UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO
INSTITUTO DE QUÍMICA DE SÃO CARLOS

ALESSANDRA CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE E SOUZA

Avaliação dos dispositivos destinados ao uso de sustentação e movimentação de
membros superiores e proposta da melhoria do projeto baseada na integração QFD e
Análise Funcional

São Carlos

2016

ALESSANDRA CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE E SOUZA

Avaliação dos dispositivos destinados ao uso de sustentação e movimentação de
membros superiores e proposta da melhoria do projeto baseada na integração QFD e
Análise Funcional

VERSÃO CORRIGIDA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
Interunidades em Bioengenharia – EESC/FMRP/IQSC
da Universidade de São Paulo, para obtenção do título
de Doutor em Ciências na Área de Bioengenharia.

Área de concentração: Bioengenharia

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Valeria Meirelles Carril Elui

Coorientadora: Prof^ª Dr^ª Zilda de Castro Silveira

São Carlos

2016

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.

C719a Cavalcanti de Albuquerque e Souza, Alessandra
Avaliação dos dispositivos destinados ao uso de
sustentação e movimentação de membros superiores e
proposta da melhoria do projeto baseada na integração
QFD e Análise Funcional / Alessandra Cavalcanti de
Albuquerque e Souza; orientador Valéria Meirellos
Carril Elui; coorientador Zilda de Castro Silveira. São
Carlos, 2016.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação
Interunidades Bioengenharia e Área de Concentração em
Bioengenharia -- Escola de Engenharia de São Carlos;
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; Instituto de
Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo,
2016.

1. Equipamento de autoajuda. 2. QFD. 3. Análise
funcional. 4. Projeto sistemático. 5. Protótipo
funcional. 1. Título.

Programa de Pós-Graduação
Interunidades Bioengenharia
EESC / FMRP / IQSC

ALESSANDRA CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE E SOUZA

Título: "Avaliação dos dispositivos destinados ao uso de sustentação e movimentação de membros superiores e proposta da melhoria do projeto baseada na integração QFD e análise Funcional"

TESE APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
INTERUNIDADES EM BIOENGENHARIA - EESC/FMRP/IQSC DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO
DE DOUTORA EM CIÊNCIAS NA ÁREA DE BIOENGENHARIA.

Defesa em 04/02/2016

Profa. Dra. Valéria Meirelles Carril Elui
(Orientadora)

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto / USP

Resultado: aprovada

Assinatura: Valerie M L Elui

Prof. Dr. Pedro Yoshito Noritomi

Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer

Resultado: APROVADA

Assinatura: Pedro Yoshito Noritomi

Prof. Dr. Franco Giuseppe Dedini

Universidade Estadual de Campinas

Resultado: aprovada

Assinatura: Franco Giuseppe Dedini

Profa. Dra. Carla da Silva Santana

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto / USP

Resultado: APROVADA

Assinatura: Carla da Silva Santana

Profa. Dra. Ivania Garavello

Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Resultado: aprovada

Assinatura: Ivania Garavello

Data da homologação: ____/____/____

*Aos terapeutas ocupacionais
que construíram a história da profissão,
inventando soluções, equipamentos e adaptações,
para melhorar o 'fazer'
de todas as pessoas que deles precisaram.
Hoje, são esses profissionais
que me trazem até aqui.
Meu respeito e admiração
pelo caminho que construíram.*

AGRADECIMENTOS

À Profª Drª Valéria Meirelles Carril Elui, orientadora, pela dupla oportunidade - retornar a docência e chance de qualificação e aprendizado. Obrigada pela ideia de proposta inicial do doutorado. Meu respeito e admiração pela história dedicada à profissão e à área de tecnologia assistiva, sempre ampliando horizontes e acreditando no melhor.

À Profª Drª Zilda de Castro Silveira, co-orientadora, pela acolhida, conselhos e sugestões. Por todo o conhecimento compartilhado, pela parceria sincera, pelo interesse nas pequenas ‘coisas’ que desenvolvo em minha prática docente. Por transformar minhas modestas ações em grandes ideias e projetos. Obrigada por ver muitas possibilidades quando eu não enxergava nenhuma. E, obrigada pelo encanto com a tecnologia assistiva e com a terapia ocupacional. Certamente o mundo seria mais inspirador se todo engenheiro pudesse entender as limitações de uma pessoa com deficiência com a sua sensibilidade.

Ao Prof. Dr. Henrique Rozenfeld, que com maestria compreendeu minha intenção de pesquisa, nos minutos em que estive matriculada em sua disciplina, e, sabiamente colocou-me em contato com a Profª Drª Zilda. Meus sinceros agradecimentos, pois sua sabedoria me conduziu para o caminho que eu precisava percorrer.

Aos pesquisadores do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer – CTI, localizado em Campinas/SP, pela parceria no desenvolvimento do *mock-up* do dispositivo.

À Silvia Regina Gomes de Oliveira, ex-aluna, terapeuta ocupacional e amiga, pelas longas horas na estrada, me acompanhando nas disciplinas cursadas e pelo carinho durante meu primeiro ano no Doutorado. Eu não teria conseguido se você não tivesse sido meu anjo durante aquele ano.

À Alice Yolanda Cavalcanti de Albuquerque, minha mãe, que me ensinou a importância de estudar e para sempre continuar aprendendo. Obrigada por se manter sempre presente, mesmo quando eu mais precisava estar sozinha.

Ao Sandoval Delalibera Pio, meu noivo, pelo companheirismo, pela renúncia de dias de trabalho para me acompanhar à Universidade, sucedendo a Silvinha. Por abrir o coração para uma realidade totalmente diferente da que vive, e mesmo a reconhecendo como adoecedora, manteve-se ao meu lado em todos os momentos.

À Fabiana Caetano Martins Silva e Dutra, terapeuta ocupacional, docente, amiga e minha irmã por escolha, que se tornou fonte de inspiração profissional pela dedicação à docência e arte de pesquisar. Obrigada por todos os conselhos, sugestões e opiniões. Muito obrigada de todo meu coração pela sabedoria compartilhada.

Ao Radamés Machado Resende Dutra, amigo, esposo da Fafá, meu muito obrigado por todos os back-up e salvamentos milagrosos dos arquivos da tese. Obrigada por resolver o que para mim era impossível e me ensinar que bons profissionais realmente sabem o que fazem.

À Karla Viviane Boncompagni, amiga, irmã de alma, pelo acompanhamento mesmo de tão longe, de todo meu caminho. Obrigada por acreditar em meus sonhos e me ajudar na aquisição das obras raras da terapia ocupacional pelo mundo.

Ao Fernando Abdo Mendonça, amigo, esposo da Karlinha, que foi fundamental para que eu concluísse essa etapa. Meu muito obrigada pela confiança e por se tornar único quando precisei.

A todos que passaram pelo projeto de extensão REAMA/TO ao longo desses quatro anos, em especial aos amigos terapeutas ocupacionais Alysson Lourenço Alves, Edinara Kososki, Bárbara Rodrigues Sousa e Gabriela Resende, por manterem o projeto funcionando quando eu não pude mais fazê-lo.

Aos colegas da EESC/USP, Artur Valadares de Freitas Santos, Ismael Motta Barbosa, Joaquim Manoel Justino Netto e Luiz Eduardo Frezzatto Santos, pela parceria ao longo do período, com certeza vocês foram a melhor parte da minha capacitação.

À Pró-Reitoria de Recursos Humanos da Universidade Federal do Triângulo Mineiro - PRORH/UFTM, em nome da Pró-Reitora Profa Ana Palmira Soares Santos, pelo apoio constante durante todos os anos de capacitação.

À equipe da oficina mecânica da EESC-USP em São Carlos/SP pela usinagem dos elementos.

Ao Núcleo de Manufatura Avançada (NUMA) da EESC-USP em São Carlos/SP, pelo apoio à pesquisa.

À Claudia Regina Cabral Galvão e Fabíola Canal Merlin Dutra, amigas, companheiras de ideais, e que mesmo geograficamente distantes (uma em João Pessoa/PB e outra São Paulo/SP), sempre estiveram perto do coração, e ao longo destes anos compartilharam minhas dificuldades e conquistas.

Aos terapeutas ocupacionais que aceitaram fazer parte do estudo e assim contribuíram para o desenvolvimento do produto, em especial a terapeuta que apontou as ideias inovadoras para o desenho final da alça de apoio do punho.

À Eulalia Maria da Silva Alves Ribeiro, Técnica em Assuntos Educacionais da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Setor de Comutação, que gentilmente atendeu a todos os pedidos de busca, assessorando e acompanhando o processo de revisão bibliográfica, sendo impecável na execução do serviço.

Ao amigo Diego Gomes de Sousa, que durante um longo período se dedicou a me auxiliar no processo da língua inglesa, e sempre manteve o coração aberto a todos os meus pedidos, me acolhendo para aprendizado.

