

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Engenharia de Materiais e Manufatura

Barbara dos Santos Martinez

**Dispositivo assistivo universal para auxiliar atividades de pintura:
projeto e avaliação de satisfação**

São Carlos
2020

Barbara dos Santos Martinez

**Dispositivo assistivo universal para auxiliar atividades de pintura:
projeto e avaliação de satisfação**

Versão Original

Trabalho de conclusão de curso apresentado para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia de
Materiais e Manufatura, da Escola de Engenharia de
São Carlos da Universidade de São Paulo.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Zilda de Castro Silveira

São Carlos
2020

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

M229p Martinez, Barbara dos Santos
Dispositivo assistivo universal para auxiliar atividades da pintura: projeto e avaliação de satisfação / Barbara dos Santos Martinez; orientadora Zilda de Castro Silveira.
São Carlos, 2020.

Monografia (Graduação em Engenharia de Materiais e Manufatura) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2020.

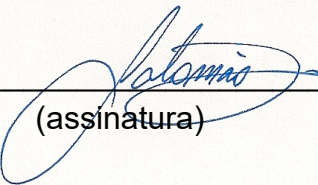
1. projeto de engenharia. 2. paralisia cerebral. 3. tecnologia assistiva. 4. QFD. 5. FMEA. 6. B-QUEST. 7. co-design. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Barbara dos Santos Martinez
Título do TCC: Dispositivo assistivo universal para auxiliar atividades de pintura: projeto e avaliação da satisfação
Data de defesa: 21/09/2020

Comissão Julgadora	Resultado
Professor Doutor Zilda de C. Silveira (orientador)	APROVADO
Instituição: EESC - SEM	
Professor Doutor Luciana Bolzan Agnelli Martinez	APROVADO
Instituição: UFSCar - Departamento de Terapia Ocupacional	
Professor Doutor Marcelo Chinelatto	APROVADO
Instituição: EESC - SMM	

Presidente da Banca: **Professor Doutor Rafael Salomão**


(assinatura)

DEDICATÓRIA

Em primeiro lugar, dedico a Deus por o reconhecer como um Ser Supremo e absoluto. Aos meus pais, por me darem a oportunidade de estudar e me apoiarem durante toda esta trajetória. E ao Dr. Celso Charuri por reconhecê-lo como mestre e por ter me dado a oportunidade de me tornar um ser melhor.

AGRADECIMENTOS

Aos meus colegas de grupo Elisa, Maria Carolina, Henrique, Luís e Vicente, os quais contribuíram com o início deste projeto durante a disciplina Teoria e Metodologia do Projeto em 2018, dando o embasamento científico necessário para a posterior continuidade ao seu desenvolvimento.

A todos os professores, funcionários e alunos que conheci durante esta trajetória e que contribuíram para minha formação pessoal e acadêmica.

À Prof.^a Dra. Zilda, pela qual tenho grande admiração por sua dedicação em ajudar a melhorar o dia a dia de pessoas com necessidades especiais e pela oportunidade oferecida a mim para a realização deste projeto.

À Prof.^a Dra. Luciana (UFSCar), que se mostrou uma pessoa atenciosa, dedicada, engajada e preocupada com o bem estar de todos os envolvidos neste projeto e pela sua contribuição com o conhecimento na área da saúde e terapia ocupacional.

À Vitoria e família por aceitarem participar deste projeto, recebendo-nos em sua casa e pelo tempo e colaboração dedicados desde o início até sua conclusão.

Ao Leandro pelo auxílio na execução do desenho técnico mecânico do protótipo.

À Escola de Engenharia de São Carlos pela oportunidade de realizar o sonho de me graduar como engenheira e pelo intercâmbio realizado na Noruega.

Ao Fernando, Mauro, Thalita e Vera, pelo apoio nos momentos em que mais precisei.

RESUMO

MARTINEZ, B.S. **Dispositivo assistivo universal para auxiliar atividades de pintura**: projeto e avaliação de satisfação. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais e Manufatura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.

Esse trabalho teve como objetivo o desenvolvimento do projeto e protótipo conceitual de um pincel com dosagem de tinta, com foco em Tecnologia Assistiva, para pessoas com paralisia cerebral, a fim de promover a inclusão social e a possibilidade da realização de uma atividade de pintura. Para isso, três etapas foram contempladas: a) desenvolver uma solução com grau de inovação para um dispositivo assistivo, a partir da busca de patentes relacionadas ao projeto proposto e aplicação de ferramentas de projeto de engenharia; b) desenvolver um protótipo conceitual parcialmente construído com impressão 3D e c) avaliar a satisfação do usuário final por meio de teste com usuário único e aplicação da ferramenta B-QUEST. Durante a fase conceitual foram aplicadas ferramentas como brainstorming, QFD, TRIZ, Árvore funcional, MEI e FEMEA. Após a impressão 3D e montagem do protótipo foram aplicados testes com uma usuária a fim de avaliar sua satisfação e a eficácia do dispositivo. As aplicações dessas ferramentas de projeto permitiram a criação de um ambiente de co-projeto (co-design) e a multidisciplinariedade do projeto foi fundamental para o desenvolvimento desse dispositivo assistivo (pincel). Após os testes com os pinceis, um sem adaptação e com o protótipo, foi aplicado o instrumento de avaliação de satisfação, Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (B-QUEST – 2.0). Os resultados preliminares demonstraram que: com a utilização do protótipo ela sujou menos o pincel; não houve respingos de tinta indesejados no papel causados pelo movimento de “buscar” tinta no pote; ela utilizou mais tinta para colorir, preenchendo mais a folha; a usuária não sujou sua mão enquanto utilizou o protótipo. A média obtida pela primeira avaliação B-QUEST foi 4,1 de (5,0), com notas máximas, nos seguintes requisitos do usuário: peso; estabilidade e segurança; e facilidade de uso. Apesar dos requisitos relacionados ao conforto terem recebido nota 3,0 indicando a possibilidade de seu uso com outras faixas etárias e outros tipos de deficiência e limitações, caracterizando o conceito de projeto universal.

Palavras-chave: Projeto de engenharia. Paralisia cerebral. Tecnologia assistiva. QFD. FMEA. B-QUEST. *Co-design*.

ABSTRACT

MARTINEZ, B.S. **Universal assistive device to assist painting activities**: design and satisfaction assessment. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais e Manufatura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.

This work aimed to develop the design and conceptual prototype of a brush with paint dosage, focusing on Assistive Technology, for people with cerebral palsy, in order to promote social inclusion and the possibility of carrying out a painting activity. For this, three stages were contemplated: a) to develop a solution with an innovation degree for an assistive device, based on the search for patents related to the proposed project and application of engineering design tools; b) to develop a conceptual prototype partially built with 3D printing and c) to evaluate the satisfaction of the end user through a test with a single user and application of a satisfaction evaluation tool, the B-QUEST. During the conceptual phase, tools such as brainstorming, QFD, TRIZ, functional tree, MEI and FMEA were applied. After 3D printing and assembly of the prototype, tests were applied with an user in order to assess her satisfaction and the effectiveness of the device. The application of these design tools created a co-design environment and the multidisciplinary of the project was fundamental for the development of this assistive device (brush). After testing with the brushes, one without adaptation and with the prototype, the Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (B-QUEST - 2.0), was applied. The preliminary results showed that: with the use of the prototype she smeared the brush less; there were no unwanted ink splashes on the paper caused by the “fetching” ink in the pot; she used more paint to color, filling the sheet more; the user did not get her hand dirty while using the prototype. The average obtained by the first B-QUEST assessment was 4.1 of (5.0), with maximum scores, in the following user requirements: weight; stability and security; and ease of use. Despite the requirements related to comfort having received a score of 3.0, there was a possibility of its use with other age groups and other types of disabilities and limitations, characterizing the concept of universal design.

Keywords: Engineering design. Cerebral palsy. Assistive technology. QFD. FMEA. B-QUEST. Co-design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - (a) Porcentagem de indivíduos com deficiência no Brasil, segundo o Censo de 2010; (b) Distribuição percentual, por faixas etárias, da incidência de deficiências.....	21
Figura 2 - Sinais clínicos e respectivas ocorrências no diagnóstico precoce de PC.....	26
Figura 3 - Aspectos a serem considerados para chegar ao quadro clínico de PC.....	28
Figura 4 - (a) Envoltório para facilitar a pega; (b) Extensor de cabo para aumentar o torque; (c) Extensor de cabo e fixador.....	31
Figura 5 - Princípio mecânico para deposição com técnica aditiva FFF (com mecanismo FDM).....	33
Figura 6 - Impressora 3D comercial, (a) equipamento; (b) Vista do Programa de interface.....	37
Figura 7 - (a) programa de interface , (b) programa de ajuste de parâmetros e (c) ajuste de escala.....	38
Figura 8 - Modelo de Casa da Qualidade.....	40
Figura 9 - 1º Nível do MEI: função básica de projeto, com entradas e saídas..	44
Figura 10 - Metodologia de projeto proposta para o desenvolvimento do protótipo conceitual do pincel dosador de tinta.....	50
Figura 11 - Legendas das convenções usadas no QFD.....	55
Figura 12 - Requisitos do usuário x Características técnicas.....	55
Figura 13 - Telhado do QFD com as devidas correlações.....	56
Figura 14 - Importância das características para o usuário.....	57
Figura 15 - Relação entre requisitos do usuário e requisitos do projeto.....	57
Figura 16 - TRIZ.....	60
Figura 17 - Árvore Funcional Esquemática.....	62
Figura 18 - Legenda com a indicação do significado de cada uma das setas...	63
Figura 19 - Representação parcial do início do MEI.....	63
Figura 20 - Representação parcial do final do MEI.....	64
Figura 21 - Bico dosador da saboneteira líquida de parede.....	73
Figura 22 - Embolo adaptado de uma pistola d'água.....	74
Figura 23 - (a) Macho da rosca; (b) Fêmea da rosca.....	74

Figura 24 - Tubo externo do pincel.....	75
Figura 25 - Desenho de conjunto do pincel montado com ênfase nas diferenças de diâmetro.....	76
Figura 26 - Protótipo final.....	76
Figura 27 - pincel dosador. (a) modelo geométrico (CAD) e (b) protótipo conceitual.....	77
Figura 28 - (a) Pincel sem adaptação; (b) Protótipo desenvolvido.....	77
Figura 29 - (a) Respingos de tinta ao utilizar o pincel convencional; (b) Sem respingos de tinta durante o uso do protótipo.....	78
Figura 30 - (a) Folha pintada com o pincel convencional; (b) Folha pintada com o protótipo.....	78
Figura 31 - Sujeira de tinta em diferentes posições na mão da usuária.....	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Patentes pesquisadas e suas respectivas descrições, vantagens e desvantagens.....	35
Quadro 2 - Lista de Parâmetros de Engenharia.....	42
Quadro 3 - Lista de princípios inventivos.....	43
Quadro 4 - Combinação de soluções possíveis.....	45
Quadro 5 - FMEA de Severidade generalizado.....	46
Quadro 6 - FMEA de detecção e respectivas notas.....	46
Quadro 7 - FMEA de ocorrência generalizado e respectivas notas.....	47
Quadro 5 - Características técnicas obtidas a partir dos requisitos do usuário.....	54
Quadro 9 - Requisitos técnicos com contradições técnicas.....	61
Quadro 10 - Quadro Morfológico.....	66
Quadro 11 - Primeiro caminho de soluções com a melhor combinação dos requisitos.....	67
Quadro 12 - Segundo caminho de soluções com a melhor combinação de requisitos.....	68
Quadro 13 - Terceiro caminho de soluções com a melhor combinação de requisitos.....	69
Quadro 14 - Critérios para escolha de parâmetros.....	69
Quadro 15 – FMEA.....	72
Quadro 16 – Correlação dos requisitos do usuário com a avaliação de satisfação (B-QUEST).....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados B-QUEST (2.0) na primeira aplicação.....	79
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
1.1 OBJETIVO	23
2 EMBASAMENTO TEÓRICO.....	25
2.1 DEFINIÇÃO DE PARALISIA CEREBRAL.....	25
2.2 CONCEITOS EM TECNOLOGIA ASSISTIVA E IMPRESSÃO 3D.....	29
2.3 CONCEITOS DE MANUFATURA ADITIVA POR EXTRUSÃO.....	32
2.4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	33
2.5 ESTUDO DE ANTERIORIDADE DE PATENTE	34
3 MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1 MATERIAIS	37
3.1.1 Equipamento de impressão 3-D e programas de interface	37
3.1.2 Matéria-prima	38
3.2 MÉTODOS	39
3.2.1 Brainstorming	39
3.2.2 QFD	39
3.2.3 TRIZ.....	41
3.2.4 Árvore funcional	43
3.2.5 MEI	44
3.2.6 Análise morfológica.....	44
3.2.7 FMEA.....	45
3.2.8 Seleção do(s) participante(s)	47
3.2.9 Caracterização do sujeito	48
3.2.10 Procedimentos de teste do dispositivo	48
3.2.11 Instrumento de avaliação do recurso de Tecnologia Assistiva.....	49
3.2.12 Procedimento sistemático para o projeto do pincel assistivo.....	50
3.2.13 Aspectos éticos	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE PROJETO.....	53
4.1.1 Coleta de dados qualitativos e Brainstorming	53
4.1.2 Matriz da Casa da Qualidade (HoQ)	53
4.1.2.1 Especificação das métricas.....	58
4.1.2.2 Identificação de contradições técnicas	59
4.1.3 TRIZ.....	59
4.1.4 Árvore Funcional	61
4.1.5 Diagrama MEI	62
4.1.6 Análise Morfológica.....	65
4.1.7 FMEA.....	71
4.2 DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO CONCEITUAL	73

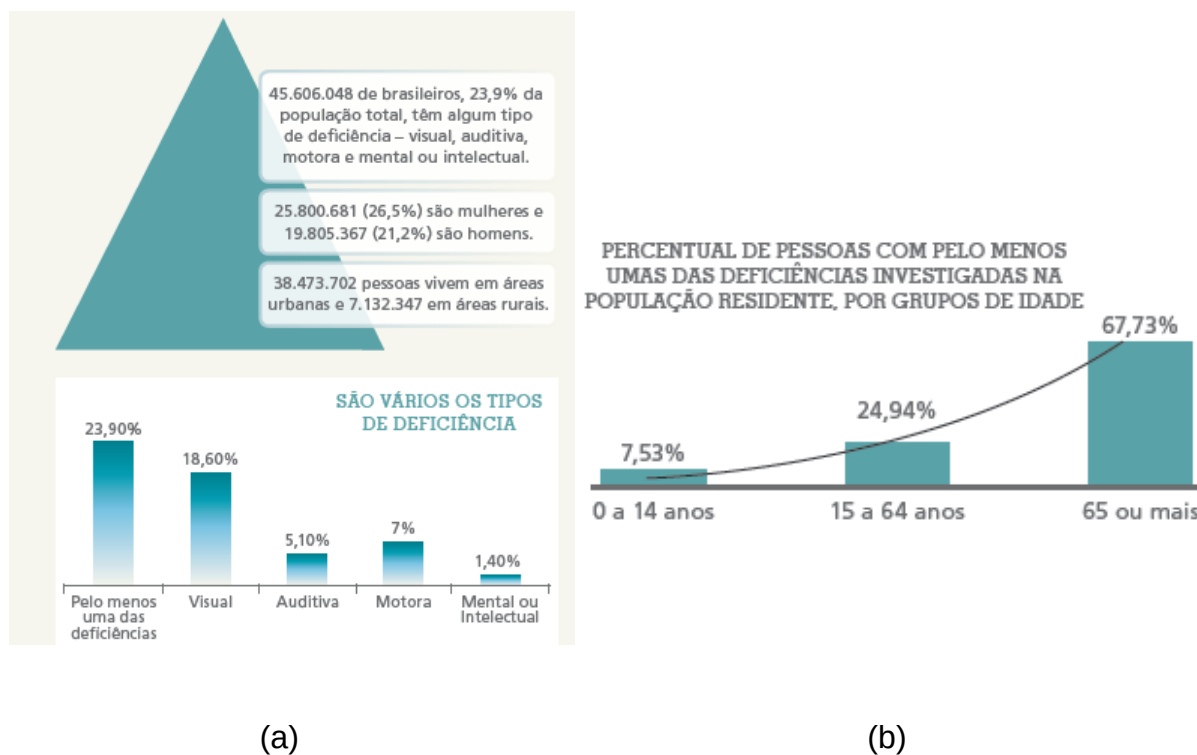
4.2.1 Protótipo	73
4.2.3 Recomendações de uso	81
5 CONCLUSÕES	83
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	85
REFERÊNCIAS.....	87
APÊNDICE.....	91
ANEXOS	111

1 Introdução

A deficiência é uma condição que pode acometer qualquer pessoa, seja de forma temporária ou permanente, em função de doenças crônicas não transmissíveis, patologias neuro-motoras, acidentes de trânsito, domésticos, de trabalho e pelo próprio processo de envelhecimento populacional.

A *World Health Organization* – WHO (2011) define a deficiência de forma multidimensional sendo, portanto, uma condição humana. Segundo levantamento do Censo de 2010, há atualmente no Brasil, mais de 45 milhões de indivíduos (~24% da população) com algum tipo de deficiência, representado na Figura 1(a). Deste total, as deficiências motoras correspondem a 7% ou cerca de 3 milhões de indivíduos. Além disso, é importante notar como a distribuição dessas deficiências está relacionada com a faixa etária da população analisada, demonstrado na Figura 1(b). Como esperado, há um acréscimo significativo da incidência de deficiências com o aumento da faixa etária.

Figura 1 - (a) Porcentagem de indivíduos com deficiência no Brasil, segundo o Censo de 2010; (b) Distribuição percentual, por faixas etárias, da incidência de deficiências.



Fonte: Oliveira (2012)

A escolha da deficiência acarretada pela Paralisia Cerebral (PC) foi feita a partir de uma pesquisa sobre a demanda na área de dispositivos assistivos para crianças

com paralisia cerebral, que apresentam dificuldade na escrita por terem os movimentos dos braços muito comprometidos, fato que muitas vezes impossibilita de conseguir escrever, pintar, desenhar sem o auxílio de outra pessoa. Outro ponto de inspiração foi analisar o cenário e tentar identificar, que além dos portadores de paralisia cerebral, outros indivíduos com dificuldades motoras também poderiam se beneficiar de dispositivos de tecnologia assistiva que auxiliassem tais atividades.

A qualidade dos tratamentos médicos nos países desenvolvidos levou, nos últimos anos, a um aumento da taxa de sobrevivência de crianças com paralisia cerebral, conforme citado nos estudos de Dias *et al.* (2010). Apesar da paralisia cerebral ser uma das desordens infantis mais comuns no Brasil, não há muitas pesquisas científicas específicas sobre a incidência de pessoas com deficiência física, sensorial ou mental como apontam Rebel *et al.* (2010). Santos (2014) afirma que no Brasil a cada mil crianças nascidas vivas, sete são portadoras de PC.

Uma vez que a PC acarreta desordens posturais e de movimentos, isto acaba gerando limitações funcionais na criança. Há um sistema de classificação da função motora grossa o Gross Motor Function Classification System (GMFCS, 2008) para detectar o quanto as funções motoras da criança estão comprometidas.

Para projetos de dispositivos na área de saúde, especificamente na área de Tecnologia Assistiva (TA), o conhecimento transversal entre áreas da saúde e engenharia, com o uso de protótipos virtuais e físicos, podem formar um repertório de conhecimento interdisciplinar para conduzir a uma solução técnica assertiva. Nesse sentido, o desenvolvimento de produtos para a área de Tecnologia Assistiva difere fundamentalmente dos produtos fabricados em série, cujo principal atributo de projeto é sua intercambiabilidade (HU, 2013).

Entretanto, a adesão por parte dos usuários finais, incluindo familiares e cuidadores, é um ponto crítico do projeto de engenharia na sua extrapolação de conhecimento transversal. Segundo Guimarães *et al.* (2006) vários são os fatores que podem influenciar o cumprimento das prescrições terapêuticas por parte do paciente: faixa etária, escolaridade, condição clínica e como ele a percebe, o impacto da deficiência sobre sua vida, nível de motivação, forma de transmissão das orientações, experiências com outros tratamentos, percepção sobre quem é responsável pela sua melhora, esclarecimento sobre sua condição, incentivo do profissional de saúde e a duração do tratamento.

Os dispositivos assistivos localizam-se entre os modelos de produtos customizados e personalizados, permitindo a modularidade e a geração de valor na solução técnica. Os conceitos de personalização e customização proporcionam o envolvimento do usuário na criação e desenvolvimento do produto, principalmente nas fases iniciais do projeto, criando a oportunidade do ambiente de co-projeto (*co-design*). A customização relaciona-se com a concepção e incorporação das necessidades do usuário, sendo a comunicação entre os dois lados do mercado intensa para desenvolver a melhor solução (TSENG; PILLER, 2003). Assim, as atividades de projeto tornam-se processos interativo e iterativo, quando da coparticipação dos usuários na coleta e nas tomadas de decisões.

As atividades de projeto de forma geral citadas pelos principais pesquisadores na área de Projeto de Engenharia, destacam quatro fases: informacional, conceitual, preliminar e detalhado (PAHL *et al.*, 2007).

Portanto, esse trabalho apresenta o desenvolvimento do conceito e de uma solução construtiva para um dispositivo assistivo - **pincel dosador de tinta** - para ser utilizado duplamente: em atividade terapêutica e também para facilitar o desempenho funcional durante a atividade de pintura.

Para o desenvolvimento do projeto, nas fases iniciais foram aplicadas técnicas de projeto, que foram: a *Quality Function Deployment* (Matriz da Qualidade); o Quadro Morfológico e a FMEA (*Failure Mode Effects Analysis*). A avaliação preliminar de satisfação de um usuário com funcionalidade reduzida, com o protótipo funcional foi feita com a ferramenta de avaliação de satisfação, o B-Quest. A condução desse trabalho foi suportada pela aprovação do projeto pelo Comitê de Ética da UFSCar (MARTINEZ *et al.*, 2019) e alocado no sistema Plataforma Brasil, intitulado “Dispositivos Assistivos para Atividades de Vida Diária: Projeto Conceitual” sob o número: CAAE: 12413219.7.0000.5504 (Anexo B).

1.1 Objetivo

O objetivo principal desse trabalho é apresentar o desenvolvimento do conceito e *mock-up* de um pincel dosador de tinta, com foco em projeto participativo. Foram estabelecidos como objetivos específicos:

- Desenvolver uma solução com grau de inovação para um dispositivo assistivo, a partir da aplicação de ferramentas de projeto de engenharia;

- Desenvolver um protótipo conceitual parcialmente construído com impressão 3D e;
- Avaliar a satisfação do usuário final por meio de teste com ferramenta da Terapia ocupacional, o B-QUEST.

2 Embasamento teórico

2.1 Definição de Paralisia Cerebral

Como mostrado na publicação Diretrizes de Atenção à Pessoa com Paralisia Cerebral elaborada pelo Ministério da Saúde em 2014, os países desenvolvidos têm cerca de 1,5 a 5,9/1000 casos de PC nascidos vivos, enquanto que nos países em desenvolvimento esse número cresce e representa cerca de 7/1000 nascidos vivos. Ou seja, percebe-se que o Brasil deve apresentar um número de casos significativo de casos da doença.

Esse mesmo estudo mostra que a PC pode ser diagnosticada precocemente pela presença de padrões atípicos de movimento e postura. Alguns desses sinais indicam um grau de evidência para o diagnóstico, como pode ser verificado na Figura 2. Há ocorrência de casos que afetam os punhos, os braços, as mãos e também a abertura e fechamento dos dedos. Levando-se em consideração tais fatores, foi possível perceber que o projeto poderia auxiliar e melhorar significativamente atividades correlacionadas a pintura.

Figura 2 - Sinais clínicos e respectivas ocorrências no diagnóstico precoce de PC.

	Sinal Clínico	Ocorrência
M O V I M E N T O S	Ausência de movimentos irrequietos	99%
	Pancadas/golpes repetitivos e de longa duração	4%
	Movimentos circulares de braços	11%
	Movimentos assimétricos dos segmentos	6%
	Movimentos recorrentes de extensão das pernas	18%
	Surtos sugestivos de excitação, não associados à expressão facial prazerosa	10%
	Ausência de movimento das pernas	16%
	Movimentos de lateralização bilateral da cabeça repetitivos ou monótonos	27%
	Movimentos repetidos de abertura e fechamento da boca	29%
	Protrusão repetitiva da língua	20%
P O S T U R A S	Incapacidade de manter a cabeça em linha média	63%
	Postura corporal assimétrica	15%
	Tronco e membros largados sobre o leito	16%
	Persistência de resposta tônica cervical assimétrica (RTCA)	33%
	Braços e pernas em extensão	25%
	Hiperextensão de tronco e pescoço	11%
	Punho cerrado	35%
	Abertura e fechamento sincronizado dos dedos	19%
	Hiperextensão e abdução dos dedos das mãos	16%

Fonte: (YANG et al., 2012).

Fonte: Brasil (2014a).

Segundo Rosenbaum *et. al.* (2007), a desordem motora da paralisia cerebral pode estar associada à distúrbios sensoriais, perceptivos, cognitivos, de comunicação e comportamental, epilepsia e problemas muscoesqueléticos.

A paralisia cerebral (PC) vem sendo estudada desde muitos anos. Segundo o Brasil (2014a) os primeiros relatos da doença são de 1843, ano em que Willian John Little, um ortopedista inglês, observou quadros clínicos de espasticidade em um grupo de 47 crianças, as quais apresentaram um histórico adverso ao nascimento, tais como: (a) apresentação pélvica; (b) prematuridade; (c) dificuldade no trabalho de parto; (d) demora para chorar e respirar ao nascer, e (e) convulsões e coma nas primeiras horas de vida. Nos trabalhos de Rebel *et al.* (2010) é mostrado que a paralisia cerebral era chamada de Síndrome de Little, em homenagem ao o ortopedista que a identificou.

