

Desenvolvimento de andadores de baixo custo com impressão 3D para treino de marcha em crianças com paralisia cerebral

Silva, Geovanna Queiroz ^{*1}; Goncalves, Pedro Henrique²; Duarte, Adriana Yumi Sato³

1 – Departamento de Design, Universidade Estadual Paulista - UNESP, geovanna.queiroz@unesp.br

2 – Departamento de Design, Universidade Federal de Goiás - UFG, pedrogoncalves@ufg.br

3 – Departamento de Design, Universidade Estadual Paulista - UNESP, ays.duarte@unesp.br

* -Correspondência: Av. Eng. Luís Edmundo Carrijo Coube, 14-01 - Vargem Limpa, Bauru - SP, 17033-360.

DOI 10.52050/9788579177156-06

RESUMO

A crescente demanda por dispositivos assistivos impulsiona o desenvolvimento de soluções mais acessíveis para estes tipos de equipamentos. Com isso, este estudo teve como objetivo projetar um dispositivo inteligente ajustável de treino de marcha utilizando impressão 3D, para crianças com paralisia cerebral. A pesquisa teve como procedimento a revisão bibliográfica e o uso de métodos de design voltados à ergonomia. Os resultados indicaram boa performance funcional, personalizável e flexível do protótipo. Conclui-se que o dispositivo proposto contribui expressivamente para projetos de design assistivos futuros ao promover inclusão e viabilidade econômica por meio da manufatura aditiva (popularmente conhecida como impressão 3D) e o ajuste do equipamento.

Palavras-chave: design e inclusão, andador para treino de marcha, paralisia cerebral.

ABSTRACT

The growing demand for assistive devices drives the development of more affordable solutions for these types of equipment. Therefore, this study aimed to design an adjustable smart gait training device using 3D printing for children with cerebral palsy. The research procedure was a literature review and the use of design methods focused on ergonomics. The results indicated good functional performance, customizable and flexible of the prototype. It is concluded that the proposed device contributes significantly to future assistive design projects by

promoting inclusion and cost-effective options through additive manufacturing (popularly known as 3D printing) and equipment adjustment.

Keywords: *design, walker for gait training, cerebral palsy.*

1. INTRODUÇÃO

A mobilidade é uma condição essencial para a autonomia e qualidade de vida de qualquer indivíduo, sendo assim, esta, é de extrema importância no contexto das pessoas com deficiência física ou motora. Entre as condições que mais impactam o desenvolvimento motor na infância está a paralisia cerebral (PC), uma desordem não progressiva do sistema nervoso central que compromete a postura, o movimento e, frequentemente, aspectos sensoriais, cognitivos e comunicativos (CAMARGOS, 2019). Estima-se que mais de 17 milhões de pessoas no mundo convivem com a PC, sendo no Brasil, a descoberta de cerca de 30 mil novos casos por ano (CARPI, 2023). Crianças com paralisia cerebral, especialmente classificadas nos níveis III e IV do Gross Motor Function Classification System apresentam severas limitações para deambulação autônoma, exigindo suporte contínuo para locomoção e para a participação social. O sistema de (GMFCS) classifica e ajuda no prognóstico de locomobilidade para possíveis planos terapêuticos e recomendação de dispositivos de mobilidade e tecnologia assistiva (CAMARGOS, 2019).

Nesse contexto, os dispositivos de treino de marcha, como os andadores, desempenham papel fundamental no tratamento fisioterapêutico e na reabilitação motora dessas crianças. Tais dispositivos visam estimular o desenvolvimento funcional por meio de apoio postural e incentivo ao movimento, promovendo equilíbrio, coordenação e fortalecimento muscular para desenvolver uma base de apoio, diminuir a carga corporal, prover informações sensoriais, regular a velocidade e fluidez da marcha e minimizar desvios gravitacionais do corpo usuário (SILVA, 2022). No entanto, a maioria dos modelos disponíveis no mercado brasileiro apresenta limitações em termos de personalização e acessibilidade econômica, o que compromete sua aplicabilidade prática em contextos de vulnerabilidade social e promove a importação de equipamentos de alto custo de outros países.

