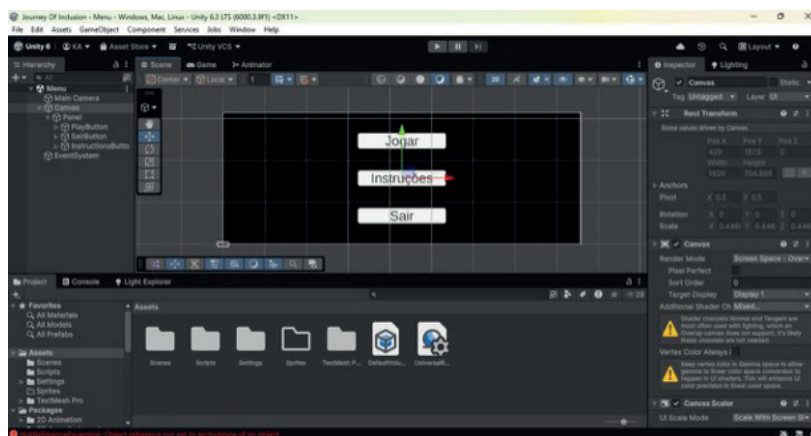
A avaliação do redesenho físico do jogo indicou avanços importantes na acessibilidade, na interação entre os participantes e na compreensão dos conceitos, mas também apontou a necessidade de ajustes na dinâmica e na mecânica para ampliar o engajamento dos jogadores (Góes *et al.*, 2025). A partir dessas observações, o presente trabalho tem como objetivo apresentar a proposta de redesenho digital do *Journey of Inclusion*, considerando alterações na jogabilidade e nos modos de interação para adequar o recurso ao ambiente digital, sem perder sua intenção formativa, colaborativa e inclusiva.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento da versão digital parte dos materiais analógicos já produzidos anteriormente, incluindo tabuleiro, cartas, peões, regras e discussões realizadas durante o redesenho físico. Esses elementos foram utilizados como base para compreender quais aspectos deveriam ser preservados e quais precisam ser reorganizados para funcionar em meio digital. Essa etapa considera a passagem de um jogo físico para uma versão digital para um repensar a experiência do jogador, a clareza das ações, a acessibilidade das informações e o ritmo da partida.

Primeiramente, foi criado um *Game Design Document* (GDD), documento utilizado para organizar as principais informações do jogo, como objetivo, público-alvo, mecânicas, componentes, regras, fluxos de interação e possibilidades de melhoria. O GDD auxilia no planejamento do desenvolvimento e permite que as decisões do projeto sejam registradas de forma clara. Em seguida, a criação do jogo foi iniciada na Unity, uma engine utilizada no desenvolvimento de jogos digitais, escolhida por sua praticidade, versatilidade e possibilidade de integração com diferentes recursos visuais, sonoros e interativos, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Início do planejamento pedagógico 4º ano do Ensino Fundamental dos Anos Iniciais



Fonte: Acervo dos pesquisadores (2026)

Juntamente com a Unity, foi utilizado o GitHub como recurso de controle de versão, que possibilita registrar o progresso do projeto, salvar alterações e organizar etapas de desenvolvimento. Utiliza-se o Visual Studio como Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE), responsável pela programação e pela comunicação com a Unity. Outros recursos, como bancos de áudio gratuitos, softwares de criação de imagem e recursos de acessibilidade poderão ser incorporados futuramente.

A principal reorganização metodológica refere-se à dinâmica do jogo pois, na versão inicial, os jogadores avançavam pelo tabuleiro, liam cartas e realizavam ações como avançar, voltar ou permanecer no lugar. Embora essa estrutura proporciona discussões sobre inclusão, a avaliação do redesenho indicou que a predominância do fator sorte poderia tornar a experiência menos estratégica em alguns momentos (Góes *et al.*, 2025). Por isso, antes do início do desenvolvimento

digital, foram discutidas alterações para tornar o jogo participativo, reflexivo e colaborativo.

A primeira mudança proposta foi a reformulação da função das cartas. Ao invés de apresentarem apenas textos explicativos ou situações prontas, elas passaram a conter questionamentos e problemáticas em uma resposta dos jogadores. A resposta não precisa ser única, pois pode ser avaliada pelos próprios participantes ou pelo mediador, abrindo espaço para diferentes interpretações e soluções. Essa escolha associa-se com abordagem DUA, pois proporciona diferentes formas de expressão, argumentação e participação (CAST, 2024).

A segunda mudança corresponde à inserção de barreiras no percurso do tabuleiro. Essas barreiras impedem a passagem do jogador e só podem ser superadas com a utilização das cartas coletadas durante a partida. Quando um participante não possui os símbolos necessários para abrir o caminho, ele pode contar com o auxílio dos demais jogadores. Com isso, a dinâmica passa pela cooperação, tomada de decisão e construção coletiva de estratégias, reduzindo a dependência da sorte.

3. RESULTADOS

Como o jogo digital está em desenvolvimento, os resultados apresentados são preliminares e dizem respeito à reorganização conceitual e mecânica do projeto. Até o momento, a principal contribuição foi transformar os apontamentos da avaliação do jogo físico em diretrizes para a versão digital. O estudo de Góes *et al.* (2025) apresentou que o redesenho físico tornou o recurso acessível, mas que havia necessidade de ajustes relacionados à extensão dos textos, à clareza das regras e ao excesso de dependência da sorte.

Esses resultados indicam que a acessibilidade deve ser considerada desde o início do projeto, pois são jogos educativos voltados à formação de professores, neste sentido, não basta que o conteúdo trate de inclusão, o próprio recurso precisa funcionar de modo com os princípios que apresenta. Assim, a versão digital busca inserir decisões que proporcionam clareza, engajamento, interação e possibilidade de futuras adaptações.

A alteração das cartas para perguntas e problemáticas pode contribuir para que os participantes deixem de assumir uma postura apenas receptiva e passem a construir respostas, levantar hipóteses e dialogar sobre práticas pedagógicas. Assim, o jogo digital pode funcionar como mediador formativo, aproximando as perspectivas do Desenho Universal como recurso no planejamento DUA de situações pedagógicas.

A inclusão das barreiras também representa uma mudança na mecânica, do jogo físico avaliado. Alguns participantes indicaram que a ausência de estratégia

poderia reduzir o envolvimento em determinados momentos. Ao considerar que os jogadores coletam cartas, analisam símbolos e cooperem para desbloquear caminhos, a versão digital possibilita a necessidade de planejamento e colaboração. Essa dinâmica considera a ideia de que a inclusão não é uma ação individual, mas um processo coletivo, no qual diferentes sujeitos contribuem para remover barreiras de participação e aprendizagem.

Assim, o resultado preliminar está relacionado à praticidade da versão digital, enquanto o jogo físico depende da confecção e do transporte de tabuleiro, cartas, peões e demais componentes, a versão digital poderá ser executada em computadores, proporcionando sua circulação em diferentes contextos formativos. Além disso, o meio digital possibilita inserir flexibilidade, como contraste, ampliação de fonte, narração das cartas, efeitos sonoros, tutoriais e *feedbacks* visuais.