O Ministério da Saúde (2014a) esclarece que a paralisia cerebral pode ainda ser classificada de acordo com as características clínicas predominantes. Portanto, pode-se classificar o quadro de PC em três diferentes tipos:

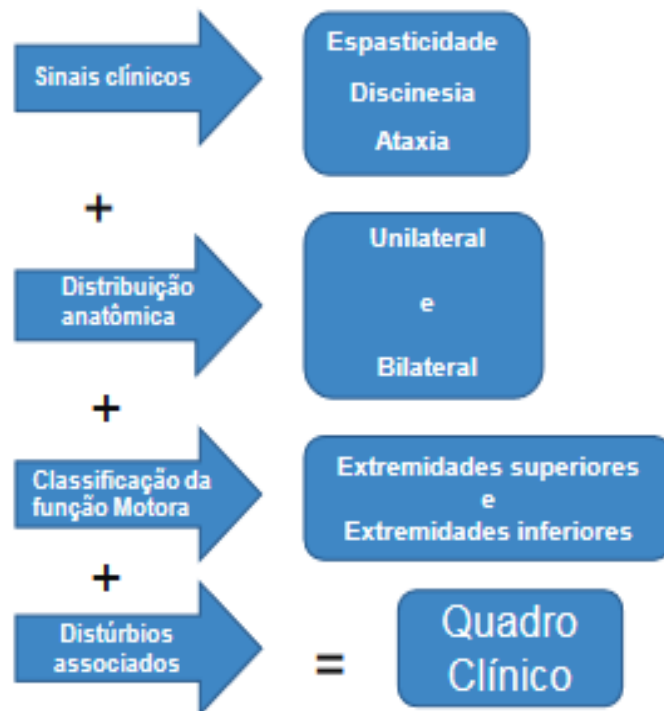
- **Paralisia Cerebral Espástica:** caracteriza-se pela presença de tônus elevado e é ocasionada por uma lesão no sistema piramidal. Os casos de espasticidade predominam em crianças as quais a PC se manifesta junto ao nascimento prematuro. Quanto à distribuição anatômica, os quadros podem ser considerados unilateral, que englobam os casos de hemiplegia e monoplegia, ou bilateral, como ocorre em casos de diplegia, triplegia, quadri/tetraplegia e com dupla hemiplegia. Os estudos mostrados pelo Brasil (2014a) apontam que há predominância dos casos de paralisia cerebral espástica bilateral.

- **Paralisia Cerebral Discinética:** caracteriza-se por movimentos atípicos mais evidentes quando o paciente inicia um movimento voluntário produzindo movimentos e posturas atípicos; engloba um tônus muscular muito variável devido ao movimento (distonia) e tônus instável, com presença de movimentos involuntários e movimentação associada (coreoatetose). Sua causa se relaciona a uma lesão no sistema extrapiramidal, principalmente nos núcleos de base.

- **Paralisia Cerebral Atáxica:** trata-se de um distúrbio da coordenação dos movimentos em razão da dissinergia, apresentando, usualmente, uma marcha com aumento da base de sustentação e tremor intencional. Sua causa relaciona-se a uma disfunção do cerebelo.

É tendo em mente essas classificações que se procura identificar o nível de comprometimento motor das funções motoras globais através do GMFCS. O Brasil (2014a) assegura que o Gross Motor Function Classification System (GMFCS) é uma classificação padronizada para diferenciar crianças e adolescentes com diagnóstico de PC em relação ao nível de mobilidade funcional em resposta às necessidades de discriminar a severidade da disfunção do movimento. Baseando-se no movimento iniciado voluntariamente é possível classificar a criança ou o adolescente com PC em cinco níveis, variando do 1, que inclui presença mínima ou nenhuma disfunção com respeito à mobilidade comunitária, até o nível 5, quando há total dependência requerendo assistência para mobilidade. A Figura 3 ilustra algumas etapas a serem seguidas para se chegar ao quadro clínico da pessoa com PC.

Figura 3 - Aspectos a serem considerados para chegar ao quadro clínico de PC.



Fonte: Brasil (2014b, p.13)

Santos (2014) afirma que o tratamento para PC é paliativo, uma vez que não há como tratar de uma lesão consolidada. Nos casos nos quais o paciente apresenta quadros de convulsões, usam-se medicamentos anticonvulsivantes e psiquiátricos para controlar distúrbios afetivos e emocionais e a agitação psicomotora ligada à deficiência mental. Na tentativa de amenizar a dor e preservar funções ortopédicas e articulares, realizam-se, em alguns casos, cirurgias ortopédicas.

Para melhorias do prognóstico o auxílio de uma equipe de reabilitação especializada é significativo. Tal equipe normalmente se compõe por profissionais da saúde e da área de educação, sendo eles: fisioterapeutas, terapeutas ocupacionais, psicólogos (principalmente para os casos em que a PC gera distúrbios afetivos e emocionais), assistente social e psicopedagogos. Tais profissionais buscam trabalhar as dificuldades que a criança apresenta, gerando estímulos e auxiliando na execução de movimentos que, possivelmente, causam dores. Para tanto, na maioria das vezes é preciso recorrer a elementos de tecnologia assistiva.

Devido às limitações motoras decorrentes da PC a criança pode apresentar dificuldades na execução de atividades diárias como auto higiene, alimentação, locomoção, brincadeiras e estudos. A tecnologia assistiva pode ajudar nessas

atividades e por isso a importância de uma equipe multidisciplinar para o desenvolvimento de dispositivos de TA (DANTAS *et al.*, 2012).

Levando em consideração todos os pontos acima citados, nota-se que o projeto tem um potencial de ajudar na melhoria desses pacientes e na qualidade de suas vidas, visto que o artefato pode permitir que outros pacientes, mesmo com outros graus de comprometimento motor, manuseie o pincel. Uma outra consideração é que permite que o paciente comece se ver capaz de superar dificuldades motoras e passar a ter maiores interações e mais vontade para realizar a atividade, pois o aparato não exigirá esforços excessivos, que lhe causem dores físicas ou desgaste mental.

A adesão ao uso de órteses ou dispositivos assistivos está relacionada ao conforto e a estética, porém esses fatores são variáveis e mudam de acordo com o paciente, por isso cabe ao terapeuta e ao engenheiro desenvolvendo o projeto, analisar e entender as necessidades e preferências desse usuário e customizar o dispositivo para melhor atendê-lo. Outra questão bastante relevante é a percepção do paciente em relação à efetividade do dispositivo e da capacidade que este fornece em atingir o objetivo proposto (CASAGRANDA, 2018).

Por ser um projeto interdisciplinar, é necessário e indispensável que as informações sejam efetivamente veiculadas entre os profissionais envolvidos, para não ocorrer falhas no design e prejuízo ao cumprimento do objetivo, que possam acabar prejudicando alguma função motora ou a ergonomia, acarretando o abandono da TA (CASAGRANDA, 2018).

O abandono dos dispositivos assistivos é comum, haja vista que, muitas vezes não apresenta condições de uso apropriadas, melhoria na atividade proposta, ou não atende às expectativas do usuário (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2014).

2.2 Conceitos em Tecnologia Assistiva e Impressão 3D

Segundo Bersch (2017) tecnologia assistiva (TA) é o termo usado para nomear todo o arsenal de recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiências e, conseqüentemente, promover a inclusão das mesmas e, de algum modo, a possibilidade delas serem independentes. São citadas várias categorias de tecnologia assistiva, como por exemplo: instrumentos de auxílios para a vida diária e a vida prática; comunicação aumentativa e alternativa; recursos de acessibilidade ao computador; projetos arquitetônicos para acessibilidade; órteses e próteses; entre muitos outros.

A *Assistive Technology Industry Association* (ATIA) diz que TA podem ser produtos ou serviços que auxiliem pessoas com dificuldades na fala, escrita, visão ou locomoção. Já a *Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe* (AAATE) mostra que a tecnologia assistiva é um termo abrangente para indicar um produto ou serviço de tecnologia que ajude pessoas com qualquer idade que possuam limitações na vida diária, educação, trabalho ou lazer. Estas informações encontram-se citadas no trabalho de Rocha *et al.* (2015).

A norma ISO 9999/16 estabelece uma classificação e terminologia para os produtos de tecnologia assistiva e considera, dentro desse cenário de TA, qualquer produto ou equipamento criado e disponibilizado com o objetivo de assistir pessoas com deficiências, permitindo que elas usufruam de tais produtos/equipamentos. Produtos de apoio utilizados por uma pessoa que requeiram a assistência de terceiros para o seu funcionamento se incluem nessa classificação.

Segundo o Amigos Metroviários dos Excepcionais - AME (2012) a norma ISO 9999/16 (ISO 2016) dividia tecnologia assistiva em 12 classes distintas, sendo elas:

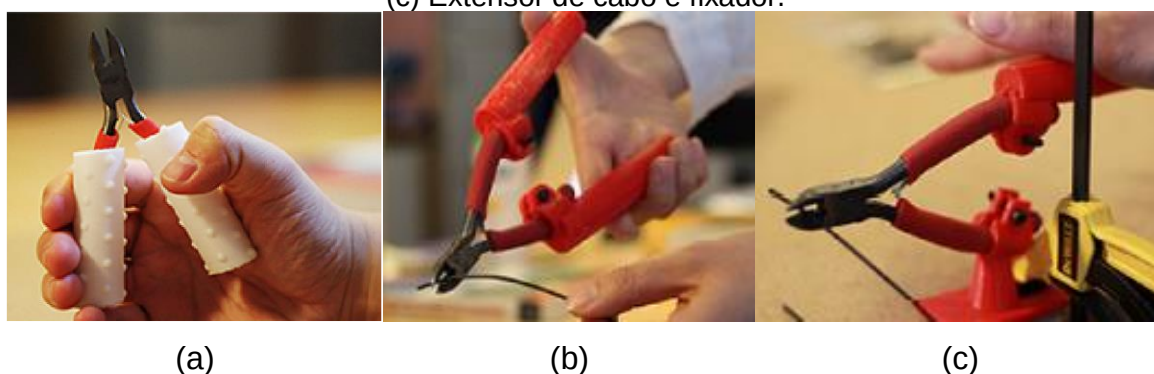
- Produtos assistivos para tratamento em saúde;
- Produtos assistivos para treino de habilidades;
- Órteses e próteses;
- Produtos assistivos para proteção e cuidados pessoais;
- Produtos assistivos para mobilidade pessoal;
- Produtos assistivos para tarefas domésticas;
- Mobiliário e adaptações para residências e outro edifícios;
- Produtos assistivos para comunicação e informação;
- Produtos assistivos para manuseio de objetos e produtos assistivos;
- Produtos assistivos para melhoria e avaliação do ambiente;
- Produtos assistivos para o trabalho e o treinamento vocacional;
- Produtos assistivos para recreação.

Alguns dispositivos são relativamente de “baixa tecnologia” e baixo custo, como por exemplo um suporte/auxiliador para pegar lápis que pode ser utilizado por um estudante com deficiências físicas, a fim de melhorar a comunicação escrita, através de melhores condições para o “aperto” e controle do lápis. Por outro lado, há outros dispositivos com ferramentas de “alta tecnologia” e que, normalmente, apresentam custos mais elevados. Um exemplo seriam os recursos de um aparelho de

comunicação, como os celulares com sistema operacional Android, que digita a mensagem enquanto a pessoa fala em voz alta.

A impressão 3D tem se tornado mais acessível às pessoas, em decorrência do avanço da tecnologia e da diminuição do preço das impressoras. Com isso, o uso da impressão 3D tem sido utilizado para adaptação de ferramentas do dia-a-dia no ambiente doméstico. Como ilustrado na Figura 4, uma adaptação em forma de alargador para que a pega do cabo do alicate fique mais firme, uma adaptação em forma de extensor para que seja necessária a aplicação de menos força, ou até mesmo a combinação de duas adaptações diferentes como a fixação e extensão do cabo (CHEN *et al.*, 2016; WITTBRODT; PEARCE, 2015).

Figura 4 - (a) Envolvório para facilitar a pega; (b) Extensor de cabo para aumentar o torque; (c) Extensor de cabo e fixador.



Fonte: CHEN *et al.* (2016)

Essas adaptações podem ser genéricas ou feitas sob medida para um usuário específico. Muitas adaptações estão disponíveis pela internet, assim como, softwares com interfaces e ferramentas simplificadas para auxiliar na adaptação dos designs já existentes, permitindo que o usuário possa imprimir diferentes adaptações, testá-las, modificá-las e até mesmo combiná-las em um único dispositivo, incentivando a criação de novas adaptações (CHEN *et al.*, 2016).

Dentre as melhorias que se espera do uso da impressão 3D para confecção de dispositivos assistivos estão a capacidade de personalização, a estética e o acabamento, a possibilidade de deixar diferentes regiões do dispositivo com diferentes densidades de material e portanto, diferente rigidez e flexibilidade o que, além de facilitar o uso, o conforto, pode tornar o uso mais confortável para o usuário, e a sua consequente adesão ao dispositivo. Além, da maior facilidade para posicionar corretamente o dispositivo de acordo com a articulação (CASAGRANDA, 2018).

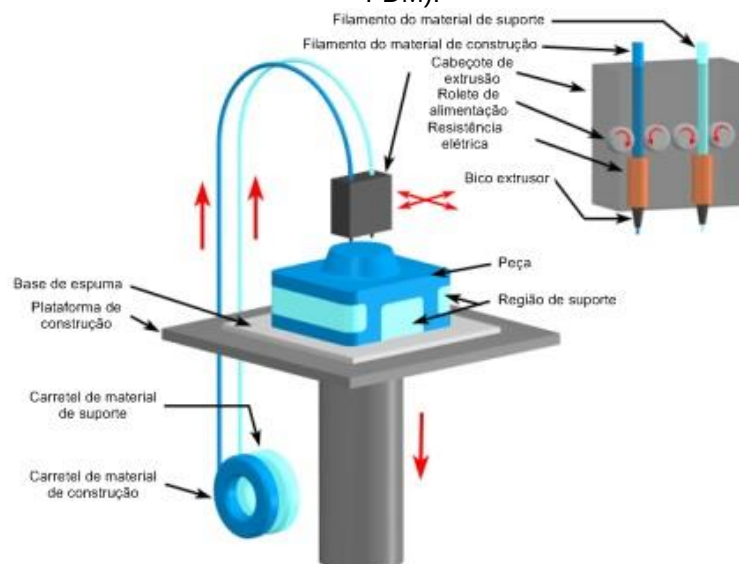
2.3 Conceitos de manufatura aditiva por extrusão

A técnica FFF – *Fused Filament Fabrication* é bastante comum e o processo de extrusão ocorre quando o material, em estado viscoso, recém-saído do bico extrusor solidifica-se para aderir ou à mesa de impressão, ou às partes previamente impressas. O cabeçote de deposição é baseado em um sistema de rolo de tracionamento no qual o filamento contínuo é introduzido, a solidificação dos mesmos é dada por um processo físico, por meio da troca de calor e consequente resfriamento do material.

O princípio de funcionamento do sistema de alimentação do cabeçote é realizado pelo tracionamento do filamento por meio de dois roletes no mecanismo FDM (*Fused Deposition Modeling*). Além disso, seu controle tem influência direta na qualidade do produto, uma vez que é necessária precisão nos comandos de iniciar e interromper a extrusão para obtenção das características desejadas, considerando pressão constante durante a deposição do material.

As impressoras 3D do tipo desktop, em geral, possuem um bico extrusor calibrado (0,2; 0,4 e 0,6 mm). Dessa forma, como a construção da peça demanda quantidades consideráveis de material, sua deposição consome tempo elevado. Somado a isso, a movimentação do cabeçote nos eixos X e Y e da mesa de impressão no eixo Z, com velocidades consideravelmente baixas para a deposição de material em todos os pontos requisitados pela peça, resultam em um tempo de fabricação longo. A Figura 5 apresenta esquematicamente um equipamento de impressão 3D *low-end*. As técnicas aditivas se baseiam na deposição por camadas, para construção de formas livres em estruturação tridimensional.

Figura 5 – Princípio mecânico para deposição com técnica aditiva FFF (com mecanismo FDM).



Fonte: Adaptado de 3Dparts (2019)

2.4 Desenvolvimento do projeto

Segundo Pahl *et al.* (2007) o projeto de produto é um processo sistemático no qual designers e engenheiros avaliam o problema do usuário a ser solucionado e formulam uma solução técnica factível. O papel do engenheiro é aplicar seus conhecimentos para delimitar o projeto, os materiais e os métodos de manufatura. A partir da necessidade do usuário delimita-se o produto como: (a) inovador (soluções nunca antes vistas, raridade); (b) adaptativo (aplicam-se melhorias em projetos já existentes); ou (c) alternativo (executam-se substituições sutis no projeto).

Os processos de desenvolvimento de produtos iniciam-se pela discussão do problema e, posteriormente, pelo planejamento do produto. Para se definir a problemática e os requisitos do usuário, usa-se o projeto informacional, de onde são tiradas as especificações do projeto. Em seguida realiza-se o projeto conceitual, onde são interligados os pontos coletados na etapa anterior às características técnicas que o produto deve apresentar.

As atividades de projeto podem ser divididas em quatro fases, sendo a primeira o projeto informacional, o principal intuito dessa fase inicial é realizar um brainstorming do projeto e então formular um questionário para a coleta de dados, a fim de identificar os requisitos do usuário final (RU) que será a base do desenvolvimento do produto dando sequência a elaboração da matriz de qualidade do projeto e a eventual obtenção do conjunto de métricas.

Na segunda fase haverá a formulação de um projeto conceitual, onde se criará uma solução conceitual baseada no estudo anterioridades de patentes, criação de protótipos utilizando a técnica de mock-up, abordagem funcional, utilização da ferramenta de QFD, entre outras.

A terceira e a quarta fases constituem-se no projeto do produto, dividida nas etapas preliminar e detalhada, onde se analisará a solução conceitual, a partir da qual serão geradas hipóteses, especificação de dimensões nominais, solicitações atuantes, confiabilidade, detalhamento dos desenhos de fabricação e documentação final do projeto suficiente para fabricação final do produto e sua manutenção.

2.5 Estudo de anterioridade de patente

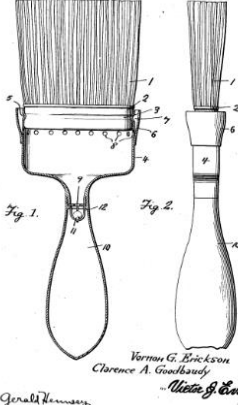
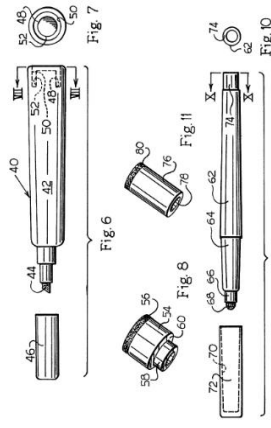
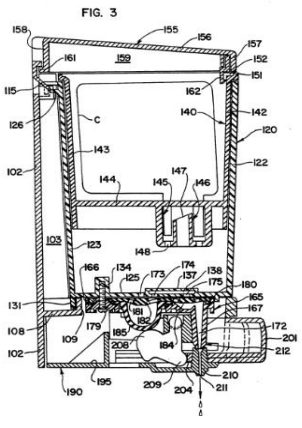
Com o intuito de evitar que o produto em desenvolvimento não fosse uma cópia de algo já idealizado por outros autores, utilizou-se palavras chaves que remetessem ao pincel com dosador de tinta e a partir disso realizou a busca por patentes no Google Patentes e em patentes da Universidade de São Paulo – USP. Os resultados, satisfatórios, para o projeto foram retirados do Google Patentes e no European Patent Office.

As palavras chaves selecionadas para a busca foram baseadas na ideia inicial do produto, ou seja, pensou-se em pincéis clássicos, em canetas do tipo pincel atômicos e, como o sistema conta com um dosador, buscou-se por uma patente de saboneteira com dosador. Foram usadas, especificamente, as palavras “paint brush”, “marker pen” e “wall soap dispenser” e as buscas se deram nos sites já citados: Google Patentes e European Patent Office.

A busca pelas patentes mostradas no Quadro 1 serviu como referência para identificação dos pontos fracos de invenções relacionadas com o projeto e propiciar a criação de um projeto inovador.

A primeira busca foi a de uma patente de pincéis clássicos. Foi encontrada em ambos os sites utilizados para buscas a patente **US1587481A – Paint Brush**. Em seguida, buscou-se por uma patente caneta do tipo pincel atômico, chamada, no inglês, por “dry eraser marker”. O resultado mais próximo do desejado foi a patente **US5957603A – Combination Support and Eraser for a Dry Erase Marker**. Por fim, para entender e exemplificar melhor o princípio dos dosadores de sabonete pesquisou-se patentes sobre o princípio de acionamento de saboneteiras com dosador, identificado na patente **US5421489A – Push-type soap dispenser**.

Quadro 1 – Patentes pesquisadas e suas respectivas descrições, vantagens e desvantagens

June 1, 1926. V. G. ERICKSON ET AL. 1,587,481 PAINTEBRUSH Filed Jan. 6, 1926  Vernus G. Erickson Clarence A. Goodbaudy Gerald Ramsey Walter J. Evans Fonte: Erickson, V. G.; Googbaudy, C. A.⁷, 1926.	US1587481A – Paint Brush. Em sua descrição é exposto que, a patente clássica de um pincel data de 1926, e tem como inovação a presença de um dispositivo que impede que a tinta flua para a empunhadura do produto	Vantagem: permite o manuseio de tintas com maior facilidade. Desvantagem: não adaptado para todas as pessoas. Pode causar respingos indesejados na pintura.
U.S. Patent Sep. 28, 1999 Sheet 2 of 2 5,957,603  Fonte: Bell, Charles E.⁸, 1999.	US5957603A – Combination Support and Eraser for a Dry Erase Marker. Traz como inovação a implementação de uma tampa que serve como suporte para o produto, permitindo guardá-lo com a ponta para baixo após seu uso. Estando guardado em tal posição é possível que a tinta flua para a ponta da caneta pela ação da gravidade.	Vantagem: não causa respingos de tinta indesejados. Desvantagem: não utiliza tinta no estado líquido e limitação de recarga
U.S. Patent June 6, 1995 Sheet 2 of 4 5,421,489  Fonte: Holzner e Phillips⁹, 1995.	US5421489A – Push-type soap dispenser. é mostrada uma saboneteira de parede com abertura para refil e um botão, o qual, quando pressionado, permite a saída de sabonete pelo orifício localizado na parte inferior da saboneteira.	Vantagem: Permite controle da dose expelida. Desvantagem: necessita de um grande braço de alavanca (torque) para funcionar e

Fonte: Elaborado pela autora

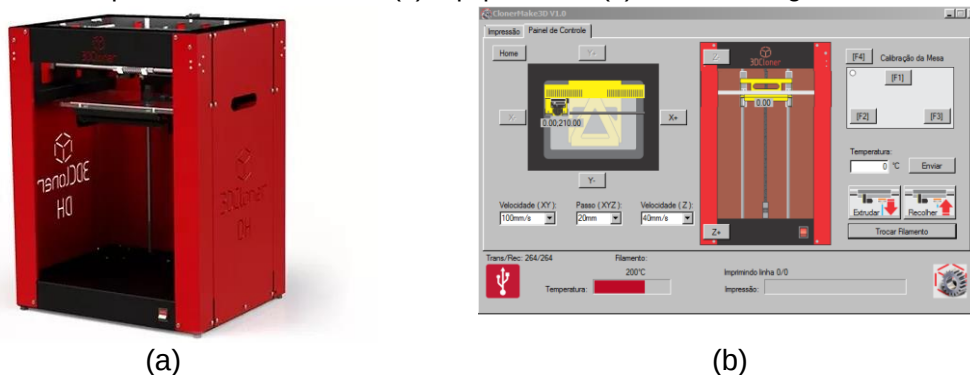
3 Materiais e Métodos

3.1 Materiais

3.1.1 Equipamento de impressão 3-D e programas de interface

A fabricação de parte dos componentes do protótipo conceitual foram feitas na impressora 3D Desktop comercial ilustrada na Figura 6 (a) no Laboratório de Impressora 3D do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos EESC-USP. O equipamento possui câmara aberta e se baseia no processo aditivo de extrusão de técnica FFF, por não possuir base aquecida utiliza somente PLA. A área útil de impressão é de 320x210x400mm, com precisão de camada de 0,05 a 0,4mm.