Aos meus três anjos: Bruno, Bernardo e Bianca pela lealdade eterna e companhia constante.

A todos que de alguma forma participaram desta formação, especialmente os alunos que estiveram envolvidos comigo em pesquisa e projetos no período de doutoramento, e os acadêmicos de terapia ocupacional Letícia Magalhães pelos desenhos e Rodrigo de Azevedo Gentil (pelo incentivo na hora certa.

E, a todos que compõem o Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia – EESC/FMRP/IQSC da Universidade de São Paulo.

“But let us begin at the beginning.”
(Don Clausing, 1994, p.3)

RESUMO

SOUZA, A. C. A. **“Avaliação dos dispositivos destinados ao uso de sustentação e movimentação de membros superiores e proposta da melhoria do projeto baseada na integração QFD e Análise Funcional”**, 2016. 178 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia – EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

Esse trabalho apresenta um estudo sistemático de projeto baseado na integração da matriz da qualidade (QFD), com técnicas de análise funcional, com o objetivo de propor melhorias no projeto de dispositivos de sustentação e movimentação de membros superiores (*sling*), utilizados por terapeutas junto à pessoas com disfunção neuromuscular ou musculoesquelética decorrente de patologias que afetem a musculatura do ombro. Como objetivo complementar, foi feito um levantamento e análise comparativa das soluções técnicas propostas em bases de dados acadêmicas e de patentes, bem como soluções comerciais. Nas últimas décadas, um conjunto de fatores tem conduzido a demandas crescentes com relação à atuação das áreas de pesquisa e tecnologia, que possam fornecer soluções tecnicamente viáveis dentro das restrições de cada problema. A tecnologia assistiva, um campo interdisciplinar, que trata do desenvolvimento de equipamentos, desenhando fronteiras com questões de acessibilidade, com uso e adequação de produtos, atuando nas áreas de recuperação e reabilitação promovendo qualidade de vida e inclusão social de pessoas com algum tipo de deficiência ou mobilidade reduzida, apresenta uma lacuna no desenvolvimento e disponibilização de soluções. Nesse trabalho, o uso de ferramentas de metodologia de projeto, durante o projeto conceitual e em discussões do projeto informacional, permitiu uma melhor interface entre decisões técnicas de engenharia e os requisitos do usuário. O usuário intermediário, previamente definido, foram terapeutas ocupacionais, que prescrevem e acompanham o uso dos mecanismos e equipamentos junto aos usuários finais (pessoas com deficiência). Os resultados obtidos nesse trabalho indicam que o uso de ferramentas de metodologia de projeto foi significativamente relevante, principalmente na fase do projeto informacional, permitindo a inserção das experiências dos profissionais da área de saúde no desenvolvimento do conceito que incorporou grau de inovação às soluções do *sling*. O uso da manufatura aditiva para visualização do conceito, bem como o desenvolvimento do protótipo funcional foram importantes, para criar um processo interativo e iterativo de melhorias durante o projeto de natureza multidisciplinar. Essas melhorias incluíram adequação a diferentes tipos de mobiliários e ambientes, incluindo o hospitalar, uso unilateral ou bilateral e sistema de deslizamento para movimento do braço no plano horizontal.

Palavras-chave: Equipamento de Autoajuda. QFD. Análise Funcional. Projeto Sistemático. Protótipo Funcional.

ABSTRACT

SOUZA, A. C. A. **“The evaluation of devices intended to the supporting or movement use of the upper extremity and the proposal of improvement of project based on QFD interaction and Functional Analysis”**, 2016. 178 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia – EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

This paper presents a project of systematic study based on the integration of quality matrix (QFD), practical analysis techniques; with aim to propose improvements in device design support and movement of the upper limbs (sling), used by the therapist in individuals with neuromuscular dysfunction or resulting from musculoskeletal disorders affecting the shoulder musculature. To supplement, it was made a survey and comparative analysis of the technical solutions proposed in academic databases and patents, as well as business solutions. In recent decades, a number of factors have led to growing demands with regards to performance of the areas of research and technology, which can provide technical viable solutions within the constraints of each problem. The assistive technology, an interdisciplinary field that deals with the development of equipment, draws borders with accessibility issues, using and adapting products working in the areas of recovery and rehabilitation promoting quality of life and social inclusion of people with disability or reduced mobility, it presents a gap in the development and supply of solutions. In this work, the use of design methodology tools for the conceptual design and the informational project discussions enables a better interface between technical engineering decisions and user requirements. The intermediate user, previously set was occupational therapists, prescribes and monitors the use of the mechanisms and / or equipment to end users (people with disabilities). The results of this study indicate that the use of design methodology tools is significantly relevant, especially at the stage of informational design, allowing the insertion of health professionals experience in developing the concept that incorporated degree of innovation to sling solutions. These improvements include suitability for different types of securities and environments, including hospital, unilateral or bilateral use, and sliding arm system for movement in the horizontal plane. The use of additive manufacturing concept for the display, as well as the development of functional prototype are important to create an interactive and iterative process improvements during the project, a multidisciplinary nature.

Key-words: Self Help Devices. QFD. Functional Analysis. Systematic Design. Functional Prototype.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de interação dos setores envolvidos com o consumidor e com o serviço destinado a ele. Consumidor e serviço é o centro da relação da rede de possibilidades de ocorrência de tecnologia assistiva.....	26
Figura 2 - Representação da transferência de competência técnica para os usuários finais de tecnologia assistiva. Quanto maior informação, maior a competência técnica.....	29
Figura 3 - Sistema de suspensão de Guthrie Smith.....	31
Figura 4 - Sistema de polias, cabo, contrapesos e correias de suspensão, em uma viga de madeira sendo utilizado como recurso alternativo para compensar a dificuldade motora de pacientes com lesão no ombro durante atividade de cestaria em atendimento terapêutico ocupacional	32
Figura 5 - À esquerda, <i>sling</i> para antebraço e braço, com o detalhe na diferença de largura e recorte para a passagem do ajuste circunferencial. À direita <i>sling</i> pronto para uso.....	33
Figura 6 - Imagem do <i>Arm Counterbalanced</i> comercializado na <i>American Journal Occupational Therapy</i> na década de 1970, com sistema de sustentação do membro superior por polia e <i>sling</i>	33
Figura 7 - Dispositivo Levitar® pertencente ao LAPITEC-FMRP/USP.....	37
Figura 8 - “ <i>Foot-operated feeder</i> ” de 1936, sustentava membro superior e o elevava próximo ao tronco através de acionamento de um pedal localizado no apoio de pé da cadeira de rodas	42
Figura 9 - “ <i>Barker feeder</i> ” de 1936, balanço do antebraço proporcionando a aproximação da mão à boca e independência para alimentação através do movimento de depressão da cintura escapular.....	43
Figura 10 - “ <i>Bird-cage feeder</i> ” de 1946, cujo mecanismo de sustentação do braço lembrava o trapézio de gaiolas de pássaros.....	44
Figura 11 - Sala de jantar do Centro de Reabilitação <i>Warm Springs</i> em 1950, com inúmeros “ <i>Bird-cage feeder</i> ” em uso por pacientes.....	45
Figura 12 - (A) “ <i>Barker feeder</i> ”; (B) “ <i>Balanced forearm orthoses</i> ”.....	46
Figura 13 - “ <i>Mobile arm support - MAS</i> ”.....	46
Figura 14 - Desenho do <i>Sling Suspension</i> , um dos primeiros modelos de <i>sling</i> descritos em livro de reabilitação.....	48
Figura 15 - <i>Arm Suspension</i> com base estrutural em ‘T’ que possibilita aproximação posterior da cadeira de rodas ou cadeira convencional.....	49
Figura 16 - Uso do modelo de <i>sling Deltoid-Aid Brand Arm Conterbalance</i> em treino vocacional e atividade de alimentação.....	50
Figura 17 - Uso do <i>Deltoid-Aid Brand Arm Conterbalance</i> em atendimento terapêutico, assistindo o desempenho na atividade de lazer.....	50
Figura 18 - <i>Swedish Arm Sling Suspension</i> lançado no final do ano de 1969 pela J.A. Preston Corporation® à esquerda e <i>Swedish HelpArm™</i> (centro e direita) com a variação de uma haste vertical.....	51