Apesar dessas possibilidades, a versão digital ainda não possui resultados de aplicação finalizada, pois não se pode afirmar, neste momento, que o recurso já resolveu os problemas identificados na avaliação do jogo físico. O que se pode indicar é que o desenvolvimento digital está sendo orientado por evidências anteriores e por preocupações com acessibilidade, usabilidade e engajamento. Após a finalização do protótipo, serão necessárias novas testagens com professores e, sempre que possível, com os participantes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o jogo *Journey of Inclusion* em jogo digital considera a adaptação visual do tabuleiro para a tela. O processo apresenta a revisão da mecânica, da organização das cartas, das formas de interação e das possibilidades de acessibilidade. As alterações propostas buscam tornar a experiência estratégica e reflexiva para aprendizagem.

A versão digital pode ampliar a praticidade de utilização, pois poderá ser aplicada em diferentes computadores, possibilitando uma partida simultaneamente e reduzindo a dependência de componentes físicos.

Por estar em fase inicial, os próximos passos envolvem finalizar o protótipo, implementar recursos de acessibilidade, revisar as cartas e testar a mecânica colaborativa.

REFERÊNCIAS

BERSCH, Rita. *Introdução à Tecnologia Assistiva*. Porto Alegre, 2017.

BRASIL. Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Comitê de Ajudas Técnicas. *Tecnologia Assistiva*. Brasília: CORDE, 2009. 138 p.

CAST - CENTER FOR APPLIED SPECIAL TECHNOLOGY. UDL Guidelines 3.0. Wakefield, MA: CAST, 2024. Disponível em: <https://udlguidelines.cast.org/>. Acesso em: 15 maio 2026.

COSTA, Priscila Kabbaz Alves da; GÓES, Heliza Colaço; GÓES, Anderson Roges Teixeira. Beyond Assistive and Educational Technologies: The Emergence of Educational Assistive Technology. In: *AHFE International Conference 2026, 17, 2026*, Istambul, Turquia. Anais [...]. Istambul: AHFE International, 2026.

GÓES, Anderson Roges Teixeira; CABREIRA, Isabela Ines Nunes; COELHO, José Ricardo Dolenga; GÓES, Heliza Colaço; GRAÇA, Yasmin Jhon da; SANTOS, Flávia Suzano dos. Journey of Inclusion: avaliação do redesenho de um jogo para formação de professores. *Revista Brasileira de Expressão Gráfica*, v. 13, n. 2, p. 18-37, 2025. ISSN 2318-7492.

GÓES, Anderson Roges Teixeira; COSTA, Priscila Kabbaz Alves da. Do Desenho Universal ao Desenho Universal para Aprendizagem. In: GÓES, Anderson Roges Teixeira; COSTA, Priscila Kabbaz Alves da (orgs.). *Desenho universal e Desenho universal para aprendizagem: fundamentos, práticas e propostas para Educação Inclusiva*. São Carlos: Pedro & João Editores, 2022. p. 25-33.

OLIVEIRA, Rháleff Nascimento Rodrigues de et al. Desenvolvimento e avaliação da usabilidade e acessibilidade de um protótipo de jogo educacional digital para pessoas com deficiência visual. *Revista Brasileira de Educação Especial*, v. 27, e0190, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbee/a/mHq5bmhnW9TFTSjV9KWsskx/>. Acesso em: 10 maio 2026.

Relato de experiências em iniciativa inclusiva em praias: o caso dos operadores do Praia Acessível no litoral paranaense

¹André Luís de Oliveira Lima, ¹Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto, ¹Flávio Issao Kubota, ²Raimundo Lopes Diniz

¹ Universidade Federal do Paraná

² Universidade Federal do Maranhão

DOI 10.52050/9788579177255-14

1. INTRODUÇÃO

O lazer faz parte dos pilares sociais junto à educação e trabalho, caracterizando por sua complexidade de compreensão dado seu conceito amplo e multifacetado. Como estrutura social, está diretamente voltado à qualidade de vida, saúde e cidadania. O lazer está associado também ao turismo, uma vez que caracteriza-se pela ocupação em período de ócio, focada em geralmente em divertimento, contemplação e atividades práticas como esportes, por exemplo.

No contexto do turismo, a praia caracteriza-se como um dos ambientes mais procurados para o aproveitamento do lazer (Donegam, Madruga e Carneiro, 2022). Um dos principais motivos é o Turismo de Sol e Praia, que estimula atividades turísticas de recreação, entretenimento ou descanso em praias, partindo da combinação de água, sol e calor, proporcionando papel fundamental que favorece o encontro, o coletivo e a inclusão social.

Embora a praia favoreça esses benefícios, estando diretamente associada ao conceito de espaço azul (Job, Heales e Obst, 2022; 2023), ainda apresenta problemáticas relacionadas ao acesso por pessoas com deficiência, por conta da limitação de mobilidade no ambiente costeiro. Diante dessa demanda social, diversas iniciativas de praias acessíveis surgiram no país, principalmente a partir de 2012, servindo como estratégia de democratização do acesso ao lazer.

Dentre essas iniciativas destaca-se o projeto Praia Acessível, implementado e gerenciado pela Secretaria de Estado de Desenvolvimento Social e Família no Paraná, atuando desde 2017 a oferta do banho assistido no litoral paranaense em diversos pontos durante o verão, mobilizando profissionais de educação física, fisioterapeutas e administradores como gestores que atuam diretamente

na interação e assistência dos usuários, pessoas com deficiência e mobilidade reduzida.

Apresentados como domínio de operação, esse grupo atua na mediação entre tecnologia assistiva, usuário e ambiente, demandando assim necessidades específicas de condições de trabalho que impacta diretamente na experiência dos usuários principais do Praia Acessível. Dessa forma, esse capítulo ocupa-se na investigação desse domínios a partir da compreensão de experiências, desafios e necessidades relatadas pelos operadores da iniciativa inclusiva em praia, contribuindo para reflexões sobre gestão, atendimento e desenvolvimento de soluções assistivas.

2. INICIATIVAS INCLUSIVA EM PRAIAS: ACESSIBILIDADE, LAZER E PARTICIPAÇÃO SOCIAL

O conceito de acessibilidade vem sendo abordado durante anos por diversos significados diante de múltiplas dimensões na qual se relaciona. Com a discussão da Tecnologia Assistiva, a acessibilidade ganha ainda mais foco em esferas física, operacional ou de processo, uma vez definida como qualquer recurso, ferramenta ou serviço que proporciona maior independência e autonomia a pessoas com deficiência (Filho e Damasceno, 2008; Mallin e Carvalho, 2015; Bastos *et al.*, 2023).

Embora o debate da acessibilidade e produção de Tecnologia Assistiva para aspectos de autonomia tenham tomado grande volume, voltado ao lazer ainda são escassas organizações e práticas que integrem as pessoas com deficiência em contexto de lazer e pertencimento à esses espaços. A praia, como ambiente natural, oferece oportunidades distintas de atividades, como exercícios físicos variados na orla, socialização e contemplação, além de atividades recreativas como nadar, surfar e pescar (Pascoe, 2019). Os aspectos relacionado ao ambiente podem ter impacto positivo direto da saúde e sensação de bem-estar, indicando os efeitos salutogênicos já apresentados por alguns pesquisadores (Nisbet, Zelenski e Murphy, 2011; Marty e Brymer, 2016; Santarino, 2019; Fisher, 2023; Verdonck, Wiles e Broome, 2024).