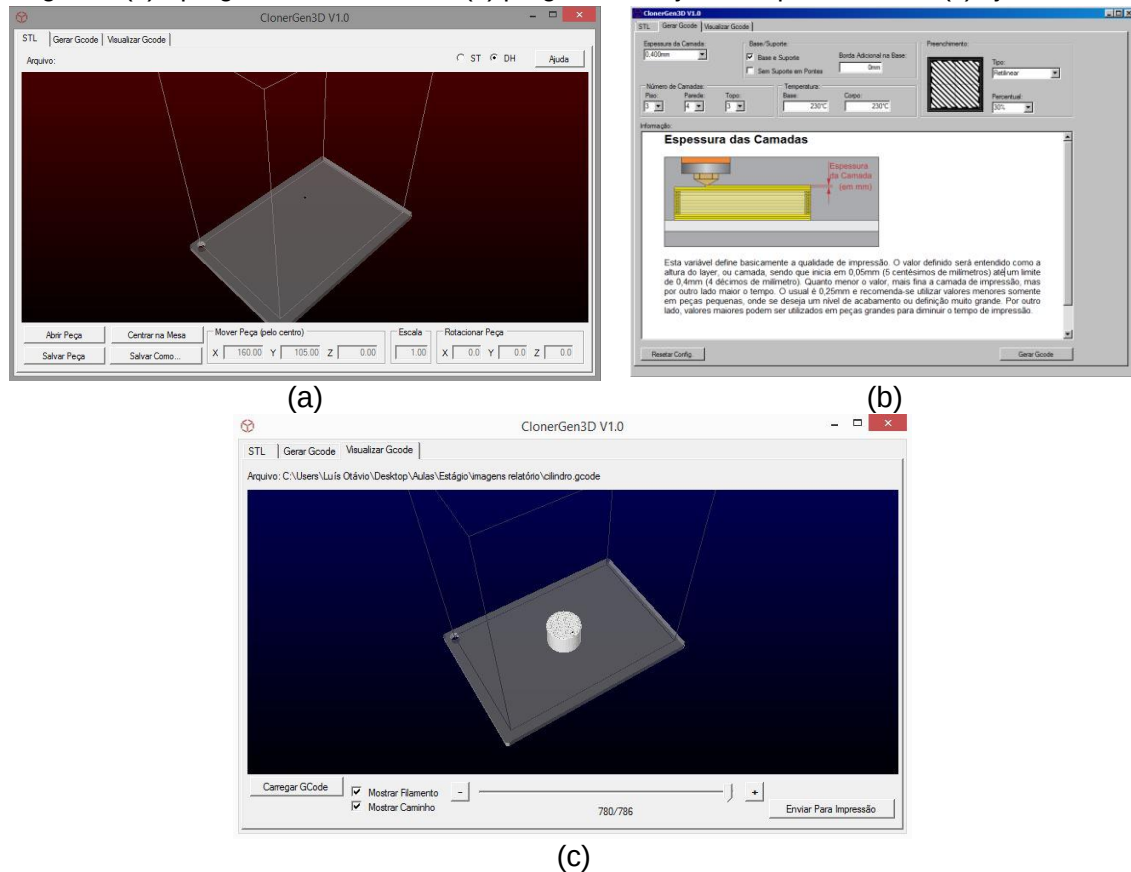
Figura 6 – Impressora 3D comercial, (a) equipamento; (b) Vista do Programa de interface.



Fonte: Elaborado pela autora

Essa impressora possui um software de fatiamento próprio, o ClonerGen3D. Para impressão posiciona-se a peça salva em formato STL na bandeja de impressão, define-se os parâmetros de impressão, e gera-se o gcode. Ao enviar o gcode para impressão é aberto o software de interação com a máquina, o ClonerMake3D. A Figura 7 (a); (b) e (c) apresentam o programa de interface com o volume de trabalho do equipamento, programa de ajuste de parâmetros do próprio fabricante e ajuste de escala, respectivamente.

Figura 7 (a) - programa de interface , (b) programa de ajuste de parâmetros e (c) ajuste de escala.



Fonte: Elaborado pela autora

3.1.2 Matéria-prima

A matéria prima utilizada foi o Poli ácido Láctico ou (PLA), que é um polímero termoplástico, temperatura de transição vítrea entre 55-65°C e é amplamente utilizado em impressão 3D. Devido à sua atoxidade, o PLA é de interesse para aplicações médicas (SENATOV *et al.*, 2016).

Propriedades como tensão-deformação podem ser melhoradas através de reticulações, modificações químicas, adição de copolímeros, preenchimento da matriz com partículas inorgânicas dispersas, como por exemplo, partículas de fosfato de cálcio para aplicações em ossos (SENATOV *et al.*, 2016).

3.2 Métodos

3.2.1 Brainstorming

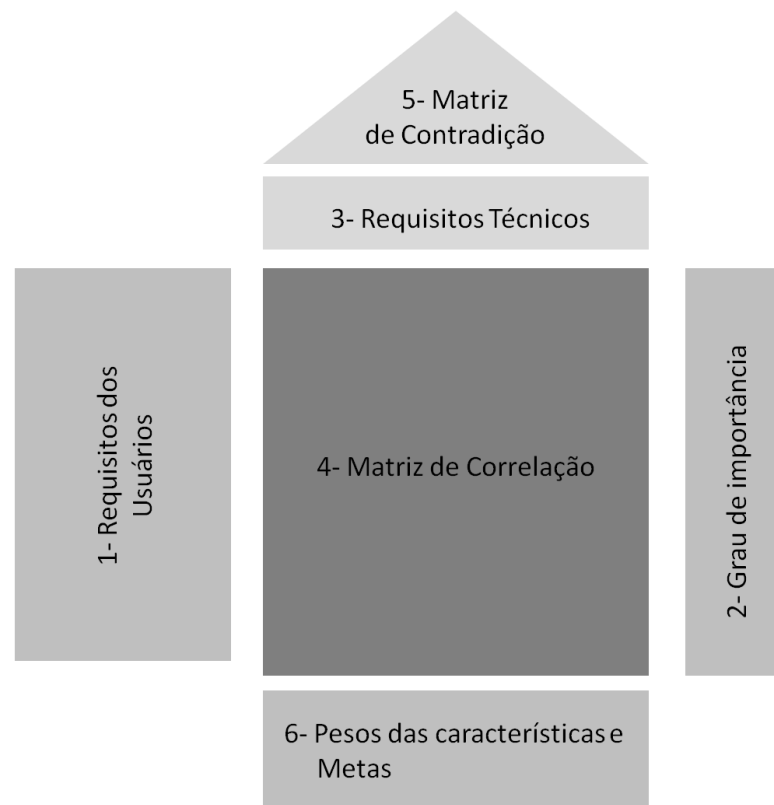
Utilizado por grupos de 6 a 8 pessoas com a finalidade de encontrar uma possível solução para uma questão problemática. Consiste em utilizar os pensamentos e ideias sugeridos para obtenção de um consenso. As ideias não são censuradas e não podem ser consideradas como erradas (SILVA, 1995).

3.2.2 QFD

O QFD (Quality Function Deployment – Desdobramento da Função da Qualidade), é também conhecido com Matriz da Qualidade, ou *House of Quality* (Figura 8) pode ser definida como a matriz cuja finalidade é executar o projeto da qualidade, sistematizando as reais qualidades exigidas pelos clientes e convertendo a importância associada às qualidades em itens de características da qualidade a serem projetados (CHENG; MELO FILHO, 2010). O QFD é uma metodologia constituída de técnicas desenvolvida entre 1965 e 1972 que passou a ser amplamente aplicada em toda a indústria americana e japonesa (HAUSER, 1993). Foi desenvolvida pelos professores Yoji Akao e Shigeru Mizuno da Matsushita Electric, que desejavam “um método para se obter a qualidade do design que satisfizesse o consumidor e transformasse a demanda em dados e pontos que deveriam ser usados na fase de produção” (AKAO, 1990¹ *apud* CHENG; MELO FILHO, 2010).

¹ AKAO, 1990 (AKAO, Y., ed.: *Quality function deployment: integrating customer requirements into product design*, Trad. por Glenn H. Mazur, Cambridge, Productivity Press, 1990).

Figura 8 - Modelo de Casa da Qualidade



Fonte: Kaneko (2018).

Os requisitos do usuário podem ser obtidos por meio de questionários abertos ou estruturados, entrevistas e mesmo observações de potenciais usuários ou no caso de impossibilidade de preenchimento, pelos responsáveis ou acompanhantes dos mesmos, atribuindo uma classificação de importância: 9 – muito importante; 3 – importante e 1 – pouco importante. Os requisitos são traduzidos em características técnicas e dispostos na parte esquerda da casa da qualidade.

O lado direito da casa da qualidade é preenchido com um *benchmark* com a avaliação dos potenciais usuários quanto aos produtos semelhantes e comerciais, a fim de definir o índice de melhoria gerado pela solução para cada requisito do usuário. A comparação com empresas e o argumento de venda são utilizados nas ações de *marketing*, como avaliação de competitividade, no entanto não são as partes cruciais da matriz para a definição das características relevantes.

O telhado da casa da qualidade, nomeado como matriz de correlações verifica as relações entre as características técnicas, sendo que podem haver relações positivas (construtivas) quando o favorecimento de uma característica também favorece a outra e negativas (destrutivas) quando ao favorecer uma característica há o prejuízo de outra, bem como pode não haver relação. Desta forma pode-se mapear

os possíveis conflitos no desenvolvimento do produto e quais características devem ser balanceadas para alcançar a melhor solução.

A matriz dos relacionamentos verifica com quais características técnicas cada requisito do usuário está relacionado, sendo que esta relação pode ser forte (peso 9), média (peso 5) ou fraca (peso 3). Ao se preencher a matriz de relacionamentos é possível entender quais características técnicas são mais relevantes uma vez que são relacionadas com mais requisitos do usuário.

O resultado da técnica QFD é um valor de importância para cada característica do produto, bem como uma meta a ser atendida. Para tal determinação é necessário calcular o peso absoluto e relativo de cada característica. Neste trabalho, o cálculo do peso absoluto (PA_i^r) e do peso relativo (PR_i^r) dos requisitos técnicos foi realizado a partir das notas do usuário (N) e do índice de melhoria (I) segundo as equações 1 e 2.

$$PA_i^r = I \times N \quad (1)$$

$$PR_i^r = \frac{PA_i^r}{\sum_j^r PA_j^r} \quad (2)$$

O peso absoluto ($PA_{Característica_i}^r$) e o peso relativo ($PR_{Característica_i}^r$) de cada característica técnica por sua vez é calculado levando em conta o peso absoluto de cada requisito técnico que apresenta relação com essa característica, multiplicando-o pelo peso da relação entre requisito e característica. O somatório do peso absoluto de cada requisito multiplicado pelo peso da relação fornece o peso absoluto da característica. O peso relativo é calculado analogamente à equação 2.

As características técnicas que apresentarem os maiores valores são as de maior importância para o projeto de acordo com a visão do usuário, uma vez que são resultado de uma avaliação baseada nos requisitos mapeados pelos usuários e a importância atribuída por eles a cada requisito. As ferramentas aplicadas na fase conceitual serão guiadas pelas características de destaque da técnica QFD.

3.2.3 TRIZ

A TRIZ (Teoria de Resolução de Problemas Inventiva) é uma metodologia de projeto que tem por objetivo propor soluções para as contradições técnicas encontradas no telhado da matriz QFD. Primeiramente, os requisitos técnicos são

convertidos através de uma lista para parâmetros de engenharia, conforme pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2 - Lista de Parâmetros de Engenharia

1.	Peso do objecto em movimento	21.	Potência
2.	Peso do objecto parado	22.	Desperdício de energia
3.	Comprimento do objecto em movimento	23.	Desperdício de substância
4.	Comprimento do objecto parado	24.	Perda de informação
5.	Área do objecto em movimento	25.	Perda de tempo
6.	Área do objecto parado	26.	Quantidade de substância
7.	Volume do objecto em movimento	27.	Fiabilidade
8.	Volume do objecto parado	28.	Precisão da medição
9.	Velocidade	29.	Precisão de fabricação
10.	Força	30.	Factores indesejados actuantes no objecto
11.	Tensão, pressão, stress	31.	Efeitos colaterais indesejados
12.	Forma	32.	Produção
13.	Estabilidade do objecto	33.	Conveniência de uso
14.	Resistência	34.	Manutenção
15.	Durabilidade do objecto em movimento	35.	Adaptabilidade
16.	Durabilidade do objecto parado	36.	Complexidade do objecto
17.	Temperatura	37.	Complexidade de controlo
18.	Brilho	38.	Nível da automação
19.	Energia gasta pelo objecto em movimento	39.	Produtividade
20.	Energia gasta pelo objecto parado		

Fonte: Silveira (2018)

Uma vez estabelecidos esses parâmetros, uma matriz de parâmetros de engenharia versus parâmetros de engenharia é criada. Utilizando uma lista de princípios inventivos, mostrada no Quadro 3, é possível encontrar possíveis soluções para as contradições técnicas do projeto.

Quadro 3 - Lista de princípios inventivos

1.	Segmentação	21.	Aceleração
2.	Extracção	22.	Transformação de prejuízo em lucro
3.	Qualidade Localizada	23.	Feedback
4.	Assimetria	24.	Mediação
5.	Consolidação	25.	Auto-serviço
6.	Universalidade	26.	Cópia
7.	Aninhamento	27.	Uso e descarte
8.	Contrapeso	28.	Substituição de meios mecânicos
9.	Compensação Prévia	29.	Construção pneumática ou hidráulica
10.	Ação Prévia	30.	Uso de filmes finos e membranas flexíveis
11.	Amortecimento Prévio	31.	Uso de materiais porosos
12.	Equipotencialidade	32.	Mudança de cor
13.	Inversão	33.	Homogeneização
14.	Recurvação	34.	Descarte e regeneração
15.	Dinamização	35.	Mudança de estado físico ou químico
16.	Ação parcial ou excessiva	36.	Mudança de fase
17.	Transição para nova dimensão	37.	Expansão térmica
18.	Vibração mecânica	38.	Uso de oxidantes fortes
19.	Ação periódica	39.	Uso de atmosferas inertes
20.	Continuidade da acção útil	40.	Uso de materiais compostos

Fonte: Silveira (2018)

Portanto, a TRIZ tem por objetivo auxiliar o projetista na otimização do produto final, uma vez que fornece possíveis soluções para as contradições técnicas de projeto.

3.2.4 Árvore funcional

A Árvore Funcional é uma ferramenta utilizada para organizar informações de maneira que o planejamento do processo fique de fácil visualização. As árvores funcionais têm diversas vantagens, entre elas está a o desenvolvimento para que um objetivo seja alcançado sem que itens importantes do projeto sejam omitidos e durante apresentações são extremamente visuais, auxiliando outras pessoas a entenderem as necessidades e outras questões complexas do projeto, como explicitados por Santos (2017).

A árvore funcional é criada a partir da identificação da essência do problema, objetivando a determinação do verbo que identificará a função que o produto realizará. A partir da determinação da função, pode-se criar analogias biológicas ou com outros exemplos pré-estabelecidos para a criação de um projeto mais próximo do funcional.

Na estrutura da árvore funcional deve-se determinar a função principal e funções secundárias e, a partir dessas, construir uma estrutura de algoritmo com setas e funções das etapas de interação do usuário com o produto desde o início até o fim do uso.

3.2.5 MEI

A abordagem MEI que ordena fluxos de matéria (M), energia (E) e informação (I) num sistema técnico, conforme ilustrado na Figura 9, é uma ferramenta conceitual oriunda da engenharia de sistemas, cujo objetivo é transformar o problema em uma função principal e secundárias, com uma conversão semântica dessas funções, atribuindo uma visão neutra do problema, para auxiliar na procura de soluções com grau de inovação. O que facilita a construção do quadro morfológico.



Fonte: Kaneko (2018)

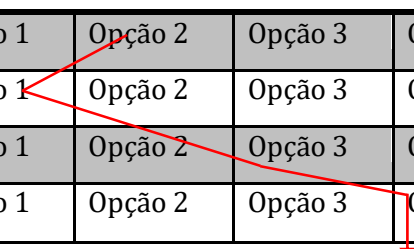
3.2.6 Análise morfológica

O quadro morfológico consiste em uma pesquisa sistemática de combinações de soluções geradas a partir de parâmetros estudados previamente, com o objetivo de formalizar a escolha da melhor solução possível para os parâmetros do projeto. Para a criação dos parâmetros deve-se seguir certos requisitos, como a divisão do problema em duas ou mais dimensões, com base nas funções requeridas do sistema ou componentes a serem projetados.

Gerar uma lista dos possíveis caminhos para alcançar as dimensões funcionais e representar esses caminhos dentro do quadro morfológico para tornar mais fácil a visualização e, posteriormente, analisa-los de maneira mais prática. Isso permite que soluções inovadoras, ou inicialmente julgadas inaptas, possam ser encontradas; uma vez que o quadro morfológico consiste em dividir o produto em parâmetros, de maneira que todas as soluções possíveis para atender determinado requisito de projeto sejam listadas e, posteriormente combinadas, até que o produto final seja alcançado pelo “caminho” mais viável. O Quadro 4 ilustra genericamente soluções.

Quadro 4 - Combinação de soluções possíveis.

	Soluções			
Sub-função 1	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4
Sub-função 2	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4
Sub-função 3	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4
...	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4



Fonte: Adaptado de Kaneko (2018)

3.2.7 FMEA

O FMEA é um método de avaliação de projetos ou produtos para identificar todos os possíveis modos potenciais de falha, interna ou externa, e determinar o respectivo efeito sobre o comportamento do sistema. Os principais objetivos do FMEA são: identificação do modo de falha, avaliação das causas e efeitos das falhas, aumento da segurança e confiabilidade, diminuição do índice de falhas e custos, identificação de meios de detectar e corrigir falhas, entre outros (PUENTE *et al.*, 2002). A aplicação de FMEA em projetos proporciona uma forma sistemática de se catalogar informações sobre possíveis falhas, melhor conhecimento dos problemas nos produtos ou processos, identificar ações de melhoria e medidas para diminuição de custos por meio da prevenção de falhas (TOLEDO; AMARAL, 2006).

Ao contrário do FMEA de severidade, Quadro 5, no FMEA de detecção as maiores notas são associadas a eventos com menor chance de detecção, enquanto as menores notas são associadas a eventos com maior chance de detecção, ou seja, são inversamente proporcionais. O

Quadro 6 apresenta um FMEA de detecção generalizado.

Quadro 5 - FMEA de Severidade generalizado

Índice	Efeito	Critério - Severidade do Efeito
10	Perigoso sem advertência	Pode pôr em perigo operador da máquina ou montador. Modo de falha potencial afeta a segurança na operação e/ou envolve não conformidade com a legislação governamental. A falha ocorrerá sem aviso prévio.
9	Perigoso com advertência	Pode pôr em perigo operador da máquina ou montador. Modo de falha potencial afeta a segurança na operação e/ou envolve não conformidade com a legislação governamental. A falha ocorrerá com aviso prévio.
8	Muito alto	Grande interrupção da linha de produção ou impossibilidade de montagem. Cliente muito insatisfeito.
7	Alto	Pequena interrupção da linha de produção ou impossibilidade de montagem. Cliente insatisfeito.
6	Moderado	Pequena interrupção da linha de produção. Grande parte ou todos os produtos devem ser selecionados. Cliente sente desconforto.
5	Baixo	Pequena interrupção da linha de produção. Uma parte dos produtos deve ser selecionada. O cliente sente alguma insatisfação.
4	Muito baixo	Pequena interrupção da linha de produção. Os produtos devem ser selecionados e uma parte retrabalhada. Defeito notado pela maioria dos clientes.
3	Menor	Pequena interrupção da linha de produção. Uma parte dos produtos deve ser retrabalhada, mas fora da estação de trabalho. Defeito notado pela média dos clientes.
2	Muito menor	Pequena interrupção da linha de produção. Uma parte dos produtos deve ser retrabalhada, dentro da estação de trabalho. Defeito notado por alguns clientes.
1	Nenhum	Não afeta a performance do produto e não prejudica o processo

Fonte: Adaptado de Rondino, 2009

Quadro 6 - FMEA de detecção e respectivas notas

Índice	Efeito	Critério – Detecção
1	Muito grande	Certamente será detectado
2	Muito grande	Certamente será detectado
3	Grande	Grande probabilidade de ser detectado
4	Grande	Grande probabilidade de ser detectado
5	Moderada	Provavelmente será detectado
6	Moderada	Provavelmente será detectado
7	Pequena	Provavelmente não será detectado
8	Pequena	Provavelmente não será detectado
9	Muito pequena	Certamente não será detectado
10	Muito pequena	Certamente não será detectado

Fonte: Adaptado de Rozenfeld (2006)

Por fim, o Quadro 7 que relaciona as chances de ocorrência da falha com notas variando de 1 a 10, sendo 1 as falhas com chances mais remotas e 10 as falhas com maiores chances de ocorrência.

Quadro 7 - FMEA de ocorrência generalizado e respectivas notas

Índice	Ocorrência	Proporção
1	Remota: Falha é improvável	Menor que 1:1.500.000
2	Muito baixa: Apenas casos isolados de falhas	Próximo a 1:150.000
3	Pequena: apenas casos isolados de falhas	Próximo a 1:15.000
4	Moderado: falhas ocasionais	Próximo a 1:2.000
5	Moderado: falhas ocasionais	Próximo a 1:400
6	Moderado: falhas ocasionais	Próximo a 1:80
7	Alto: falhas frequentes	Próximo a 1:20
8	Alto: falhas frequentes	Próximo a 1:8
9	Muito alta: falha é quase inevitável	Próximo a 1:3
10	Muito alta: falha é quase inevitável	Próximo a 1:2

Fonte: Adaptado de Rozenfeld (2006)

3.2.8 Seleção do(s) participante(s)

As pessoas portadoras de paralisia cerebral podem apresentar grandes dificuldades na realização de atividades diárias, visto que os membros superiores podem apresentar diferentes graus de limitação dos movimentos. Por essa razão, em alguns casos é necessário o uso de órtese e/ou dispositivo assistivo para que essas pessoas possam realizar, de uma maneira facilitada, atividades diárias.

Inicialmente o público alvo deste estudo foram crianças e adolescentes com paralisia cerebral. No entanto, no decorrer do estudo foi observada a universalidade do projeto e a possibilidade de atender pessoas com outras comorbidades ou limitações físicas/motoras.

A jovem que participou ativamente da pesquisa foi selecionada devido a sua prévia inclusão em atividades terapêuticas na USE-UFSCar, vinculada com a disciplina de “Prática Supervisionada em Terapia Ocupacional” na área de Disfunções Físicas e Sensoriais, oferecida dentro da Linha de Cuidado da Infância e Adolescência, por apresentar deficiência física e motora.

Os seguintes critérios de seleção foram usados para a escolha da participante:

- (A) Apresentar dificuldades motoras para escrever / desenhar / pintar e/ou precisar de mais tempo para executar todas as etapas da atividade;
- (B) Características identificadas a partir da avaliação da terapia ocupacional;
- (C) Dificuldade em manter-se limpo durante a atividade de pintura;
- (D) Ter dificuldade para segurar o pincel e/ou para manusear as tintas;
- (E) Capacidade de entender e responder às questões levantadas pelos pesquisadores, se expressar verbalmente ou não verbalmente e fornecer críticas e sugestões sobre o dispositivo assistivo testado.

3.2.9 Caracterização do sujeito

A participante selecionada tem paralisia cerebral espástica com tetraplegia, segundo o GMFCS, seu nível de mobilidade é classificado como grau 4 e tem dificuldades na coordenação motora grossa e fina e limitações dos membros superiores, causando o comprometimento do alcance, preensão e manuseio de objetos pequenos. Seu cognitivo não foi afetado pela paralisia e além de um bom intelecto possui boas habilidades sociais. Faz uso de adaptações para manter-se em equilíbrio quando está sentada. Apesar dessas limitações, atualmente estuda Administração na ETEC de São Carlos, ela sempre teve bom desempenho escolar e facilidade para se expressar.

Ela possui alguns recursos de tecnologia assistiva, dentre os quais se encontram: cadeira de rodas motorizada com adaptações posturais, para se manter na postura sentada e para sua independência no deslocamento; cadeira para banho e mesa adaptada para uso do computador.

Faz-se necessário o uso de recursos que aumentam a espessura de objetos, para dar estabilidade, firmeza e segurança na preensão.

3.2.10 Procedimentos de teste do dispositivo

O contato inicial foi feito por telefone, a fim de agendar data e horário adequados para as visitas, sendo que os atendimentos foram realizados na residência da usuária, na presença da responsável. No primeiro encontro, foi verificado se ela atendia aos critérios de inclusão e foram explicados os objetivos da pesquisa, sendo-lhe feito o convite para participar do projeto. Ambas concordaram e, a partir de então, foram discutidos aspectos que o protótipo deveria ter, sendo solicitada a opinião da

adolescente e de sua família. As sugestões foram consideradas durante o processo de desenvolvimento do dispositivo e um novo atendimento domiciliar foi agendado para o teste do protótipo desenvolvido.

Neste caso, trata-se de um estudo de caso único, com uma adolescente com deficiência física, que avaliou o protótipo quanto ao conforto e eficiência.

O teste foi realizado com a participante devidamente posicionada em sua cadeira de rodas, com a mesa que normalmente utiliza e no local em que permanece para realização de suas atividades escolares.

Para a avaliação foi feita primeiramente uma tarefa de pintura com um pincel sem adaptação, para que ela pudesse se familiarizar com a atividade e facilitar a avaliação quanto à eficácia e satisfação com o dispositivo. Após a realização da atividade com o pincel convencional, foi utilizado o protótipo funcional para a realização da pintura, sendo que as folhas foram presas à mesa com fita adesiva e os mesmos critérios foram utilizados: primeiramente realizou uma pintura livre e depois foi solicitada a pintura de traços em várias direções, com determinação dos pontos inicial e final, o que permitiu avaliar aspectos diferentes no desempenho.

Depois da realização da atividade (com pincel convencional e com o pincel adaptado, com dosador de tinta), a adolescente respondeu um questionário padronizado sobre sua satisfação.

3.2.11 Instrumento de avaliação do recurso de Tecnologia Assistiva

O instrumento utilizado para avaliar a satisfação da participante com o protótipo desenvolvido, analisar custo-benefício, custo-efetividade e custo-utilidade, foi o *Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology* (QUEST 2.0), usualmente conhecido como B-QUEST (DEMERS, 2000; CARVALHO; GOIS JUNIOR; SÁ, 2014).

A ferramenta B-QUEST é constituída de duas partes (Anexo A), sendo a primeira composta por 8 itens para analisar as dimensões, peso, facilidade de ajustar, estabilidade e segurança, durabilidade, facilidade de uso, conforto e eficácia. A segunda parte consiste em 4 itens: processo de entrega, reparos e assistência técnica, qualidade do serviço profissional e serviço de acompanhamento (CARVALHO; GOIS JUNIOR; SÁ, 2014).

Os itens são avaliados em uma escala quantitativa da seguinte forma, sendo 1 insatisfeito, 2 pouco satisfeito, 3 mais ou menos satisfeito, 4 bastante satisfeito e 5

totalmente satisfeito. A nota atribuída ao dispositivo consiste da soma dada para cada item respondido dividido pelo número total de perguntas respondidas. Sendo assim, os 3 itens mais importantes para o usuário podem ser priorizados no desenvolvimento do projeto (CARVALHO; GOIS JUNIOR SÁ, 2014).

