

Desenvolvimento sistemático da solução conceitual de um prato adaptado para alimentação autônoma de pessoas com distúrbios neuromotores

Silveira, Zilda de Castro^{*1}; Loureiro, Isabela Morcelli²; Rodrigues, Alina de Souza Leão³; Martinez, Luciana Bolzan Agnelli⁴

1 – Departamento de Engenharia Mecânica, EESC-USP, silveira@sc.usp.br

2 – Departamento de Engenharia de Materiais e Manufatura, imorcellil@gmail.com

3 – Departamento de Engenharia Mecânica, EESC-USP, alinarodrigues@usp.br

4 – Departamento de Terapia Ocupacional, UFSCar, luagnelli@ufscar.br

* -Correspondência: Avenida Trabalhador São Carlense, 400, Parque Arnold Schmidt, São Carlos, SP, Brasil, 13566-590.

DOI 10.52050/9788579177156-29

RESUMO

Pessoas com deficiências permanentes ou temporárias decorrentes de distúrbios neuromotores apresentam dificuldades para se alimentarem. Este trabalho apresenta o desenvolvimento da solução conceitual de um prato adaptado para promover a alimentação autônoma de tais indivíduos. Ao conduzir de maneira sistemática as etapas de revisão do estado da técnica, levantamento de requisitos, integração entre a Casa da Qualidade (HoQ/QFD) e a matriz das contradições (TRIZ) e aplicação de outras ferramentas de projeto, obteve-se um protótipo exploratório por manufatura aditiva. Parâmetros como a borda larga do prato, a estabilidade e o formato curvo foram elogiados por profissionais de saúde avaliadores.

Palavras-chave: dispositivos assistivos, alimentação, QFD, TRIZ, projeto focado em tecnologia assistiva, protótipos, manufatura aditiva.

ABSTRACT

People with permanent or temporary disabilities resulting from neuromuscular disorders find it difficult to feed themselves. This work presents the development process of a conceptual solution for an assistive plate to promote autonomous

feeding for these individuals. By systematically following the steps of state-of-the-art review, requirements elicitation, integration between the House of Quality (HoQ/QFD) and the contradiction matrix (TRIZ), and application of other design tools, it was possible to obtain an exploratory prototype through additive manufacturing. Design aspects such as the wide rim of the plate, its stability, and its curved shape were praised by evaluating health professionals.

Keywords: assistive devices, eating, QFD, TRIZ, design for assistive technology, prototypes, additive manufacturing.

1. INTRODUÇÃO

Apesar de sua complexidade, a deficiência pode ser compreendida como o resultado da interação entre funcionalidades reduzidas vivenciadas por um indivíduo e uma gama de aspectos contextuais relacionados a fatores ambientais e pessoais, tais como acesso à infraestrutura, atitudes sociais, políticas discriminatórias e impactos psicológicos (WHO, 2002). Segundo a estimativa mais recente da Organização Mundial da Saúde, cerca de 1,3 bilhão de pessoas convivem atualmente com alguma deficiência em níveis moderados ou severos, número que tem aumentado significativamente ao longo da última década devido a diversos fenômenos demográficos e epidemiológicos (WHO, 2022). Nesse contexto, a Tecnologia Assistiva (TA) exerce um papel fundamental como uma área do conhecimento, englobando quaisquer produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços direcionados a promover a autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social da pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida (Brasil, 2015).

Doenças neurodegenerativas que restringem os movimentos dos membros superiores, tais como distrofia muscular de Duchenne, atrofia muscular espinhal, esclerose lateral amiotrófica e doença de Parkinson, são comumente associadas aos sintomas de fraqueza muscular, fadiga, rigidez articular e/ou tremores, podendo afetar significativamente o desempenho do indivíduo na execução de Atividades da Vida Diária (AVDs) (Vandervelde *et al.*, 2009). Nesse cenário, em decorrência da redução na destreza, na coordenação motora e na força de preensão, a atividade da alimentação é uma das mais desafiadoras para pessoas com essas condições (Cook *et al.*, 2012), sendo por vezes caracterizada por derramamento excessivo de comida e incapacidade de manter estabilidade proximal (Simón-Vicente *et al.*, 2024). Embora seja possível observar na literatura alguns estudos voltados ao desenvolvimento de dispositivos assistivos para promover a alimentação autônoma, eles são em sua maioria relacionados à talheres adaptados (Lertyosbordin *et al.*, 2024; Santos *et al.*, 2019) ou sistemas que suportam o movimento (Song; Kim, 2012; Turgeon *et al.*, 2022). Nota-se, portanto,

a demanda pela proposta de novas soluções para alimentação, especialmente em termos de louças adaptadas que incorporem em seu *design* atributos direcionados especificamente às necessidades da pessoa com deficiência.