Esse espaço favorece o pertencimento, participação social e o acesso a benefícios físicos e mentais, ainda assim, as praias brasileiras apresentam barreiras estruturais no contexto de acessibilidade, diminuindo a participação plena de todos as pessoas (Silva e Oliveira, 2023; Lima e Silva, 2025). Autores destacam a responsabilidade do Estado e, garantir planos de acessibilidade que assegurem maior independência e inclusão das pessoas com diversidade funcional (Sibirino e Figueiredo, 2015), destacando que embora exista legislação específica para esse contexto, muitas normas não são cumpridas devido à ausência de fiscalização e baixa adesão de prestadores de serviços.

Para mitigar principalmente a barreira física de acesso ao mar, diversas iniciativas se estabelecem pelo Brasil partindo das iniciativas de “Praia Acessível”, que favorecem o banho assistido no mar por meio de uma infraestrutura que reúne pontos de acesso, esteiras acessíveis na faixa de areia e a cadeira de rodas anfíbia para entrada no mar, inspirados na primeira atividade registrada de acessibilidade em praia, iniciada em 2012 nas praia do Rio de Janeiro (Borges e Oliveira, 2023), que virou referência para implementação em outros estados.

No Paraná, atividade foi consolidada pela Secretaria de Estado de Desenvolvimento Social e Família, em parceria com a Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) desde 2017, consistindo na instalação de infraestrutura para ofertar o acesso à atividades de lazer, incluindo o banho assistido para pessoas com deficiência e mobilidade reduzida de forma segura.

A iniciativa faz parte do Verão Maior Paraná, que se volta à atividades diversas no período de férias e verão no litoral do estado, incluindo a disponibilização de cadeiras de rodas anfíbias, possuindo rodas especiais para terrenos arenosos e ambiente aquático, cinto de segurança regulável e apoio cervical. Em diversos pontos na extensão costeira, o atendimento é realizado por profissionais de educação física que acompanham os participantes em toda a atividade.

A iniciativa adota um sistema sociotécnico por envolver espaço físico, caracterizado pelo ambiente costeiro, artefato físico pela cadeira anfíbia e serviço, no que se relaciona ao processo de operação e gestão das atividades, compreendendo que a experiência final vai além do uso de um produto, mas da combinação desses elementos. Na edição de 2026, que compreendeu os meses de dezembro a fevereiro foram contabilizados cerca de 1.800 atendimentos no litoral, envolvendo uma dinâmica e logística para ocupação dos postos caracterizados como fixos em determinados pontos da praia, e itinerantes, influenciados pela dinâmica de ocupação nas praias.

As atividades de operação compreenderam a identificação de possível usuário, a informação do projeto e serviços oferecidos, registro demográfico do usuário e acompanhamento desde o ponto de atendimento até o ambiente aquático e seu retorno para finalização. Compreendendo o contexto sociotécnico e a dinâmica de funcionamento da operação, este recorte apresenta um olhar voltado ao contexto do operador no contexto da praia acessível, mapeando seu posicionamento como domínio de operação que tem contato com o serviço e artefato auxiliares da experiência no ambiente aquático de praia.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA INVESTIGAÇÃO

O recorte para este capítulo está diretamente associada à tese de doutorado “Gestão de acessibilidade: uma proposta modelo para a experiência de pessoas

com deficiência e mobilidade reduzida no lazer aquático em praias”, destacando-se sua natureza exploratória ao considerar um contexto ainda pouco estudado e descritivo, quando busca-se detalhar as dinâmicas existentes no fenômeno estudado, considerando não o usuário direto como a pessoa com deficiência e mobilidade reduzida, mas o operador como agente da promoção da experiência.

Sob a perspectiva do Design Science Research, a investigação reforça a importância de incorporar evidências provenientes do contexto de uso durante o processo de desenvolvimento e refinamento de tecnologias assistivas. Os operadores, por atuarem continuamente na interface entre equipamento, usuário e ambiente, constituem uma fonte relevante de requisitos para o aperfeiçoamento de produtos, serviços e processos de gestão.

Por isso, a investigação adotou abordagem qualitativa, utilizando um protocolo de coleta de dados a partir de entrevistas semiestruturadas individual e observações assistemáticas considerando a última edição do Praia Acessível no litoral paranaense (Verão 2025/2026). Dentre os critérios de inclusão para participação estavam: (i) alocação no período destinado para coleta; e (ii) acordo de contribuição voluntária sem fins lucrativos. A combinação dessas técnicas possibilitou uma compreensão mais ampla do fenômeno investigado, permitindo ainda dados que pudessem ser analisados de forma estatística e descritiva.

O roteiro foi conduzido inicialmente com a observação da organização local dos operados em relação ao espaço e dispositivos disponíveis para atendimento, visando não influenciar na dinâmica de atendimento, mas entender os processos envolvidos na oferta do serviço para a experiência dos usuários diretos. Quanto às entrevistas, foram organizadas em perguntas abertas e fechadas em eixos temáticos relacionados à experiência operacional como: (i) dificuldades encontradas durante o atendimento; (ii) interação entre operador, usuário e ambiente; (iii) mapeamento de desconfortos físicos; (iv) sugestão de memórias para o funcionamento da iniciativa.

A estratégia das entrevistas possibilitou equilibrar uma estrutura previamente definida com a liberdade necessária que os operadores precisavam para relatar situações específicas vivenciadas nas dinâmicas de atendimento. Por isso, buscou-se acessar não apenas informações objetivas sobre os processos realizados, mas como os conhecimentos oriundos da prática, foram capazes de lidar com a variabilidade do ambiente e necessidades de cada usuário.

A utilização da observação como estratégia complementar possibilitou identificar elementos que nem sempre são explicitados pelos participantes durante os relatos, contribuindo para uma análise integrada entre o discurso dos operadores e as práticas efetivamente realizadas. Assim, os dados coletados permitiram compreender o domínio de operação da iniciativa, evidenciando

desafios técnicos, humanos, ambientais e organizacionais que influenciam a experiência de acessibilidade em praias.

3.1 Processo de análise e interpretação de dados

A análise dos dados coletados foi conduzida a partir da integração entre procedimentos quantitativos descritivos e análise qualitativa dos relatos obtidos. A estratégia foi adotada por considerar a natureza da investigação do fenômeno, na qual aspectos de experiência operacional, percepções e desafios no contexto real devem ser compreendidos tanto em termos de ocorrência, como significado.

Inicialmente, os dados provenientes de perguntas fechadas foram organizados e sistematizados, permitindo a identificação dos principais aspectos relacionados aos operadores e sua atuação, condições de operação e dificuldades identificadas. Para a análise descritiva das respostas, adotou-se o software gratuito e de código aberto PSPP, utilizando medidas de frequência e mediana, o que possibilitou identificar a distribuição das percepções, similaridades de respostas e relevância dentro do conjunto investigado.