Com o avanço da Tecnologia Assistiva (TA) entendida como a área interdisciplinar voltada a prover recursos e serviços que ampliem habilidades funcionais e promovam inclusão (BRASIL, 2009) o design passa a exercer um papel estratégico na concepção de produtos assistivos que sejam inclusivos, funcionais e centrados no usuário (OKIMOTO, 2021). A aplicação dos princípios do design, que preza por soluções equitativas, flexíveis e de uso intuitivo desde

a origem do projeto, é fundamental para garantir que os dispositivos atendam a uma variedade maior de perfis físicos e cognitivos (IIDA, 2005).

Os chamados andadores inteligentes (AI) fazem parte da seletiva de auxiliares de mobilidade, juntamente com os de modelos mais comuns, de quatro apoios fixos e andadores de 03 ou 04 rodas. Particularmente, os andadores inteligentes contém uma tecnologia para treino de marcha encontrada somente no âmbito internacional, esses em específico tem alta tecnologia inteligente e/ou robótica (MARTINS et al., 2011). Esse tipo de andador tem como finalidade o atendimento de usuários com necessidades específicas e podem conter suporte físico para estabilidade, assistência cognitiva e sensorial possuindo recursos de sensores, navegação e alertas, bem como, o monitoramento de saúde e interações entre o usuário e o andador. Estes, porém, possuem custos exorbitantes sendo inviável o acesso deste equipamento a pacientes de baixa renda.

Os AIs possibilitam ao usuário a interação social com mãos livres, posicionamento e alinhamentos corrigidos, sustentação de peso (quanto mais ereta a postura for, maior a sustentação por parte do indivíduo através dos pés), personalização as necessidades do usuário e participação em atividades cotidianas diminuindo o sedentarismo e atrofia. É projetado para crianças e jovens com limitação ou nenhuma capacidade de ficar em pé e andar de forma independente (Figura 1).

Figura 01 - Andador inteligente de mãos livres.



Made for Movement, 2022.

O uso da impressão 3D tem potencializado a personalização e a viabilidade econômica desses dispositivos, permitindo a prototipagem rápida e a adaptação de peças às necessidades específicas de cada usuário. Estudos recentes demonstram que esse processo de fabricação é eficaz na construção de dispositivos mais acessíveis, tanto em termos de custo quanto de adequação ergonômica e estética. Assim, o uso do processo de fabricação com impressão 3D

para concepção do projeto se dá pela maior personalização do objeto, impressão de peças de encaixe e impressão do protótipo inicial em miniatura, visto que a estrutura de suporte não poderia ser de filamento devido a fragilidade do material para essa finalidade. Esse processo de fabricação visa garantir ao indivíduo maior adaptação ao produto, design versátil, redução do tempo de produção e desperdício, utilização de materiais recicláveis e custo benefício (GIANNOPOULOS et al., 2016).

Diante desse cenário, o presente artigo tem como objetivo relatar o desenvolvimento de um andador inteligente ajustável para treino de marcha de crianças com paralisia cerebral, com uso de impressão 3D e fundamentação nos princípios do Design. O projeto busca contribuir para a mobilidade e autonomia desse público por meio de um dispositivo acessível, funcional e personalizável.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo caracterizou-se como uma pesquisa aplicada, de natureza qualitativa com abordagem exploratória-descritiva e embasamento empírico. Foi desenvolvido no Laboratório de Estudos e Inventividades em Tecnologias Assistivas (LabEITA), da Faculdade de Artes Visuais da Universidade Federal de Goiás. O projeto teve como base metodológica os modelos propostos por Ambrose (2010) — centrado nas etapas do Pensamento Projetual — e Soares (2021), por meio da metodologia de Ergodesign, que privilegia a escuta das necessidades dos usuários diretos e indiretos.

Participou do estudo um sujeito potencial usuário do equipamento, criança do sexo masculino, com idade de 8 anos, 22kg, diagnosticado com paralisia cerebral e sob assistência e terapia em centro público. Suas características são: faz uso de andador comum há 02 anos e é classificado no nível IV da escala GMFCS. Nível este, que classifica a criança que apresenta capacidade de se manter sentada com apoio e deslocar-se por curtas distâncias com auxílio físico ou dispositivos móveis, por exemplo, um andador com suporte de peso. Se mobiliza de forma independente com uma cadeira de rodas manual ou motorizada e necessita de adaptações para realização de atividades e de outros para chegar em diferentes locais.