Algumas das grandes barreiras associadas à utilização contínua de dispositivos assistivos envolvem a insatisfação do usuário, a baixa confiabilidade do produto e a falta de correspondência com as necessidades do público-alvo (Howard *et al.*, 2022). Embora o abandono de TA seja um fenômeno multifatorial, dependente também de questões sociais, psicológicas e políticas (Howard *et al.*, 2022), ele pode ser reduzido quando associado a aspectos de projeto (Santos *et al.*, 2019). Nesse sentido, abordagens sistemáticas de projeto, com a aplicação apropriada de técnicas e ferramentas de engenharia, podem contribuir para uma maior estruturação do processo de desenvolvimento e uma comunicação mais eficiente entre os diferentes domínios do conhecimento. Tais metodologias facilitam a obtenção de requisitos do usuário junto aos diversos grupos de interesse interdisciplinares, a tradução de tais requisitos para parâmetros técnicos de engenharia e a proposta de soluções criativas e inovadoras que atendam efetivamente às demandas levantadas (Rodrigues; Martinez; Silveira, 2024). Partindo das oportunidades de pesquisa identificadas, o objetivo deste trabalho é apresentar o processo sistemático de desenvolvimento da primeira versão da solução conceitual de um prato adaptado caracterizado por: I) sistema de aquecimento para manter o alimento à temperatura ideal por um período maior; e II) formato propício para facilitar a utilização de talheres, promovendo a alimentação autônoma de indivíduos com distúrbios neuromotores.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este projeto de pesquisa teve início no final do ano de 2018, como uma das propostas de trabalho exploradas durante a disciplina de graduação SEM0522 – Métodos de Projeto Aplicados à Engenharia. Essa disciplina tem natureza de formação obrigatória e de extensão, sendo ofertada pelo Departamento de Engenharia Mecânica (SEM) da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP). Após o término do semestre letivo, o estudo foi desdobrado como um trabalho de conclusão de curso (Loureiro, 2019), agregando elementos de projeto de engenharia com orientação ao usuário final e incorporando a manufatura aditiva por extrusão de baixo custo na geração de protótipos na fase conceitual. O projeto resultou no depósito de uma patente junto ao Instituto Nacional de Propriedade Intelectual – INPI (Silveira; Martinez; Loureiro, 2022). As seguintes etapas foram conduzidas ao longo do desenvolvimento deste trabalho:

- **Formação da equipe de projeto:** para a primeira versão do prato adaptado, a equipe foi constituída por nove integrantes, sendo três graduandos em Engenharia de Materiais e Manufatura, uma engenheira mecânica, três profissionais da área da saúde ligadas ao terceiro setor, uma docente/pesquisadora com doutorado em Engenharia Mecânica e uma docente/pesquisadora na área de Terapia Ocupacional com doutorado em Bioengenharia.

- **Definição da função reduzida, deficiências associadas e público-alvo:** por decisão da equipe, o projeto foi direcionado para pessoas com doenças que afetam os movimentos dos membros superiores. Nesse contexto, alterações neuromotoras podem levar à necessidade do auxílio de terceiros e/ou ao aumento do tempo requerido para executar as tarefas associadas à alimentação, especialmente quando relacionadas à coordenação motora fina, tais como colocar o alimento no talher e levá-lo à boca sem perdas no trajeto. A contextualização e a demanda por um dispositivo assistivo para promover a alimentação autônoma estão descritas em maiores detalhes em Loureiro (2019).