A utilização da medida de frequência permitiu verificar a recorrência de determinados temas e situações relatadas pelos operadores, antecipando quais desafios apresentaram maior presença na dinâmica operacional. Já a mediana foi utilizada como medida de tendência, principalmente por conta de algumas perguntas apresentarem níveis de concordância a partir da escala Likert (1932), reduzindo a influência de valores extremos e permitindo a interpretação consistente dos dados obtidos.

No caso das perguntas abertas, essas foram submetidas à análise de conteúdo, considerando o protocolo proposto por Bardin (2015), que considera como principais etapas da técnica: (i) tratamento dos dados; (ii) codificação; e (iii) interpretação. Assim, o processo envolveu leitura sistemática dos registros, identificando unidades de significado, agrupamento temático e construção de categorias analíticas relacionadas aos desafios encontrados, permitindo compreender aspectos que ultrapassam a frequência de ocorrência e a interpretação de como os operadores percebem o contexto da atividade.

A integração entre os dados quantitativos descritivos e as interpretações qualitativas possibilitou uma compreensão ampliada da realidade investigada, articulando a recorrência dos desafios identificados com as experiências relatadas pelos operadores. Esse procedimento contribuiu para a construção de um panorama do domínio de operação do Praia Acessível, fornecendo subsídios para a identificação de oportunidades de melhoria e para o desenvolvimento de soluções mais adequadas às demandas do contexto de uso.

4. RESULTADO E ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

4.1 Caracterização dos operadores participantes

A investigação contou com a participação de 23 operadores envolvidos na iniciativa Praia Acessível no litoral paranaense, compondo o domínio relacionado aos profissionais responsáveis pela operacionalização do serviço de banho assistido oferecido. O grupo apresentou idade média de 33 anos, com variações entre 18 e 58 anos, indicando uma composição heterogênea, formada predominantemente por jovens adultos em diferentes fases de experiência profissional.

Quanto ao gênero, a maior distribuição esteve voltada ao feminino (51,4%). Quanto à experiência dos participantes, os dados indicaram maior predominância em operadores com menos de um ano de atuação (54,1%), enquanto a outra parte apresenta experiência superior a dois anos. Esse resultado apresenta um contexto de interação de novos operadores na iniciativa, principalmente por conta da sazonalidade e dinâmica operacional existente.

Nesse contexto, é possível descrever que a operação não envolve apenas o domínio do equipamento, mas envolve também as competências relacionadas ao atendimento, comunicação e quando necessário, adaptações às mudanças ambientes e necessidades dos usuários. Apresentando assim a capacitação como elemento fundamental para garantir segurança e qualidade no atendimento.

4.2 Percepção dos operadores sobre a cadeira anfíbia e atividade operacional

A análise da percepção sobre a cadeira anfíbia revelou predominância positiva quanto ao uso. Considerando a escala Likert, todos os itens investigados, como altura da pega, tipo de manejo, conforto durante o uso, apresentaram mediada igual a 4, direcionada à satisfação.

O conforto durante o uso teve maior concentração de satisfação considerando dez participantes e alta satisfação considerando oito participantes. Quanto à facilidade de uso, 17 respostas concentraram-se entre as categorias fácil e totalmente fácil. Houve também maior concentração de respostas quanto ao aspecto de leveza da cadeira, essencial para a performance do artefato em diferentes terrenos.

Outro aspecto relevante identificado está direcionado à ocorrência de desconfortos físicos durante a operação. Mais da metade dos participantes (52,8%) relatou já ter sentido algum tipo de dor ou desconforto durante as atividades. Os principais pontos indicados foram a região lombar e costas, apontado por 11 dos participantes, seguido da sensação de fadiga e cansaço geral,

por 6 participantes, e desconforto nos ombros e braços, por quatro participantes. Esses dados indicam uma relação entre as demandas físicas da tarefa e aspectos ergonômicos do sistema de operação.

5. CLASSIFICAÇÃO DOS DESAFIOS RELATADOS PELOS OPERADORES

A partir da análise de conteúdo foi possível identificar os principais desafios presentes no contexto de operação, considerando os relatos dos participantes sobre dificuldades enfrentadas e oportunidade de melhoria. As respostas foram organizadas em categorias temáticas, permitindo compreender não apenas a frequência em que apareceram, mas também a relação com o sistema formado entre operação, equipamento, usuário e ambiente.

Entre os desafios, identificou seis grupos principais:

(i) condições de operação

A categoria com maior frequência esteve voltada às condições de operação, representada por oito dos participantes. Essa categoria envolver aspectos como mobilidade na faixa de areia, condições climáticas, agitação do mar, barreiras físicas e limitações na infraestrutura existente.

Portanto, os resultados apresentados demonstram que o desempenho da cadeira anfíbia não depende exclusivamente das características do produto, mas da interação entre o equipamento e o ambiente onde ele é utilizado. A praia, como ambiente aquático, apresenta variáveis e imprevisibilidade quanto suas condições, mas que influenciam diretamente a instabilidade, deslocamento e esforço necessário durante a atividade de operação.

(ii) Interação com o usuário

Em seguida, a categoria mais frequente voltou-se à interação com os usuários, apresentada por sete dos participantes. Os operadores destacaram os desafios associados à comunicação, diferentes níveis de autonomia dos usuários, influência dos familiares e necessidade de adaptações, em alguns casos, durante o atendimento.

Essa classe de desafio evidencia que a acessibilidade em praias não está diretamente relacionada ao fornecimento ou disponibilidade e um artefato assistido, mas envolve uma dimensão humana e relacional, permeando o papel do operador como mediador responsável por garantir segurança, confiança e uma experiência positiva ao usuário.

(iii) Gestão e organização do serviço

Os aspectos de gestão e organização foram apontados diretamente por quatro dos participantes, diretamente relacionado à manutenção, logística e distribuição das equipes, além do suporte operacional. Os relatos indicaram dificuldade voltadas ao tempo de respostas para reparos necessários, disponibilidade de recursos e estrutura das atividades. No geral, esse tópico reforça que a iniciativa inclusiva deve ser compreendida como sistema produto-serviço, na qual seu funcionamento adequado depende tanto do artefato, como dos processos organizacionais envolvidos.

(iv) Desempenho do artefato e aspectos ergonômicos

No geral, a avaliação do artefato atual teve um resultado positivo, embora alguns aspectos sobre estabilidade, componentes mecânicos e limitações ergonômicas tenham sido apontadas. Esses aspectos são reforçados ainda mais nas sugestões de melhorias, quando destacam a ergonomia com sete participantes identificando problemas, a operação e gestão do serviço com seis, segurança e produto com quatro apontamentos cada.

Sabe essa perspectiva, os apontamentos revelam que as melhorias não estão direcionadas exclusivamente à alteração física da cadeira anfíbia, mas envolve a relação entre equipamento, tarefa e contexto de uso. No geral, a avaliação do artefato atual teve um resultado positivo, embora alguns aspectos sobre estabilidade, componente mecânicos e limitações ergonômicas tenham sido apontadas. Esses aspectos são reforçados ainda mais nas sugestões de melhorias, quando destacam a ergonomia com sete participantes identificando problemas, a operação e gestão do serviço com seis, segurança e produto com quatro apontamentos cada. Dessa forma, os apontamentos revelam que as melhorias não estão direcionadas exclusivamente à alteração física da cadeira anfíbia, mas envolve a relação entre equipamento, tarefa e contexto de uso.