Foi obtido o consentimento do responsável legal pela criança, bem como assegurada a confidencialidade das informações coletadas por meio de *Questionário de Identificação Simples* para conhecimento do potencial usuário e necessidades, a *Avaliação de satisfação do usuário com a Tecnologia Assistiva modelo QUEST* (Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology) já que pretendia-se entender a performance do andador que o usuário possuía no momento. Além disso, foi usado o *Protocolo de Avaliação e Termo de*

Consentimento de Høgskolen i Oslo og Akershus um protocolo de pesquisa ética e instrumentos específicos para testes com dispositivos assistivos e o questionário *Paralisia Cerebral: Questionário de Qualidade de Vida para as Crianças (Child-QOL CP)* um questionário psicométrico específico para avaliar a qualidade de vida de crianças com paralisia cerebral e os impactos da TA em sua vida. Todos os questionários foram respondidos pelo responsável da criança.

A pesquisa foi dividida em sete etapas principais, conforme o modelo de Ambrose (2010) das Etapas do Pensamento: definir (1), pesquisar (2), idealizar (3), prototipar (4), selecionar (5), implementar (6) e aprender (7). Na fase de definição (1) houve a delimitação do problema com a identificação das barreiras enfrentadas por crianças com paralisia cerebral no acesso à andadores funcionais e acessíveis no Brasil. Na fase da pesquisa (2) realizou-se o levantamento bibliográfico sobre paralisia cerebral, dispositivos de marcha, tecnologias assistivas, design e impressão 3D. Ao idealizar (3) fez-se a proposta conceitual do andador com base em estudos ergonômicos e em um projeto estruturado a partir da entrevista com responsável do usuário com questionário semiestruturado, com perguntas sobre usabilidade, conforto e aparência em relação ao uso do equipamento do paciente. Nesta mesma fase, houve a aplicação da metodologia de Soares (2021) por meio do que ele chama de “voz dos usuários diretos e indiretos”, utilizou-se o conceito de refinamento das necessidades do usuário interrelacionadas com a análise e avaliação de produtos concorrentes na etapa de planejamento do produto, chamada por Ambrose de idealização (3).

Na prototipagem (4) foi feita a Modelagem 3D de peças e estrutura completa do andador utilizando o programa de modelagem Autodesk Fusion 360 pautada em uma análise de similares de andadores inteligentes. Foram selecionados em uma pré-captção de dispositivos inteligentes, os equipamentos nomeados Grillo - Ormesa, Drive Medical e NF-Walker embasados sobre propriedade das empresas Kapra Medical, Kapra Medical e Mais Movimento, respectivamente, a fim de fazer o levantamento de requisitos estruturais do projeto. O requisito principal definido para o projeto foi a ajustabilidade, sendo indispensável que o andador incorpore um sistema de regulação capaz de acompanhar o crescimento da criança na faixa etária de 4 a 10 anos, correspondente ao tamanho P – padrão adotado em andadores inteligentes para esse público, relacionando o requisito com o objetivo da pesquisa de criação de uma alternativa para diminuição do descarte precoce do equipamento. Essa solução tem como objetivo permitir o uso contínuo do mesmo equipamento ao longo dos anos, evitando a necessidade de substituições frequentes e, consequentemente, gerando economia para as famílias, que não precisam adquirir novos dispositivos à medida que a criança cresce.