- **Revisão do estado da técnica e pesquisa de produtos comerciais:** partindo de uma prática já consolidada pelo grupo de pesquisa do SEM/EESC/USP, uma das primeiras abordagens utilizadas pela equipe de projeto foi o levantamento de patentes e soluções comerciais relevantes. Com o objetivo de fornecer elementos de robustez a essa busca, foram escolhidas as bases de patentes do INPI, WIPO (World Intellectual Property Organization), Espacenet e Google Patents. As seguintes palavras-chave (*strings*) foram utilizadas na pesquisa: “hot plate” OR “hot dish” OR “heated plate” OR “heated dish” OR “thermal plate” OR “thermal dish” OR “self-feeding dish”, além dos termos “prato adaptado” ou “prato para autoalimentação” no caso das bases em português.

- **Coleta de dados:** tendo como base a experiência dos profissionais de saúde presentes na equipe e os resultados da busca por soluções patenteadas e comerciais, sessões de *brainstorming* foram conduzidas, e uma lista preliminar dos Requisitos do Usuário (RU's) foi elaborada. A partir dessa lista, foi desenvolvido um questionário eletrônico via *Google Forms*, o qual foi distribuído entre familiares e colegas de membros da equipe que possuíam contato com potenciais beneficiários de um dispositivo para alimentação autônoma. As respostas obtidas proporcionaram a base para a atribuição de notas aos requisitos previamente elencados, categorizando-os como muito importantes (nota 9), importantes (nota 3) ou pouco importantes (nota 1). Além disso, o questionário abordou questões sobre o tempo de alimentação e o tipo de ambiente no qual a refeição é comumente realizada.

- **Priorização dos requisitos e identificação das contradições:** os requisitos listados e organizados por ordem importância foram utilizados como entrada

para a construção da Casa da Qualidade (*House of Quality* – HoQ), que consiste em uma das principais matrizes associadas ao método de Desdobramento da Função Qualidade (*Quality Function Deployment* – QFD) (Franceschini, 2001). Inicialmente, cada requisito foi traduzido em uma ou mais características técnicas mensuráveis. Em seguida, os números 9, 3 ou 1 foram utilizados para mapear, quando existentes, as relações entre o domínio do usuário e o domínio da engenharia, categorizando-as como fortes, moderadas ou fracas, respectivamente. As importâncias de cada aspecto técnico foram então calculadas de acordo com o método descrito por Wasserman (1993). Por fim, o telhado da Casa da Qualidade foi preenchido visando a identificação das correlações entre as características técnicas, de forma que um sinal positivo (+) foi atribuído quando ambas as características de um par poderiam ser melhoradas em conjunto, e um sinal negativo (-) foi adotado quando uma melhoria em uma característica do par só era alcançada mediante detrimento da outra. Portanto, sinais negativos indicam contradições técnicas.

- **Tratamento das contradições de projeto:** visando a busca por soluções para os pares de requisitos conflitantes, a Teoria da Resolução Inventiva de Problemas (TRIZ) foi integrada ao QFD. Dessa forma, para cada contradição de projeto identificada, as características técnicas correspondentes foram traduzidas em parâmetros de engenharia (PE's), escolhidos dentre os 39 consolidados na literatura (Gadd, 2011). Uma vez que o problema específico inicial foi tornado mais genérico, a Matriz de Contradições foi adotada para selecionar, dentre os 40 princípios inventivos (PI's) tabelados, aqueles mais promissores para solucionar a abstração proposta (Altshuller, 2002).

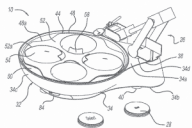
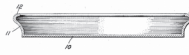
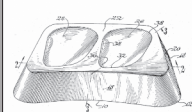
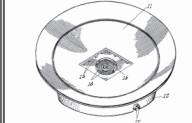
- **Elaboração dos conceitos:** a geração de soluções específicas incorporando os princípios inventivos da TRIZ foi conduzida com auxílio de um quadro morfológico (Zwicky, 1967), de forma que, para cada uma das funções de projeto do dispositivo, múltiplas potenciais alternativas foram listadas. O conceito proposto foi obtido através da combinação das soluções mais promissoras, e o modelo geométrico correspondente foi elaborado com auxílio do software Solid Edge® com licença educacional.