Figura 19 - <i>Wheelchair Attachable Deltoid Aid</i> projeto com dois tipos de alça para sustentação do membro superior.....	52
Figura 20 - <i>Musgrave Orthosis</i> com alça única para sustentação do membro superior.....	53
Figura 21 - <i>Arm Balancer</i> com alça única para sustentação do membro superior para alimentação com independência e autonomia.....	54
Figura 22 - <i>Biber-HelpArm PRAXIS</i> fixado à mesa por dois grampos sargento do tipo C, com sistema de sustentação por contrapeso.....	56
Figura 23 - <i>Biber-HelpArm HOME</i> fixado à mesa ou na cadeira de rodas, com acessórios opcionais para punho e cotovelo.....	56
Figura 24 - <i>Balancer da Focal Meditech</i> fixado na cadeira de rodas, em modelo bilateral auxiliando nas tarefas do dia a dia. Utiliza apenas uma correia de sustentação no antebraço...	57
Figura 25 - <i>Mobilitätsarm</i> da Nitzbon com detalhe da alça de sustentação, e as opções de uso em pedestal ou fixado no encosto da cadeira de rodas.....	58
Figura 26 - <i>NITZBON Helparm (Nitzbon©)</i> com design diferenciado na base e sistemas de roldanas horizontais que permitem movimentos de abdução-adução, flexão-extensão e rotação externa-interna do ombro.....	59
Figura 27 - Levitar de braço, patente brasileira da Expansão©.....	60
Figura 28 - Invenção patente nº US 2631582 A' de 1953.....	68
Figura 29 - Invenção patente nº US 3.077.613 de 1963.....	69
Figura 30 - Invenção patente nº US 3.373.993 datada de 1968.....	70
Figura 31 - Invenção patente nº US 3.683.898 de 1972.....	71
Figura 32 - Invenção patente nº US 5.048.825 de 1991.....	72
Figura 33 - Quadro opcional registrado na invenção patente nº US 5.048.825 de 1991.....	73
Figura 34 - Patente nº US 5.466.204 de 1995.....	74
Figura 35 - Ilustração da invenção patenteada sob o nº US 5.501.656 de 1996.....	75
Figura 36 - Patente US 7.364.555 B1 de 2008.....	75
Figura 37 - Patente brasileira nº PI 8902279 A de 1990.....	76
Figura 38 - Patente brasileira PI 9005907 A de 1992.....	77
Figura 39 - Patente BR 10 2012 020241-7 A2 de 2015.....	77
Figura 40 - Diagrama do Processo de Desenvolvimento de Produto Orientado para o Cliente - PDPOC.....	81
Figura 41 - Fases do planejamento do produto.....	83
Figura 42 - Matriz da qualidade.....	86
Figura 43 - Etapas para a tradução da voz do cliente em informações do Projeto Básico.....	87
Figura 44 - Fases do projeto.....	88
Figura 45 - Símbolos para expressar a correlação na Matriz da Qualidade.....	89
Figura 46 - Três equipamentos para sustentação e movimentação do membro superior disponíveis no LAPITEC da FMRP-USP: (a) modelo A, (b) modelo B e (c) modelo C.....	95
Figura 47 - Modelo A em (a) vista anterior e (b) vista lateral.....	96
Figura 48 - Principais subconjuntos do modelo A.....	97
Figura 49 - Modelo B em vista lateral.....	99
Figura 50 - Peça para encaixe do equipamento no encosto de cadeira. Pode ser utilizado para modelo B e modelo C.....	99

Figura 51 - Principais subconjuntos do modelo B.....	101
Figura 52 - Modelo C em vista lateral.....	102
Figura 53 - Principais subconjuntos do modelo C.....	104
Figura 54 – Fluxograma das etapas percorridas no processo de desenvolvimento do dispositivo	108
Figura 55 - Início da montagem do QFD do produto, com os requisitos dos usuários listados horizontalmente à esquerda da Matriz de Qualidade e os requisitos técnicos listados na vertical e superiormente.....	114
Figura 56 - Preenchimento da matriz de correlação: requisitos do usuário x requisitos técnicos. Círculo duplo denotando relação forte (⊗), círculo único retratando relação moderada (○) e triângulo exprimindo relação fraca (Δ)	115
Figura 57 - Preenchimento da importância do usuário.....	115
Figura 58 - Preenchimento do argumento de venda.....	116
Figura 59 - Preenchimento do peso absoluto.....	117
Figura 60 - Preenchimento do peso relativo.....	117
Figura 61 - Preenchimento da importância absoluta e importância relativa.....	118
Figura 62 - Preenchimento da matriz de correlação triangular (telhado da Casa da Qualidade) ou quarto de conflito de interesses na qual foi especificado a correlação entre os itens descritos nos requisitos técnicos.....	119
Figura 63 - Estrutura funcional para o sistema do dispositivo.....	120
Figura 64 - Funções de projeto x itens e subsistemas.....	121
Figura 65 - Análise morfológica, extração de soluções construtivas a partir da análise funcional.....	122
Figura 66 - Primeiro conceito do dispositivo em desenvolvimento com geometria em arco, à esquerda versão compacta para armazenagem e à direita em uso junto ao leito hospitalar.....	124
Figura 67 - Segundo conceito do dispositivo em desenvolvimento com pórtico em ‘U’ invertido, à esquerda versão compacta para armazenagem e a direita em uso junto ao leito hospitalar.....	124
Figura 68 - Esboço final do conceito do dispositivo obtido no projeto conceitual final.....	126
Figura 69 - Desenho técnico em perspectiva da estrutura.....	126
Figura 70 - Conceito gerado em escala não normalizada (1:7,5) por meio da tecnologia FDM, para discussões nas fases do projeto conceitual e preliminar.....	127
Figura 71 - Desenho técnico em perspectiva da estrutura apresentando a barra posterior e anterior que une as duas bases móveis por meio de encaixe nas fissuras do perfil alumínio....	128
Figura 72 – Desenho técnico mecânico da estrutura do <i>Sling</i> após o dimensionamento.....	129
Figura 73 – Desenho técnico do subsistema de sustentação do braço, destacando as três molas conectadas por peças de polímero ABS ao eixo de alumínio	131
Figura 74 - Esboço final do conceito da alça de sustentação em modelo em ‘8’.....	132
Figura 75 - Alça de sustentação em modelo em ‘8’, sustentação pelo eixo articular, apoio no segmento distal e proximal ao eixo. Possibilidade de regulagem a circunferência do braço do paciente por ajuste em velcro®.....	132
Figura 76 - Esboço final do conceito da alça com apoio nos segmentos e liberação da articulação, modelo em ‘V’ invertido.....	133
Figura 77 - Alça de sustentação em modelo ‘V’ invertido, sustentação pelo apoio no	

segmento distal e proximal à articulação, que fica livre, sem contato com a parte.....	133
Figura 78 - Vista isométrica do conjunto <i>Sling</i>	135
Figura 79 - Vista frontal do <i>Sling</i>	136
Figura 80 - Vista lateral direita: diferença entre as alças de sustentação do braço para a articulação do punho e do cotovelo.....	137
Figura 81 - Vista explodida do subconjunto da base inferior mostrando o encaixe dos rolamentos.....	137
Figura 82 - Vista detalhada do subconjunto de sustentação do braço	138
Figura 83 – Protótipo funcional fabricado para validação	139
Figura 84 – Alterações no protótipo funcional 1, sendo [a], [b], [c] e [d] decorrentes da avaliação dos terapeutas; [e] e [f] acrescentadas pela Autora e Barbosa.....	144
Figura 85 – Protótipo funcional 2 em vista anterior, uso bilateral	145
Figura 86 – Protótipo funcional 2 em vista lateral	146
Figura 87 – Protótipo funcional 2 para uso unilateral	146
Figura 88 – Comparativo entre os elementos alterados no protótipo funcional 1 (à esquerda) e protótipo funcional 2 (à direita)	147

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Categorização dos dispositivos com módulo de apoio ao solo	65
Quadro 2 - Dispositivos com módulo de apoio em mobiliário	66
Quadro 3 - Descrição das características dos Modelos A, B, C	105
Quadro 4 - Descrição dos treze itens com a particularidade de cada elemento	110
Quadro 5 - Necessidades dos usuários (terapeutas) e importância atribuída (n=6)	111
Quadro 6 - Conversão das necessidades dos usuários (terapeutas) em requisitos do usuário..	112
Quadro 7 - Tabela de Desdobramento das Qualidades Exigidas	113
Quadro 8 - Avaliação dos terapeutas com relação aos requisitos do usuário para o <i>Sling</i>	143
Quadro 9 - Relação dos aspectos positivos e negativos elencados pelos terapeutas.....	143
Quadro 10 – Confirmação ou não da existência da qualidade do produto (protótipo finalizado)	147

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características do dispositivo, que resultaram no protótipo funcional	130
Tabela 2 - Caracterização dos participantes da pesquisa (n=11)	142