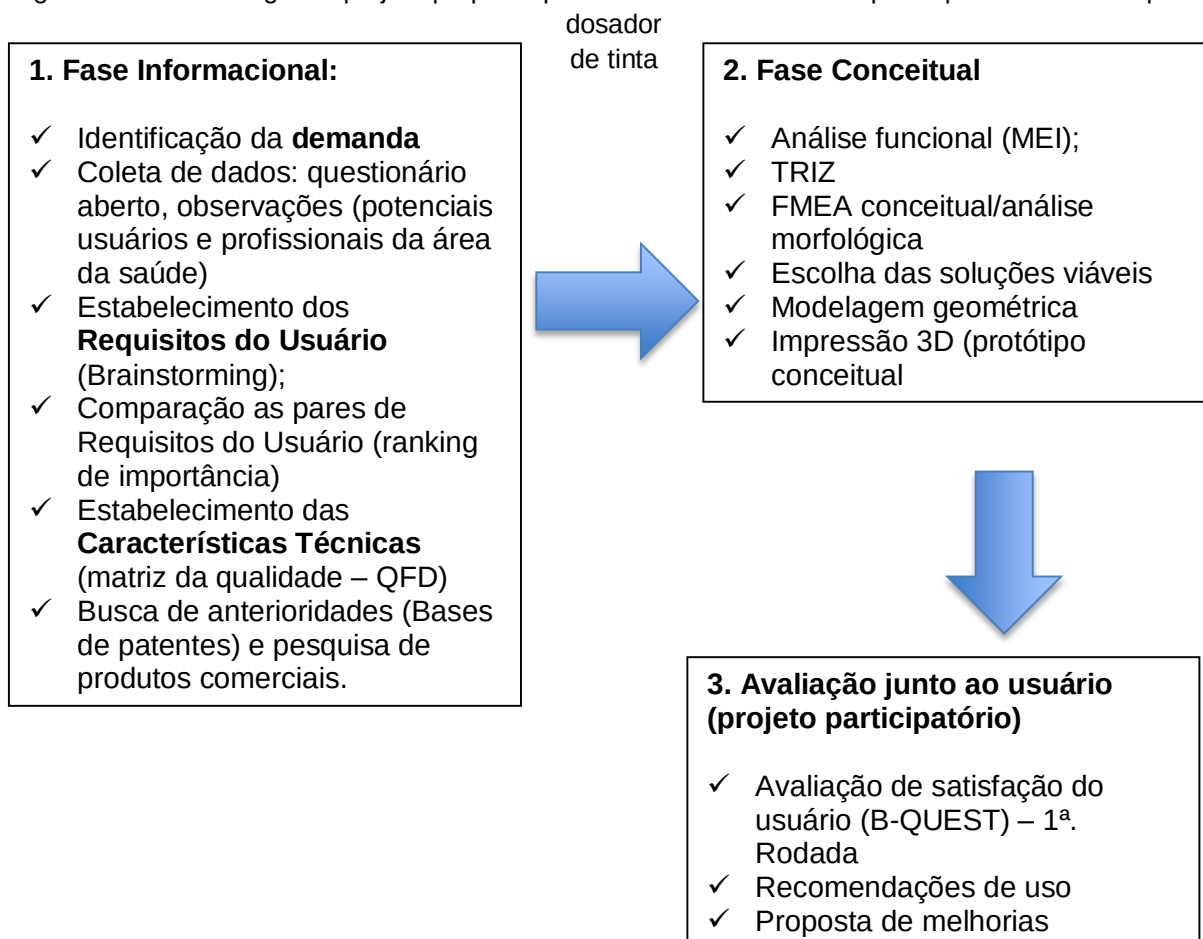
Neste estudo foi aplicada somente a primeira parte do instrumento, referente ao recurso desenvolvido, uma vez que a parte do instrumento que se refere ao serviço não se aplica.

3.2.12 Procedimento sistemático para o projeto do pincel assistivo

O desenvolvimento do protótipo seguiu a metodologia de projeto de engenharia e utilizou ferramentas para a otimização do projeto.

O trabalho foi estruturado segundo o fluxograma da Figura 10. As ferramentas de projeto foram apresentadas no capítulo 3.

Figura 10 – Metodologia de projeto proposta para o desenvolvimento do protótipo conceitual do pincel



Fonte: Elaborado pela autora

3.2.13 Aspectos éticos

A pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisas (CEP) envolvendo seres humanos da UFSCar, sendo aprovada através do Parecer nº 3.644.276 e Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) nº 12413219.7.0000.5504 (Anexo B). O responsável pela participante assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e a participante assinou o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), presentes nos Apêndices A e B. Assim, a participante e sua cuidadora ficaram cientes sobre os riscos e benefícios conforme descritos nos termos e orientações do CEP.

O teste com o protótipo foi realizado com acompanhamento da Terapeuta Ocupacional, no domicílio da família.

4 Resultados e discussão

4.1 Aplicação das ferramentas de projeto

4.1.1 Coleta de dados qualitativos e Brainstorming

A princípio um grupo de 6 pessoas se reuniu durante a disciplina de Teoria e Metodologia do Projeto para um brainstorming e formulação de um questionário que seria aplicado a profissionais da área da saúde e educação a fim de aferir quais são os requisitos que o projeto do pincel deve conter.

Em uma palestra ministrada na EESC-USP por Corsi (2018)^{a2}, fisioterapeuta da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), foi possível esclarecer alguns pontos importantes que não haviam sido levados em consideração, permitindo que o questionário fosse reformulado e, só então, aplicado.

A coleta de dados consistiu na aplicação do questionário desenvolvido pelo grupo a 8 profissionais, incluindo entre eles, fisioterapeutas, pedagogos, terapeutas ocupacionais e professores de educação física. Todos os profissionais que responderam ao questionário trabalham ou trabalharam com crianças e adolescentes portadores de algum tipo de deficiência.

Para essa coleta foi utilizado o recurso de formulários online da Google, visitas a entidades que trabalham com deficientes na cidade de São Carlos-SP e uma conversa com Corsi (2018)^{a3} e suas colegas de trabalho que estiveram presentes na palestra na USP. O formulário de perguntas citado encontra-se no Apêndice C.

Foi realizado um primeiro contato com a participante do projeto, para explicar como seria o desenvolvimento do protótipo, o método de avaliação e se a mesma tinha interesse em participar da pesquisa. Foram feitas perguntas para entender melhor suas necessidades e algumas sugestões foram dadas por ela.

4.1.2 Matriz da Casa da Qualidade (HoQ)

Os requisitos identificados pelo usuário foram retirados a partir das perguntas feitas no questionário, e foram os seguintes:

- ser leve;
- ser fino;

² Palestra ministrada por Carol Corsi, na Universidade Federal de São Carlos, em 2018.

³ Conversa com Carol Corsi, em 2018.

- possibilidade de ver a tinta;
- possibilidade de trocar as pontas para ter outros tamanhos de cerdas;
- facilidade de limpeza;
- possibilidade de utilizar diferentes superfícies de pintura (telas, tecidos e papéis);
- longo tempo de uso do pincel até a necessidade de refil de tinta;
- não sujar as mãos e o desenho ao utilizar o pincel e;
- não existir uma correlação entre a velocidade em que o botão que solta a tinta é apertado e a vazão de tinta que sai do pincel.

Após a montagem do QFD a pergunta “Qual material é mais utilizado para pintura?” foi avaliada como irrelevante para o levantamento dos requisitos do projeto e, portanto, foi desconsiderada. A ideia inicial era que essa pergunta levasse a criação de cerdas diferentes para materiais diferentes, porém, julgou-se desnecessário uma vez que, é utilizado o mesmo tipo de cerdas para várias aplicações. Todos responderam que utilizam apenas o sulfite e a cartolina devido ao baixo custo, mas gostariam de pintar em telas ou tecidos.

Das respostas obtidas foram retirados os requisitos do usuário, que foram desdobrados em características técnicas a serem cumpridas, apresentadas no Quadro 8.

Quadro 8 - Características técnicas obtidas a partir dos requisitos do usuário

Requisitos do usuário	Características técnicas	
Ser leve	Massa total	
Ser fino	Espessura	
Ver a tinta	Opacidade	
Tempo de uso	Volume de tinta	
Trocar as pontas	Número de pontas	Vida útil da ponta
Limpeza	Número de peças	Rugosidade superficial
Velocidade x vazão	Força para apertar	

Fonte: Elaborado pela autora

A seguir as Figuras 11 a 14 representam parte da matriz da qualidade do QFD, sendo que a Figura 11 corresponde às legendas.

Figura 11 - Legendas das convenções usadas no QFD

Convenções		
Correlações		
Positiva		+
Negativa		-
Não tem correlação		
Relações		
Forte	9	●
Media	3	○
Debil	1	▽
Direction of Improvement		
Maximizar		▲
Objetivo		◇
Minimizar		▼

Fonte: Elaborado pela autora

A Figura 12 mostra com quais características técnicas os requisitos do usuário se correlacionam e quão forte é essa relação.

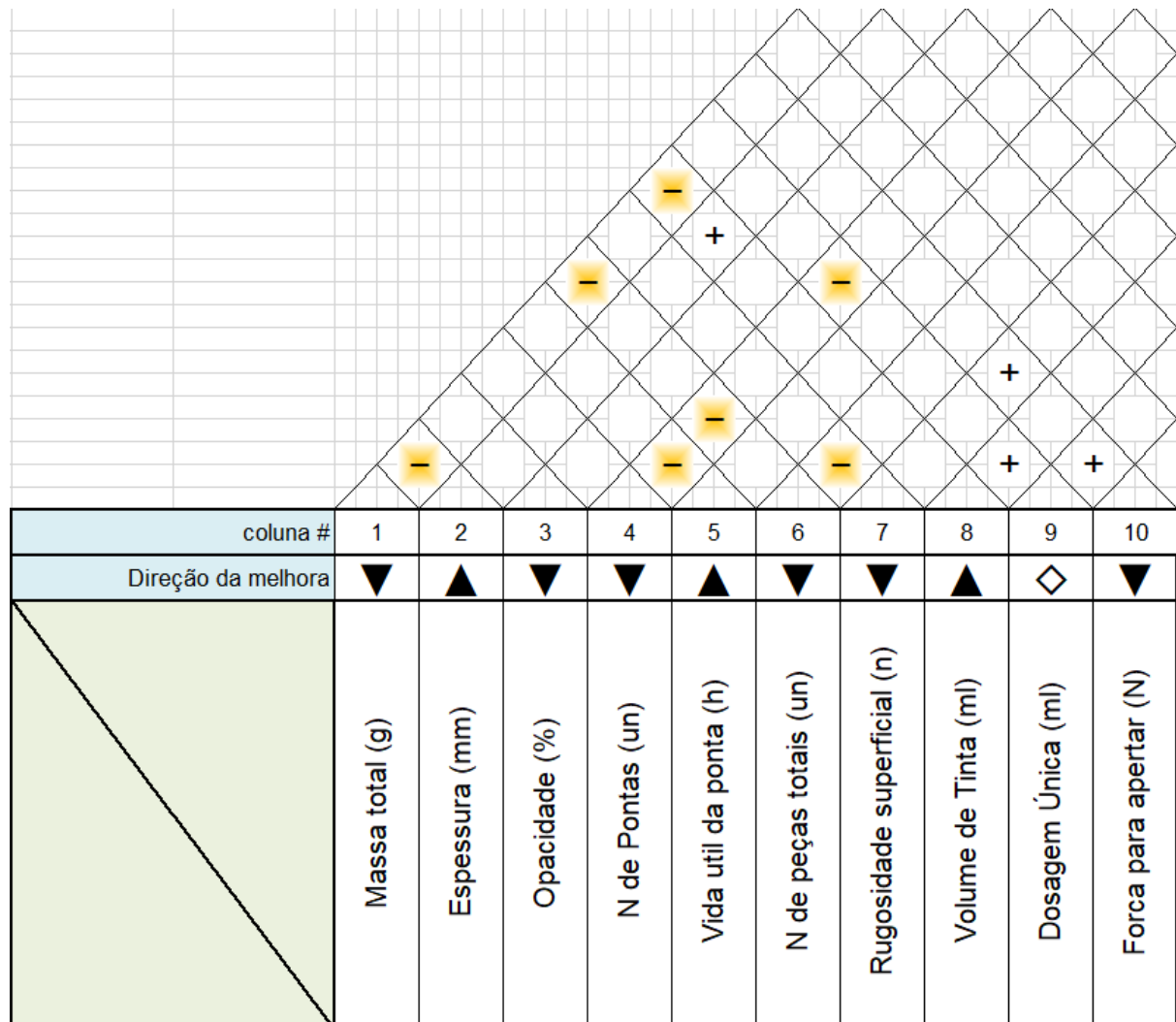
Figura 12 - Requisitos do usuário x Características técnicas

					coluna #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					Direção da melhora	▼	▲	▼	▼	▲	▼	▼	▲	◇	▼
						Massa total (g)	Espessura (mm)	Opacidade (%)	N de Pontas (un)	Vida útil da ponta (h)	N de peças totais (un)	Rugosidade superficial (n)	Volume de Tinta (ml)	Dosagem Única (ml)	Força para apertar (N)
1	Ser Leve			3		●	○		▽		▽		○		
2	Ser Fino			1		▽	●						○		
3	Ver tinta			3				●					▽		
4	Trocar pontas			9					○	●				○	
5	Limpeza			9						○	●	○			
6	Tempo de Uso			3									●	○	
7	Não Sujar			9										●	
8	Velocidade X Vazao			9										○	●

Fonte: Elaborado pela autora

A Figura 13 corresponde ao telhado do QFD com suas devidas correlações. Aqui é possível visualizar como os requisitos técnicos se relacionam entre si. Sendo que o sinal de “mais” corresponde às características que se reforçam e o “menos” às características que são contraditórias, ou seja, quando uma aumenta e a outra diminui.

Figura 13 - Telhado do QFD com as devidas correlações



Fonte: Elaborado pela autora

Cálculos que levam em consideração a importância que o usuário deu para determinada característica com relação ao que se julgou serem as mais relevantes foram feitos, conforme demonstrados na Figura 14.

Figura 14 - Importância das características para o usuário.

					Importancia para o usuario	Objetivo de Melhoria	% Percentagem de Melhoria	Argumento de venda	Peso Absoluto	Peso relativo
1	Ser Leve		3	3				1,5	4,5	8%
2	Ser Fino		1	1				1	1	2%
3	Ver tinta		3	3				1	3	6%
4	Trocar pontas		9	9				1	9	17%
5	Limpeza		9	9				1	9	17%
6	Tempo de Uso		3	3				1,2	3,6	7%
7	Não Sujar		9	9				1,2	10,8	20%
8	Velocidade X Vazao		9	9				1,5	13,5	25%

Fonte: Elaborado pela autora

Após a coleta de dados acima, foi possível relacionar os requisitos do usuário com os requisitos de projeto, como mostrado na Figura 15.

Figura 15 - Relação entre requisitos do usuário e requisitos do projeto

coluna #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Direção da melhora	▼	▲	▼	▼	▲	▼	▼	▲	◇	▼
	Massa total (g)	Espessura (mm)	Opacidade (%)	N de Pontas (un)	Vida útil da ponta (h)	N de peças totais (un)	Rugosidade superficial (n)	Volume de Tinta (ml)	Dosagem Única (ml)	Força para apertar (N)
Maxima Relação	78	42	54	59	204	161	51	99	327	225
Range de importancia Técnica										
Peso Relativo	6%	3%	4%	5%	16%	12%	4%	8%	25%	17%

Fonte: Elaborado pela autora

Ao avaliar-se os requisitos mais importantes e as características de projeto que eles remetem foi observado, após os cálculos, que os valores coincidem. Os requisitos do usuário com maior porcentagem também refletem os requisitos de projeto de maior porcentagem e vice-versa.

A imagem completa do QFD encontra-se no Apêndice E.

4.1.2.1 Especificação das métricas

Considerando, que o *peso* ajuda na noção de movimento na maioria dos casos, e que foi relatado que pesos são adicionados nos objetos de escrita para ajudar na execução da atividade, é importante que o dispositivo não seja muito leve.

Foi constatado que a *espessura* não pode ser muito fina para facilitar a pega devido às restrições motoras que normalmente o nosso público alvo tem em segurar lápis ou canetas finas.

No que tange à *opacidade*, ela é interessante, mas não é obrigatória, pois, ver a quantidade de tinta não é imprescindível.

Trocar as pontas para diferentes tamanhos foi um requisito que gerou algumas discussões. Trocar as pontas para um mesmo pincel permitiria usar a mesma cor de tinta para pintar áreas de diferentes tamanhos, com pincéis maiores ou menores. Porém, os usuários não pensaram que a troca frequente das pontas pode diminuir a vida útil do produto devido ao desgaste e fadiga, nem na dificuldade em ajustar a quantidade de tinta que vai sair para cada ponta e nem na dificuldade de execução da tarefa. Uma vez que, uma dose única para um tamanho médio de pincel sairia muita tinta para uma ponta menor e pouca tinta para uma ponta maior, dificultando e até mesmo inviabilizando o uso do produto.

A *facilidade de limpeza* é algo muito importante, tanto pela praticidade, quanto por ser mais simples. Ela possibilita que o próprio assistido lave o pincel, dando a ele o maior grau de independência possível.

Referente ao *tempo de uso*, a tinta durar o tempo de uma atividade com uma pessoa é o suficiente, as atividades costumam durar uma hora e nem todo o tempo a pessoa passa pintando. Foi comentado a possibilidade de durar o dia todo, mas isso pode ser inviável pelo tamanho do reservatório.

O quesito *não sujar*, implica em não vazar e em ser fechado na extremidade superior e é de extrema importância, pois muitos deles não gostam de se sujar e ficam extremamente irritados quando isso acontece, outro fator a ser considerado é que às

vezes eles, durante a atividade, se cansam e soltam ou até mesmo jogam o material. Além, do principal fator, que seria a possibilidade de colocar o produto na boca e ingerir a tinta.

Por último, foi considerado de extrema importância que ao se apertar o botão apenas uma *dose única* e padrão de tinta será liberada, independentemente da força de aplicação e do tempo que o botão permanece pressionado. Esse item foi considerado um diferencial por todos os usuários entrevistados.

4.1.2.2 Identificação de contradições técnicas

Uma contradição técnica foi observada pela relação massa total e volume de tinta contida no pincel. O fato de conter uma maior quantidade de tinta para não precisar recarregar durante o dia é interessante, porém o pincel não pode ser pesado e quanto maior o volume de tinta, maior será a massa. Além disso, o número de peças e a espessura também contribuem com uma massa maior.

Outra contradição foi referente ao número de pontas disponíveis para serem trocadas e a vida útil da ponta e do produto em si, devido a desgastes que ocorrem com o tempo e por fadiga. Ainda, referente ao número de pontas é interessante que o produto não contenha muitas partes, para facilitar o uso e a limpeza. Por último, trocar as pontas para diferentes tamanhos de cerdas implicaria em ter que mudar o tamanho das doses para cada tamanho de ponta. Dessa forma, controlar a vazão exigiria outro “mecanismo” e isso poderia dificultar o uso e até mesmo diminuir a vida útil do produto, novamente devido ao desgaste e à fadiga.

O número de peças totais se relaciona negativamente com o acabamento superficial, pois quanto maior o número de peças, melhor tem que ser o acabamento para que elas possam movimentar-se entre si sem que haja interferências, como o caso de rebarbas.

4.1.3 TRIZ

Partindo da matriz gerada com os parâmetros de engenharia foi possível identificar algumas possíveis soluções para cada uma das contradições técnicas obtidas no telhado da matriz QFD. Tais soluções partem da lista de princípios inventivos, que contém 40 princípios inventivos como mostrados na Figura 10 para busca das eventuais soluções. Na Figura 16 é possível verificar os parâmetros, que

possuem contradições técnicas e em cada quadrado o número que corresponde ao princípio inventivo capaz de solucioná-lo.

Figura 16 - TRIZ

		Parâmetros de Engenharia							
		Peso do objeto parado	Volume do objeto parado	Adaptabilidade	Mantenabilidade	Complexidade do objeto	Precisão de fabricação	Quantidade de substância	Conveniência de uso
Parâmetros de Engenharia	Peso do objeto parado	+	15, 22, 30			15,22, 26		17, 22	
	Volume do objeto parado		+						
	Adaptabilidade			+	2, 6, 20, 26, 40	1, 2, 5, 6, 26			2, 6, 15, 20
	Mantenabilidade				+				
	Complexidade do objeto					+	3, 13, 15, 26, 33		
	Precisão de fabricação						+		
	quantidade de substância							+	
	Conveniencia de uso								+

Fonte: Elaborado pela autora

Para melhor visualização e otimização, apenas os requisitos técnicos que apresentam alguma contradição técnica foram convertidos em parâmetros de engenharia no Quadro 9 verifica-se o trabalho efetuado.

Nos casos em que ocorram empate entre dois ou mais princípios inventivos adotou-se um critério de desempate, que exigiu uma análise sobre qual princípio inventivo melhor solucionaria a contradição dentro do projeto.

Quadro 9 - Requisitos técnicos com contradições técnicas.

Requisito de Projeto a ser Otimizado	Parâmetro de Engenharia Otimizado	Requisito de Projeto Conflitante	Parâmetro de Engenharia Conflitante	Princípio Inventivo da TRIZ
Massa	Peso do objeto parado (2)	Espessura	Volume do objeto parado (8)	15-Dinamização 22-Transformação de prejuízo em lucro 30-Uso de filmes finos
Massa	Peso do objeto parado (2)	Número de peças	Complexidade do objeto (36)	15-Dinamização 22-Transformação de prejuízo em lucro 26-Cópia
Massa	Peso do objeto parado (2)	Volume de tinta	Quantidade de substância (26)	17-Transição para nova dimensão 22-Transformação de prejuízo em lucro
Número de pontas	Adaptabilidade (35)	Vida útil	Mantenabilidade (34)	2-Remoção 6-Universalização 20-Continuidade de ação útil 26-Cópia 40-Uso de materiais compósitos
Número de pontas	Adaptabilidade (35)	Número de peças	Complexidade do objeto (36)	1-Segmentação 2-Remoção 5-Consolidação 6-Universalização 26-Cópia
Número de pontas	Adaptabilidade (35)	Dosagem única	Conveniência de uso (33)	2-Remoção 6-Universalização 15-Dinamização 20-Continuidade de ação útil
Número de peças	Complexidade do objeto (36)	Rugosidade	Precisão de fabricação (29)	3-Qualidade localizada 13-Inversão 15-Dinamização 26-Cópia 33-Homogeneização

Fonte: Elaborado pela autora

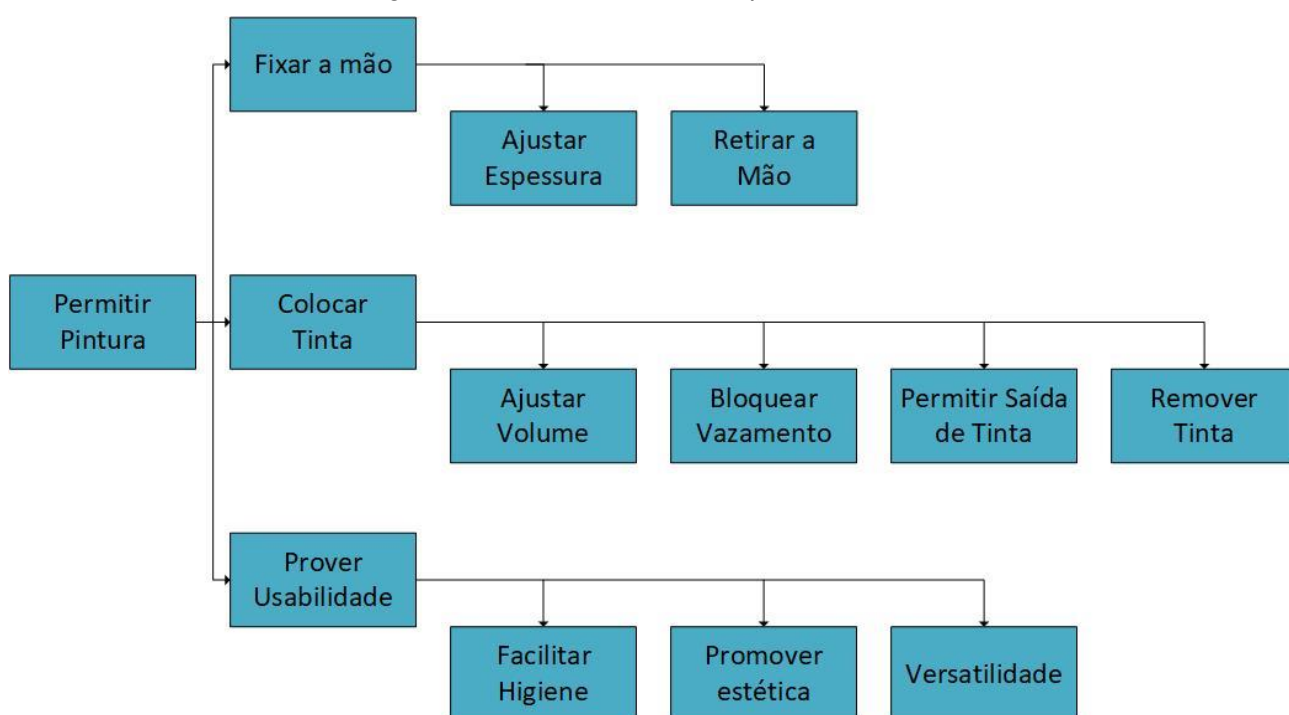
4.1.4 Árvore Funcional

O objetivo primário do produto é proporcionar ao usuário o maior grau de independência possível durante a pintura, razão pela qual o verbo inicial é “permitir pintura” como observado na Figura 17. Posteriormente a árvore é dividida em outras três funções que consistem em como será permitida a pintura:

- Fixar a mão no dispositivo: como o foco está na autonomia de tinta, não foi desenvolvido nenhum mecanismo para fixação, essa parte conta apenas com a “pegada” do usuário;
- Colocar a tinta dentro do pincel;
- Prover usabilidade.