De modo geral, a análise integrada evidencia que os desafios enfrentados pelos operadores estão voltados à sistemática das atividades envolvidas. Embora a cadeira apresente um elemento central da operação, sua efetividade depende da articulação entre três dimensões principais, como o ambiente, o usuário principal e a organização do serviço.

Assim, os dados indicam que o desenvolvimento de soluções inclusivas para o lazer aquático em praias deve considerar não somente requisitos técnicos quanto ao equipamento, mas também aspectos relacionados à experiência humana, condições ambientes e estratégia de operação.

6. REFLEXÕES E IMPLICAÇÕES PARA INICIATIVAS INCLUSIVAS EM PRAIAS

Os resultados obtidos reforçam a efetividade de iniciativas inclusivas em praias depende de uma compreensão ampliada da acessibilidade. Mais do que disponibilizar tecnologias assistivas, a promoção da inclusão resulta da articulação entre equipamentos, operadores, usuários e ambiente. Sob essa perspectiva, a acessibilidade passa a ser compreendida como um sistema integrado, no qual fatores humanos, tecnológicos e organizacionais influenciam conjuntamente a experiência do usuário.

Uma das principais contribuições deste estudo consiste em reconhecer os operadores como domínio tão importante para o conhecimento e fortalecimento da prática inclusiva do Praia Acessível, impactando diretamente na experiência dos usuários no litoral paranaense. Diferentemente de avaliações considerando ambiente controlado, os operadores estão em constante vivência de situações de imprevisibilidade, alterações das condições do mar, distintas caracterização da faixa de areia e limitações estruturais. Esse conjunto favorece um campo forte para o desenvolvimento de conhecimento tácito sobre a prática, dificilmente identificados somente por análises técnicas de produto.

O conhecimento tácito caracteriza-se pelas habilidades, percepções e estratégias desenvolvidas ao longo da prática cotidiana, que nem sempre podem ser totalmente documentadas ou formalizadas. Assim, os relatos analisados evidenciam que muitas soluções empregada diante às necessidades decorrem da adaptação às condições de uso, envolvendo tomada de decisão quanto à condução da cadeira, comunicação com usuários e familiares, manejo do equipamento e gerenciamento de situações inesperadas, facilitando a produção de conhecimento relevante para aprimoramento das tecnologias assistidas, serviços e modelo de atendimento.

Outro aspecto evidenciado pelos resultados refere-se à necessidade de considerar o contexto real de uso no desenvolvimento de tecnologias assistivas. Embora a cadeira anfíbia tenha sido bem avaliada quanto ao conforto e à facilidade de utilização, os desafios mais recorrentes relatados pelos operadores estiveram associados às condições ambientais, à organização do serviço e à interação com os usuários, demonstrando que o desempenho da tecnologia depende da forma como ela se integra ao sistema de uso em que está inserida.

Diante dessa perspectiva, esses apontamentos alinham-se à importância da adoção de abordagens centradas do usuário e contexto de uso durante o processo de desenvolvimento de tecnologias assistivas. Reforçando que contextos como o Praia Acessível devem ser compreendidos de forma ampliada, considerando domínios além da pessoa com deficiência, mas também operadores responsáveis

pelo desenvolvimento das atividades. Essa visão permite articular o mapeamento de necessidades e sugestões de melhorias para tomada de decisão partindo de diferentes participantes que interagem simultaneamente com o produto assistivo e dinâmicas de funcionamento.

Além disso, o ambiente costeiro pode ser compreendido como um sistema sociotécnico, no qual pessoas, artefatos, processos organizacionais e ambientes naturais podem estabelecer relações de interdependência. Assim, compreender implementações somente no contexto do artefato podem produzir impactos limitados quando não acompanhadas de ações focadas na capacitação contínua de equipes, qualificação da infraestrutura e aperfeiçoamento da gestão operacional. Essa colocação relaciona-se principalmente ao potencial de implementações baseadas em iniciativas colaborativas entre universidades, órgãos públicos e equipes de operação para a construção de soluções mais efetivas.

Ao transformar a experiência de domínios existentes no contexto do Praia Acessível em conhecimento sistematizado, estimula-se um ciclo contínuo de retroalimentação entre uso, avaliação e desenvolvimento tecnológico. Essa perspectiva fortalece processos de inovação orientados por evidências e amplia a capacidade das iniciativas inclusivas de responder às demandas reais da população, aproximando pesquisa, desenvolvimento e aplicação no campo da Tecnologia Assistiva.

7. CONCLUSÃO

O presente capítulo teve como principal objetivo compreender as experiências e desafios enfrentados pelo domínio de operadores na iniciativa de acessibilidade Praia Acessível no litoral paranaense. A partir da combinação de entrevistas semiestruturadas, observações em campo e análises quantitativas e qualitativas, foi possível categorizar o serviço a partir de fatores que influenciam diretamente a experiência desses agentes de operação, bem como, a qualidade da experiência oferecida aos usuários principais, pessoas com deficiência.

Os desafios mapeados apresentaram características que extrapolam os aspectos de uso da cadeira anfíbia, envolvendo dimensões variadas no contexto de sistema de serviço. Nos aspectos voltados às condições ambientes, à interação com usuários e familiares, organização operacional e infraestrutura encontra-se a maior concentração de respostas, apresentando maior ocorrência em detrimento às limitações do artefato. Percebe-se ainda que apesar na avaliação majoritariamente positiva da cadeira anfíbia, ainda existem pontos de aprimoramento relacionados principalmente à ergonomia, esforço físico exigido durante a condução e às condições de utilização considerando o contexto de praia.

Outro aspecto importante revelando no estudo está voltado ao acúmulo de conhecimentos construídos a partir da prática no dia a dia das atividades, desenvolvendo estratégias pra lidar com situações imprevisíveis, como adaptação do equipamento e uso diferenciado, visando atender da melhor forma o usuário. Esse conhecimento experiencial, destacado principalmente como tácito, está voltado à uma representação importante de fonte de informação, partindo ainda de idades variadas entre os operadores, apresentando diferentes visões sobre um mesmo ponto, mas que podem interagir continuamente para promover experiências inclusivas.

No geral, as evidências apresentadas reforçam que a acessibilidade em ambientes como a praia é mais um sistema do que a disponibilidade de produtos assistivos, partindo principalmente da interação entre o artefato, infraestrutura, capacitação e supervisão de equipes, gestão do serviço e as condições ambientais, reforçando o Praia Acessível como um sistema sociotécnico, na qual pessoas, tecnologias e processos interagem na promoção de experiência.

Por fim, este capítulo contribui ao evidenciar a importância de incorporar outros domínios no planejamento a aprimoramento de tecnologia assistiva, como o caso do operadores no contexto do Praia Acessível no litoral paranaense. Ao reconhecer esses profissionais como parte fundamental na produção de conhecimento e experiência inclusiva, amplia-se a compreensão de requisitos necessários para o desenvolvimento de processos e artefatos mais eficientes. Além de contribuir para a compreensão do funcionamento das iniciativas inclusivas em praias, os resultados oferecem subsídios para a definição de requisitos de projeto e para o desenvolvimento de soluções em Tecnologia Assistiva, considerando necessidades em diferentes esferas dos domínios existentes no contexto do ambiente costeiro.