SUMÁRIO

1 CAPÍTULO 1.....	21
1 INTRODUÇÃO.....	21
1.1 Contextualização – tecnologia assistiva	21
1.2 Interdisciplinaridade e a relação com o consumidor/usuário.....	24
1.3 Entendendo quem é o consumidor	27
1.4 Apresentação do tema em estudo	30
1.5 Objetivo	35
1.5.1 Objetivo geral	36
1.5.2 Objetivos específicos	36
1.6 Motivação	36
1.7 Infraestrutura laboratorial e apoio na área	38
1.8 Estrutura da tese	39
2 CAPÍTULO 2	41
2 REVISÃO DA LITERATURA	41
2.1 Contextualização histórica do dispositivo	41
2.2 Revisão dos equipamentos para sustentação do braço por suspensão	46
2.2.1 <i>Bird-cage Feeder</i>	47
2.2.2 <i>Sling Suspension</i>	47
2.2.3 <i>Arm Suspension</i>	49
2.2.4 <i>Deltoid-Aid Brand Arm Conterbalance</i>	50
2.2.5 <i>Swedish Arm Sling Suspension</i>	51
2.2.6 <i>Wheelchair Attachable Deltoid Aid</i>	52
2.2.7 <i>Musgrave Orthosis</i>	53
2.2.8 <i>Arm Balancer</i>	54
2.2.9 <i>Biber-Help Arm</i>	55
2.2.10 <i>Balancer</i>	57
2.2.11 <i>Mobilitätsarm</i>	58
2.2.12 <i>Nitzbon Helparm</i>	58
2.2.13 <i>Levitar®</i>	60
2.3 Categorização do dispositivo	61
3 CAPÍTULO 3	67
3 REVISÃO DO ESTADO DA TÉCNICA	67
3.1 Patentes existentes em área análoga do produto	67
3.1.1 Patente nº US 2.631.582 A	68
3.1.2 Patente nº US 3.077.613	69
3.1.3 Patente nº US 3.373.993	69
3.1.4 Patente nº US 3.683.898	71
3.1.5 Patente nº US 5.048.825	71
3.1.6 Patente nº US 5.466.204	73
3.1.7 Patente nº US 5.501.656	74
3.1.8 Patente nº US 7.364.555 B1.....	75
3.1.9 Patente nº PI 8902279	76
3.1.10 Patente PI 9005907 A	76
3.1.11 Patente BR 10 2012 020241-7 A2	77
3.2 Produtos x produtos patenteados	78
4 CAPÍTULO 4	79
4 EMBASAMENTO TEÓRICO	79

4.1 Metodologia de projeto	79
4.1.1 Planejamento do produto	83
4.1.1.1 Identificação das necessidades dos clientes	83
4.1.1.2 Definição e teste de conceito	84
4.1.1.3 QFD – Desdobramento da função qualidade	85
4.1.2 Projetos	88
4.1.2.1 Projeto básico	88
4.1.2.2 Projeto detalhado do produto	90
4.1.2.3 Projeto do processo de fabricação	90
4.1.3 Prototipagem	91
5 CAPÍTULO 5	92
5 ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DAS OPORTUNIDADES DE INOVAÇÃO	92
5.1 Justificativa da oportunidade	93
5.2 Descrição dos produtos comerciais	94
5.2.1 Descrição do equipamento Modelo A	95
5.2.2 Descrição do equipamento Modelo B	98
5.2.3 Descrição do equipamento Modelo C.....	101
5.3 Análise das oportunidades e restrições	105
6 CAPÍTULO 6	107
6 MATERIAIS E MÉTODOS	107
6.1 Abordagem sistemática de estudo	107
6.2 Coleta de dados	109
6.2.1 Identificação das necessidades dos clientes e definição e teste de conceito	109
6.3 Montagem do QFD	114
6.4 Projeto conceitual: estudo funcional	120
7 CAPÍTULO 7	123
7 DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO E DO PROTÓTIPO FUNCIONAL	123
7.1 Apresentação e discussão dos esboços	123
7.2 Apresentação e discussão das soluções técnicas	130
7.3 Descrição técnica do conjunto final (protótipo funcional)	134
7.3.1 Descrição do conjunto <i>Sling</i>	135
7.3.2 Aspectos de inovação obtidos no desenvolvimento do projeto do <i>Sling</i>	138
8 CAPÍTULO 8	140
8 VALIDAÇÃO DO PROTÓTIPO FUNCIONAL	140
8.1 Avaliação das funções pré-definidas	140
9 CAPÍTULO 9	149
9 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	149
REFERÊNCIAS	152
ANEXO A - Aprovação no Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos	163
ANEXO B - Cartão com itens de características do produto	172
ANEXO C – Imagem do modelo de dispositivo para sustentação e movimentação do membro superior do LAPITEC	173
ANEXO D - QFD	174
ANEXO E - Formulário de entrevista semi-estruturada	175
ANEXO F - Cartão para avaliação da importância atribuída aos atributos do protótipo finalizado	178

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

Este Capítulo apresenta a tecnologia assistiva, uma área de conhecimento interdisciplinar, que compõe o campo da ciência biomecânica com fundamentação nas engenharias e aplicação na saúde. A origem do termo, os sinônimos e o processo de adoção oficial da palavra nos documentos brasileiros são contextualizados, desenvolvendo os conceitos que emergem do campo, e que baliza o desenvolvimento do dispositivo para sustentação e movimentação de membros superiores.

Também apresenta o entendimento de que o usuário final da tecnologia assistiva é o consumidor, para o qual a área de conhecimento se aplica. Esclarece que o mercado deve ter sua visão centrada neste destinatário, agregando conhecimento sobre suas necessidades e demandas quando desenvolvendo novos produtos ou serviços, assim como no processo de melhoria.

Uma distinção de quem são os consumidores de tecnologia assistiva é proposta. Identifica-se que há dois tipos de consumidores: (i) aqueles que usam tecnologia em terapias, intervenções ou em serviços relacionados com a educação, assim como em planos e programas de reabilitação – os profissionais de saúde, e, (ii) aqueles que são os usuários dos dispositivos de assistência para a manutenção da participação e do envolvimento em atividades rotineiras nos diferentes contextos – as pessoas com deficiência e os idosos.

Na intenção de aprimorar a compreensão sobre o tema, este Capítulo ainda contém apresentação do dispositivo, pergunta norteadora da pesquisa, objetivo do trabalho, motivação para o estudo, infraestrutura laboratorial e a parceria estabelecida para a realização do trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO - TECNOLOGIA ASSISTIVA

O uso da(s) tecnologia(s) na reabilitação traz à reflexão práticas que foram construídas ao longo de décadas (LOWMAN; KLINGER, 1969) (COOK; POLGAR, 2008). Os registros de utilização dessas tecnologias datam, nos Estados Unidos, durante o período referente à Primeira Guerra Mundial, com uma valorização no final do século XIX e início do XX, quando dispositivos de assistência (*assistive device*) se tornaram um meio alternativo para a manutenção da função das pessoas com sequelas das doenças epidêmicas da época. Esses dispositivos tinham sua concepção sustentada na oportunidade de auxílio da pessoa com deficiência física para alcançar autonomia e

independência, fosse parcial ou total, para o desempenho de atividades inerentes ao seu cotidiano (DUNTON; LICHT, 1957).

O emprego do termo tecnologia assistiva (*assistive technology*) é identificado no cenário internacional no ano de 1988, por meio de um decreto federal publicado pelo senado e câmara dos representantes políticos nos Estados Unidos, que promulgava a *Public Law 100-407*, em uma assembléia do congresso norte-americano.

Essa, titulada *Technology-Related Assistance for Individuals With Disabilities Act of 1988*, tinha como propósito fornecer assistência financeira do governo norte-americano para os Estados-membros, de forma a implementar e a desenvolver um programa de assistência relacionado à tecnologia destinada a todas as pessoas com deficiência, sem restrição de idade. Visava estabelecer uma garantia do fornecimento de insumo por parte do governo federal para os Estados com (PUBLIC LAW, 1988, p.3):

- (A) assistência técnica, informação, formação e programas de conscientização pública relacionados com o fornecimento de dispositivos de tecnologia assistiva e serviços de tecnologia assistiva, e
- (B) financiamento de modelo de projetos de demonstração e inovação.

Em sua terceira seção, a lei definia o dispositivo de tecnologia assistiva, descrevendo: “o termo dispositivo de tecnologia assistiva significa qualquer item, peça de equipamento ou sistema de produto, adquirido comercialmente em prateleira, modificado ou customizado, que é usado para aumentar, manter ou melhorar capacidade funcional de indivíduos com deficiências” (PUBLIC LAW, 1988, p.3). Ainda, dentre outras definições, determinava serviços de tecnologia assistiva, pessoas com deficiência e assistência em tecnologia.

Ao longo dos anos, a *Public Law 100-407* foi sendo revista pelo congresso norte-americano e as diretrizes para apoio de programas de tecnologia assistiva para pessoas com deficiência renovadas (*P.L 103-218* em 1994, *P.L 105-394* em 1998, *P.L 108-364* em 2004). A definição terminológica para tecnologia assistiva se manteve a mesma em todas as revisões desempenhadas (PUBLIC LAW, 1994; PUBLIC LAW, 1998; PUBLIC LAW, 2004).