Finalmente, essas três classes se dividem no último conjunto de verbos que correspondem a como cada uma dessas funções serão executadas. Tais funções consistem em: (1) ajustar a espessura; (2) retirar a mão; (3) bloquear vazamento; (4) ajustar volume; (5) remover tinta; (6) permitir saída de tinta; (7) facilitar higiene; (8) permitir estética e (9) versatilidade.

Figura 17 - Árvore Funcional Esquemática

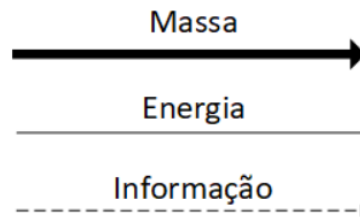


Fonte: Elaborado pela autora

4.1.5 Diagrama MEI

Neste contexto é importante lembrar que o significado de MEI é massa, energia e informação. A Figura 18 é apresentada uma legenda com a indicação de como cada um desses pontos é representado pelas suas respectivas setas no sistema.

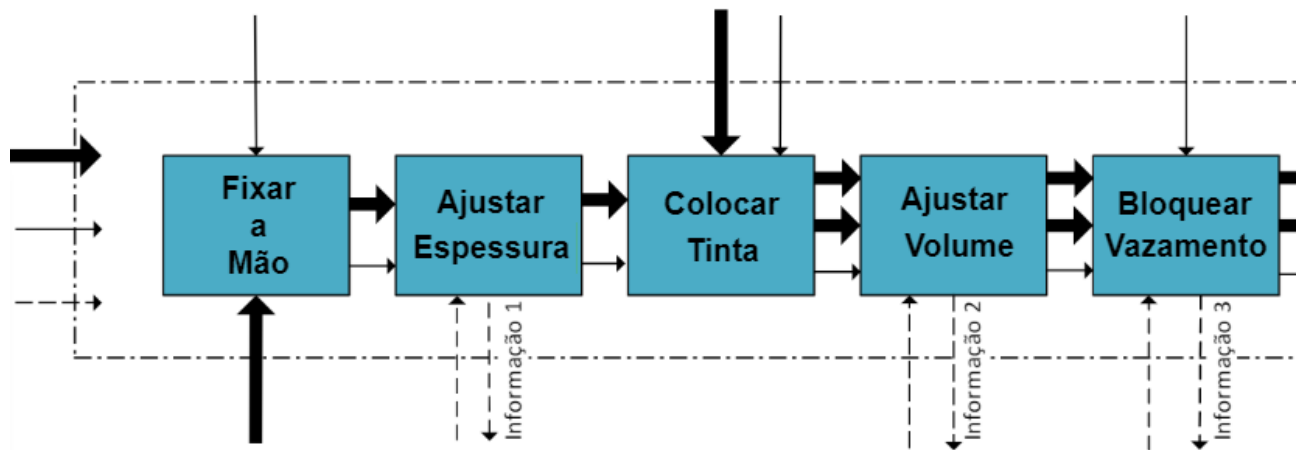
Figura 18 - Legenda com a indicação do significado de cada uma das setas



Fonte: Elaborado pela autora

As Figuras 19 e 20 mostram a representação parcial do MEI construído para o projeto.

Figura 19 - Representação parcial do início do MEI



Fonte: Elaborado pela autora

Inicialmente, um fluxo de massa, energia e informação entra no sistema fechado que ao final devolve uma informação.

Na primeira caixa “fixar a mão” há:

- entrada de energia cinética referente ao movimento de pegar o pincel;
- entrada de massa correspondente ao peso da mão do usuário.

Na segunda caixa “ajustar a espessura” há:

- retorno da informação, se a espessura atual está adequada para o usuário;
- continuação do fluxo de massa correspondente à mão e à energia cinética.

Na terceira caixa “colocar tinta” há:

- entrada de um novo fluxo de massa correspondente ao volume de tinta;
- entrada de mais energia cinética do movimento;

- continuação de duas setas de massa para a próxima caixa que correspondem à mão e à tinta;
- continuação da seta de energia cinética.

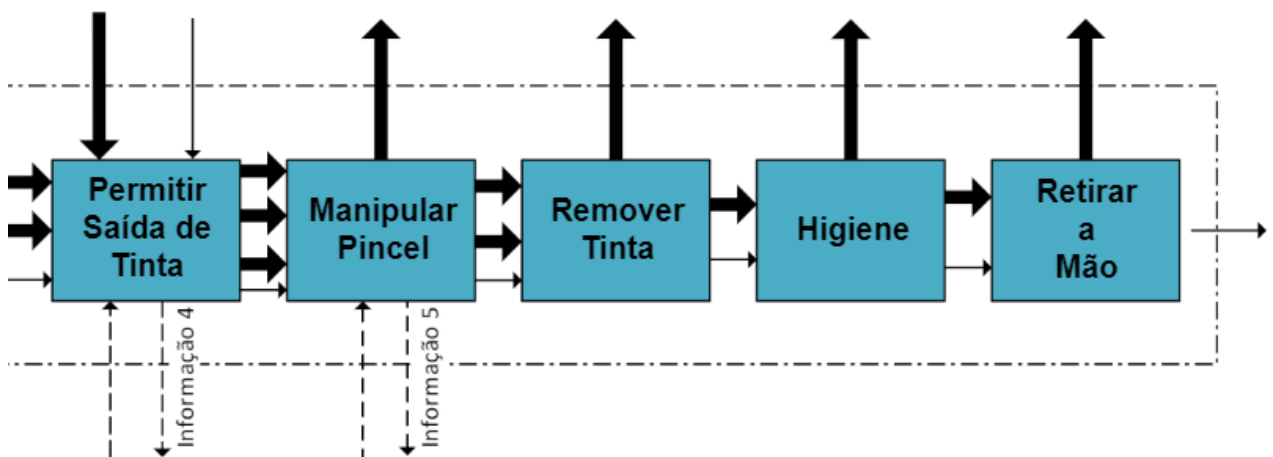
Na quarta caixa “ajustar o volume” há:

- devolução de uma informação equivalente à quantidade ou volume de tinta que foi adicionada;
- o fluxo para a caixa seguinte permanece inalterado.

Na quinta caixa “bloquear vazamento” há:

- entrada de energia cinética correspondente ao movimento de tampar a extremidade superior do pincel e evitar que ele vaze;
- retorno da informação se o tubo foi fechado corretamente;
- o fluxo para a caixa seguinte permanece constante.

Figura 20 - Representação parcial do final do MEI



Fonte: Elaborado pela autora

Na sexta caixa “permitir saída de tinta” há:

- entrada de energia cinética e de massa, que correspondem à inserção do papel no sistema;
- saída de informação que indica se a dose de tinta que sai a cada aperto é suficiente para a aplicação;
- entrada de energia cinética;

- o fluxo para a caixa seguinte é representado por uma seta de energia cinética e três setas de massa, que correspondem respectivamente: à mão, à tinta e ao papel;

Na sétima caixa “manipular o pincel” há:

- saída de informação correspondente ao resultado da pintura;
- saída de massa, que corresponde ao papel pintado;
- o fluxo para a próxima caixa apresenta uma seta de energia cinética e duas setas de massa correspondentes à mão e à tinta.

Na oitava caixa “remover a tinta” há:

- saída de massa, que mostra a quantidade usada de tinta;
- o fluxo para a caixa seguinte corresponde à mão e à energia.

Na nona caixa “higiene” há:

- saída de massa, equivalente ao remanescente de tinta;
- o fluxo para a caixa seguinte corresponde à mão e à energia.

Na décima caixa “retirar a mão” há:

- saída de massa referente ao abrir da mão do usuário ao terminar de usar o pincel e o soltá-lo, encerrando assim um ciclo de uso.

A representação completa do Diagrama MEI encontra-se no Apêndice D.

4.1.6 Análise Morfológica

Seguindo as teorias apresentadas nas notas de aula de Silveira (2018) foi criado um quadro, onde na primeira coluna se encontram as funções requeridas pelo sistema ou componentes a serem projetados e na segunda coluna há a lista do maior número de soluções possíveis encontradas para alcançar cada uma das dimensões funcionais. De tal modo, que as diversas combinações possam ser facilmente analisadas, como demonstrado no Quadro 10.

Quadro 10 - Quadro Morfológico

Quadro Morfológico					
Parâmetros	Soluções				
Fixar mão	Luva	Prótese	Alça	Apoio/Tala	Força do indivíduo
Ajustar a espessura	Casca de polímero		Cabo com espessura universal		Rolo de EVA
Colocar tinta	Funil		Seringa	Inserir diretamente	Mangueira
Ajustar volume	Medidor analógico		Cabo translúcido	Visão do indivíduo	Medidor digital
Bloquear vazamento	Tampa de rosca		Tampa de encaixe de interferência	Tampa flip top	Lacre
Permitir saída de tinta	Dosador de saboneteira	Conta gotas	Pisseta	Regulador de fluido	Bico de pato
Manipular pincel	Apoio para o antebraço		Tipoia	Prótese	Capacidade do indivíduo
Remover tinta	Virar de ponta cabeça		Remoção de ponta		Usar até o término
Facilitar Higiene	Desmontável	Impermeável		Acabamento superficial	Porosidade
Retirar a mão	Ajuda de terceiros			Capacidade do indivíduo	

Fonte: Elaborado pela autora

Os caminhos de soluções propostas foram feitos de forma que várias combinações de soluções fossem analisadas, a fim de que o produto final apresentasse a melhor combinação possível e atendesse às especificações dos usuários e de projeto, que foram traduzidas na árvore funcional, no MEI e agora encontram-se como parâmetros para análise morfológica.

Os três caminhos mais interessantes estão representados nos Quadros 11, 12 e 13.

Quadro 11 - Primeiro caminho de soluções com a melhor combinação dos requisitos

Quadro Morfológico					
Parâmetros	Soluções				
Fixar mão	Luva	Prótese	Alça	Apoio/Tala	Força do indivíduo
Ajustar a espessura	Casca de polímero		Cabo com espessura universal		Rolo de EVA
Colocar tinta	Funil	Seringa	Inserir diretamente		Mangueira
Ajustar volume	Medidor analógico	Cabo translúcido	Visão do indivíduo		Medidor digital
Bloquear vazamento	Tampa de rosca	Tampa de encaixe de interferência	Tampa flip top		Lacre
Permitir saída de tinta	Dosador de saboneteira	Conta gotas	Pisseta	Regulador de fluido	Bico de pato
Manipular pincel	Apoio para o antebraço	Tipoia	Prótese	Capacidade do indivíduo	
Remover tinta	Virar de ponta cabeça		Remoção de ponta	Usar até o término	
Facilitar Higiene	Desmontável	Impermeável	Acabamento superficial	Porosidade	
Retirar a mão	Ajuda de terceiros			Capacidade do indivíduo	

Primeira solução ↓

Fonte: Elaborado pela autora

Quadro 12 - Segundo caminho de soluções com a melhor combinação de requisitos.

Quadro Morfológico						
Parâmetros	Soluções					
Fixar mão	Luva	Prótese	Alça	Apoio/Tala	Força do indivíduo	
Ajustar a espessura	Casca de polímero		Cabo com espessura universal		Rolo de EVA	
Colocar tinta	Funil		Seringa	Inserir diretamente		Mangueira
Ajustar volume	Medidor analógico		Cabo translúcido	Visão do indivíduo		Medidor digital
Bloquear vazamento	Tampa de rosca		Tampa de encaixe de interferência	Tampa flip top		Lacre
Permitir saída de tinta	Dosador de saboneteira	Conta gotas	Pisseta	Regulador de fluido		Bico de pato
Manipular pincel	Apoio para o antebraço		Tipoia	Prótese		Capacidade do indivíduo
Remover tinta	Virar de ponta cabeça		Remoção de ponta		Usar até o término	
Facilitar Higiene	Desmontável	Impermeável		Acabamento superficial		Porosidade
Retirar a mão	Ajuda de terceiros			Capacidade do indivíduo		

Segunda solução

Fonte: Elaborado pela autora

Quadro 13 - Terceiro caminho de soluções com a melhor combinação de requisitos

Quadro Morfológico					
Parâmetros	Soluções				
Fixar mão	Luva	Prótese	Alça	Apoio/Tala	Força do indivíduo
Ajustar a espessura	Casca de polímero		Cabo com espessura universal	Rolo de EVA	
Colocar tinta	Funil		Seringa	Inserir diretamente	Mangueira
Ajustar volume	Medidor analógico		Cabo translúcido	Visao do indivíduo	Medidor digital
Bloquear vazamento	Tampa de rosca		Tampa de encaixe de interferência	Tampa flip top	Lacre
Permitir saída de tinta	Dosador de saboneteira	Conta gotas	Pisseta	Regulador de fluido	Bico de pato
Manipular pincel	Apoio para o antebraço		Tipoia	Prótese	Capacidade do indivíduo
Remover tinta	Virar de ponta cabeça		Remoção de ponta		Usar até o término
Facilitar Higiene	Desmontável	Impermeável		Acabamento superficial	Porosidade
Retirar a mão	Ajuda de terceiros			Capacidade do indivíduo	

Terceira solução

Fonte: Elaborado pela autora

O Quadro 14 elenca os critérios de escolha e procura detalhar as variações, quando houver, entre os três caminhos demonstrados.

Quadro 14 - Critérios para escolha de parâmetros

PARÂMETRO	SOLUÇÃO ESCOLHIDA	CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA
Fixar a mão	Capacidade do indivíduo	O projeto não foca na fixação do produto na mão, portanto conta com a capacidade do usuário ou o auxílio de órteses para essa finalidade
Ajustar a espessura	Rolo de EVA	Consiste em enrolar EVA ao redor do pincel (método atualmente utilizado em escolas), além de muito simples e barato
	Casca polimérica	Revestimento polimérico oco com diferentes espessuras que encaixa ao redor do pincel aumentando a espessura
	Cabo com espessura universal	Espessura única baseada na pegada ergonômica de um homem mediano

Colocar tinta	Seringa	Adicionar a tinta sem que haja desperdício da mesma, algo que já existe no mercado, de uso intuitivo e de fácil aplicação. Permite que se saiba a quantidade de tinta que está sendo adicionada
	Funil	Foca na inserção de tinta dentro do tubo, de espessura consideravelmente pequena com uma ferramenta simples e composto por uma única peça
	Inserir diretamente	Consiste em despejar a tinta diretamente do pote para dentro do pincel
Ajustar volume	Visão do indivíduo	Consiste em observar a cavidade do pincel a olho nu e constatar quando o nível de tinta já está alto suficiente para parar de adicionar
	Cabo translúcido	Permite observar a quantidade de tinta enquanto se recarrega, garantindo uma maior facilidade na verificação do limite máximo, evitando desperdícios
Bloquear vazamento	Tampa Flip Top	Pode ser aberta e fechada sem a necessidade do usuário apresentar coordenação motora fina
	Tampa de encaixe de interferência	Tipo de encaixe eficiente contra vazão, fácil de colocar e tirar, além de apresentar uma boa resistência à fadiga
	Tampa de rosca	Método de vedação mais indicado para projetos de impressão 3D
Permitir saída de tinta	Dosador saboneteira	Garante a saída de doses únicas independentemente do tempo que o usuário demora para pressionar o botão até o final e do tempo em que o mantém apertado, além de ser "mole" para apertar
	Regulador de fluido	Sistema utilizado para dosagem de soros; fluxo contínuo estabelecido previamente ao início do uso, além de ser simples e possível de o usuário regular sozinho
Manipular pincel	Capacidade do indivíduo	O projeto não foca no manuseio do produto na mão do usuário. Conta com a capacidade individual do mesmo ou auxílio de órteses desenvolvidas para essa finalidade
Remover tinta	Virar de ponta cabeça	Virar o tubo de cabeça para baixo, depois de aberto e devolver a tinta ao seu recipiente original
Facilitar higiene	Desmontável	Possuir peças que podem ser removidas para facilitar a limpeza do produto como um todo
	Acabamento superficial	Ausência de poros, fissuras e rebarbas facilita a higienização
Remover a mão	Ajuda de terceiros	Consiste em uma outra pessoa auxiliar o usuário a soltar o produto
	Capacidade do indivíduo	O projeto não foca na retirada do produto da mão. Conta com a capacidade do indivíduo abrir a mão e soltar o pincel

Fonte: Elaborado pela autora

A solução mais apropriada para a impressão 3D do protótipo é a terceira solução, porém vale esclarecer que algumas dessas soluções propostas nesse projeto podem não se aplicar para a eventualidade do produto seguir para a escala industrial, sendo elas:

- a tampa de rosca, que para a impressão 3D é ideal, mas visando maior autonomia do usuário, tampas de encaixe de interferência ou flip top se tornam mais interessantes;
- o cabo não é translúcido devido a indisponibilidade do material para impressão, no projeto final isso pode ser atingido;

- acabamento superficial liso e maiores resistências ao desgaste e fadiga dos componentes com o uso, garantindo sua maior durabilidade e o não vazamento de tinta.

4.1.7 FMEA

Para construção do FMEA indicado no Quadro 15 a ação principal do produto definida pela árvore funcional foi dividida em três funções, onde cada função foi separada em componentes responsáveis por executá-la. Posteriormente, os tipos de falha, a causa, o efeito e a verificação de projeto para cada componente foi avaliada em três categorias: ocorrência, gravidade e detecção.

Por não ser possível quantificar as ocorrências de falha, em decorrência de existir apenas um protótipo, todas as ocorrências receberam nota um. A gravidade e a detecção foram atribuídas de acordo com o quadro para ser calcular o indicador de risco.

Quadro 15 - FMEA

Função	Componente	Tipo de falha	Causa	Ocorrência	Efeito	Gravidade	Verificação do projeto	Deteção da falha	Indicador de risco
Armazenar	Tampa	Vazamento	Tolerâncias frouxas	1	Vazar tinta pela tampa	6	Precisão de matriz de moldagem	5	30
	Bico	Vazamento	Desgaste por fadiga	1	Vazar tinta pelo bico	6	Protótipo e teste	9	54
			Tolerâncias frouxas	1			Precisão de matriz de moldagem	5	30
			Fissura	1			Protótipo e teste	2	14
Dosar	Tubo de silicone	Vazamento	Falha na montagem	1	Vazar tinta pelo tubo de silicone	7	Análise do fluxo	3	21
			Tolerâncias frouxas	1			Precisão de matriz de moldagem	5	35
	Tubo transparente	Tornar-se opaco	fotodegradação polimérica	1	Não visualização da tinta	2	Análise do material	9	18
		Reter sujeira	Sujeira incrustada	1		2	Protótipo e teste	9	18
		Entupimento	Sujeira incrustada	1		8	Protótipo e teste	9	72
	Bico	Enferrujamento do bico	Baixa resistência	1	Diminuição do tempo de vida	1	Calcular restência a corrosão	3	3
			Má higienização	1			Protótipo e teste	9	9
			Baixa resistência	1			Calcular força do impacto	3	24
	Botão	Emperrar	Tolerâncias apertadas	1	Pincel inutilizável	8	Protótipo e teste	5	40
			Rebarbas da moldagem	1			Precisão de matriz de moldagem	1	8
Pintar	Encaixe ponta-tubo	Quebra do encaixe	Sujeira incrustada	1			Protótipo e teste	9	72
			Baixa resistência	1	Pincel inutilizável	8	Calcular torque	3	24
	Cerdas	Perda de cerdas	Tolerâncias frouxas	1	Contaminação da pintura	5	Precisão de matriz de moldagem	5	35
			Tolerâncias frouxas	1			Precisão de matriz de moldagem	5	25
			Baixa resistência	1			Calcular força do impacto	3	24
	Botão	Emperrar	Tolerâncias apertadas	1	Pincel inutilizável	8	Precisão de matriz de moldagem	5	40
			Rebarbas da moldagem	1			Precisão de matriz de moldagem	1	8
			Sujeira incrustada	1			Protótipo e teste	9	72

Fonte: Elaborado pela autora

Analisando o quadro é possível visualizar de maneira direta quais são os componentes com o maior indicador de risco e portanto, os mais suscetíveis a falhas e a causa. Pode-se verificar que sujeira incrustada pode levar à inutilização do produto em dois componentes distintos e em duas funções diferentes, recebendo dessa forma a maior nota.

A sujeira pode entupir o bico ou emperrar o botão, sendo estes dois componentes cruciais para o funcionamento do pincel. Com a segunda nota mais alta, tem-se o desgaste por fadiga do bico causando vazamento, que pode danificar a pintura e sujar o usuário. Durante a fase informacional, como já apontado, foi constatado que nosso público alvo apresenta uma grande aversão a se sujar e portanto, esta falha é considerada uma falha crítica de projeto.

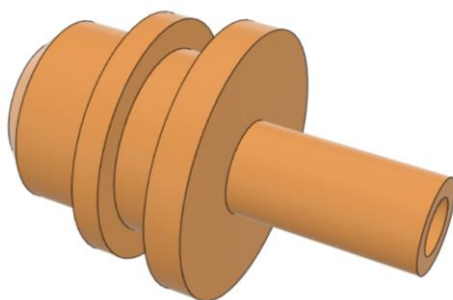
4.2 Desenvolvimento da Solução Conceitual

4.2.1 Protótipo

Como o projeto é um pincel que contém tinta, a vedação de todas as peças é muito importante. Devido à impressão 3D não ser muito confiável nesse tipo de aplicação, optou-se por utilizar peças preexistentes feitas por injeção e usar a impressão apenas nas partes que não entram em contato com a tinta e/ou que não se encontrou um substituto preexistente. Por essa razão, o protótipo apresentado apesar de conter o design e mecanismos projetados durante esse estudo, a estrutura interna final não seria assim.

Visando impedir que a tinta vaze e possibilitar ainda que ela seja dosada, foi escolhido a ponta do sistema de saboneteira de parede que está representada na Figura 21.

Figura 21 - Bico dosador da saboneteira líquida de parede.



Fonte: Elaborado pela autora

Para o aumento e direcionamento da pressão interna; foi utilizado o botão de uma pistola d'água. No entanto, alguns ajustes foram feitos no botão para que ficasse maior e fácil de apertar. Os componentes em preto vistos na Figura 22 foram feitos na impressora 3D.

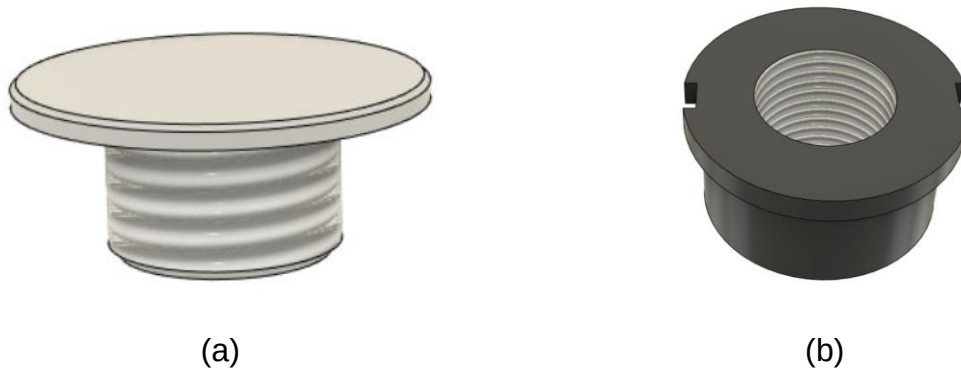
Figura 22 - Embolo adaptado de uma pistola d'água.



Fonte: Elaborado pela autora

A tampa superior conta com um sistema de rosca de 25mm de diâmetro, por onde a tinta é inserida no dispositivo, que é parte de um acessório de maquiagem e precisou ser usinada para ajuste dimensional. Os dois entalhes vistos na imagem 30 (b), servem para fixar a peça ao tubo externo.

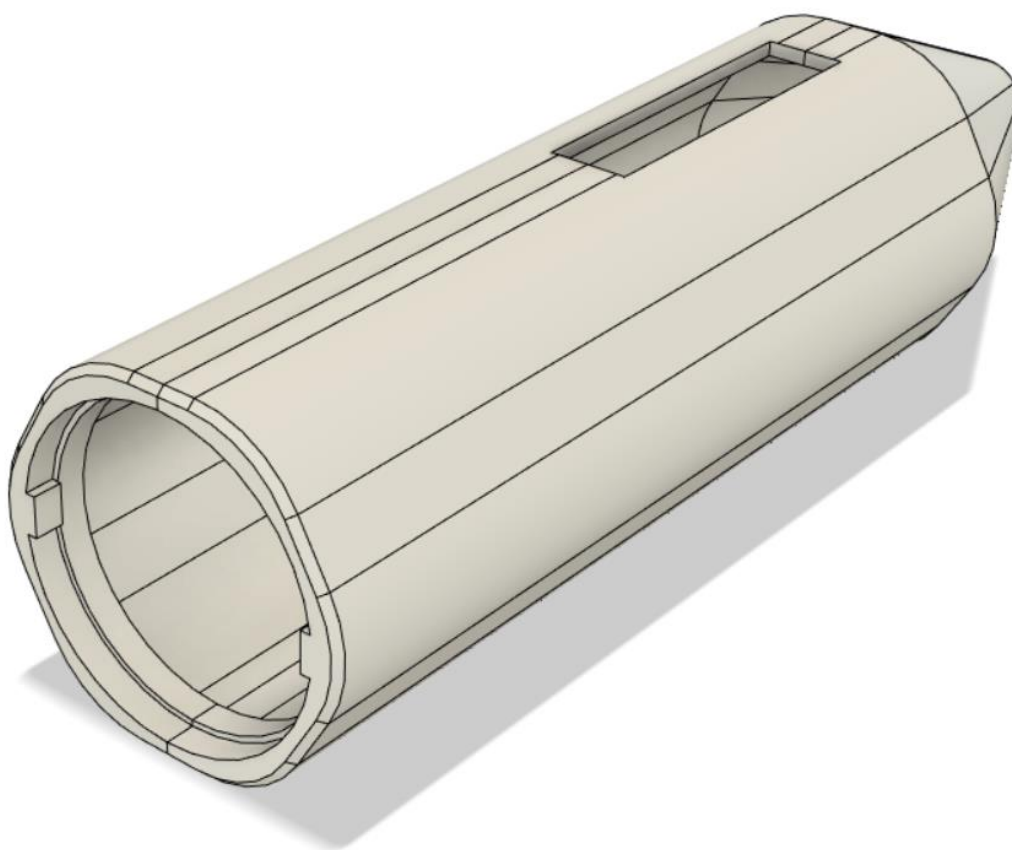
Figura 23 - (a) Macho da rosca; (b) Fêmea da rosca



Fonte: Elaborado pela autora

O tubo foi feito inteiramente por impressão 3D, sendo que a espessura projetada foi de 35mm, conhecida por ser a “pegada perfeita” para a média de um adulto, igualmente a mesma medida que é utilizada em barras de fisioterapia. O design sextavado com as bordas arredondadas foi pensado para proporcionar a melhor pega e ergonomia durante o uso. Na Figura 24 são visualizados os dois pinos que fixarão a parte fêmea da rosca (Figura 23 b).