Na fase de seleção (5) foram escolhidas e refinadas as melhores soluções projetuais com base na ergonomia, funcionalidade e viabilidade técnica de impressão. Por fim, na implementação (6) houve a produção de protótipo em miniatura utilizando impressão 3D com filamento flexível (TPU) em Impressora Ender 3 Pro. Na fase do aprendizado (7) buscou-se melhorias para projetos futuros, bem como, a prototipagem em tamanho real do dispositivo. Os dados obtidos foram analisados por meio de codificação temática (análise qualitativa) das respostas da entrevista (Tabela 1), considerando os aspectos mais importantes para o entrevistado, de forma ordinal (sendo 1 - mais importante e 5 - menos importante), e categorias como: facilidade de uso/ajuste (tamanho); dimensão e peso (portabilidade), estabilidade e segurança do equipamento; manutenção, procedimentos e tempo de espera para ter acesso ao equipamento via rede pública e acessórios do equipamento. Além disso, foram considerados aspectos técnicos (Tabela 2) através da análise de similares pautados em altura, comprimento, largura, peso máximo do usuário, suportes (para melhor adaptabilidade de cada nível de PC), cor (aspecto personalizável), preço (aspecto econômico) para ser feita uma proposta do projeto calculando a média aproximada dos valores referenciais considerando aspectos da proposta de melhoria no novo equipamento.

Tabela 01 - Aspectos captados na entrevista com o responsável do paciente

Andador do paciente x Importância (ordinal)	Facilidade de uso/ajuste	Dimensão/ peso	Estabilidade/ segurança do equipamento	Manutenção/ Processos e Tempo de espera	Acessórios
Andador do paciente	Mais ou menos satisfeito	Mais ou menos satisfeito	Mais ou menos satisfeito	Pouco satisfeito	Não possui
Importância	2	3	1	4	5

Autora, 2024

Tabela 02 - Análise de similares e proposta de projeto

Aspectos técnicos	Drive Medical	Grillo - Ormesa	NF-Walker	Proposta do projeto
Altura máx.	860mm	800mm	1100mm	1100mm
Comprimento máx.	—	500mm	900mm	900mm
Largura máx.	580mm	—	620mm	610mm

Aspectos técnicos	Drive Medical	Grillo - Ormesa	NF-Walker	Proposta do projeto
Peso máx. do usuário	34kg	45kg	40kg	40kg
Altura do usuário	—	90-135cm	100-140cm	70-140cm
Peso do modelo	6kg	16,2kg	12,4kg	11kg
Suportes	Tronco; quadril; tornozelo	Tronco; quadril	Tronco; quadril; coxa e tornozelo	Tronco; quadril; coxa e tornozelo
Cor	Verde; cinza	Branco; preto	Branco; preto	Personalizável
Preço	10.210,00	20.000,00	15.000,00	—

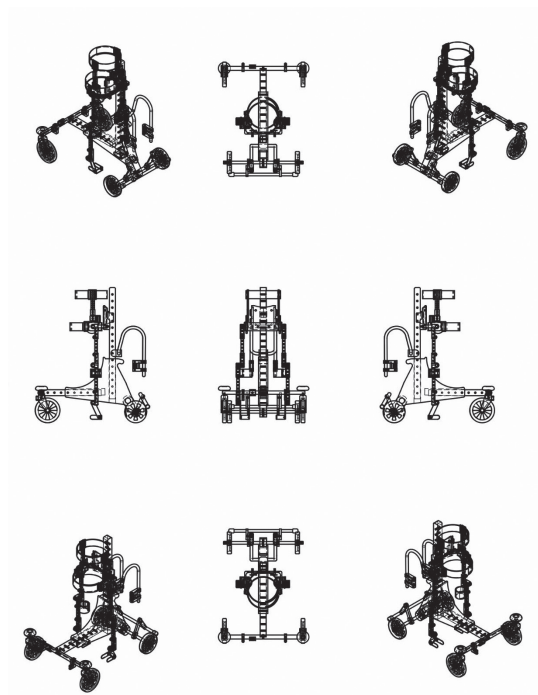
3. RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir da prototipagem do andador com impressão 3D demonstraram viabilidade técnica, adequação ergonômica e boa compatibilidade com os critérios do responsável do usuário e seus requisitos técnicos de acordo com a análise de similares, potencializando sua futura aplicação prática. O modelo do andador foi inteiramente desenvolvido em ambiente digital utilizando o programa Fusion 360. A estrutura foi concebida com base na análise de sistemas internacionais de andadores inteligentes, sendo adaptada à realidade e medidas antropométricas de crianças com paralisia cerebral na faixa etária estabelecida.