REFERÊNCIAS

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. 1. ed. Lisboa: Edições 70, 2015.

BASTOS, P. A. L. S. *et al.* Tecnologia assistiva e políticas públicas no Brasil. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, v. 31, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/2526-8910.ctoao260434011>.

BORGES, A. de T. G. B.; OLIVEIRA, C. B. de. Praias acessíveis: premissas básicas para um projeto de sucesso. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 9, n. 10, p. 891–909, 2023. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v9i10.11649>.

DONEGAN, L.; MADRUGA, G. de O.; CARNEIRO, N. V. Night and day at the beach: relating social life to location and infrastructure in a Brazilian city. *Frontiers of Architectural Research*, v. 11, n. 6, p. 1177–1192, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.FOAR.2022.05.001>.

FISHER, H. L. Editorial: Salutogenic mental health science—A phoenix rising from the pathogenic ashes of psychiatry? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, v. 64, n. 11, p. 1529–1531, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jcpp.13890>. Acesso em: 6 jul. 2026.

GALVÃO FILHO, T. A.; DAMASCENO, L. L. Tecnologia assistiva em ambiente computacional: recursos para a autonomia e inclusão sócio-digital da pessoa com deficiência. *Boletim Del Real. Madri*, n. 63, 2008.

JOB, S.; HEALES, L.; OBST, S. Tides of change—barriers and facilitators to beach accessibility for older people and people with disability: an Australian community survey. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 20, n. 9, p. 5651, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph20095651>.

JOB, S.; HEALES, L.; OBST, S. Seas the day—older adults and people with disability seek health and wellbeing benefits through beach activities: an Australian community survey. *Health Promotion Journal of Australia*, v. 37, n. 1, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1002/hpja.70123>.

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. New York: The Science Press, 1932.

LIMA E SILVA, D. et al. Accessibility challenges at Joaquina Beach, Florianópolis, Brazil. *GeoStudies*, v. 2, p. 1–20, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3897/geostudies.2.e144761>.

MALLIN, S. S. V.; CARVALHO, H. G. de. Assistive technology and user-centered design: emotion as element for innovation. *Procedia Manufacturing*, [s. l.], v. 3, p. 5570–5578, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.738>. Acesso em: 13 maio 2026.

MARTYN, P.; BRYMER, E. The relationship between nature relatedness and anxiety. *Journal of Health Psychology*, [s. l.], v. 21, n. 7, p. 1436–1445, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1359105314555169>. Acesso em: 13 maio 2026.

NISBET, E. K.; ZELENSKI, J. M.; MURPHY, S. A. Happiness is in our Nature: Exploring Nature Relatedness as a Contributor to Subjective Well-Being. *Journal of Happiness Studies*, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 303–322, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10902-010-9197-7>. Acesso em: 13 maio 2026.

PASCOE, S. Recreational beach use values with multiple activities. *Ecological Economics*, [s. l.], v. 160, p. 137–144, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.02.018>. Acesso em: 13 maio 2026.

SATARIANO, B. Blue therapeutic spaces on islands: Coastal landscapes and their impact on the health and wellbeing of people in Malta. *Island Studies Journal*, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 245–260, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.24043/isj.100>. Acesso em: 13 maio 2026.

SIBIRINO, R. S.; FIGUEIREDO, L. F. G. Uma análise das condições de acessibilidade nas praias de Florianópolis - SC. *Projetica*, Londrina, v. 6, n. 12, p. 122–133, 2015.

SILVA, S. C. S.; OLIVEIRA, P. L. P. de; DIÓGENES, J. L. S. PRAIA ACESSÍVEL: análise de uma política pública de acessibilidade a partir da visão dos usuários. *Revista Contemporânea*, [s. l.], v. 3, n. 6, p. 6388–6395, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.56083/RVC3N6-090>. Acesso em: 13 maio 2026.

VERDONCK, M.; WILES, L.; BROOME, K. Lived experience of using assistive technology for sandy beach based leisure for Australian people with mobility limitations. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 1568–1578, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17483107.2023.2217859>. Acesso em: 13 maio 2026.

Animação 3D dos movimentos da Terra como recurso inclusivo para Ciências

¹Pedro Pamplona, ²Angela Maria dos Santos, ²Heliza Colaço Góes, ³José Ricardo Dolenga Coelho

¹ Universidade Federal do Paraná

² Instituto Federal do Paraná - Campus Curitiba

³ Secretaria Municipal de Curitiba - SME

DOI 10.52050/9788579177255-15

RESUMO

Desenvolver uma animação tridimensional dos movimentos da Terra como recurso educacional digital associados ao ensino de Ciências para os anos iniciais do Ensino Fundamental, buscando à acessibilidade, à mediação docente e a redução de barreiras de compreensão relacionadas aos conceitos de rotação, translação, dia e noite e estações do ano. Trata-se de um relato técnico de desenvolvimento de material didático digital, elaborado a partir de demanda identificada em levantamento com docentes dos anos iniciais. O recurso foi produzido no *software Blender*, utilizando modelo tridimensional da Terra, modelagem e texturização procedural do Sol, configuração de eixo terrestre inclinado, órbita elíptica, iluminação simulada e animações por restrições de movimento. Obteve-se um protótipo de animação 3D que representa a rotação inclinada da Terra, sua translação ao redor do Sol e a incidência luminosa sobre os hemisférios. A construção proporciona a visualização dinâmica de fenômenos abstratos e associa-se aos princípios do Desenho Universal para Aprendizagem, especialmente pela ampliação das formas de representação do conteúdo. O material apresenta potencial para apoiar a prática docente e tornar o ensino de Astronomia mais intuitivo e inclusivo. Como continuidade, prevê-se a inserção de audiodescrição e a realização de avaliações de usabilidade com professores e estudantes.

Palavras-chave: Tecnologia educacional. Ensino de ciências. Astronomia. Educação inclusiva. Animação 3D.

1. INTRODUÇÃO

O ensino dos movimentos da Terra nos anos iniciais do Ensino Fundamental constitui-se de um processo pedagógico, pois associa-se fenômenos que não são observados pelos estudantes em sua totalidade. A rotação, a translação, a inclinação do eixo terrestre e a distribuição da luz solar sobre os hemisférios podem buscar a compreensão de relações espaciais, temporais e astronômicas que são apresentadas apenas por meio de imagens estáticas, esquemas bidimensionais ou explicações verbais. Embora tais recursos sejam importantes, eles podem limitar a visualização de processos dinâmicos, quando o estudante precisa imaginar movimentos simultâneos e compreender como esses movimentos relacionam-se com o ciclo de dia e noite e com as estações do ano.

Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), os conteúdos relacionados à unidade temática Terra e Universo integram o percurso formativo em Ciências da Natureza e favorecem a compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes (Brasil, 2018). No 4º ano, quando os estudantes têm entre 9 e 10 anos, esses conceitos começam a ser trabalhados de forma sistemática. Nesse contexto, a utilização de recursos visuais, experimentais e digitais pode desenvolver possibilidades de mediação docente, que possibilitem aos estudantes observarem relações entre luz, sombra, movimento e posição dos astros de maneira concreta e progressiva.