- **Fabricação do protótipo:** um protótipo conceitual do prato adaptado foi fabricado por meio da técnica FFF (*fused filament fabrication*) de manufatura aditiva. Para tal, o fatiamento do modelo virtual foi realizado no software Simplify3D, e o copolímero ABS (acrilonitrila butadieno estireno) na cor branca foi utilizado como matéria-prima. As peças foram impressas no equipamento Sethi3D AiP A3, caracterizado por seu baixo custo, arquitetura cartesiana, sistema de extrusão direta e volume de trabalho com proteção de acrílico. Na etapa de pós-processamento, a colagem das partes impressas do prato foi realizada com auxílio de acetona PA-ACS 100% (Labsynth®) e pincel chato sintético.

3. RESULTADOS

A busca por patentes de pratos adaptados resultou em quatro principais soluções, representadas na parte superior da Figura 1. Nota-se que apenas uma delas contém sistema de aquecimento, enquanto as demais são direcionadas para crianças ou caracterizadas por uma maior complexidade de funcionamento. Já com relação aos produtos comerciais disponíveis no mercado, três categorias principais podem ser identificadas quanto à forma de aquecimento, conforme ilustrado na parte inferior da Figura 1. Para a categoria mais simples de pratos térmicos, em que o aquecimento ocorre somente através de água morna inserida em um compartimento interno, a grande maioria dos produtos encontrados no mercado são voltados para o público infantil, com dimensões reduzidas, estampas divertidas e cores em tons pastéis. Apesar da maior simplicidade e do preço mais acessível de tais produtos, o tempo de permanência do alimento na temperatura desejada é relativamente curto, uma vez que há altas taxas de transferência de calor para o ambiente. As duas categorias restantes são caracterizadas por produtos no formato de lancheiras para transporte de marmitas, de forma que exigem certa coordenação motora fina para a execução correta das etapas de manuseio, abertura e fechamento do dispositivo, o que pode tornar o seu uso inviável para indivíduos com restrições de movimentos.

Figura 01 - Principais patentes e produtos comerciais encontrados referentes a pratos adaptados. Os títulos apresentados foram traduzidos livremente a partir de “self-feeding device for an individual”, “child’s self-feeding training dish”, “infant’s self-feeding dish” e “electrically heated plate”, da esquerda para a direita na parte superior. Os preços foram consultados em abril de 2025, e as imagens representativas de cada produto foram retiradas dos sites dos respectivos fabricantes, sendo, da esquerda para a direita na parte inferior: <https://www.plasutil.com.br/>; <https://www.izumiloja.com.br/>; e <https://hotbento.com/>

Dispositivo de alimentação autônoma para um indivíduo (US2013090756A1)  Funcionamento • Controle por software; • Braço móvel. Vantagens • Auxilia na alimentação; • Compatível com todos os talheres. Desvantagens • Não tem aquecimento; • O uso do software pode não ser viável para todos os usuários; • Não parece um prato comum.	Prato de treinamento da alimentação autônoma para crianças (US2757525A)  Funcionamento • Prato fundo com borda externa; • Auxilia crianças. Vantagens • Parece um prato comum; • Reduz a sujeira; • Apresenta um design simples. Desvantagens • Não tem aquecimento.	Prato para alimentação autônoma infantil (US2672697A)  Funcionamento • Incentiva o uso da mão direita; • Tem bordas arredondadas. Vantagens • Pode ser feito de diversos materiais; • É difícil de ser movido. Desvantagens • Não tem aquecimento; • Restringe a utilização da mão esquerda; • Não parece um prato comum.	Prato aquecido eletricamente (US2515641A)  Funcionamento • Utiliza eletricidade para aquecer um compartimento com água. Vantagens • Parece um prato comum; • Apresenta aquecimento eficiente. Desvantagens • Envolve o risco de combinar água e eletricidade.
Prato térmico infantil (Plasutil®)  Funcionamento • Utiliza água morna para manter o alimento aquecido. Faixa de preço • R\$ 40,00 - R\$ 70,00. Vantagens • Eficiente e simples; • Baixo custo; • Parece um prato comum. Desvantagens • Envolve o risco de manipular água aquecida.	Marmiteira elétrica (Izumi®)  Funcionamento • Utiliza eletricidade para aquecer um compartimento com água. Faixa de preço • R\$ 170,00 - 200,00. Vantagens • Eficiente e simples; • Armazena alimentos. Desvantagens • Envolve o risco de utilizar água nas proximidades de uma fonte de alimentação.	Marmiteira à bateria (Hot Bento®)  Funcionamento • Utiliza uma bateria recarregável para aquecer o alimento. Faixa de preço • R\$ 700,00 - 900,00. Vantagens • Eficiente e simples; • Armazena alimentos. Desvantagens • Alto custo.	