Optou-se por dividir o equipamento em módulos, organizando-o como um sistema composto por: suporte superior (apoio torácico); suporte inferior, formado por posicionador de quadril, suporte de coxas e suporte de tornozelos; além de elásticos tensionadores e alinhadores de marcha, que auxiliam na estabilidade e correção postural durante o uso. As principais considerações para o desenvolvimento do equipamento foram: ajuste para a faixa etária de 4 a 10 anos, altura máxima de 1,40m, equipamento para fase de iniciação à marcha, e diagnóstico de paralisia cerebral nível IV do GMFCS.

Além disso, foram seguidos os requisitos definidos na entrevista com usuário vinculados aos requisitos da análise de similares, que incluem: mecânica manual, estética personalizável, baixo custo de produção e alta capacidade de ajuste e adaptação. A modelagem digital contemplou os seguintes subsistemas: apoio torácico ajustável, suporte de quadril e membros inferiores com componentes móveis, base com rodízios e eixo traseiro ajustável, além de freios manuais e sistema de amortecimento traseiro. A impressão foi realizada em escala reduzida, utilizando filamento flexível (TPU), respeitando todos os parâmetros dimensionais definidos no projeto (Tabela 2). A Figura 2 ilustra os desenhos técnicos gerais do protótipo.

Figura 02 - Vistas técnicas do protótipo em 3D



Autora, 2024

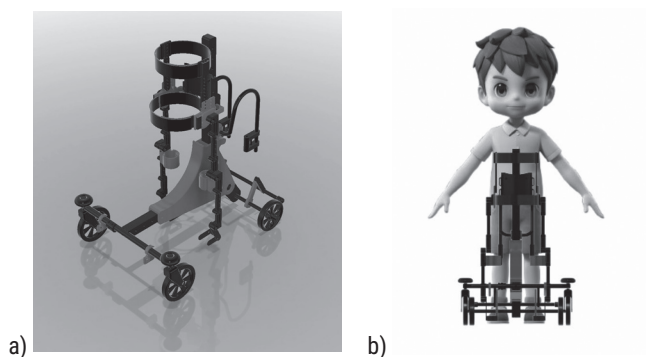
O equipamento completo com um sistema pautado em andadores inteligentes, obteve um suporte inferior com peças como: rodas, rodízios (para giro 360° das rodas), roldanas anti impacto (evita o impacto de equipamentos e estruturas); roletes (para tiras de guias para ajudar no treinamento da marcha da criança); ponteira do eixo base (separação das pernas do usuário para evitar o efeito tesoura); base principal (para proporcionar estabilidade); braço de compressão (para reduzir o impacto das rodas); eixos frontal e traseiro (para dar estabilidade ao equipamento); breque (das rodas) e amortecedor (amortecimento de movimentos bruscos).

Na parte superior foi feita as peças: coluna (ajuste de tamanho de acordo com o tamanho da criança); encaixe fixo (ajuste da placa pélvis para melhor encaixe nas medidas da criança); tubo U (para que um terceiro ajude no treino da marcha); placa pélvis (para sustentação do quadril); posicionador de quadril com arco (para sustentação do quadril e ajuste da circunferência do quadril); haste de tronco (sustentação de tronco de forma ajustável); suporte (para o suporte para marcha correta nas pernas) e articulações (para proporcionar o movimento nas articulações); suporte de panturrilha (estabilidade da

panturrilha) e clip de sapato (sistema de acoplamento no sapato da criança para a movimentação dos pés).

Após a modelagem das peças sob medida digital em 3D, fez-se a junção para execução completa do andador, todas as medidas foram feitas em escala real no programa de modelagem Figura 3(a). Após a modelagem digital das peças sob medida em 3D, realizou-se a montagem virtual completa do andador, com todas as dimensões definidas em escala real no programa de modelagem. O protótipo foi composto por 63 peças complementares, integrando um total de 164 furos rosqueados, destinados aos sistemas de ajuste e regulagem. Além disso, foram projetados 14 sistemas de rotação, distribuídos em 29 componentes móveis, o que assegura a funcionalidade esperada e mantém a média estrutural observada em andadores inteligentes de configuração disponíveis no mercado. A Figura 3(b) mostra a simulação em uma criança de tamanho padrão P com vista frontal do usuário com o andador.