A demanda pela construção da animação aqui apresentada surgiu a partir de levantamento realizado com docentes dos anos iniciais, no qual se identificou que os materiais utilizados para abordar os movimentos da Terra eram desenhos bidimensionais, esquemas presentes em livros didáticos e materiais físicos improvisados, como globos e lanternas. Ainda que esses materiais sejam úteis e façam parte de práticas na escola, a equipe compreendeu que uma animação tridimensional poderia complementar tais estratégias, proporcionando uma representação dinâmica, visualmente próxima do fenômeno estudado e passível de ser utilizada em diferentes momentos da aula.

A elaboração de recursos educacionais digitais associa-se à perspectiva da educação inclusiva, na medida em que possibilita diversificar as formas de acesso ao conteúdo. O Desenho Universal para Aprendizagem (DUA) propõe que ambientes, materiais e práticas sejam planejados para reduzir barreiras e ampliar a participação dos estudantes, considerando diferentes formas de engajamento, de representação, e de ação e expressão (CAST, 2024). Assim, ao representar um fenômeno por meio de movimento, luz, escala e perspectiva, a animação 3D pode proporcionar diferentes modos de percepção e auxiliar os estudantes que necessitam visualizar para compreender conceitos abstratos.

Além disso, a Tecnologia Assistiva (TA), compreendida em sentido como área interdisciplinar associada à funcionalidade, autonomia, participação e inclusão de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida (Brasil, 2009; Bersch, 2017), contribui para pensar materiais educacionais que não se restrinjam à adaptação posterior, mas que sejam concebidos desde sua origem com atenção à acessibilidade. Nessa direção, o objetivo deste estudo é desenvolver uma animação tridimensional dos movimentos da Terra como recurso educacional digital voltado ao ensino de Ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental, com atenção à acessibilidade, à mediação docente e à redução de barreiras de compreensão relacionadas aos conceitos de rotação, translação, dia e noite e estações do ano.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

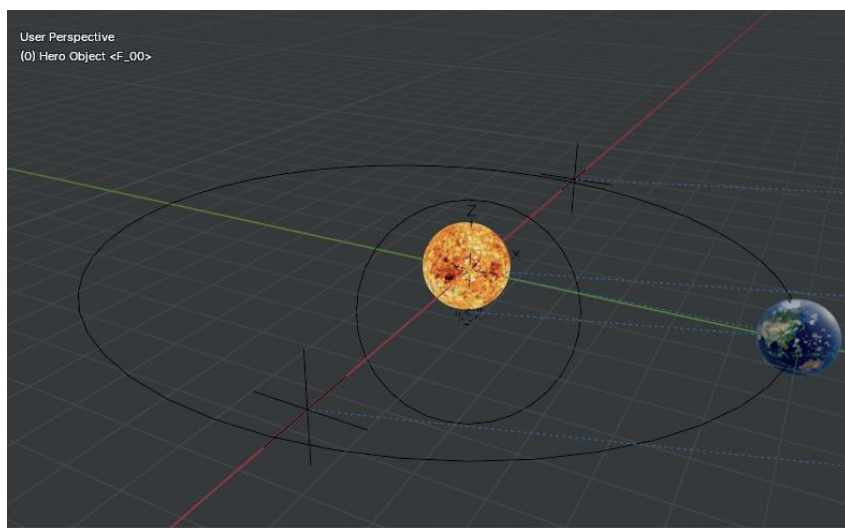
Este trabalho caracteriza-se como um relato técnico de desenvolvimento de recurso educacional digital, de natureza aplicada, com objetivo na criação de uma animação 3D para auxiliar o ensino de Ciências. O processo foi organizado a partir de uma demanda pedagógica identificada por professoras orientadoras do projeto junto a docentes dos anos iniciais do Ensino Fundamental. A etapa descrita neste resumo expandido refere-se ao desenvolvimento do protótipo visual e técnico da animação, não incluindo, até o momento, aplicação em sala de aula, testes de usabilidade ou coleta de dados diretamente com estudantes.

O desenvolvimento foi realizado no *software Blender*, ambiente de modelagem, animação e renderização tridimensional. Inicialmente, foram definidos os elementos centrais da cena: planeta Terra, Sol, eixo terrestre, trajetória orbital, fonte de luz e câmera. O modelo tridimensional da Terra foi obtido a partir da biblioteca *BlenderKit*, enquanto o Sol foi criado por meio de uma esfera com textura procedural, isto é, uma textura gerada por funções e parâmetros internos, sem uso de imagem estática. Essa escolha permitiu controlar visualmente o aspecto do Sol e adequá-lo ao propósito didático da animação.

Após a modelagem dos elementos, a cena foi estruturada para representar aspectos essenciais do fenômeno astronômico. O planeta foi posicionado com inclinação aproximada de $23,5^\circ$, de modo a evidenciar o eixo terrestre inclinado. Em seguida, foi criada uma trajetória elíptica por meio de curva do tipo *Bezier*, com o Sol posicionado em um dos focos da elipse. Para facilitar a compreensão do estudante, acrescentou-se um eixo visual centralizado no planeta, pelo qual se pode observar que a Terra realiza seus movimentos mantendo a inclinação característica.

A animação da rotação configura-se a partir de um objeto de referência do tipo *Empty Arrows*, utilizado como guia para controlar a direção e a velocidade do movimento. Na linha do tempo, estabeleceu-se uma rotação de 360 graus no eixo local do planeta ao longo de 45 quadros, com o projeto configurado a 60 quadros por segundo. A aplicação do movimento à Terra e ao eixo ocorreu por meio da restrição *Copy Rotation*, configurada em espaço local, para que o planeta girasse respeitando sua própria inclinação. Esse procedimento buscou evitar que a rotação fosse associada ao eixo vertical do *software*, o que comprometeria a coerência visual da representação, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Animação de uma rotação 360°



Fonte: Acervo dos pesquisadores (2026)

Para a translação, a Terra e seu eixo foram vinculados à trajetória elíptica por meio da restrição *Follow Path*, configurada para que o planeta percorresse a curva de maneira contínua. O ciclo completo foi ajustado para 720 quadros, resultando em aproximadamente 12 segundos de animação por volta completa. A iluminação foi realizada com uma fonte de luz do tipo *Point* posicionada no centro do Sol, associada à restrição *Track To*, para manter a incidência luminosa dirigida à Terra durante o percurso orbital. Por fim, a câmera configura-se com rastreamento dinâmico e keyframes de influência, permitindo alternar entre visão panorâmica e aproximações em pontos de interesse, como os equinócios.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado do processo de desenvolvimento, obteve-se um protótipo de animação tridimensional que integra os principais elementos necessários à representação dos movimentos da Terra. O recurso apresenta o planeta em rotação inclinada, a translação em torno do Sol em trajetória elíptica, a fonte luminosa simulando a incidência solar e a alternância de câmera para destacar momentos relevantes do percurso. A presença do eixo visual inclinado contribui para explicitar ao estudante que a Terra não gira de forma verticalizada em relação ao plano orbital, aspecto para compreender a variação da iluminação entre os hemisférios ao longo do ano.