Durante a etapa de coleta de dados, os seguintes requisitos do usuário foram elencados para o projeto do prato e categorizados quanto ao grau de relevância: não quebrar com facilidade, manter a temperatura do alimento durante o tempo de uso e não esquentar excessivamente foram considerados muito importantes (nota 9); não se movimentar facilmente, ser fundo, e ser de fácil higienização como importantes (nota 3); e ter tamanho padrão e ser de fácil manutenção como pouco importantes (nota 1). Analisando as respostas ao questionário, o tempo médio mencionado para alimentação foi de 30 minutos, durante o qual o usuário permanece sentado à mesa. Previamente à atividade, a comida é usualmente aquecida em panelas, o que elimina a necessidade de levar o prato ao micro-ondas. Houve unanimidade entre os respondentes ao pontuar que os potenciais usuários passam a se sentir menos confortáveis durante a alimentação com

o decorrer do tempo, uma vez que o alimento começa a esfriar e ficar menos palatável, o que comprova a oportunidade de melhoria e inovação no projeto.

Iniciando o preenchimento da Casa da Qualidade, os requisitos foram traduzidos em um conjunto de características técnicas (CT's) mensuráveis, possibilitando a categorização das relações entre os domínios do usuário e da engenharia. O mapeamento obtido pode ser observado na matriz da Figura 2. Os números 9, 3 e 1 foram atribuídos às relações em ordem decrescente de força, seguindo a mesma lógica previamente utilizada para as importâncias dos requisitos. Na porção inferior da matriz, estão dispostos os pesos absolutos e relativos das características técnicas, calculados a partir da soma dos produtos entre a importância de cada requisito e seu nível de relação com a CT correspondente. Como resultado desse processo, tem-se a priorização das CT's, de forma que as três avaliadas como mais importantes (maiores pesos) foram: perda de calor por condução e/ou convecção, capacidade de manutenção da temperatura ao longo da atividade e resistência mecânica ao impacto. Localizado na parte superior da matriz está o “telhado” da Casa da Qualidade, em que é possível observar as correlações construtivas (+) e destrutivas (-) entre as características técnicas.

Correlações entre CT's										
Podem ser aprimoradas em conjunto		+								
Melhoria de uma prejudica a outra		-								
Não tem correlação										
Coluna #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Linha #	Características técnicas	Resistência mecânica ao impacto	Manter temperatura por tempo médio de alimentação	Rugosidade	Perda por condução ou convecção	Dimensões da cavidade	Volume total	Acabamento superficial	Número de arestas	Número de componentes
Requisitos do usuário										
1	Não quebrar com facilidade	●		▽				▽	▽	
2	Manter temperatura no tempo de uso		●	○	▽	▽			○	
3	Não se movimentar facilmente			●		▽	○		▽	
4	Não esquentar muito		○	●	▽	▽			▽	
5	Ser fundo		▽	▽	●	▽		▽		
6	Ter tamanho padrão			▽	○	●		▽	▽	
7	Ser de fácil higienização			○	▽	▽	●	●	○	
8	Ser de fácil manutenção	▽	▽			▽		▽	●	
	Objetivos	40 - 200 MPa	60°C por 30 min	3 µm	0,30 W/K.m a 23°C	Ø < 30 cm	< 0,0074 m³	Usinado	3	2 a 5
	Peso absoluto	82	112	36	121	51	37	36	41	67
	Peso relativo (%)	14,1	19,2	6,17	20,8	8,75	6,35	6,17	7,03	11,5
	Diagrama de pesos relativos	■■■■	■■■■■	■	■■■■■	■	■	■	■	■■■
		Relações entre RU's e CT's Forte 9 ● Moderada 3 ○ Fraca 1 ▽								