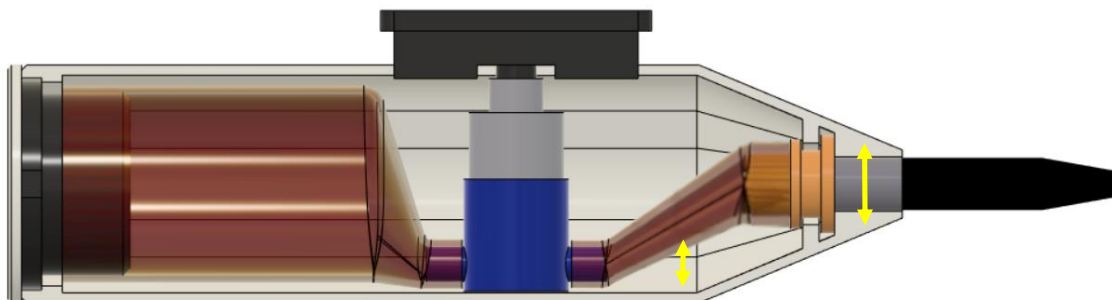
Figura 24 - Tubo externo do pincel.



Fonte: Elaborado pela autora

Para o reservatório e para a conexão entre o sistema de aumento de pressão e a ponta do pincel seria utilizado uma borracha flexível e um saquinho, conforme demonstrado no CAD da Figura 25. No entanto, durante o processo de montagem, percebeu-se que não seria possível conectar o sistema de aumento de pressão ao bico devido à grande diferença de diâmetro entre eles.

Figura 25 - Desenho de conjunto do pincel montado com ênfase nas diferenças de diâmetro



Fonte: Elaborado pela autora

Para a solução deste problema foi utilizada no protótipo final uma conexão hidráulica usinada com a finalidade de adaptá-la às dimensões do protótipo, sendo o diâmetro de entrada menor que o de saída, conforme mostra a Figura 26.

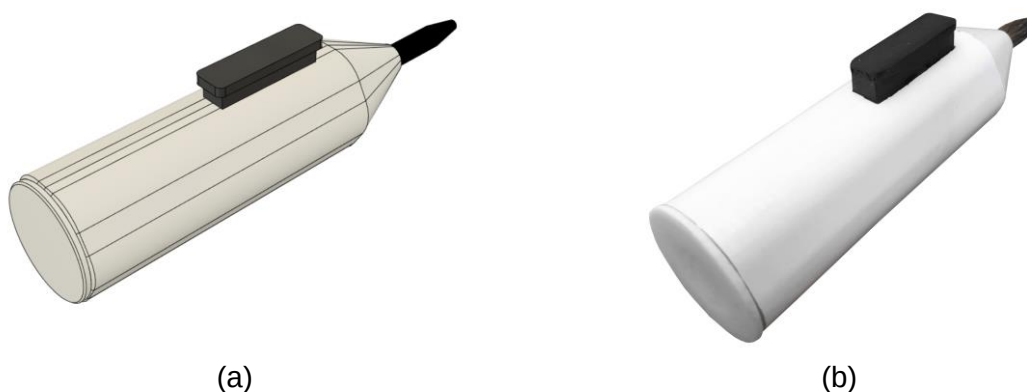
Figura 26 - Protótipo final.



Fonte: Elaborado pela autora

Com relação à ponta, foi escolhido um pincel redondo, devido a suas dimensões, as quais permitiriam furá-lo de forma a fixar as cerdas ao redor do bico dosador. A Figura 27 apresenta o modelo geométrico e o protótipo conceitual/funcional fabricado em técnica aditiva FFF (*Filament Fused Fabrication*), com revestimento externo feito com laminado de PVC (papel adesivo) (b).

Figura 27 - pincel dosador. (a) modelo geométrico (CAD) e (b) protótipo conceitual



Fonte: Elaborado pela autora

4.2.2 Avaliação de desempenho e satisfação do usuário

Como a usuária foi contatada antes do desenvolvimento do protótipo funcional e um longo tempo se passou desde então, ao lhe mostrarmos o pincel, ela expressou um certo desapontamento, pois o protótipo não apresentava o design e dimensão que ela havia imaginado.

Inicialmente levou-se um tempo para que a usuária encontrasse a melhor forma para segurar o pincel, uma vez que, seu design permite diferentes pegas e diferentes posições. Durante o teste foi observado que com o uso do pincel sem adaptações houve um grande acúmulo de tinta no cabo, enquanto com o protótipo não ficou tão sujo como pode ser observado na Figura 28.

Figura 28 - (a) Pincel sem adaptação; (b) Protótipo desenvolvido



Fonte: Elaborado pela autora

Observou-se que alguns respingos de tinta caíram no papel decorrentes do movimento de “buscar” tinta no pote ao utilizar o pincel convencional, enquanto que fazendo o uso do protótipo não houve respingos de tinta indesejados, como visto na Figura 29.

Figura 29 - (a) Respingos de tinta ao utilizar o pincel convencional; (b) Sem respingos de tinta durante o uso do protótipo.



(a)

(b)

Fonte: Elaborado pela autora

Na Figura 30 ficou evidenciado que ao utilizar o protótipo a usuária explora melhor o material (tinta), preenchendo mais a folha, enquanto que com o pincel sem adaptações, devido à dificuldade de “buscar” tinta, a folha fica menos pintada.

Figura 30 - (a) Folha pintada com o pincel convencional; (b) Folha pintada com o protótipo.



(a)

(b)

Fonte: Elaborado pela autora

A cor azul foi exclusivamente utilizada com o pincel convencional, enquanto a rosa com o protótipo. Ao final das atividades observou-se que a mão da usuária estava suja apenas com a tinta azul, como pode ser observado na Figura 31.

Figura 31 - Sujeira de tinta em diferentes posições na mão da usuária.



Fonte: Elaborado pela autora

Após o término dos testes foi aplicado o questionário B-QUEST para avaliação de satisfação da usuária e as notas atribuídas constam na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados B-QUEST (2.0) na primeira aplicação

Qual é o seu grau de satisfação com:	Nota*
1. Dimensões	3
2. Peso	5
3. Facilidade de Ajustar	4
4. Estabilidade e segurança	5
5. Durabilidade	4
6. Facilidade de uso	5
7. Conforto	3
8. Eficácia	4
SUBTOTAL – satisfação com o recurso	4,1

*Escala de 1 a 5

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

Fonte: Elaborado pela autora

A média obtida foi de 4,1 de 5, o que é uma boa nota, que mostra que o usuário ficou bastante satisfeito com o dispositivo, principalmente em relação aos quesitos peso, estabilidade e segurança e facilidade de uso, com atribuição da nota máxima (5). Um dos motivos do êxito dos resultados com apenas um teste pode ser atribuído ao fato de que o dispositivo ajudou na medida em que facilitou a realização da

atividade, não apenas em relação à manipulação do material envolvido, mas, principalmente, pelo fato de eliminar uma tarefa, que foi a de pegar tinta.

A relação dos requisitos do usuário com as características técnicas correspondentes elaboradas no início do projeto estão identificadas no Quadro 16.

Quadro 16 – Correlação dos requisitos do usuário com a avaliação de satisfação (B-QUEST)

REQUISITOS DO USUÁRIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO/NOTA ATRIBUÍDA
Ser leve	Massa total	Peso - 5 Dimensões - 3 Facilidade de ajustar - 4 Durabilidade - 4 Facilidade de uso - 5 Conforto - 3 Eficácia - 4 Estabilidade e segurança - 5
Ser fino	Área de pega	
Ver tinta	Opacidade	
Trocar pontas	Número de pontas	
	Vida útil da ponta	
Limpeza	Número de peças totais	
	Acabamento superficial	
Tempo de uso	Volume de tinta	
Não sujar	Dosagem única	
Velocidade x Vazão	Força para apertar	

Fonte: Elaborado pela autora

Os requisitos do usuários foram correlacionados com suas respectivas características técnicas e com os critérios avaliados pelo usuário após o teste através da aplicação do questionário B-QUEST. Foi possível verificar que três dos requisitos receberam nota máxima, sendo eles: peso, facilidade de uso e estabilidade e segurança. Outros três requisitos receberam nota 4, sendo eles: facilidade de ajustar, durabilidade e eficácia, enquanto apenas dois itens, dimensões e conforto receberam nota 3. Isso demonstra que o desvio padrão foi baixo, indicando que o dispositivo teve uma consistência de notas elevadas, comprovando sua eficácia e facilidade de uso.

Uma limitação do estudo foi que o teste poderia ter sido aplicado mais vezes com o mesmo usuário, porém devido a indisponibilidade e falta de tempo de ambos, a autora e a usuária, não foi possível. A familiaridade com o recurso permite uma melhor manipulação do mesmo, o que tende a gerar notas de satisfação melhores, principalmente associadas ao desempenho. Outro fator seria que a nota baixa atribuída a um atributo pode não ser a real fonte do problema, por exemplo, a usuária atribuiu nota 3 às dimensões e ao conforto, porém, as dimensões podem estar boas

e ela ter atribuído essa nota devido ao conforto não estar atendendo as suas expectativas. Outra limitação do estudo foi o teste ser aplicado em um único usuário. Vale ressaltar que a usuária participante dos testes não foi entrevistada para a coleta dos requisitos do usuário e, portanto, atributos que para ela podem ser importantes, não foram levados em consideração durante o desenvolvimento da fase conceitual de projeto. De certa forma, isso poderia justificar a nota baixa em alguns atributos. Um outro fator que pode estar relacionado com a atribuição de notas 3 é o fato de o dispositivo ter sido utilizado uma única vez.

Opacidade e volume de tinta não foram avaliados pois, além de não serem aspectos relevantes para a participante, esses requisitos não interferem na avaliação dos demais critérios.

Assim, pode-se observar que a utilização de ferramentas de projeto auxiliam no melhor entendimento do problema, principalmente os de natureza inter e multidisciplinares e agilizam o desenvolvimento do projeto, além de obter resultados mais assertivos.

Em termos de atributos desejáveis em produtos de TA (Independência (5), segurança (5) e conforto (3) e ergonomia(3)), um deles já foi contemplado com uma nota máxima e outro parcialmente. Os requisitos dimensões e conforto obtiveram nota 3,0. A usuário relatou que o diâmetro do pincel poderia ser menor e sugeriu que o botão fosse mais fácil de apertar (“mais mole”). Outra observação foi de que as cerdas utilizadas no protótipo eram muito maleáveis e dificultaram a pintura.

O recurso se mostrou promissor, podendo ser indicado para pessoas com outros tipos de alterações neuromotoras ou dificuldades físicas que afetem o desempenho funcional durante a pintura.

4.2.3 Recomendações de uso

Recomendações para potencializar o uso do dispositivo:

- a) Desrosquear a tampa;
- b) Inserir a tinta da cor desejada;
- c) Rosquear a tampa novamente;
- d) Posicionar o pincel sobre a superfície que deseja colorir;
- e) Apertar o botão algumas vezes para remover o ar;
- f) Parar quando observar que a tinta saiu dentre as cerdas;
- g) Colorir seu desenho;

- h) Após finalizar; desrosquear a tampa;
- i) Lavar o dispositivo;
- j) Apertar o botão com o reservatório cheio de água até que a água saia pelas cerdas incolor;
- k) Remover toda água do interior;
- l) Rosquear a tampa;
- m) Guardar o dispositivo.

5 Conclusões

A aplicação das ferramentas de projeto de engenharia permitiu a interface com diferentes usuários da área da saúde caracterizando um projeto participativo e multidisciplinar. A sistemática de projeto utilizada permitiu desenvolver um conceito de um pincel dosador contemplando atributos fundamentais para projetos em tecnologia assistiva, como por exemplo, requisitos de segurança e independência.

Devido às limitações de fabricação incluindo a própria impressão 3D, o protótipo construído, não representa de maneira fiel o projeto conceitual. Porém, o protótipo mesmo com essas limitações pode ser avaliado e testado com um potencial usuário.

Apesar do teste com o protótipo ter sido realizado com apenas um usuário utilizando o instrumento B-QUEST obteve-se a média de “4,1” com pouca dispersão, como pode ser observado pelo pequeno desvio padrão de “0,78”. Esse teste demonstrou que o uso de ferramentas de projeto auxilia identificar os requisitos dos usuários de forma mais assertiva, ao mesmo tempo que os desdobrados dos requisitos dos usuários em características técnicas promovem o co-design. Por outro lado, indica pontos a serem melhorados e a necessidade de novas iterações com a fase conceitual para melhoria, principalmente nesse trabalho do requisito de conforto (espessura e força de preensão).

Existe uma potencialidade de seu uso, não só com pessoas com paralisia cerebral e na faixa etária infanto juvenil, mas com outros tipos de deficiências e faixas etárias que apresentam limitações motoras similares, caracterizando o conceito de projeto universal.

6 Sugestões para trabalhos futuros

Visando que este protótipo venha se tornar um produto comercializável e com potencial de preço e grau de inovação competitivos no mercado, recomenda-se:

- Teste com mais usuários e com outros tipos de limitações motoras;
- Cálculo da pressão interna para a escolha de um retentor apropriado;
- Possível adaptação para alívio da pressão interna;
- Adaptação do projeto para criação de moldes para injeção;
- Estudo de materiais atóxicos, com boa resistência e baixo custo.
- Elaboração de um modelo de negócio;

REFERÊNCIAS⁴

- 3DPARTS. **Fused deposition modelling (FDM)**. 2019. Disponível em: <http://www.3dparts.co.uk/how-it-works/>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- AKAO, Y., ed.: **Quality function deployment: integrating customer requirements into product design**. Trad. por Glenn H. Mazur, Cambridge, Productivity Press, 1990.
- AMIGOS METROVIÁRIOS DOS EXCEPCIONAIS. **Tecnologia assistiva - classes**. 2012. Disponível em: http://www.ame-sp.org.br/site/index.php?option=com_content&view=article&id=449:tecnologia-assistiva&catid=15:conteudo. Acesso em: 5 nov. 2018.
- BELL, C.E. **Combination support and eraser for a dry erase marker**. U.S. Patent – US5957603. Depósito: 18 Nov. 1999. Concessão: 28 Sept. 1999. Disponível em: <https://patentimages.storage.googleapis.com/53/4c/ff/1c083a09334d9a/US5957603.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2018.
- BERSH, R. **Introdução à tecnologia assistiva**. Porto Alegre: Assistiva – tecnologia e educação, 2017.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretrizes de atenção à reabilitação à pessoa com paralisia cerebral**. Brasília, DF, 2014a.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretrizes de atenção à pessoa com paralisia cerebral; secretaria de atenção à saúde - departamento de ações programáticas estratégicas**. Brasília, DF, 2014b.
- CARVALHO, K.E.C.; GOIS JUNIOR, M.B.; SÁ, K.N. Tradução e validação do Quebec user evaluation of satisfaction with assistive technology (QUEST 2.0) para o idioma português do Brasil. **Revista Brasileira de Reumatologia**, São Paulo, v.54 n.4, p.260-267, jul./ago. 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0482-50042014000400260&script=sci_arttext. Acesso em: 6 mar. 2020.
- CASAGRANDA, K.L. **Design colaborativo e o processo de desenvolvimento de dispositivos para reabilitação do membro superior**. 2018. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2018.
- CHEN, X. *et al.* Reprise: a design tool for specifying; generating; and customizing 3D printable adaptations on everyday objects. *In: ANNUAL SYMPOSIUM ON USER INTERFACE TECHNOLOGY*, 29., 2016. **Proceedins [...]**. DOI: <https://doi.org/10.1145/2984511.2984512>.
- CHENG, L.C.; MELO FILHO, L.D.R. **QFD – desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Blucher, 2010.

⁴ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

DANTAS, M.S.A. *et al.* Facilidades e dificuldades da família no cuidado à criança com paralisia cerebral. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, Porto Alegre, v.33, n.3, p.73-80, Sept. 2012.

DEMERS, L.; WEISS-LAMBROU, R.; SKA, B. Item analysis of the Quebec user evaluation of satisfaction with assistive technology (Quest). **Assistive Technology**, v.12, n.2, p.96-105, 2000. DOI: 10.1080/10400435.2000.10132015.

DIAS, A.C.B. *et al.* Desempenho funcional de crianças com paralisia cerebral participantes de tratamento multidisciplinar. **Fisioterapia e Pesquisa**, São Paulo, v.17, n.3, p.225-234, jul./set. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/fp/v17n3/07.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2018.

ERICKSON, V.G.; GOODBAUDY, C.A. **Paintbrush**. U. S. Patent – US1587481A. Depósito: 8 Jan. 1926. Concessão: 1 June 1926. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US1587481A/en>. Acesso em: 17 ago. 2019.

GUIMARÃES, C.Q. *et al.* Fatores associados à adesão ao uso de palmilhas biomecânicas. **Revista Brasileira de Fisioterapia**; v.10; n.3; p. 271-277, 2006.

HAUSER, J.R. How puritan-bennett used the house of quality. MIT Sloan: management review, v.34, n.3, p.209, 1993.

HOLZNER, C.R.; PHILLIPS, B. **Push-type soap dispenser. U.S. Patent – US 5421489**. Depósito: 12 Jan. 1994. Concessão: 6 June 1995. Disponível em: <https://patentimages.storage.googleapis.com/9e/4e/8a/2d197336fe7e1b/US5421489.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2018.

HU, S.J. Evolving paradigms of manufacturing: from mass production to mass customization and personalization. **Procedia CIRP**, v.7, p.:3-8, 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9999/16**: Assistive products for persons with disability – classification et terminologie. 2016. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=361892>. Acesso em: 6 nov. 2018.

KANEKO, P.M. **Desenvolvimento de solução construtiva e mock-up de uma órtese infantil de mão e punho para auxílio em atividades diárias**. 2017. Qualificação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

LOUREIRO, I.M. **Projeto e desenvolvimento do protótipo funcional de um prato de alimentação adaptado para pessoas com distúrbios neuromotores e tremor essencial**. 2019. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

MARTINEZ, L.B.A. *et al.* **Dispositivos assistivos para atividades de vida diária: projeto conceitual**. 2019. Projeto aprovado pelo comitê de ética, Plataforma Brasil. CAAE: 12413219.7.0000.5504.

OLIVEIRA, L.M.B. **Cartilha do censo 2010** – pessoas com deficiência. Brasília: SDH-PR/SNPD; 2012. Disponível em: <http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/cartilha-censo-2010-pessoas-com-deficiencia-reduzido.pdf>. Acesso em: 9 maio 2019.

PAHL, G. *et al.* **Projeto na engenharia**. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

PAHL, G. *et al.* **Engineering design: a systematic approach**. 3rded. Berlin: Springer-Verlag, 2007.

PUENTE, J. *et al.* A Decision support system for applying failure mode and effects analysis. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Bradford, v.19, n.2, p.137-151, 2002. Disponível em: <http://www5.eesc.usp.br/portaldeconhecimentos/index.php/por/content/view/full/11257>. Acesso em: 28 ago. 2020.

REBEL, M.F. *et al.* Prognóstico motor e perspectivas atuais na paralisia cerebral. **Revista Brasileira de Crescimento e Desenvolvimento Humano**. São Paulo, v.20, n.2, p.342-350, 2010. Disponível em: www.journals.usp.br/jhgd/article/download/19971/22055. Acesso em: 13 nov. 2019.

ROCHA, A.M. *et al.* Um método de análise de requisitos para o desenvolvimento de produtos de tecnologia assistiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, 10., Itajubá, 2015. **Anais [...]**. [S.l.:s.n].

ROUNDINO, E. **Avaliação e gerenciamento de riscos ambientais, março de 2009**. Disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/8165650/>. Acesso em: 19 jun. 2020.

ROSENBAUM, P. *et al.* A Report: the definition and classification of cerebral palsy; April 2006. *Developmental Medicine and Child Neurology: Supplement*, v.49, n.Suppl.109, p.8-14, 2007.

ROZENFELD, H. **Gestão do desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria de processos**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SANTOS, A. F. Paralisia cerebral: uma revisão da literatura. **Revista Unimontes Científica**, Montes Claros, v.16, n.2, jun./dez. 2014. Disponível em: <http://www.ruc.unimontes.br/index.php/unicientifica/article/viewFile/272/308>. Acesso em: 4 nov. 2018.

SANTOS, V. M. **Diagrama de árvore: o que é e como fazer o diagrama?**. FM2S – Treinamento e Consultoria, 2017. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/diagrama-de-arvore/>. Acesso em: 5 nov. 2018.

SENATOV, F.S. *et al.* Mechanical properties and shape memory effect of 3D-printed PLA-based porous scaffolds. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, v.57, p.139-148, 2016.

SILVA, D.C. **Metodologia de análise e solução de problemas**: curso de especialização em qualidade total e marketing. Florianópolis: Fundação CERTI, 1995.

SILVEIRA, Z.C. **Aulas 1 e 2**: importância da sistemática de projetos de engenharia. São Carlos: EESC, 2018a. Notas de aula da disciplina SEM0522 – Teoria e Metodologia de Projetos. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4399253/mod_resource/content/0/Aulas1_2_MP_2018.pdf. Acesso em: 5 out. 2018.

SILVEIRA, Z.C. **Aula 6**: fase conceitual. Considerações e estrutura semântica. São Carlos: EESC, 2018b. Notas de aula da disciplina SEM0522 – Teoria e Metodologia de Projetos. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4445711/mod_resource/content/0/Aula6_ConceptualDesign_MEI_TRIZ.pdf. Acesso em: 7 nov. 2018.

SILVEIRA, Z.C. **Aula 8**: TRIZ. São Carlos: EESC, 2018c. Notas de aula da disciplina SEM0522 – Teoria e Metodologia de Projetos. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4452235/mod_resource/content/0/Aula%208_TRIZ_TMP_2018.pdf. Acesso em: 28 nov. 2018.

SILVEIRA, Z.C. **Aula 9**: FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). São Carlos: EESC, 2018d. Notas de aula da disciplina SEM0522 – Teoria e Metodologia de Projetos. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4462743/mod_resource/content/0/aulaFMEA_09_2018.pdf. Acesso em: 28 nov. 2018.

TOLEDO, J.C.; AMARAL, D.C. **FMEA**: análise do tipo e efeito de falha. 2006. Disponível em: <http://www.gepeq.dep.ufscar.br/wp-content/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2020.

TSENG, M.M.; PILLER, F.T. **The Customer centric enterprise**. Alemanha: [s.n.], 2003.

WITTBRODT, B.; PEARCE, J.M. The Effects of PLA color on material properties of 3-D printed components. **Additive Manufacturing**, v.8, p.110-116, 2015.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **World Report on Disability**. Geneva, 2011. Disponível em: http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/report.pdf. Acesso: 9 out. 2018.

APÊNDICE

APÊNDICE A - TCLE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

Seu filho(a) está sendo convidado(a) para participar do estudo intitulado “Dispositivos Assistivos para Atividades de Vida Diária: Projeto Conceitual”; que tem por objetivo avaliar o desempenho e satisfação de um indivíduo com alterações motoras em tarefas cotidianas com utensílios convencionais e com dispositivos assistivos. Ele(a) está sendo convidado(a) por ter se apresentado como um potencial usuário da tecnologia assistiva; a ser desenvolvida na parceria entre os grupos de pesquisa da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP) e do Departamento de Terapia Ocupacional (UFSCAR). Você; como responsável e cuidador principal; também terá uma participação ativa da pesquisa; em conjunto com seu filho(a).

A participação na pesquisa será importante pois os avanços na área da saúde e de desenvolvimento de produtos ocorre através de estudos como este; em que o usuário final auxilia no processo de desenvolvimento. Caso você autorize a participação; protótipos funcionais de dispositivos serão disponibilizados para que ele(a) faça o teste; simulando atividades cotidianas. Após isso; vocês deverão fazer uma avaliação sobre eles; relatando a usabilidade e utilidade. Os resultados serão discutidos entre os grupos de pesquisa para propor o aprimoramento da solução técnica para os itens identificados por vocês.

Como vocês irão participar de maneira ativa do desenvolvimento dos protótipos; espera-se que eles possam se tornar uma solução possível para promover funcionalidade e independência nas tarefas. Como a satisfação de vocês em relação aos recursos será levada em consideração; é provável que fiquem adequados e realmente auxiliem na execução das referidas atividades. Se por meio dos resultados dessa pesquisa; um produto for de fato comercializado; vocês receberão uma unidade da versão final (gratuitamente).

A pesquisadora responsável pela pesquisa tem formação em Terapia Ocupacional; com vasta experiência em reabilitação física; o que trará benefícios para o usuário; uma vez passará por um processo de avaliação e de intervenção clínica qualificadas; baseadas na identificação de demandas específicas em relação ao desempenho funcional e na busca por soluções a partir das queixas apresentadas.

A divulgação dos dados coletados e dos resultados obtidos serão mantidos em sigilo em relação ao seu endereço e dados pessoais; assegurando sua privacidade quanto aos dados confidenciais. Pedimos a autorização para filmagem durante a pesquisa e uso das imagens em aulas e outras divulgações ligadas ao tema.