No Brasil, a tecnologia assistiva (TA) foi inserida no contexto dos campos profissionais em meados da década de 1990 por meio de outros conceitos como acessibilidade, inclusão, desenho universal, adaptações e ajudas técnicas. Embora seja notório que o uso de adaptações para promover independência de pessoas com disfunções físicas e/ou sensoriais não seja recente junto à clínica médica e de reabilitação, somente com o estabelecimento de novas políticas de saúde no mundo é que esses termos ganharam importância e tiveram impacto no cenário brasileiro (ABRATO, 2011).

Com algumas variações terminológicas, ao longo desses anos, as adaptações e as ajudas técnicas foram sendo utilizadas como tecnologia de reabilitação e aprimoradas na prática de profissionais que atuam em diferentes áreas da saúde (ALBUQUERQUE E SOUZA, *et al.*, 2010). Assim como na saúde, novas tecnologias também foram sedimentadas em outras áreas de conhecimento, como as engenharias, e, com o avanço de pesquisas e desenvolvimento da reabilitação, desenvolveu-se inúmeras possibilidades e soluções de produtos e equipamentos, que são, na atualidade, comercializados no mercado nacional e internacional.

O termo tecnologia assistiva só foi adotado no contexto brasileiro, nesta conformação, quando da publicação de obra no ano de 2009 pelo Comitê de Ajudas Técnicas (CAT), que formulou o conceito e definiu o termo após aprovação por unanimidade em plenária no dia 14 de dezembro de 2007 (CAT/SEDH, 2009).

O CAT foi instituído pelo Decreto nº 5.296 em 2004, com o encargo de estruturar as diretrizes e estabelecer as competências de tecnologia assistiva, dentre outras responsabilidades. E, definiu tecnologia assistiva como (CAT/SEDH, 2009, p.9):

Uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social.

Anterior à obra do CAT, nos documentos oficiais do governo brasileiro, pode ser encontrado no Decreto nº 3.298 de 1999, o registro inicial da terminologia ‘ajudas técnicas’ (Brasil, 1999, s/p):

Consideram-se ajudas técnicas, para os efeitos deste Decreto, os elementos que permitem compensar uma ou mais limitações funcionais motoras, sensoriais ou mentais da pessoa portadora de deficiência, com o objetivo de permitir-lhe superar as barreiras da comunicação e da mobilidade e de possibilitar sua plena inclusão social.

E, sequencialmente no Decreto nº 5.296 de 2004 (BRASIL, 2004, s/p):

Para os fins deste Decreto, consideram-se ajudas técnicas os produtos, instrumentos, equipamentos ou tecnologia adaptados ou especialmente projetados para melhorar a funcionalidade da pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida, favorecendo a autonomia pessoal, total ou assistida.

No ano de 2011, fomentando as políticas destinadas às pessoas com deficiência, o Governo Federal brasileiro lançou o ‘Viver sem Limite - Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência’, pioneiro na promoção dos direitos das pessoas com deficiência e no uso do termo

tecnologia assistiva, seguindo as determinações do CAT - Comitê de Ajudas Técnicas (BRASIL, 2013; BRASIL, 2014).

1.2 INTERDISCIPLINARIDADE E A RELAÇÃO COM O CONSUMIDOR/USUÁRIO

Em todas essas diretrizes, é consenso a interdisciplinaridade na área de conhecimento. Segundo Luzo, Mello e Capanema (2004, p.110), “a tecnologia assistiva é fruto da aplicação de avanços tecnológicos em áreas já estabelecidas. Trata-se de uma disciplina de domínio de engenheiros de reabilitação, de computação, biomédicos e elétricos, de médicos, de arquitetos, de desenhistas industriais, de terapeutas ocupacionais (...)”.

Para June Oh e Unnikrishnan (2012), a área incita projetos de caráter multidisciplinar entre disciplinas da engenharia, como também no meio da gerontologia, humanas, ciências sociais e saúde. No processo de oferta de serviço no campo da tecnologia assistiva, ao se pontuar sobre a interdisciplinaridade, Bersch (2013) também comenta que podem existir diferentes configurações da equipe, com envolvimento entre os mais diversos profissionais da educação, das exatas, da saúde e das humanas. Estes, em comum acordo, tomam decisões acerca do serviço de tecnologia assistiva. Portanto, parcerias entre áreas devem ser construídas, promovendo ações e garantindo o desenvolvimento do campo.

Cook e Polgar (2008) elucidam que, além desta interdisciplinaridade para a existência do campo de tecnologia assistiva, é imprescindível a presença de um consumidor compondo o centro da equipe e consolidando as decisões acerca dos dispositivos de assistência e dos serviços decorrentes, pois é o utilizador destes. Sobre essa perspectiva, os autores apresentam um diagrama composto por diferentes setores que em conjunto integram a rede de possibilidades de ocorrência de serviço de tecnologia assistiva em torno das demandas, necessidades e desejos do consumidor e do serviço destinado a ele (Figura 1).

Os setores elencados pelos autores são a pesquisa básica, a pesquisa aplicada, o desenvolvimento de produto, a indústria, a distribuição do produto, a informação e a educação/treinamento, além do próprio consumidor (COOK; POLGAR, 2008):

- Pesquisa básica - fundamenta a aplicação e o desenvolvimento de tecnologia assistiva por meio da geração de conhecimento.
- Pesquisa aplicada - envolve ensaios com os dispositivos para responder questões sobre seu desempenho junto ao consumidor/serviço; desenvolve novos equipamentos com base na necessidade clínica/terapêutica, em achados da pesquisa básica ou ambos; investiga o uso

de tecnologia junto às pessoas com deficiência; e conduz estudos sobre novas abordagens de treinamento ou uso de materiais relativos à tecnologia.

- Desenvolvimento de novos dispositivos - podem ocorrer em Instituições de Ensino Superior por meio de atividades ligadas ao ensino, à extensão universitária ou a fomentos de pesquisa, como também pode acontecer em centros especializados de pesquisa ou no núcleo de desenvolvimento de uma indústria. Em todas as alternativas, o desenvolvimento de produto está interligado à concepção e construção de um protótipo do dispositivo idealizado. Na maioria das vezes, engenheiros (elétricos ou eletrônicos, mecânicos ou industriais) concebem o projeto em parceria com consumidores e, técnicos realizam a fabricação do dispositivo. Quando o protótipo está concluído o consumidor é novamente envolvido no processo de testagem. O processo de desenvolvimento promove identificação de potenciais falhas no produto, avalia documentação (por exemplo, o manual do usuário), e avalia o produto junto aos consumidores visando identificar uma maior precisão do sucesso ou não do dispositivo desenvolvido.
- Indústria - absorve e incorpora ações de melhoria e inovação decorrentes de potenciais informações sobre mudanças visualizadas pelo consumidor ou no serviço durante o processo de uso e interação com a tecnologia. Efetiva o processo no qual o protótipo passa a ser produzido industrialmente, em ciclos de produção, que podem ser limitado em poucas unidades.
- Distribuição do produto - dependente principalmente da propaganda porque o produto de tecnologia assistiva é destinado a um público específico (terapeutas, outros profissionais da saúde, engenheiros e pessoas com deficiência). A distribuição pode ocorrer por meio de vendas na própria empresa, por representação comercial ou com o fornecedor, e ainda ser concretizada pelo serviço de correios.
- Informação - refere-se à troca de dados e elementos atualizados sobre produtos e serviços de tecnologia assistiva. Essa atualização é fundamental para aqueles que prestam serviço, assim como para os consumidores. A *internet* é assinalada como uma fonte disponível de informação, assim como os catálogos de fabricantes e distribuidores que contém descrição sobre os produtos e suas aplicações.
- Educação e treinamento - relacionados à necessidade constante de atualização profissional frente ao crescimento contínuo da área, seja envolvendo informação teórica ou conhecimento prático acerca dos dispositivos lançados no mercado.

- Consumidor - usuários que utilizam recursos, produtos, equipamentos ou serviços de tecnologia assistiva. Os serviços destinados ao consumidor são os centros de reabilitação, universidades, programas governamentais, clínicas, fornecedores de equipamentos para a saúde, associações de voluntários ou grupo de pessoas com deficiência, ou ainda organizações não governamentais. Para cada um desses, há um tipo de prestação de serviço envolvendo dispositivos de tecnologia assistiva, produtos, equipamentos ou consultoria.

Figura 1 - Diagrama de interação dos setores envolvidos com o consumidor e com o serviço destinado a ele. Consumidor e serviço é o centro da relação da rede de possibilidades de ocorrência de tecnologia assistiva (Adaptado de: COOK; POLGAR, 2008, p.18).