EIXO TEMÁTICO | Cuidados Domésticos e Escolares 367

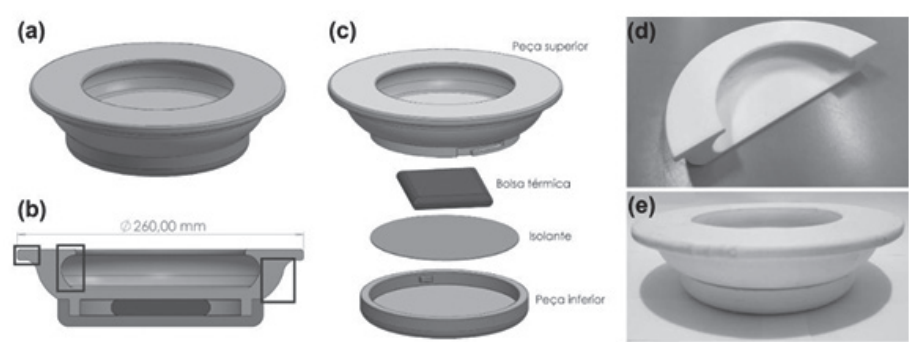
Tabela 01 - Aplicação da TRIZ para exploração de elementos de inovação em cada problema específico. Os números entre parênteses são os identificadores de cada parâmetro de engenharia e princípio inventivo, conforme literatura

Contradições	Parâmetros de Engenharia	Princípios Inventivos
Perda por condução ou convecção x Manter temperatura por tempo	Perda de energia (22) x Temperatura (17)	Aninhamento (7)
Manter temperatura por tempo x Dimensões da cavidade	Temperatura (17) x Forma (12)	Curvatura (14)
Perda por condução ou convecção x Acabamento superficial	Perda de energia (22) x Conveniência de uso (33)	Segmentação (1)
Manter temperatura por tempo x Volume total	Temperatura (17) x Volume de um objeto estacionário (8)	Mudança de parâmetros (35)

(Gadd, 2011)

A partir dos resultados da TRIZ, a equipe de projeto utilizou analogias para elaborar um quadro morfológico com soluções construtivas específicas que incorporassem os princípios de aninhamento, curvatura, segmentação e mudança de parâmetros. Tal quadro está apresentado na Figura 3, em que as células hachuradas representam as alternativas que foram avaliadas como mais viáveis para cada função ou requisito de projeto. Dessa forma, combinando-se tais soluções promissoras, tem-se o projeto conceitual do prato adaptado.

Figura 04 - Projeto conceitual do prato adaptado para alimentação autônoma. É possível observar representações virtuais relativas a (a) modelo geométrico completo, (b) seção transversal em corte com indicações dos elementos de inovação e (c) vista explodida com os componentes associados, bem como (d – e) o protótipo exploratório fabricado por manufatura aditiva.



O protótipo exploratório fabricado foi avaliado qualitativamente com foco na satisfação de uso. Essa análise foi realizada por três profissionais da área da saúde, especificamente terapeutas ocupacionais, que compunham a

equipe de projeto e auxiliaram na definição do problema e no estabelecimento dos requisitos. O principal comentário sobre a iniciativa do projeto foi que o mercado nacional não oferece pratos destinados à alimentação autônoma para pessoas com deficiências em geral. As opções importadas apresentam preço inacessível para grande parte da população que precisa desse tipo de dispositivo. Essa constatação corrobora com a revisão do estado da técnica e a pesquisa de produtos comerciais conduzidas na etapa inicial do projeto (fase informacional). Com relação à solução desenvolvida, foi relatado que um sistema de fixação à mesa poderia ser útil para pessoas com deficiência visual (por exemplo) e que a altura do prato poderia ser reduzida, a fim de facilitar a utilização para pessoas com amplitude de movimento reduzida no ombro. O sistema de aquecimento foi considerado possivelmente dispensável por duas das três avaliadoras, de forma que a bolsa térmica foi mantida como um acessório auxiliar. Quanto ao compartimento para aquecimento, uma das sugestões foi a identificação clara da posição correta para encaixe a partir de ressaltos nas partes superior e inferior. A proposta do produto, a dimensão e o volume da cavidade e o formato com curvas do prato foram bem aceitos pelas avaliadoras.