Seu filho(a) não será exposto a situações de risco grave em nenhum momento do estudo; isto é; durante a coleta de dados; análise e/ou durante a divulgação dos resultados. A pesquisa apresenta riscos de menor gravidade; sendo que a criança/adolescente pode se sentir incomodada ou constrangida com a presença de outros pesquisadores vinculados à pesquisa (por exemplo os membros da equipe de engenharia) durante os atendimentos que envolverem o projeto; o teste e as melhorias do dispositivo assistivo. Para minimizar este risco; todos serão previamente apresentados e será realizado o vínculo antes da implementação do dispositivo assistivo.

Ao longo das etapas de teste; se os dispositivos não estiverem adequados ou não se apresentarem anatômicos; poderão oferecer algum tipo de risco relacionado à postura(s) inadequada(s); ferimento ou vermelhidão; ou ainda alergia diante do(s) material(is) a ser(em) utilizado(s). Estes riscos também ocorrem quando o usuário adquire comercialmente dispositivos de tecnologia assistiva; sendo que; se qualquer uma destas situações for observada; o uso do dispositivo será interrompido imediatamente; assim como normalmente é feito na prática clínica; e providências serão tomadas para a resolução do problema.

Se por acaso o dispositivo não atender totalmente as expectativas de vocês; isso pode gerar um sentimento de frustração e melhorias deverão ser propostas e executadas ainda durante a pesquisa; e novas estratégias serão investigadas para que a queixa seja solucionada.

Serão realizados esclarecimentos antes e durante o decorrer da pesquisa; a respeito dos procedimentos a serem realizados e você não terá nenhum custo ou quaisquer compensações financeiras pela autorização. Sua autorização é totalmente voluntária; tendo liberdade para recusar ou retirar seu consentimento a qualquer momento do estudo; sem que haja penalização ou prejuízo ao seu cuidado.

Você receberá uma via deste termo assinada e rubricada; no qual constam os contatos do pesquisador principal; sendo que você pode tirar dúvidas sobre o projeto em qualquer momento da pesquisa.

DECLARAÇÃO DO (A) PARTICIPANTE

Eu; _____
 _____; responsável pelo menor
 _____; autorizo a participação de meu
 filho(a) na pesquisa intitulada “Dispositivos Assistivos para Atividades de Vida Diária: Projeto Conceitual”; em que ele será avaliado e atendido pela Terapia Ocupacional; a fim de testar e utilizar dispositivos de tecnologia assistiva desenvolvidos em parceria com a equipe de Engenharia Mecânica da USP. Declaro ter recebido as devidas explicações e entendi os objetivos; riscos e benefícios da autorização e participação na pesquisa. Também concordo que a desistência poderá ocorrer em qualquer momento. Declaro ainda estar ciente de que a participação é voluntária e que fui devidamente esclarecido(a) de todos os procedimentos desta pesquisa. A pesquisadora responsável me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar; que funciona na Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos; localizada na Rodovia Washington Luiz; Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 3351-8110. Endereço eletrônico: cephumanos@ufscar.br

Aceito;

Data:

____/____/____

Assinatura do Participante

Certa de poder contar com sua autorização; coloco-me à disposição para esclarecimentos.

 Pesquisadora Responsável:
 Luciana Bolzan Agnelli Martinez
 Email: to@luagnelli.com.br
 Telefone: (16) 997120189

APÊNDICE B - TALE**TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TALE**

Você está sendo convidado(a) para participar do estudo com o título “Dispositivos Assistivos para Atividades de Vida Diária: Projeto Conceitual”; que pretende avaliar o seu desempenho e a sua satisfação em tarefas do cotidiano; como você normalmente as realiza e com o auxílio de adaptações ou recursos facilitadores.

A sua participação na pesquisa será importante para auxiliar nos avanços na área da saúde e de desenvolvimento de produtos; pois você vai auxiliar no processo de desenvolvimento de tecnologias que facilitam o seu dia-a-dia e; conseqüentemente; de outras crianças/adolescentes com alterações neurológicas.

Caso você aceite participar; você irá testar dispositivos assistivos que foram desenvolvidos pela equipe e deverá nos contar se está satisfeito com os utensílios e o que você acha que poderia ficar melhor.

Espera-se que os utensílios desenvolvidos possam melhorar o seu desempenho nas atividades e permitir que você consiga realizá-las sozinho(a) ou com menos ajuda. Se por meio dos resultados dessa pesquisa; um produto for de fato comercializado; você receberá uma unidade da versão final (gratuitamente).

Pedimos a autorização para filmagem durante a pesquisa e uso das imagens em aulas e outras divulgações ligadas ao tema. Você não será exposto a situações de risco grave em nenhum momento e se os utensílios estiverem machucando ou incomodando; iremos interromper o uso e pensar no que pode ser feito para melhorar.

Se por acaso esta pesquisa não conseguir desenvolver um utensílio que realmente ajude nas atividades; outras soluções poderão ser planejadas; se necessário.

Você receberá uma via deste termo; no qual constam os contatos do pesquisador principal; sendo que você pode tirar dúvidas sobre o projeto em qualquer momento da pesquisa.

DECLARAÇÃO DO (A) PARTICIPANTE

Eu;

_____ ; aceito participar da pesquisa intitulada “Dispositivos Assistivos para Atividades de Vida Diária: Projeto Conceitual”; em que serei avaliado(a) e atendido(a) pela Terapia Ocupacional; a fim de testar e utilizar dispositivos de tecnologia assistiva desenvolvidos em parceria com a equipe de Engenharia Mecânica da USP. Declaro ter recebido as explicações e entendi os objetivos; riscos e benefícios de minha participação na pesquisa. A pesquisadora responsável me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar.

Aceito;

Data:

____/____/____

Assinatura do Participante

Estou disponível para tirar dúvidas.

Pesquisadora Responsável:
Luciana Bolzan Agnelli Martinez
Email: to@luagnelli.com.br
Telefone: (16) 997120189

APÊNDICE C – Formulário Elaborado no Google**Tecnologia assistiva aplicada com pincéis**

1. Na sua opinião qual a importância do pincel ser leve?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Pouco importante
☐ Relevância moderada
☐ Muito importante

2. Qual a importância do cabo do pincel ser fino (como uma caneta bic)?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Pouco importante
☐ Relevância moderada
☐ Muito importante

3. Qual a importância de ver a quantidade de tinta?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Pouco importante
☐ Relevância moderada
☐ Muito importante

4. Qual a importância de trocar a ponta/cerdas do pincel (segundo a numeração que determina espessura da ponta)?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Pouco importante
☐ Relevância moderada
☐ Muito importante

**5. Se muito importante, com que frequência?
(vezes ao dia)**

6. Qual a importância da facilidade de limpeza do compartimento interno de tinta?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Pouco importante
☐ Relevância moderada
☐ Muito importante

7. Qual material é mais utilizado para pintura?

8. Por quanto tempo você gostaria de utilizar o equipamento sem recarregar?

9. Qual a importância de não sujar a mão e o desenho ao apoiar o pincel na mesa?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Pouco importante
- ☐ Relevância moderada
- ☐ Muito importante

10. É importante que a velocidade em que se aperta o botão influencie na vazão de tinta?

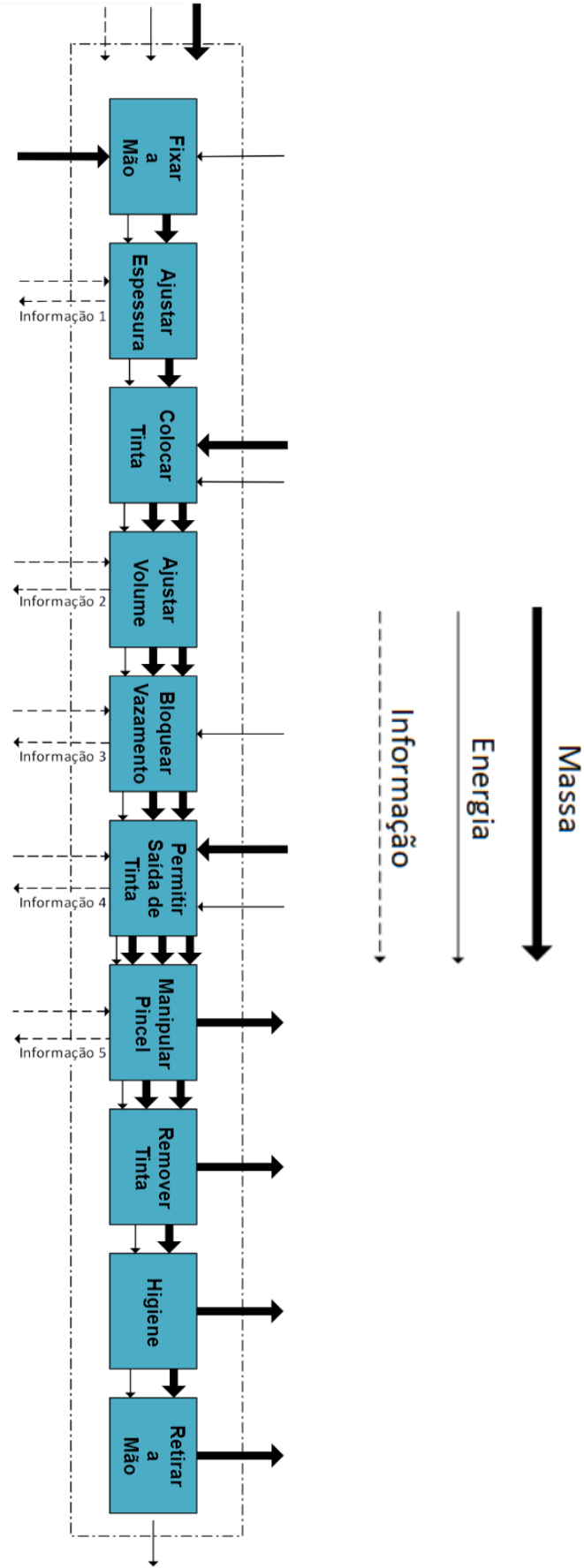
Marcar apenas uma oval.

- ☐ Pouco importante
- ☐ Relevância moderada
- ☐ Muito importante

Powered by



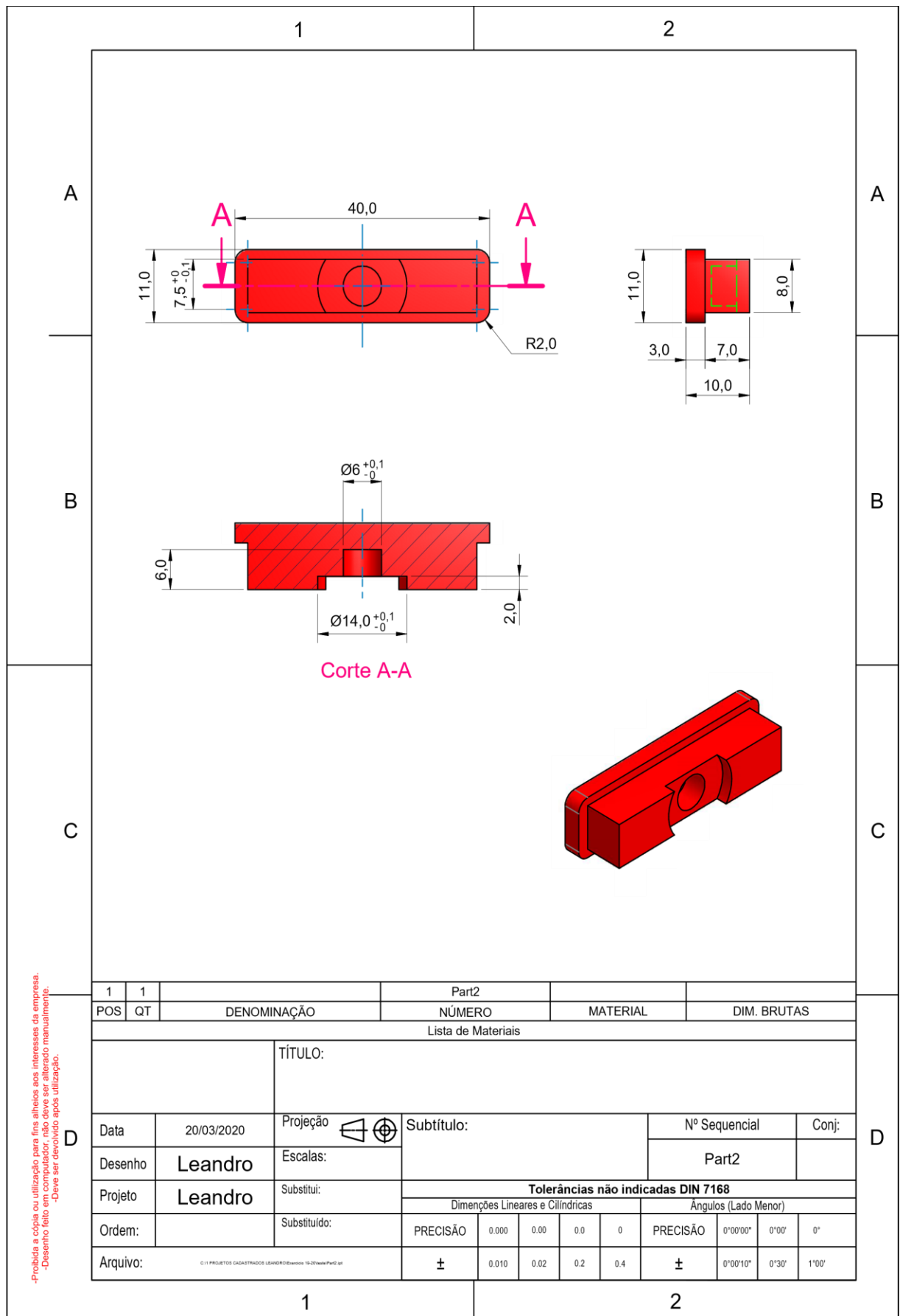
APÊNDICE D – MEI

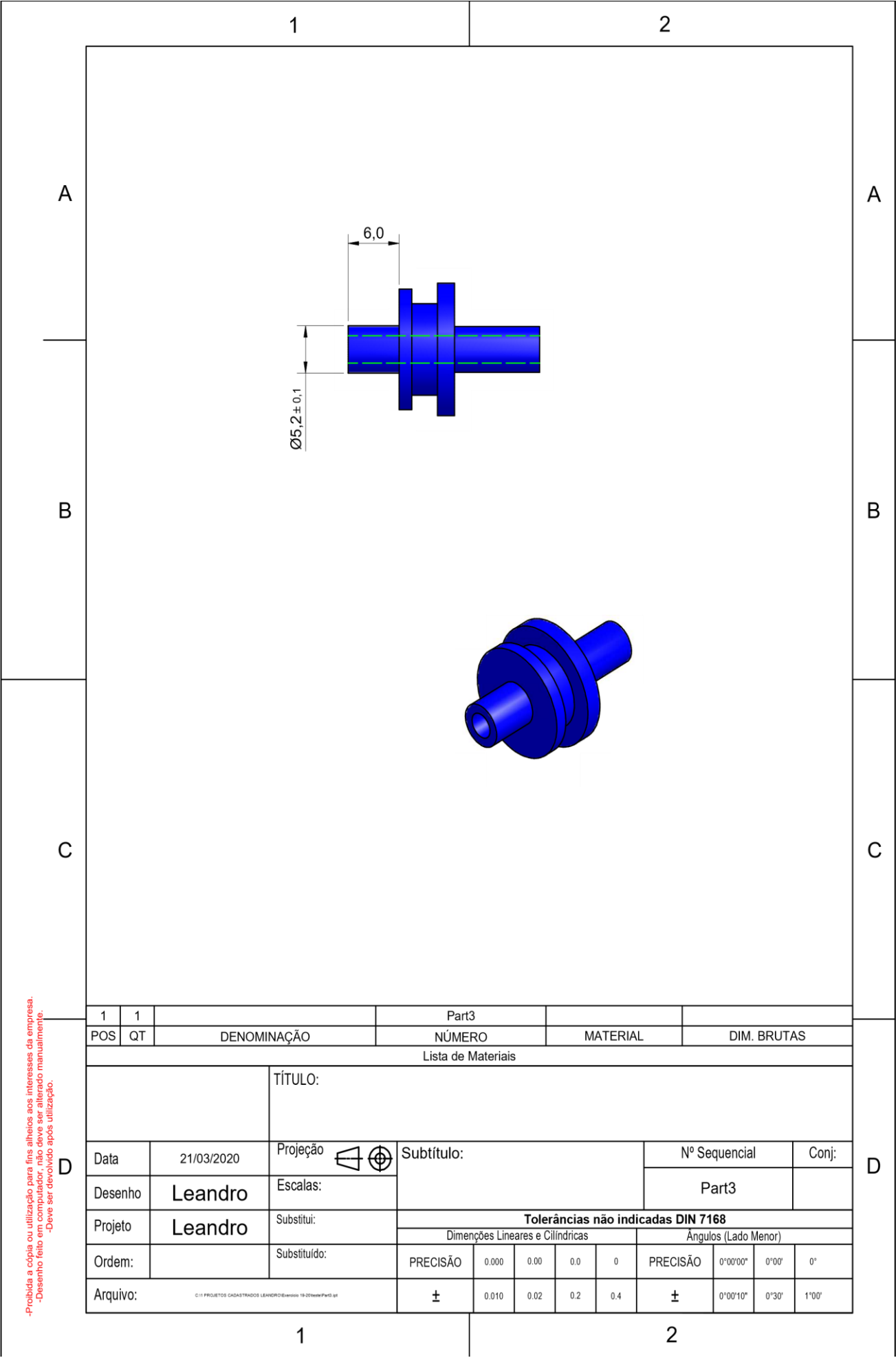


APÊNDICE E – QFD

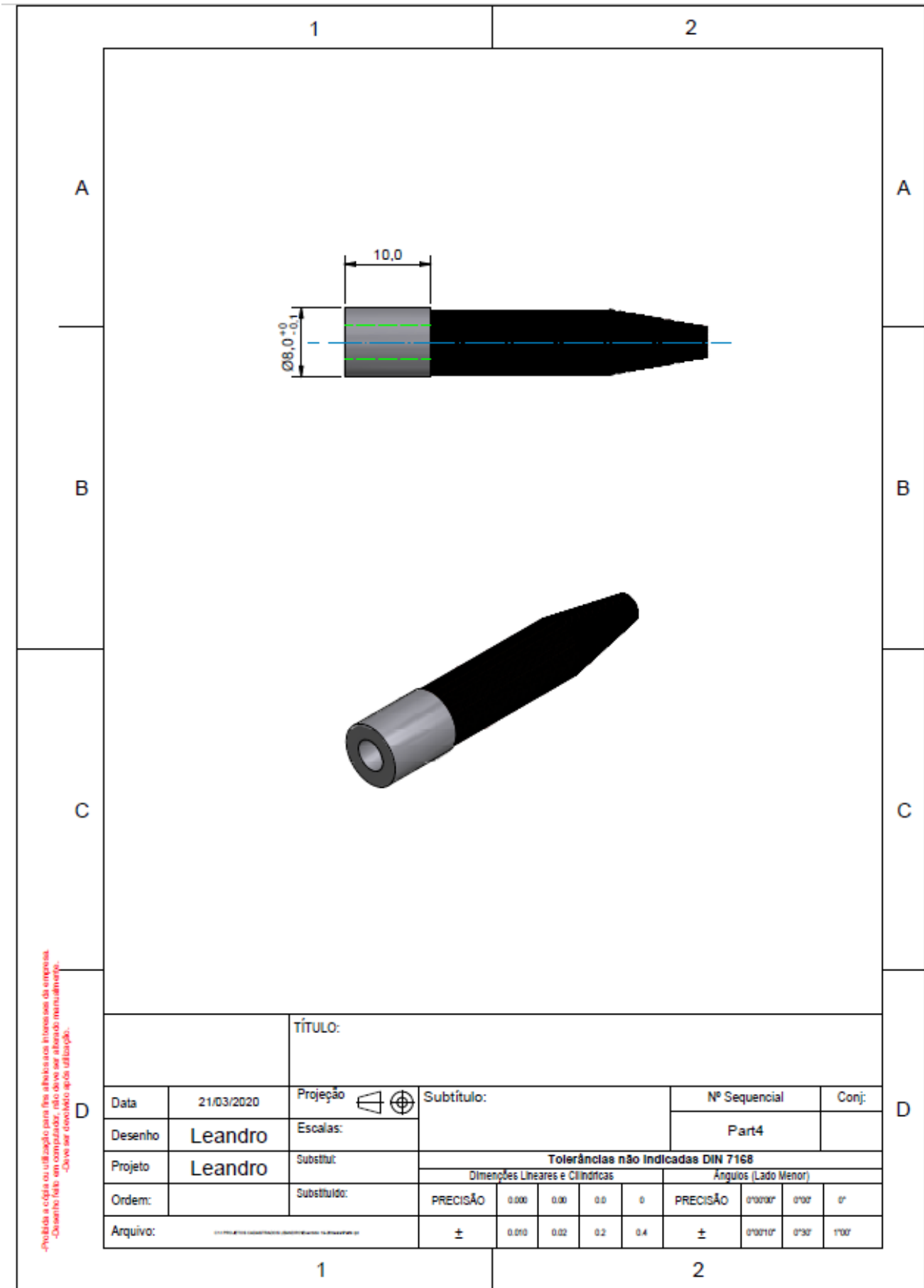
[illegible]

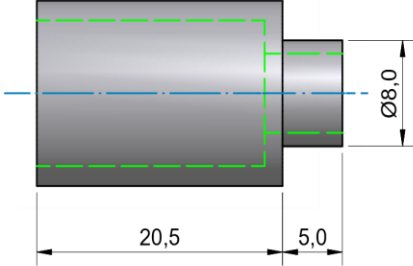
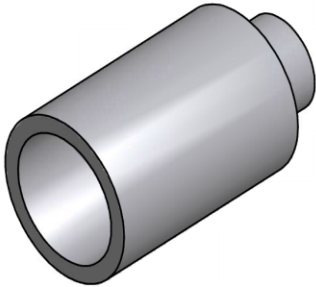
APÊNDICE F – Desenhos Técnicos Mecânicos

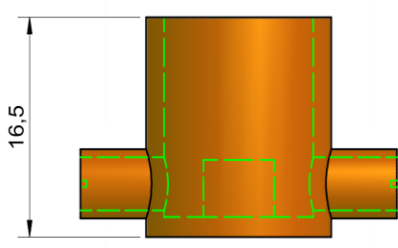
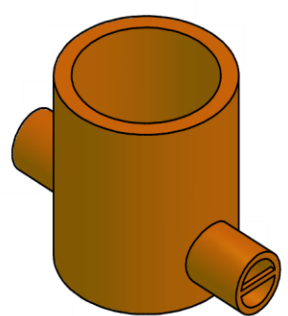




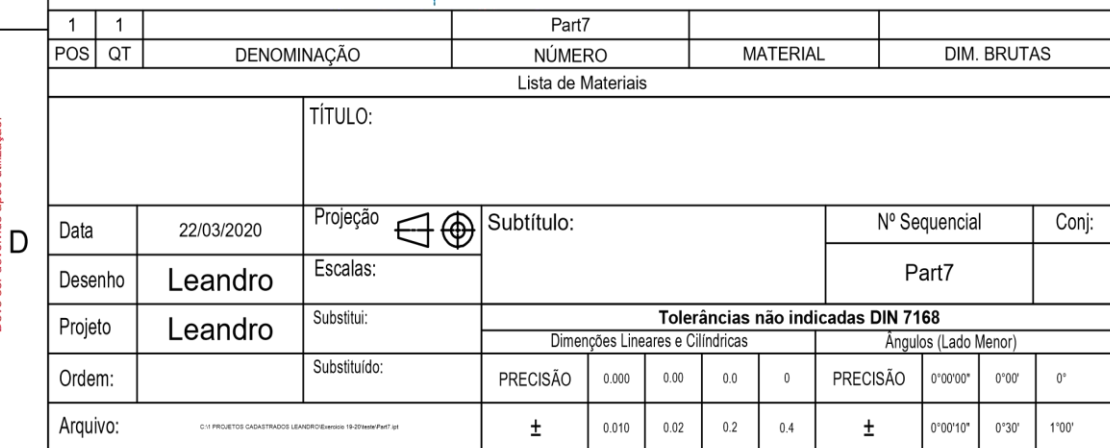
-Proibida a cópia ou utilização para fins alheios aos interesses da empresa.
-Desenho feito em computador, não deve ser alterado manualmente.
-Deve ser devolvido após utilização.