Figura 03 - (a) Protótipo em modelagem 3D; (b) Simulação frontal em criança



Autora, 2024

Após a finalização da modelagem digital, realizou-se a impressão do protótipo em escala reduzida de 60% em relação ao tamanho real, para viabilizar a produção da miniatura e montagem do equipamento. A impressão foi realizada utilizando filamento flexível TPU, na impressora Ender 3 PRO, a partir de arquivos no formato .STL, em colaboração com o Laboratório de Estudos e Inventividades em Tecnologias Assistivas da Universidade Federal de Goiás (LabeITA/UFG). Os parafusos utilizados no protótipo físico não foram produzidos por impressão 3D, sendo adquiridos separadamente, com medidas padrão de 5mm e alguns componentes específicos com medidas de 8mm, assegurando o encaixe, a montagem e a funcionalidade adequada da miniatura (Figura 4).

Figura 04 - Protótipo em miniatura impressa



Autora, 2024

4. DISCUSSÃO

Os resultados alcançados neste estudo evidenciam o potencial das tecnologias assistivas, aliadas ao Design e à técnica de impressão 3D, como ferramentas efetivas na criação de soluções funcionais e acessíveis para crianças com paralisia cerebral. O andador projetado apresenta diferenciais importantes em relação a modelos convencionais, especialmente no que diz respeito à personalização e adaptabilidade ao crescimento da criança.

A entrevista com o responsável legal da criança participante reforça a importância da escuta ativa no processo de desenvolvimento de dispositivos assistivos. De acordo com Cruz e Emmel (2015), a inadequação funcional e estética de dispositivos é uma das principais causas do seu abandono precoce, o que foi evitado neste projeto pela centralidade do usuário específico como modelo para o projeto.

O uso da impressão 3D no desenvolvimento do protótipo permitiu uma prototipagem mais ágil, com baixo custo e grande precisão dimensional. Tal recurso tem sido amplamente explorado em pesquisas internacionais de dispositivos médicos personalizados (JAKUS, 2019), e sua aplicabilidade no contexto brasileiro se mostra estratégica para driblar barreiras econômicas e ampliar o acesso a tecnologias assistivas.

A comparação com andadores inteligentes internacionais, como os desenvolvidos pela *Made for Movement* e pela *Kapra Medical*, permitiu incorporar soluções funcionais sofisticadas pautadas em seus andadores, como

suporte torácico ajustável, freios traseiros e braços suspensores, adaptados às necessidades motoras de crianças com GMFCS nível IV. No entanto, ao contrário dos dispositivos internacionais, com custo elevado e pouca disponibilidade no mercado brasileiro, o andador aqui desenvolvido propõe um modelo mais acessível, viável e escalável.

A adoção dos princípios do design, com a metodologia de Ambrose (2010) e Soares (2021), garantiu critérios essenciais de usabilidade ao equipamento e aplicação de processos de ergonomia no projeto. Esses fatores são fundamentais não apenas para o uso diário, mas também para a motivação da criança e autonomia, que se vê acolhida por um produto que respeita suas limitações sem estigmatizá-la.

Entre as limitações deste estudo, destaca-se a amostra reduzida (uma potencial criança usuária) e o uso de protótipo em escala reduzida, o que ainda não permite a aferição de desempenho funcional em ambiente real. Além disso, não foi possível realizar testes com terapeutas ou fisioterapeutas especializados, o que será necessário em estudos futuros para garantir a validação clínica do equipamento. Também, não fez-se a exploração de meios de distribuição, manuseio e orçamento do equipamento de possível execução em tamanho real visto que o projeto depende de uma demanda de validação para que seja entregue para teste e avaliação de custos. Porém já se tem evidências de economia de custos com o uso da impressão 3D devido a utilização de menos material porém com a mesma resistência, possibilidade de otimização de processos, utilização de materiais, como o filamento flexível (TPU), mais barato, fácil de imprimir e sustentável, maior velocidade na prototipação, redução de erros e retrabalhos (GIANNOPOULOS et al., 2016).

Ainda assim, os dados obtidos fornecem evidências preliminares relevantes e indicam que a metodologia adotada pode ser replicada e expandida com outras faixas etárias e outros níveis de comprometimento motor.

5. CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo principal desenvolver um projeto de um andador ajustável para treino de marcha, voltado a crianças com paralisia cerebral, com base nos princípios do Design e no uso do processo de fabricação com impressão 3D. A proposta foi plenamente atingida, permitindo a criação de um protótipo funcional adaptado às necessidades do público-alvo.

A partir do desenvolvimento do projeto preliminar, concluiu-se que o produto apresenta vantagens significativas em relação aos modelos convencionais, sobretudo no que se refere à personalização e adaptabilidade. A utilização da impressão 3D demonstrou-se estratégica para a produção de peças sob medida,

com rapidez e economia, ao passo que a aplicação de metodologias do design garantiu maior usabilidade e inclusão.

A escuta ativa das necessidades do usuário, o mapeamento dos sistemas internacionais de andadores inteligentes com a análise de similares possibilitaram um projeto com embasamento técnico e humano, com foco real em qualidade de vida e inclusão. Com isso, o andador projetado cumpre com o resgate da autonomia, da dignidade e do protagonismo de crianças com paralisia cerebral.

A principal contribuição deste artigo para as áreas do Design e produtos assistivos reside na proposição de um modelo de andador acessível, personalizável e centrado no usuário. A pesquisa reforça a importância da interdisciplinaridade no desenvolvimento de processos de fabricação voltados à reabilitação e inclusão, assim como destaca o papel do design como agente transformador de realidades projetuais.

Como sugestões para estudos futuros, recomenda-se a ampliação da amostragem com usuários em diferentes níveis do GMFCS, testes funcionais em ambiente clínico com acompanhamento de profissionais de saúde, e desenvolvimento de protótipos em escala real, com testes de durabilidade, conforto e segurança biomecânica. Além disso, é desejável explorar parcerias com políticas públicas e iniciativas sociais que viabilizem a produção e distribuição desse tipo de dispositivo em larga escala.

REFERÊNCIAS

- AMBROSE, G; HARRIS, P. *Design Thinking*. Ava Academia, London, 2010.
- BRASIL. Secretaria de Educação Especial. Tecnologia Assistiva: área de conhecimento, atuação e pesquisa. Brasília: MEC/SEESP, 2009, p. 11.
- CAMARGOS, A. C. R. *Fisioterapia em pediatria*. 2. ed. São Paulo: Manole, 2019, p. 78-180.
- CARPI, D. *World Cerebral Palsy Day Report*. Sidney: World CP Initiative, 2023, p. 14.
- CRUZ, D. M. C.; EMMEL, M. L. G. *Políticas públicas de tecnologia assistiva no Brasil: um estudo sobre usabilidade e abandono por pessoas com deficiência física*. Revista FSA, 12, 79-106., 2015.
- GIANOPOULOS, A. A., MITSOURAS, D., YOO, S.-J., LIU, P. P., CHATZIZISIS, Y. S., & RYBICKI, F. J. *Applications of 3D printing in cardiovascular diseases*. Nature Reviews Cardiology, 13(12), 701-718, 2016.
- IIDA, I. *Ergonomia: projeto e produção*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005, p. 212.
- JAKUS, A. E. *An introduction to 3D Printing—Past, Present and Future Promise*. In: DIPAOLLA, M.; WODAJO, F. M. *3D Printing in Orthopaedy Surgery*. St. Louis, Missouri: Elsevier, 2019, p. 9.
- MARTINS, M.; SANTOS, C.P.; FRIZERA NETO, A. & CERES, R. *Assistive mobility devices focusing on Smart Walkers: Classification and review*. Robotics and Autonomous Systems. 60:4, p. 548- 562, 2011.

OKIMOTO, M. *Tecnologia assistiva: abordagens teóricas*. 1. ed. – Bauru, SP: Canal 6, 2021, p. 59.

SILVA, J. C. *Pesquisa e desenvolvimento de Tecnologia Assistiva: uma revisão sistemática sobre andadores*. 14 Congresso Brasileiro de Design P&D: O desenho do campo, 2022, p. 93.

SOARES, M. M. *Metodologia de Ergodesign para o design de produtos: uma abordagem centrada no humano*. São Paulo, Blucher, 2021.