A animação da rotação constitui um dos resultados do protótipo, pois possibilita observar o movimento diário da Terra de forma associada à formação do dia e da noite. Ao manter a inclinação do eixo durante o giro, o recurso evita simplificações que podem gerar interpretações diferentes do cotidiano. Essa característica são importantes nos anos iniciais, nos quais os estudantes ainda estão construindo noções de orientação espacial, direção, posição relativa e movimento. Ao visualizar a Terra girando sobre seu próprio eixo, o estudante pode relacionar a face iluminada ao período diurno e a face sombreada ao período noturno, compreendendo que esses fenômenos decorrem da rotação terrestre.

A representação da translação busca a compreensão do conteúdo, pois possibilita acompanhar a Terra em seu deslocamento ao redor do Sol. Assim, diferente de uma imagem estática, a animação apresenta o movimento como processo contínuo, possibilitando que o professor pause, retome, compare posições e dialogue com a turma sobre o que muda e o que permanece ao longo da órbita. A opção por uma trajetória elíptica com o Sol em um dos objetivos contribui para aproximar a representação do modelo científico, sem retirar o caráter didático do recurso. Além disso, a duração de 12 segundos por ciclo pode proporcionar um ritmo suficientemente lento para observação inicial e, ao mesmo tempo, dinâmico para aplicar em aulas expositivas dialogadas.

Outro resultado refere-se à iluminação da cena, pois ao posicionar uma luz no centro do Sol e associar ao movimento da Terra, o protótipo mantém o contraste entre região iluminada e região sombreada durante a rotação e a translação. Esse elemento visual proporciona a explicação da incidência solar sobre os hemisférios e pode auxiliar discussões sobre solstícios, equinócios e estações do ano. A câmera dinâmica, por sua vez, busca desenvolver função pedagógica ao direcionar o olhar do estudante para pontos de interesse, associando que a complexidade da cena disperse a atenção. Essa escolha associa-se com princípios da aprendizagem multimídia, segundo os quais materiais visuais bem

organizados podem contribuir para o processamento de informações quando relacionam palavras, imagens e desenvolvimento atencional (Mayer, 2021).

Do ponto de vista inclusivo, o recurso está nas formas de representação, pois animação não substitui a mediação docente nem elimina a importância de materiais físicos, desenhos, registros escritos e experimentações com globo e lanterna. Entretanto, ela acrescenta uma possibilidade de visualização tridimensional que pode beneficiar estudantes com diferentes necessidades de aprendizagem. Em associação com o DUA, a diversificação de recursos proporciona o acesso ao conteúdo e permite que o professor combine explicações orais, pausas, descrições, perguntas orientadoras e comparações com experiências cotidianas (CAST, 2024).

A inserção futura de audiodescrição é para consolidar o caráter acessível do material, pois uma animação visual, por si só, pode auxiliar alguns estudantes e criar barreiras para outros, especialmente estudantes com deficiência visual ou com dificuldades de processamento de imagens. Assim, a audiodescrição deve narrar os elementos centrais da cena, indicar posições, movimentos, contrastes de luz e sombra e explicitar relações conceituais relevantes. Essa continuidade está associada à compreensão de acessibilidade como condição para participação plena, conforme previsto pela Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Brasil, 2015), e proporciona a necessidade de planejar recursos educacionais que não dependam de um único canal sensorial.

Apesar dos avanços técnicos, o estudo apresenta limitações na etapa descrita ao desenvolvimento do protótipo e não contempla avaliação com professores e estudantes. Portanto, não é possível afirmar, neste momento, efeitos diretos sobre a aprendizagem ou sobre a prática pedagógica. A validação futura deverá considerar critérios de clareza visual, adequação conceitual, acessibilidade, usabilidade para o currículo e possibilidade de integração em sequências didáticas. A escuta dos professores será para verificar se a animação responde às necessidades reais da sala de aula e se o tempo, a linguagem e os recursos de apoio estão adequados à faixa etária dos estudantes.

Ainda assim, os resultados indicam que a animação 3D pode constituir um recurso para o ensino de Ciências nos anos iniciais. Sua contribuição está em transformar um conteúdo de alta abstração em uma experiência visual organizada, passível de mediação e retomada. Ao associar precisão técnica, intencionalidade pedagógica e preocupação com acessibilidade, o material contribui para uma concepção de tecnologia educacional que não se reduz a utilização de recursos digitais, mas de materiais, produtos e ferramentas inseridos no planejamento, na finalidade didática e com a participação dos estudantes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi desenvolver uma animação tridimensional dos movimentos da Terra como recurso educacional digital para o ensino de Ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental, buscando à acessibilidade, à mediação docente e à redução de barreiras de compreensão. A partir do processo descrito, pode-se construir um protótipo que representa a rotação inclinada da Terra, sua translação em trajetória elíptica, a incidência luminosa solar e movimentos de câmera voltados à orientação para o olhar do estudante.

A proposta busca responder a uma demanda identificada entre docentes e por proporcionar uma alternativa complementar aos materiais tradicionalmente utilizados no ensino de Terra e Universo. Ao permitir a visualização simultânea de movimento, inclinação, iluminação e posição orbital, a animação pode auxiliar a construção de conceitos que, em geral, exigem alto nível de abstração. A contribuição do material está em representar o conteúdo e possibilitar a mediação docente em aulas acessíveis, dinâmicas e participativas.

Como próximos passos, recomenda-se inserir audiodescrição, elaborar roteiro pedagógico de utilização, produzir orientações para o professor e realizar testes de usabilidade com o público-alvo. Essas etapas podem verificar a adequação didática e acessível do recurso, bem como identificar redesenhos necessários. Conclui-se que o protótipo desenvolvido pode auxiliar práticas de ensino de Ciências inclusivas e a utilização intencional de tecnologias educacionais.

REFERÊNCIAS

BERSCH, Rita. *Introdução à tecnologia assistiva*. Porto Alegre: Assistiva Tecnologia e Educação, 2017. Disponível em: https://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf. Acesso em: 14 maio 2026.

BLENDER FOUNDATION. *Blender manual: animation & constraints*. Amsterdam: Blender Foundation, 2026. Disponível em: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/constraints/index.html>. Acesso em: 14 maio 2026.

BLENDERKIT. *BlenderKit: 3D assets*. 2026. Disponível em: <https://www.blenderkit.com/>. Acesso em: 14 maio 2026.

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, 7 jul. 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 14 maio 2026.

BRASIL. Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Comitê de Ajudas Técnicas. *Tecnologia assistiva*. Brasília, DF: CORDE, 2009. 138 p.

CAST. *Universal Design for Learning Guidelines version 3.0*. Wakefield, MA: CAST, 2024. Disponível em: <https://udlguidelines.cast.org>. Acesso em: 14 maio 2026.

MAYER, Richard E. *Multimedia learning*. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

UNESCO. *Reimagining our futures together: a new social contract for education*. Paris: UNESCO, 2021. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/>. Acesso em: 14 maio 2026.



canal6 editora

ISBN 978-85-7917-725-5



9 788579 177255