1.3 ENTENDENDO QUEM É O CONSUMIDOR

O papel do consumidor no processo de desenvolvimento de um produto tem sido descrito ao longo de anos como sendo essencial na tomada de decisões. Questões sobre melhoria ou desenvolvimento de um produto devem incorporar a opinião e a demanda daquelas pessoas que farão uso dele ou do serviço que dele se institui. Drumond e Melo-Filho (2010, p.131) explicam que “a opinião dos clientes sobre o produto em desenvolvimento deve ser ouvida em vários momentos, como forma de verificar se os benefícios objetivados para o produto estão realmente sendo embutidos no projeto e percebidos pelos clientes”. No campo de conhecimento da tecnologia assistiva esse entendimento não é diferente.

Quando a relação de consumo envolve produtos de tecnologia assistiva existe também um cliente destinatário final, um consumidor, que deve participar do processo de concepção, desenvolvimento e avaliação do produto, equipamento ou serviço de TA. “Sem um consumidor que usa dispositivo e serviços de tecnologia assistiva, todos os componentes (indústria, desenvolvimento de produto, pesquisa básica e aplicada, educação e treinamento, informação e distribuição do produto) são desnecessários” (COOK; POLGAR, 2008, p.17).

Corthell em 1986 foi pioneiro no registro do consumidor como parte do processo de desenvolvimento de um produto. Grave em 1993 defendeu a ideia de que as pessoas com deficiência, seus familiares e os profissionais que estão no processo de tratamento são os destinatários finais das pesquisas conduzidas pelo *National Institute on Disability, Independent Living, and Rehabilitation Research* (NIDILRR) pertencente ao Departamento de Serviços Humanos do governo americano. Hoje em dia, o NIDILRR conduz projetos de pesquisa com o envolvimento e a participação direta de pessoas com deficiência em todas as fases do estudo (desenho, condução e disseminação dos resultados), pois são reconhecidas como as beneficiárias do resultado final.

Wesemann (1995, s/p) registrou que “o desenvolvimento de protótipos deve ser testado com a ajuda das pessoas com deficiência a quem se destinam, para se certificar de que os produtos finais podem ser utilizados de forma adequada”. Poulson, Ashby e Richardson (1996) estabeleceram um marco histórico ao publicarem o USERfit, uma metodologia para geração de usabilidade específica para a tecnologia assistiva, que incorpora o *design* centrado na pessoa com deficiência para o desenvolvimento de TA, conceito que se espalhou nas décadas seguintes.

Nos países europeus, os consumidores possuem papel ativo quando em pauta é o uso de tecnologia assistiva. São envolvidos no processo de aprendizado sobre a área, por exemplo, auxiliando outros usuários em como utilizar determinado dispositivo. Com frequência estão

empenhados na divulgação e organização de programas de educação sobre tecnologia assistiva, pois entendem que os usuários são os protagonistas e que são os detentores da palavra final sobre a escolha do dispositivo (DG XIII, 1994).

O *Empowering Users Through Assistive Technology* (EUSTAT), um projeto da Comissão Européia ocorrido entre os anos de 1997-1999, expõe em sua apresentação sua orientação social e tecnológica:

(...) parte do princípio básico de que as pessoas com deficiência têm que ser parceiros ativos na escolha das tecnologias de apoio (*tecnologia assistiva*) que utilizam, o que permitirá não só equalizar oportunidades, mas também introduzir um controle direto por parte do utilizador final sobre a qualidade dos serviços e produtos (EUSTAT, 1999, p.7-8).

No entanto, o conceito de consumidores de tecnologia assistiva demanda uma distinção entre os usuários que usam tecnologia em suas ações de saúde - procedimentos de reabilitação, e os que dependem do serviço de tecnologia ou do dispositivo para manter sua participação e envolvimento em tarefas que desempenha ao longo do dia.

A classificação de tecnologia assistiva com referencial em seu contexto de aplicação assinala igualmente para a distinção de consumidores, ao propor que as tecnologias podem ser divididas em dispositivos para: aumentar capacidade na vida cotidiana (auxiliares técnicos), melhorar acessibilidade ambiental, substituir uma função (prótese), auxiliar uma função ausente (órtese) ou facilitar a tarefa dos assistentes e apoiar a assistência pessoal (EUSTAT, 1998).

Quando questionado quem são os usuários finais das tecnologias de apoio (TA), o EUSTAT descreve (1999, p.9):

Quando falamos de *utilizadores finais*, referimo-nos principalmente a pessoas com deficiências ou idosos que têm dificuldades em resolver aspectos práticos da vida quotidiana. No entanto, o termo *utilizadores finais* pode, por vezes, abranger também outras pessoas do núcleo básico do indivíduo, como familiares ou assistentes pessoais, sempre que as TA são utilizadas em conjunto com a assistência pessoal ou como instrumento para facilitar essa assistência. Neste documento, é feita uma distinção entre *utilizadores finais* e outros agentes (ex. profissionais da reabilitação, prestadores de serviço de TA, etc.) que podem também ser considerados como "utilizadores" em sentido amplo, na medida em que usam as TA como instrumento para a sua atividade profissional, na área da deficiência. Estes últimos "utilizadores" serão descritos por meio de outros termos, como *fabricantes, fornecedores, ou consultores de TA*, de acordo com a sua função.

Assim, se reconhece que profissionais da reabilitação podem ser entendidos como usuários de tecnologia assistiva da mesma maneira que o entendimento é aplicável as pessoas com deficiência e idosos. Esses profissionais são responsáveis pela transferência de tecnologia para essas pessoas, sendo que inicialmente os dispositivos de assistência utilizados são para manter ou

melhorar condições detectadas no processo de avaliação e determinação do plano de intervenção, como urgentes pela equipe terapêutica.

As primeiras ações com frequência estão sustentadas nas habilidades motoras para movimento e realização de tarefas, e neste sentido, são os terapeutas os consumidores de tecnologia para auxiliá-los em direção ao objetivo estabelecido. Somente quando a pessoa com deficiência atinge maturidade em relação às suas habilidades é que dispositivos de assistência são incorporados à sua rotina diária, externa aos espaços de reabilitação que frequenta. Neste momento, essas pessoas passam a utilizar a tecnologia assistiva para manter sua autonomia e independência nas tarefas do dia a dia sendo, portanto, um contexto diverso daquele em que havia um terapeuta em uso do equipamento.

Um diagrama representativo da cessão de competência técnica para os usuários finais de TA auxilia na compreensão desse processo de transferência de domínio sobre uso dos dispositivos de tecnologia assistiva (Figura 2). Tem-se aconselhamento e informação em pólos opostos. Quanto maior a informação sobre a tecnologia assistiva maior será a competência técnica para utilizá-la, e quanto menor a capacidade para tomar iniciativa, pouco foram os conselhos recebidos. Educação, ensino e treino fomentam equilíbrio para a capacidade para tomar iniciativa e para competência técnica (EUSTAT, 1999, p.35).

Figura 2 – Representação da transferência de competência técnica para os usuários finais de tecnologia assistiva. Quanto maior informação, maior a competência técnica (Adaptado de: EUSTAT, 1999, p.35).

“A informação desempenha um grande papel na noção e divulgação de competência e não é diretamente abordada a capacidade do indivíduo para tomar a iniciativa; aconselhamento é definido como ações destinadas a mudar alguma coisa na vida de uma pessoa” (EUSTAT, 1999, p.35).

Portanto, reconhecendo que a pessoa com deficiência e o idoso não são os únicos usuários de tecnologia assistiva, e que terapeutas são também consumidores uma vez que possuem competência técnica e informação sobre as diversas condições que englobam o contexto de reabilitação destas pessoas, determina-se, neste trabalho, que serão os terapeutas ocupacionais que utilizam em sua prática clínica um equipamento assistivo para auxiliar essas pessoas no processo de reabilitação e retorno às suas atividades diárias, o cliente ou usuário intermediário que se destina o dispositivo para sustentação e movimentação de membros superiores.

1.4 APRESENTAÇÃO DO TEMA EM ESTUDO

Um equipamento de tecnologia assistiva, que auxilia o terapeuta na sustentação do(s) braço(s) contra a gravidade, assistindo-o(s) nos exercícios de manutenção do movimento residual, nos exercícios para ganho de amplitude de movimento e em atividades de treino funcional para tarefas é indicado para determinado grupo de pessoas com disfunção neuromuscular ou musculoesquelética decorrente de patologias que afetem a musculatura da cintura escapular.

Assim como em qualquer outro tipo de equipamento de tecnologia assistiva, tem indicação para uso em mais de uma patologia, desde que o comprometimento funcional seja similar nas estruturas e funções. Exemplo de patologias são os casos de lesão medular, acidente vascular encefálico, esclerose lateral amiotrófica, lesão do plexo braquial e distrofia muscular. Estas conduzem o indivíduo a um quadro de incapacidade funcional para movimentação do membro superior devido à perda de habilidade motora para movimentação no membro superior, podendo envolver ombro, cotovelo, antebraço, punho e/ou mão.