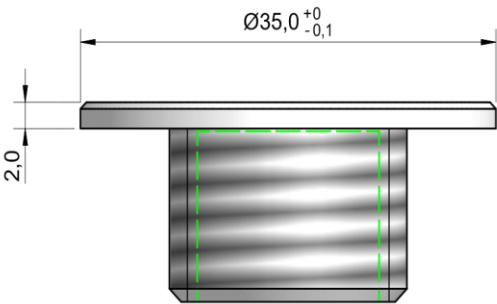
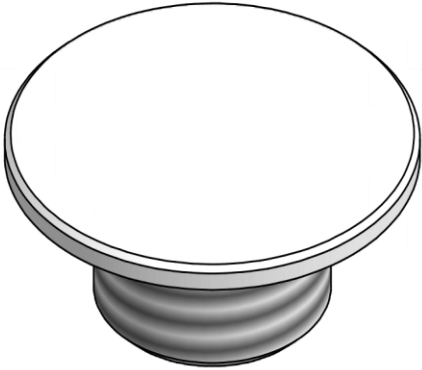


1					2																																																																														
CÓPIA CONTROLADA POR PME																																																																																			
A																																																																																			
B																																																																																			
C																																																																																			
D	<table border="1"><thead><tr><th>1</th><th>1</th><th colspan="2">Part5</th><th colspan="2"></th></tr><tr><th>POS</th><th>QT</th><th>DENOMINAÇÃO</th><th>NÚMERO</th><th>MATERIAL</th><th>DIM. BRUTAS</th></tr></thead><tbody><tr><td colspan="6">Lista de Materiais</td></tr><tr><td colspan="2"></td><td colspan="4">TÍTULO:</td></tr><tr><td>Data</td><td>21/03/2020</td><td>Projeção</td><td colspan="2" rowspan="2">Subtítulo:</td><td>Nº Sequencial</td><td>Conj:</td></tr><tr><td>Desenho</td><td>Leandro</td><td>Escala:</td><td>Part5</td><td></td></tr><tr><td>Projeto</td><td>Leandro</td><td>Substitui:</td><td colspan="3">Tolerâncias não indicadas DIN 7168</td><td></td></tr><tr><td>Ordem:</td><td></td><td>Substituto:</td><td colspan="2">Dimensões Lineares e Cilíndricas</td><td colspan="2">Ângulos (Lado Menor)</td></tr><tr><td>Arquivo:</td><td></td><td></td><td>PRECISÃO</td><td>0.000</td><td>0.00</td><td>0.0</td><td>0</td><td>PRECISÃO</td><td>0°00'00"</td><td>0°00'</td><td>0°</td></tr><tr><td colspan="3"></td><td>±</td><td>0.010</td><td>0.02</td><td>0.2</td><td>0.4</td><td>±</td><td>0°00'10"</td><td>0°30'</td><td>1°00'</td></tr></tbody></table>									1	1	Part5				POS	QT	DENOMINAÇÃO	NÚMERO	MATERIAL	DIM. BRUTAS	Lista de Materiais								TÍTULO:				Data	21/03/2020	Projeção	Subtítulo:		Nº Sequencial	Conj:	Desenho	Leandro	Escala:	Part5		Projeto	Leandro	Substitui:	Tolerâncias não indicadas DIN 7168				Ordem:		Substituto:	Dimensões Lineares e Cilíndricas		Ângulos (Lado Menor)		Arquivo:			PRECISÃO	0.000	0.00	0.0	0	PRECISÃO	0°00'00"	0°00'	0°				±	0.010	0.02	0.2	0.4	±	0°00'10"	0°30'	1°00'
1	1	Part5																																																																																	
POS	QT	DENOMINAÇÃO	NÚMERO	MATERIAL	DIM. BRUTAS																																																																														
Lista de Materiais																																																																																			
		TÍTULO:																																																																																	
Data	21/03/2020	Projeção	Subtítulo:		Nº Sequencial	Conj:																																																																													
Desenho	Leandro	Escala:			Part5																																																																														
Projeto	Leandro	Substitui:	Tolerâncias não indicadas DIN 7168																																																																																
Ordem:		Substituto:	Dimensões Lineares e Cilíndricas		Ângulos (Lado Menor)																																																																														
Arquivo:			PRECISÃO	0.000	0.00	0.0	0	PRECISÃO	0°00'00"	0°00'	0°																																																																								
			±	0.010	0.02	0.2	0.4	±	0°00'10"	0°30'	1°00'																																																																								

1		2																																																													
A					A																																																										
B					B																																																										
C					C																																																										
D	<table border="1"><tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td>Part6</td><td></td><td></td></tr><tr><td>POS</td><td>QT</td><td>DENOMINAÇÃO</td><td>NÚMERO</td><td>MATERIAL</td><td>DIM. BRUTAS</td></tr><tr><td colspan="6">Lista de Materiais</td></tr><tr><td colspan="2"></td><td colspan="4">TÍTULO:</td></tr><tr><td>Data</td><td>21/03/2020</td><td>Projeção</td><td colspan="2" rowspan="2">Subtítulo:</td><td>Nº Sequencial</td></tr><tr><td>Desenho</td><td>Leandro</td><td>Escalas:</td><td>Part6</td></tr><tr><td>Projeto</td><td>Leandro</td><td>Substitui:</td><td colspan="3">Tolerâncias não indicadas DIN 7168</td></tr><tr><td>Ordem:</td><td></td><td>Substituído:</td><td colspan="2">Dimensões Lineares e Cilíndricas</td><td>Ângulos (Lado Menor)</td></tr><tr><td>Arquivo:</td><td colspan="2">C:\11 PROJETOS CADASTRADOS LEANDRO\Exercicios 19-20\exerPart6.dwg</td><td>PRECISÃO</td><td>0.000 0.00 0.0 0</td><td>PRECISÃO 0°00'00" 0°00' 0°</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>±</td><td>0.010 0.02 0.2 0.4</td><td>± 0°00'10" 0°30' 1°00'</td></tr></table>				1	1		Part6			POS	QT	DENOMINAÇÃO	NÚMERO	MATERIAL	DIM. BRUTAS	Lista de Materiais								TÍTULO:				Data	21/03/2020	Projeção	Subtítulo:		Nº Sequencial	Desenho	Leandro	Escalas:	Part6	Projeto	Leandro	Substitui:	Tolerâncias não indicadas DIN 7168			Ordem:		Substituído:	Dimensões Lineares e Cilíndricas		Ângulos (Lado Menor)	Arquivo:	C:\11 PROJETOS CADASTRADOS LEANDRO\Exercicios 19-20\exerPart6.dwg		PRECISÃO	0.000 0.00 0.0 0	PRECISÃO 0°00'00" 0°00' 0°				±	0.010 0.02 0.2 0.4	± 0°00'10" 0°30' 1°00'	D
1	1		Part6																																																												
POS	QT	DENOMINAÇÃO	NÚMERO	MATERIAL	DIM. BRUTAS																																																										
Lista de Materiais																																																															
		TÍTULO:																																																													
Data	21/03/2020	Projeção	Subtítulo:		Nº Sequencial																																																										
Desenho	Leandro	Escalas:			Part6																																																										
Projeto	Leandro	Substitui:	Tolerâncias não indicadas DIN 7168																																																												
Ordem:		Substituído:	Dimensões Lineares e Cilíndricas		Ângulos (Lado Menor)																																																										
Arquivo:	C:\11 PROJETOS CADASTRADOS LEANDRO\Exercicios 19-20\exerPart6.dwg		PRECISÃO	0.000 0.00 0.0 0	PRECISÃO 0°00'00" 0°00' 0°																																																										
			±	0.010 0.02 0.2 0.4	± 0°00'10" 0°30' 1°00'																																																										
1		2																																																													

-Proibida a cópia ou utilização para fins alheios aos interesses da empresa.
-Desenho feito em computador, não deve ser alterado manualmente.
-Deve ser devolvido após utilização.



1		2																																																															
A					A																																																												
B					B																																																												
C					C																																																												
D	<table border="1"><tr><td>1</td><td>1</td><td>Part9</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>POS</td><td>QT</td><td>DENOMINAÇÃO</td><td>NÚMERO</td><td>MATERIAL</td><td>DIM. BRUTAS</td></tr><tr><td colspan="6">Lista de Materiais</td></tr><tr><td colspan="2"></td><td colspan="4">TÍTULO:</td></tr><tr><td>Data</td><td>25/03/2020</td><td>Projeção </td><td colspan="2">Subtítulo:</td><td>Nº Sequencial</td></tr><tr><td>Desenho</td><td>Leandro</td><td>Escalas:</td><td colspan="2"></td><td>Part9</td></tr><tr><td>Projeto</td><td>Leandro</td><td>Substitui:</td><td colspan="3">Tolerâncias não indicadas DIN 7168</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td colspan="2">Dimensões Lineares e Cilíndricas</td><td>Ângulos (Lado Menor)</td></tr><tr><td>Ordem:</td><td></td><td>Substituído:</td><td>PRECISÃO</td><td>0.000</td><td>0.00</td></tr><tr><td>Arquivo:</td><td colspan="2">C:\11 PROJETOS CADASTRADOS LEANDRO\Exercicios 19-20\exer19\Part9.dwg</td><td>±</td><td>0.010</td><td>0.02</td></tr></table>				1	1	Part9				POS	QT	DENOMINAÇÃO	NÚMERO	MATERIAL	DIM. BRUTAS	Lista de Materiais								TÍTULO:				Data	25/03/2020	Projeção 	Subtítulo:		Nº Sequencial	Desenho	Leandro	Escalas:			Part9	Projeto	Leandro	Substitui:	Tolerâncias não indicadas DIN 7168						Dimensões Lineares e Cilíndricas		Ângulos (Lado Menor)	Ordem:		Substituído:	PRECISÃO	0.000	0.00	Arquivo:	C:\11 PROJETOS CADASTRADOS LEANDRO\Exercicios 19-20\exer19\Part9.dwg		±	0.010	0.02	D
1	1	Part9																																																															
POS	QT	DENOMINAÇÃO	NÚMERO	MATERIAL	DIM. BRUTAS																																																												
Lista de Materiais																																																																	
		TÍTULO:																																																															
Data	25/03/2020	Projeção 	Subtítulo:		Nº Sequencial																																																												
Desenho	Leandro	Escalas:			Part9																																																												
Projeto	Leandro	Substitui:	Tolerâncias não indicadas DIN 7168																																																														
			Dimensões Lineares e Cilíndricas		Ângulos (Lado Menor)																																																												
Ordem:		Substituído:	PRECISÃO	0.000	0.00																																																												
Arquivo:	C:\11 PROJETOS CADASTRADOS LEANDRO\Exercicios 19-20\exer19\Part9.dwg		±	0.010	0.02																																																												
1		2																																																															

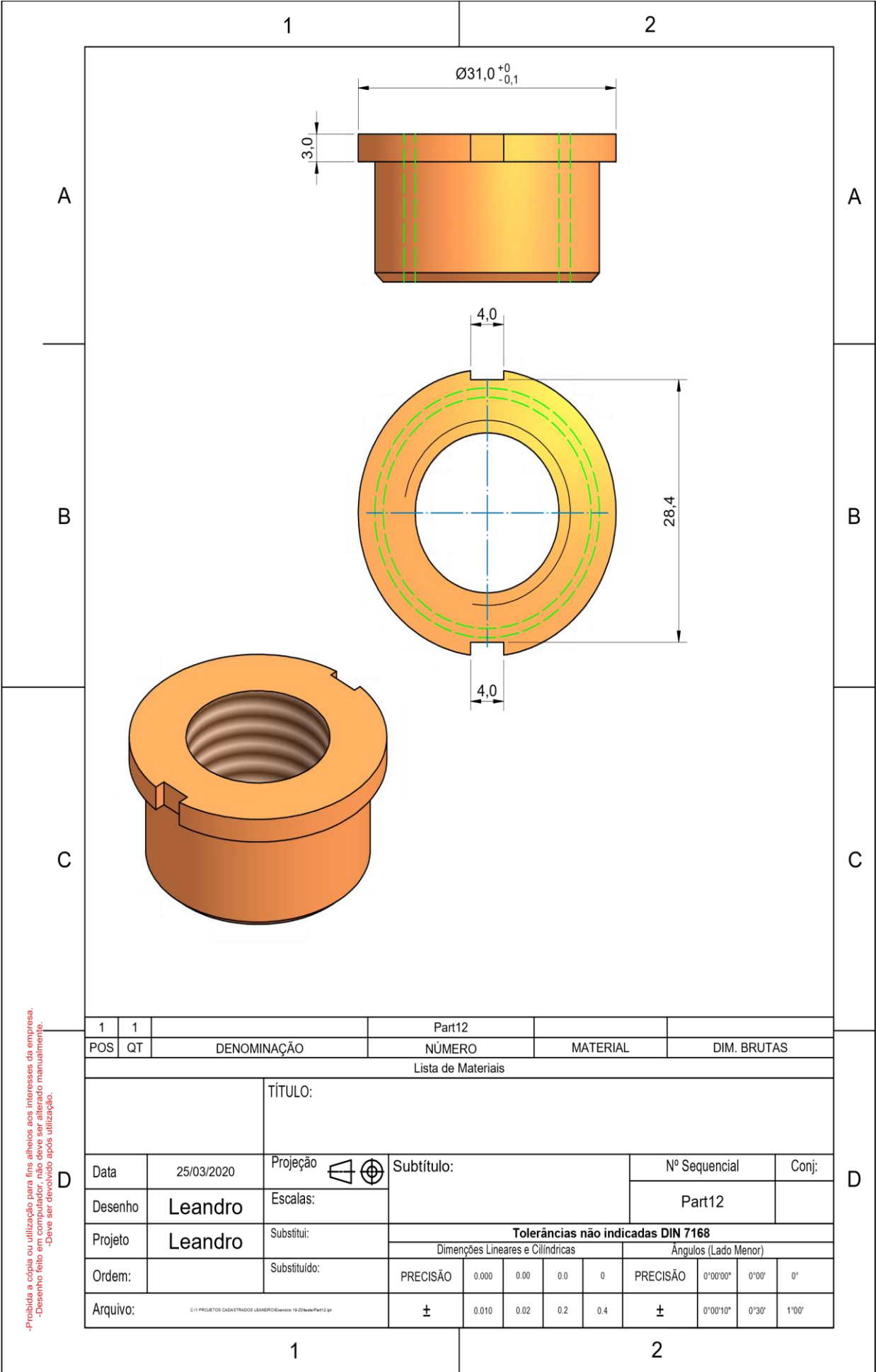
-Proibida a cópia ou utilização para fins alheios aos interesses da empresa.
-Desenho feito em computador, não deve ser alterado manualmente.
-Deve ser devolvido após utilização.

1		2	
A		A	
B		B	
C		C	
D		D	

1	1	Part10									
POS	QT	DENOMINAÇÃO	NÚMERO	MATERIAL	DIM. BRUTAS						
Lista de Materiais											
		TÍTULO:									
Data	25/03/2020	Projeção	Subtítulo:		Nº Sequencial	Conj:					
Desenho	Leandro	Escalas:			Part10						
Projeto	Leandro	Substitui:	Tolerâncias não indicadas DIN 7168								
Ordem:		Substituído:	Dimensões Lineares e Cilíndricas		Ângulos (Lado Menor)						
Arquivo:	C:\11 PROJETOS CADASTRADOS LEANDRO\Exercício 10-20\trabalho\Part10.glt		PRECISÃO	0.000	0.00	0.0	0	PRECISÃO	0°00'00"	0°00'	0°
			±	0.010	0.02	0.2	0.4	±	0°00'10"	0°30'	1°00'

1

2



-Proibida a cópia ou utilização para fins alheios aos interesses da empresa.
-Desenho feito em computador não deve ser alterado manualmente.
-Deve ser devolvido após utilização.



ANEXOS

ANEXO A – B-QUEST (2.0)

266

REV BRAS REUMATOL. 2014; 54(4): 260-267

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

Recurso tecnológico: _____

Nome do usuário: _____

Data da avaliação: _____

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

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

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

- Circule ou marque o número que melhor descreve seu grau de satisfação com cada um dos 12 itens.
- Não deixe nenhuma pergunta sem resposta.
- Em caso de algum item com o qual você não tenha ficado "totalmente satisfeito", comente na seção comentários.

Obrigado por completar o questionário QUEST.

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

RECURSO DE TECNOLOGIA ASSISTIVA
 Qual é o seu grau de satisfação com:

1. as dimensões (tamanho, altura, comprimento, largura) do seu recurso de tecnologia assistiva?					
Comentários:			1	2	3 4 5
2. o peso do seu recurso de tecnologia assistiva?					
Comentários:			1	2	3 4 5
3. a facilidade de ajustar (fixar, afivelar) as partes do seu recurso de tecnologia assistiva?					
Comentários:			1	2	3 4 5
4. a estabilidade e a segurança do seu recurso de tecnologia assistiva?					
Comentários:			1	2	3 4 5
5. a durabilidade (força e resistência ao desgaste) do seu recurso de tecnologia assistiva?					
Comentários:			1	2	3 4 5
6. a facilidade de uso do seu recurso de tecnologia assistiva?					
Comentários:			1	2	3 4 5
7. o conforto do seu recurso de tecnologia assistiva?					
Comentários:			1	2	3 4 5

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

RECURSO DE TECNOLOGIA ASSISTIVA
 Qual é o seu grau de satisfação com: (continuação)

8. a eficácia do seu recurso de tecnologia assistiva (o quanto seu recurso atende às suas necessidades)?					
Comentários:			1	2	3 4 5

SERVIÇOS
 Qual é o seu grau de satisfação com:

9. o processo de entrega (procedimentos, tempo de espera) pelo qual você obteve o seu recurso de tecnologia assistiva?					
Comentários:			1	2	3 4 5
10. os reparos e a assistência técnica (manutenção) prestados para o seu recurso de tecnologia assistiva?					
Comentários:			1	2	3 4 5
11. a qualidade dos serviços profissionais (informações, atenção) que você recebeu pelo uso do seu recurso de tecnologia assistiva?					
Comentários:			1	2	3 4 5
12. os serviços de acompanhamento (serviços de suporte contínuo) recebidos para o seu recurso de tecnologia assistiva?					
Comentários:			1	2	3 4 5

- A seguir, consta uma lista com os mesmos 12 itens de satisfação. ESCOLHA OS 3 ITENS que você considera os mais importantes. Assinale um X nas 3 opções de sua escolha.

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

B - QUEST**Folha de pontuação**

Esta página destina-se à pontuação de suas respostas.

NÃO ESCREVA NESTA PÁGINA• Número de respostas inválidas • Pontuação subtotal de Recurso

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

• Pontuação subtotal de Serviços

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

- Total QUEST _____

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

- Os três itens mais importantes de satisfação:

ANEXO B – CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Dispositivos Assistivos para Atividades de Vida Diária: Projeto Conceitual

Pesquisador: Luciana Bolzan Agnelli Martinez

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 12413219.7.0000.5504

Instituição Proponente: Departamento de Terapia Ocupacional

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.644.276

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um estudo com caso para determinar a eficácia de uma intervenção e a potencial relação de causa-efeito. A fase de baseline consistirá na coleta de dados durante um período sem a implementação dos dispositivos assistivos a fim de se buscar uma solução conceitual para as dificuldades verificadas junto ao usuário e conduzir o processo de desenvolvimento de protótipos funcionais. A fase B incluirá a implementação e uso dos dispositivos desenvolvidos a partir das análises realizadas.

Considerando que o estudo envolverá o desenvolvimento de recursos para um sujeito, com vistas a análise científica, justifica-se a análise ética do estudo

Objetivo da Pesquisa:

A pesquisadora informa que o objetivo do estudo é desenvolver o conceito e a solução técnica de dispositivos assistivos customizados, para uma adolescente com disfunção física, de forma que o usuário tenha maior autonomia e independência na realização de atividades de vida diária.

Objetivo Secundário: - Desenvolver, junto ao usuário final/cuidador uma lista de requisitos que represente as reais necessidades de dois dispositivos assistivos, uma para higiene oral (utensílio para escova de dente) e outro para a atividade de pintura (pincel);

- Extrair, por meio de uma matriz de projeto de engenharia, características técnicas que expressem parâmetros de engenharia;

- Do passo anterior, gerar configurações de conceitos, por meio de análise funcional e métodos de

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235
Bairro: JARDIM GUANABARA
UF: SP **Município:** SAO CARLOS
Telefone: (16)3351-9685

CEP: 13.565-905

E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 3.644.276

ponderação, para escolha classificada da(s) melhor(es) solução(ões);

- Desenvolver mock-up's conceituais para processo iterativo e interativo com os usuários;
- Desenvolver protótipo funcional com característica "customizada", avaliação clínica e efetuação de melhorias técnicas, se aplicável;
- Verificar a eficácia e a satisfação do usuário e de sua família em relação ao dispositivo desenvolvido e testado.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os pesquisadores descrevem que o processo de desenvolvimento e manufatura dos dois dispositivos propostos será realizado no Núcleo de Manufatura Avançada (NUMA), do Departamento de Engenharia Mecânica (EESC-USP). O protótipo para o teste de desempenho diretamente com o usuário ocorrerá através da atuação do terapeuta ocupacional. A aplicação dos recursos diretamente com o usuário acontecerá na Unidade Saúde Escola (USE) da UFSCar, mais especificamente com usuário da Linha de Cuidado da Infância e Adolescência. O contato inicial com a criança/adolescente e sua família, assim como demais atendimentos, serão realizados na USE, durante os atendimentos da Terapia Ocupacional realizados no Bloco 8. A participação do usuário na pesquisa será integrada com as intervenções já realizadas pela Terapia Ocupacional, sendo que a pesquisa não demandará mais tempo por parte da criança e de seu cuidador, além do tempo em que eles já estariam na USE para a reabilitação. Como será um estudo de caso único, participará da pesquisa uma criança ou adolescente com algum tipo de disfunção física (provavelmente com alterações neuromotoras), com idade entre 8 e 17 anos, que já estiver sendo atendida pela Terapia Ocupacional na USE-UFSCar, através da disciplina de "Prática Supervisionada em Terapia Ocupacional" na área de Disfunções Físicas e Sensoriais, vinculada à Linha de Cuidado da Infância e Adolescência. A disciplina é coordenada pela pesquisadora responsável, que já apresenta vínculo com os usuários e famílias acompanhadas. O convite será feito, portanto, a uma criança ou adolescente que seja capaz de participar ativamente do projeto, a fim de subsidiar a Fase Conceitual da pesquisa, no tocante à ergonomia, conforto e características funcionais dos dispositivos, além de expressar suas considerações e opiniões sobre o desempenho dos dispositivos assistivos desenvolvidos, para que, assim, sejam realizadas as melhorias necessárias.

A criança pode se sentir incomodada ou constrangida com a presença de outros pesquisadores vinculados à pesquisa (por exemplo os membros da equipe de engenharia) durante os atendimentos que envolverem o projeto, o teste e as melhorias do dispositivo assistivo. Para

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

UF: SP

Município: SÃO CARLOS

Telefone: (16)3351-9685

CEP: 13.565-905

E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 3.644.276

minimizar este risco, todos serão previamente apresentados e será realizado o vínculo com os participantes, antes da implementação do dispositivo assistivo. Antes da implementação do dispositivo desenvolvido, a criança/adolescente passará por uma avaliação detalhada a fim de verificar se realmente há indicação do recurso. Ao longo das etapas de teste, se os dispositivos não estiverem adequados ou não se apresentarem anatômicos, poderão oferecer algum tipo de risco relacionado à postura(s) inadequada(s); ferimento ou vermelhidão; ou ainda alergia diante do(s) material(is) a ser(em) utilizado(s). Os benefícios relacionam-se à possibilidade de obtenção, por parte do usuário participante, de um dispositivo assistivo para higiene oral. Como o usuário irá participar ativamente do processo de desenvolvimento e sua satisfação com os recursos será levada em consideração, é provável que fiquem adequados a suas demandas e realmente auxiliem na execução das referidas atividades. Mesmo após o término da pesquisa, o usuário poderá continuar utilizando os dispositivos desenvolvidos em sua rotina diária, com o acompanhamento da terapia ocupacional, através da assistência na USE, a qual ele está vinculado. Se por meio dos resultados dessa pesquisa, um produto for de fato comercializado, vocês receberão uma unidade da versão final (gratuitamente). Dessa forma, os pesquisadores evidenciaram na metodologia os processos pelos quais os sujeitos serão submetidos e analisaram adequadamente, os riscos, formas de minimiza-los, bem como os benefícios diretos do estudo para o voluntário.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A coleta de dados será realizada em um equipamento de saúde da Universidade com autorização dessa. Há uma parceria com a Escola de Engenharia de São Carlos - USP no desenvolvimento de tecnologia assistiva que poderá beneficiar pessoa com deficiência motora.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresentou folha de rosto assinada; Apresentou parecer favorável do Serviço em que o projeto será realizado (Unidade saúde escola); Apresentou instrumento de avaliação.

Apresentou TCLE e Termo de Assentimento de forma adequada.

Recomendações:

Informar ao CEP as intercorrências do processo e/ou mudanças.

Elaborar e enviar relatórios finais.

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

UF: SP

Município: SAO CARLOS

Telefone: (16)3351-9685

CEP: 13.565-905

E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 3.644.276

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As alterações indicadas pela CONEP foram atendidas, conforme arquivos anexados na plataforma Brasil.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1300522.pdf	28/06/2019 15:34:33		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	apendicetcle_versao_2.docx	28/06/2019 15:34:04	Luciana Bolzan Agnelli Martinez	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	apendicetale_versao_2.docx	28/06/2019 15:33:43	Luciana Bolzan Agnelli Martinez	Aceito
Cronograma	Cronograma_versao_2.docx	28/06/2019 15:33:21	Luciana Bolzan Agnelli Martinez	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Anuencia_Linha_Cuidado_Infancia_USE.pdf	08/04/2019 01:47:25	Luciana Bolzan Agnelli Martinez	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Parecer_Unidade_Saude_Escola.pdf	08/04/2019 01:46:04	Luciana Bolzan Agnelli Martinez	Aceito
Outros	ANEXO_Roteiro_Avaliacao_Terapia_Ocupacional.doc	08/04/2019 01:43:39	Luciana Bolzan Agnelli Martinez	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	apendicetcle.docx	08/04/2019 01:42:51	Luciana Bolzan Agnelli Martinez	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	apendicetale.docx	08/04/2019 01:42:13	Luciana Bolzan Agnelli Martinez	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Detalhado_Dispositivo_Assistivo.docx	07/04/2019 22:34:53	Luciana Bolzan Agnelli Martinez	Aceito
Cronograma	Cronograma.docx	07/04/2019 22:34:34	Luciana Bolzan Agnelli Martinez	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_asssinada_UFSCAR.	07/04/2019	Luciana Bolzan	Aceito

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

CEP: 13.565-905

UF: SP

Município: SÃO CARLOS

Telefone: (16)3351-9685

E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 3.644.276

Folha de Rosto	pdf	22:31:35	Agnelli Martinez	Aceito
----------------	-----	----------	------------------	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO CARLOS, 16 de Outubro de 2019

Assinado por:
Priscilla Hortense
(Coordenador(a))

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

CEP: 13.565-905

UF: SP

Município: SAO CARLOS

Telefone: (16)3351-9685

E-mail: cephumanos@ufscar.br