4. DISCUSSÃO

As metodologias de projeto de engenharia tradicionais (Pahl *et al.*, 2007; Ullman, 2010) são fortemente orientadas pela tecnologia e para o desenvolvimento de produtos em escala. Dessa forma, tais abordagens geralmente não englobam as características mais específicas exigidas por um projeto de Tecnologia Assistiva, como a natureza cíclica, a alta interdisciplinaridade e o envolvimento mais ativo de diferentes usuários desde as etapas iniciais. Nesse sentido, é possível encontrar na literatura alguns estudos voltados à proposta e implementação de procedimentos sistemáticos centrados no usuário para o projeto de dispositivos assistivos (Aflatoony; Lee, 2020; García *et al.*, 2021; Gherardini *et al.*, 2018; Schwartz *et al.*, 2019). Entretanto, nesses casos, a aplicação de técnicas e ferramentas de engenharia é comumente escassa ou superficial, o que restringe o grau de rigor técnico de tais produtos, especialmente em contextos que exigem maior grau de complexidade na solução. Ao longo dos últimos anos, nosso grupo de pesquisa tem direcionado esforços para reduzir essa lacuna (Rodrigues; Martinez; Silveira, 2024; Santos *et al.*, 2019), cenário dentro do qual o presente trabalho está inserido.

O prato adaptado desenvolvido, difere de soluções análogas já existentes, uma vez que foi especialmente concebido para pessoas com deficiência, apresenta um formato propício para a realização da atividade de forma autônoma e propõe uma maneira simples e segura de manter a comida aquecida. Para as

próximas iterações de projeto, faz-se necessário testar e aprimorar a eficácia do aquecimento, além de incorporar aspectos de *design* ergonômico à solução sem prejudicar a estabilidade da versão original.

A utilização da manufatura aditiva na fase de conceituação da solução trouxe uma nova percepção mais próxima ao contexto do problema por meio do uso evolutivo de protótipos (Correia, 2017).

Uma das limitações deste trabalho (à época do desenvolvimento da primeira versão) foi a ausência de um projeto aprovado por comitê de ética, o que restringiu a participação para levantamento de requisitos e avaliação do protótipo apenas aos profissionais de saúde presentes na equipe de projeto.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma abordagem sistemática para o desenvolvimento da solução conceitual de um prato adaptado para pessoas com distúrbios neuromotores, facilitando a colocação da comida na colher, permitindo o aquecimento do conteúdo do dispositivo e proporcionando maior autonomia na alimentação.

A aplicação de diferentes técnicas de projeto trouxe melhorias metodológicas relevantes sob os seguintes aspectos principais: I) facilitou a comunicação entre membros da equipe técnica e profissionais de saúde; II) forneceu uma identificação mais clara das necessidades dos usuários, possibilitando sua incorporação nas fases iniciais do projeto; e III) possibilitou a geração de soluções viáveis e inventivas, com funcionalidade e inovação. O uso da manufatura aditiva facilitou a visualização dos conceitos desenvolvidos, a simulação da realização da atividade e o estudo do subsistema de aquecimento.

Os próximos passos consistem em realizar a interação com o usuário final, com intervenção de um profissional da saúde, para avaliação da satisfação e do desempenho na realização da atividade. Dessa forma, pretende-se criar um ciclo de projeto participativo para que a solução conceitual satisfaça de forma mais ampla as características técnicas extraídas da lista de requisitos do usuário, resultando em um protótipo funcional com abordagem de projeto universal. O projeto de pesquisa para submissão junto ao comitê de ética está em elaboração.

AGRADECIMENTOS

As autoras gostariam de agradecer ao suporte financeiro do projeto aprovado no Edital de Apoio à Pesquisa em Tecnologia Assistiva (2024) desenvolvido por grupos interinstitucionais do Estado de São Paulo.