O dispositivo sustenta esses segmentos contra a ação da força da gravidade, permitindo movimentação passiva de todo o membro superior no plano sagital (movimentos de flexão e extensão) e movimentação ativa no plano frontal (movimentos de adução e abdução) e consequente envolvimento em atividades que demandam função manual. Nestas, pode-se acrescentar ao segmento corporal utensílios utilizados em tarefas, como por exemplo, na de alimentação (um talher) ou em tarefas de comunicação (um lápis). Por vezes, é necessária a adaptação desses utensílios, de forma que a pessoa com queixa de limitação funcional possa desempenhar a atividade com autonomia e segurança.

Na literatura da área de reabilitação o primeiro registro sobre suspensão de segmentos corporais para exercícios é do início da década de 1940, por O. F. Guthrie Smith, um fisioterapeuta, que descreveu um sistema de suspensão por cordas amarrados ao leito da cama (Figura 3), como uma maneira para executar exercícios assistivos em veteranos da Primeira Guerra Mundial em processo de reabilitação (GUTHRIE-SMITH, 1943).

Figura 3 – Sistema de suspensão de Guthrie Smith (Fonte: BIER, 1948, p.228).

Utilizando os princípios publicados por Guthrie Smith, um sistema de sustentação para membro superior (Figura 4) foi contextualizado em atividade terapêutica ocupacional em 1945, como uma alternativa para compensar a restrição de movimento de paciente com lesão do plexo braquial, assistindo-o enquanto em atividade terapêutica, na modalidade de cestaria. O sistema de sustentação do braço envolvia uma viga de madeira onde se fixavam duas polias, um cabo, contrapesos e duas correias de suspensão para o membro superior nomeadas *sling*. Sua função era promover assistência em casos de fraqueza de musculatura da cintura escapular para realização de atividades manuais em sessão de terapia ocupacional, e possuía prescrição de como o terapeuta deveria utilizar o sistema para melhorar a amplitude de movimento e a força muscular do paciente (COLSON, 1945).

Figura 4 – Sistema de polias, cabo, contrapesos e correias de suspensão em uma viga de madeira sendo utilizado como recurso alternativo para compensar a dificuldade motora de paciente com lesão no ombro, durante atividade de cestaria em atendimento terapêutico ocupacional (Fonte: COLSON, 1945, p.89).

Colson (1945, p.88-90), descreve:

Quando a força muscular do deltoíde está retornando, os movimentos com carga podem ser usados para fortalecimento e reeducação motora. Durante o tratamento, um circuito especial com peso-e-polia para movimento ativo-assistido substitui o *splint* para abdução. Sobre a cabeça do paciente atravessa uma estrutura em viga (...), e dois *sling* largos, que sustentam o braço. O circuito mantém a articulação do ombro em abdução, mas permite que ele se mova livremente em qualquer direção, e o aparelho atua como um músculo abdutor acessório. Através de variação de carga, o peso do braço pode ser contrabalanceado, aumentando ou diminuindo para qualquer grau requerido. Desta maneira, o trabalho muscular requerido para o deltoíde pode ser graduado. Quando o músculo deltoíde tiver recuperado a capacidade suficiente pra abdução, o *splint* é dispensado e o circuito deve ser usado com carga menor para assistir o movimento de abdução da articulação do ombro. (...) Isto pode ser utilizado em outras implicações para lesões no ombro.

Para este sistema, o autor ainda explica como deve ser confeccionada a correia de sustentação do braço (*sling*) (Figura 5), com “uma faixa em algodão, um gancho de ferro (...) o contrapeso são bolsas de areia. As correias são feitas em lona e em padrão de auto-bloqueio, de modo que o braço não seja comprimido” (COLSON, 1945, p.90).

Figura 5 – À esquerda, *sling* para antebraço e braço, com o detalhe na diferença de largura e recorte para a passagem do ajuste circunferencial. À direita *sling* pronto para uso (Fonte: COLSON, 1945, p.90).

Somente com a demanda de produção de equipamentos de assistência para auxiliar no tratamento terapêutico ocupacional de pessoas com sequelas físicas, decorrente da epidemia de poliomielite nos Estados Unidos, que o sistema de sustentação foi aplicado em um dispositivo, como um equipamento adaptado para auxiliar nas ações do terapeuta junto ao paciente. Retratado para uso na reabilitação, foi nomeado nos primeiros livros da área nos períodos seguintes como *Arm Counterbalanced* (LOWMAN; KLINGER, 1969) (Figura 6), *Suspensiones Con Cabestrillo* (WILLARD; SPACKMAN, 1973) ou *Deltoid Aid Counterbalanced Sling* (TROMBLY; SCOTT, 1977).

Figura 6 – Imagem do *Arm Counterbalanced* comercializado na *American Journal Occupational Therapy* na década de 1970, com sistema de sustentação do membro superior por polia e *sling* (Fonte: AJOT, 1973, contracapa).

O equipamento tem uma configuração para uso por uma pessoa por vez. Pode estar posicionado em diferentes mobiliários como poltronas, cadeira ou cadeira de rodas, ou seja, na posição sentada, assim como pode ser utilizado com o paciente na posição de pé, contudo o terapeuta deve fazer ajustes relacionados à altura e aos apoios horizontais dos braços atentando as medidas do usuário.

O dispositivo é uma estrutura composta de uma base sobre rodas, com pedestal verticalizado com suportes horizontais que sustentam alças de apoio para o(s) membro(s) superior(es) se movimentar(em) no plano frontal em situações em que há redução da força muscular do braço para a assistência funcional de tarefas e atividades. Os *sling* podem ser utilizados de forma independente e a recomendação de uso do equipamento é para ambiente ambulatorial, hospitalar ou terapêutico. O apoio para movimentação ativa do membro superior não exige da musculatura força de sustentação contra a gravidade, demandando assim mínimo esforço muscular por parte do paciente (KENDALL; McCREARY; PROVANCE, 2002).

Este equipamento é reconhecido como um recurso de reabilitação para pessoas com sequela de poliomielite (BENDER; SPELBRING, 1962), diagnóstico de esclerose múltipla (URQUHART, 1975), sequela de lesão traumática, perda de força muscular ou paralisia do músculo deltóide (KING II, 1983) como também para fraqueza inespecífica de musculatura da extremidade superior proximal (TROMBLY, 1989). Para casos de paralisia completa, como, por exemplo, devido à lesão medular (tetraplegia) ou lesão do plexo braquial que levam ao comprometimento da função manual, o equipamento pode auxiliar no envolvimento de atividades reabilitadoras e cotidianas como as de lazer e de alimentação. Nestes casos, outros dispositivos de assistência poderão ser necessários para a finalização da tarefa e devem ser incorporados ao paciente em uso do dispositivo, como o cabo de colher engrossado ou fixado em correia universal (DUNTON; LICHT, 1957).

Por se constituir um equipamento que é aplicado externamente ao corpo e que pode modificar funcionalmente às características musculoesqueléticas do indivíduo com disfunção, o dispositivo pode ser classificado como um tipo de órtese, sendo, portanto um produto da tecnologia assistiva, auxiliar no processo de reabilitação física (FESS; PHILIPS, 1987).

Atualmente, o equipamento é comercializado em diferentes modelos no mercado internacional, mas não possuem autorização da Agência Nacional de Vigilância Sanitária para importação. No Brasil existe dois tipos deste equipamento, com inexpressiva aquisição pelos centros especializados de reabilitação tanto da rede pública quanto da rede privada.

Desta forma, e respaldando-se no último mapeamento de competências em tecnologia assistiva realizado pelo Governo Federal, que assinalou a pesquisa na área de desenvolvimento de

produto, incluindo melhoria e gestão de produção, como ainda não significativa no País, aponta-se uma necessidade veemente de trabalhos, estes, voltados para o “processo de desenvolvimento tecnológico, incluindo pesquisa e desenvolvimento, aquisição e transferência de tecnologia, geração de patentes e tecnologias-chave para aplicações comerciais” (CGEE, 2012, p. 23).

A insuficiência e a fragmentação de pesquisas na temática de melhoria e gestão de produto voltado para pessoas com deficiência e idosos também é uma lacuna. Ao se considerar esse cenário, têm-se os indicadores do atual governo, que há mais de dez anos incentivam trabalhos e projetos de inovação em tecnologia assistiva com o intuito de disponibilização no mercado brasileiro.

Inclui-se neste contexto, a partir do ano de 2008, a Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo, onde o Estado brasileiro declara o compromisso de:

Realizar ou promover a pesquisa e o desenvolvimento, bem como a disponibilidade e o emprego de novas tecnologias, inclusive as tecnologias da informação e comunicação, ajudas técnicas para locomoção, dispositivos e tecnologias assistivas, adequados a pessoas com deficiência, dando prioridade a tecnologias de custo acessível (BRASIL, 2010, p.24).