REFERÊNCIAS

- AFLATOONY, L.; LEE, S. J. CODEA: A framework for co-designing assistive technologies with occupational therapists, industrial designers, and end-users with mobility impairments. In: 16TH INTERNATIONAL DESIGN CONFERENCE, 2020, Cambridge. *Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference*. Cambridge: Cambridge University Press, 2020. p. 1843–1852.
- ALTSHULLER, G. *40 principles: TRIZ keys to innovation*. Worcester, MA: Technical Innovation Center, 2002.
- 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, v. 127, p. 2, 2015.
- COOK, C. et al. Development of guidelines for occupational therapy in Huntington's disease. *Neurodegenerative Disease Management*, London, v. 2, n. 1, p. 79–87, 2012.
- CORREIA, R. T. *Sistematização dos processos de prototipagem no contexto das tecnologias vestíveis*. 2017. 131 f. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- FRANCESCHINI F. *Advanced quality function deployment*. Boca Raton: CRC Press, 2001.
- GADD, K. *TRIZ for engineers: enabling inventive problem solving*. Chichester: John Wiley & Sons, 2011.
- GARCÍA, T. P. et al. A framework for a new approach to empower users through Low-Cost and Do-It-Yourself Assistive Technology. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Basel, v. 18, n. 6, p. 3039, 2021.
- GHERARDINI, F. et al. A co-design method for the additive manufacturing of customized assistive devices for hand pathologies. *Journal of Integrated Design and Process Science*, Amsterdam, v. 22, n. 1, p. 21–37, 2018.
- HOWARD, J. et al. Exploring the barriers to using assistive technology for individuals with chronic conditions: a meta-synthesis review. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, London, v. 17, n. 4, p. 390–408, 2022.
- LERTYOSBORDIN, C. et al. Enhancing Dining Experience for Parkinson's Patients: Self-Stabilizing Spinning Utensils. In: ACM/IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMAN-ROBOT INTERACTION, 2024. *HRI '24 Companion*. Boulder: Association for Computing Machinery, 2024. p. 1241–1244.
- LOUREIRO, I. M. *Projeto e desenvolvimento do protótipo funcional de um prato de alimentação adaptado para pessoas com distúrbios neuromotores e tremor essencial*. 2019. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais e Manufatura) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.
- PAHL, G. et al. *Engineering design: a systematic approach*. 3. ed. London: Springer-Verlag, 2007.
- RODRIGUES, A. de S. L.; MARTINEZ, L. B. A.; SILVEIRA, Z. de C. An iterative design procedure for the development of assistive devices based on a participatory approach. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, Amsterdam, v. 46, n. 3, p. 127, 2024.

SANTOS, A. V. F. *et al.* User-centered design of a customized assistive device to support feeding. *Procedia CIRP*, Amsterdam, v. 84, p. 743–748, 2019.

SCHWARTZ, J. K. *et al.* Methodology and feasibility of a 3D printed assistive technology intervention. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, London, v. 15, n. 2, p. 141–147, 2019.

SILVEIRA, Z. C.; MARTINEZ, L. B. A.; LOUREIRO, I. M. *Prato adaptado para auxílio de várias tarefas e etapas envolvidas na alimentação*. Depositante: Universidade de São Paulo. BR 10 2022 017555 1 A2. Depósito: 1 set. 2022.

SIMÓN-VICENTE, L. *et al.* Impact of Upper Limb Function on Activities of Daily Living and Quality of Life in Huntington's Disease. *Journal of Clinical Medicine*, Basel, v. 14, n. 1, p. 168, 2024.

SONG, W.-K.; KIM, J. Novel assistive robot for self-feeding. In: *ROBOTIC SYSTEMS - APPLICATIONS, CONTROL AND PROGRAMMING*. London: InTechOpen, 2012. p. 43–60.

TURGEON, P. *et al.* Mechanical design of a new device to assist eating in people with movement disorders. *Assistive Technology*, London, v. 34, n. 2, p. 170–177, 2022.

ULLMAN, D. G. *The mechanical design process*. 4. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2010.

VANDERVELDE, L. *et al.* Activity limitations in patients with neuromuscular disorders: a responsiveness study of the ACTIVLIM questionnaire. *Neuromuscular Disorders*, London, v. 19, n. 2, p. 99–103, 2009.

WASSERMAN, G. S. On how to prioritize design requirements during the QFD planning process. *IIE transactions*, London, v. 25, n. 3, p. 59–65, 1993.

WHO. *Global report on health equity for people with disabilities*. Geneva: World Health Organization, 2022.

WHO. *Towards a common language for functioning, disability, and health: ICF The international classification of functioning, disability and health*. Geneva: World Health Organization, 2002.

ZWICKY, F. The morphological approach to discovery, invention, research and construction. In: *NEW METHODS OF THOUGHT AND PROCEDURE: CONTRIBUTIONS TO THE SYMPOSIUM ON METHODOLOGIES*. Pasadena: Springer, 1967. p. 273–297.