Assim, estudar o processo de desenvolvimento deste produto, para ampliar esse cenário versa na abordagem do trabalho. E, reconhecendo o terapeuta que utiliza o dispositivo como recurso em seu processo de intervenção como o consumidor, e, parte essencial do processo do desenvolvimento do produto, fundamenta-se a seguinte questão:

✓ Qual a avaliação de terapeutas ocupacionais sobre um protótipo modular em escala real, denominado ‘dispositivo para sustentação e movimentação de membros superiores’?

1.5 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento sistemático, baseado no Desdobramento da Função Qualidade (QFD) e na análise funcional de um dispositivo de reabilitação, denominado ‘dispositivo para sustentação e movimentação de membros superiores’ ou ‘*sling*’. O desenvolvimento sistemático agrega um conjunto de características técnicas extraídas de um grupo de terapeutas ocupacionais que representam os consumidores, usuários intermediários.

1.5.1 Objetivo Geral

- Desenvolver o projeto conceitual com grau de inovação, com detalhamento e construção de um protótipo funcional de um ‘dispositivo para sustentação e movimentação de membros superiores’ ou ‘*sling*’ que atenda as necessidades dos terapeutas ocupacionais na assistência ao paciente com disfunção neuromuscular ou musculoesquelética dos membros superiores. O referencial teórico do desenvolvimento do projeto é o entendimento e aplicação de metodologia de projeto e uma análise comparativa do estado da técnica dessa categoria de tecnologia.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Propor uma classificação para dispositivos de sustentação de membros superiores, com base na arquitetura de seus elementos físicos;
- Determinar requisitos do usuário (nesse trabalho, foram consultados profissionais da área da saúde - terapeutas ocupacionais);
- Desenvolver análise de viabilidade técnica, dentro da fase do projeto conceitual;
- Desenvolver projeto conceitual e geração de protótipo de visualização;
- Desenvolver o protótipo funcional em escala real, testar e submeter à avaliação dos usuários intermediários;
- Ajustar protótipo funcional por meio de processo iterativo junto aos terapeutas ocupacionais para soluções técnicas;
- Gerar grau de inovação durante o estudo da melhoria do projeto.

1.6 MOTIVAÇÃO

A motivação para esta pesquisa nasceu da necessidade relatada por terapeutas ocupacionais atuantes na Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/SP. Historicamente, ao longo de suas atividades junto aos pacientes com disfunção neuromuscular ou musculoesquelética dos membros superiores, esses terapeutas demandavam o uso de um dispositivo de sustentação dos braços como recurso para o atendimento, relatando constantes dificuldades de montar o equipamento disponível no serviço assim como efetivamente utilizá-lo junto à clientela eram registrados pelos terapeutas.

O equipamento disponível era o patrimoniado no LAPITEC da FMRP/USP – Laboratório de Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva, do Curso de Terapia Ocupacional da Faculdade

de Medicina de Ribeirão Preto, liderado pela Prof^a Dr^a Valéria Meirelles Carril Elui, membro da equipe de pesquisadores deste trabalho. O dispositivo, ilustrado na Figura 7, é um modelo em pedestal de base em “X”, para uso junto a mobiliário como cadeira, não permitindo acoplagem ao leito hospitalar. Possui uma haste horizontal que percorre paralelo o membro superior do paciente, na qual estão cabos de aço que irão sustentar os apoios de cotovelo e punho, conformados em faixa em oito (nome atribuído devido ao seu *design* que se assemelha ao número oito).

Figura 7 - Dispositivo Levitar® pertencente ao LAPITEC-FMRP/USP (Fonte: Autora, 2012).

Por meio de adaptações na base do equipamento, foram feitas alterações pelos próprios terapeutas para a fixação do dispositivo junto à cama hospitalar. No entanto, o equipamento não respondia à demanda de sustentação dos membros superiores nas atividades desenvolvidas nos atendimentos, por vezes arqueando-se sobre os pacientes, colocando-os em risco.

Assim, surgiu a necessidade de melhoria do modelo disponível, com ideação de configuração para uso não somente junto à cadeira, mas também à cama (leito) e à cadeira de rodas. Estudos acerca do impacto, da relevância e da qualidade técnica do projeto se tornaram tema de pesquisa quando do ingresso para o Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia da Universidade de São Paulo, motivado pela perspectiva de crescimento da área.

No período de ingresso no Programa, o Governo Federal havia promulgado o Decreto nº 7.612 (Plano Viver sem Limites), cuja oitava diretriz é a “promoção do acesso, desenvolvimento e da inovação em tecnologia assistiva” (BRASIL, 2014, p.32). Concomitante, criou-se o Comitê Interministerial de Tecnologia Assistiva para “formular, articular e implementar políticas e ações,

para fomento ao acesso, desenvolvimento e inovação em tecnologia assistiva” (BRASIL, 2014, p.32). O ambiente universitário era estimulador para pesquisas que impulsionassem o cenário, e os apontamentos dos terapeutas, entendidos como uma demanda do mercado brasileiro que não estava satisfeita por nenhum dos produtos existentes, nortearam as decisões efetivadas naquele momento.

Assim, a relevância da pesquisa está no aperfeiçoamento e desenvolvimento de um dispositivo para sustentação e movimentação dos membros superiores que minimiza ou reduz as limitações motoras da cintura escapular decorrentes de uma deficiência ou incapacidade. E, o estudo para a melhoria do produto (dispositivo) corrobora com as diretrizes de inclusão social para emprego de tecnologia assistiva preconizada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil (BRASIL MCTI, 2014).

1.7 INFRAESTRUTURA LABORATORIAL E APOIO NA ÁREA

Este estudo tem aplicação direta no campo da tecnologia assistiva. É um trabalho em conjunto entre: a Universidade de São Paulo por meio da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - FMRP e da Escola de Engenharia de São Carlos – EESC, o Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer – CTI localizado em Campinas/SP e a Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) em Uberaba/MG.

A infraestrutura geral, adequada, disponível e acessível para este trabalho localizou-se no LAMAC – Laboratório de Mecânica Aplicada e Computacional (Departamento de Engenharia Mecânica) da EESC/USP, que integra o recém-aprovado Centro de Engenharia Aplicado à Saúde, também da Escola de Engenharia de São Carlos/USP. E, também no LAPITEC – Laboratório de Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva do Curso de Terapia Ocupacional da FMRP/SP. Ambos os laboratórios estão no Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia da USP. A autora faz parte, em sua instituição de origem, do Laboratório Integrado de Tecnologia Assistiva – LITA da UFTM. Assim, diferentes grupos de pesquisa em tecnologia assistiva corroboraram com as diretrizes de execução.

O estudo do projeto de engenharia do dispositivo para sustentação e movimentação dos membros superiores foi apoiado pela manufatura aditiva, por meio da geração das configurações físicas ou *mock-up* das soluções geradas durante a fase de concretização do projeto conceitual. Para utilização da tecnologia *Selective Laser Sintering* (SLS) para geração dos conceitos, utilizou-se da parceria acadêmica entre o Departamento de Engenharia Mecânica da EESC/USP com a Divisão de Tecnologias Tridimensionais (DT 3D), do Centro de Tecnologia da Informação Renato

Archer - CTI. Essa parceria está consolidada por meio do projeto de cooperação acadêmico titulado *Desenvolvimento de dispositivos para manufatura aditiva e simulação computacional para aplicação em engenharia e bioengenharia* (2013-2017) sob coordenação da Prof^a Dr^a Zilda de Castro Silveira da Universidade de São Paulo com o referido Centro.

As fases de preparação do produto também ocorreram em parceria com o Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, que possui vínculo com o Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia.

O projeto de pesquisa foi registrado no sistema CEP-CONEP (Comitê de Ética em Pesquisa – Comissão Nacional de Ética em Pesquisa) do Conselho Nacional de Saúde (CNS) sobre o título “Estudo de melhoria do produto de tecnologia de reabilitação conceituado como ‘sling’ utilizando sistemática de projeto, através das ferramentas QFD e estruturação funcional”. Foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal do Triângulo Mineiro em 05/06/2014, pelo CAAE 30908114.0.00005154, com o número de parecer 679.907 (Anexo A).

1.8 ESTRUTURA DA TESE

O Capítulo 1 apresenta a tecnologia assistiva, a procedência do termo e a história de adoção da terminologia no contexto brasileiro. Também explicita o entendimento sobre o consumidor do produto em estudo, retrata o dispositivo, declara a pergunta norteadora da pesquisa e o objetivo do trabalho. Contextualiza a motivação para o estudo, a infraestrutura laboratorial e a parceria estabelecida para sua realização.

O Capítulo 2 aborda a revisão da literatura sobre o dispositivo, narra a história do dispositivo, destacando os principais conceitos referentes ao modelo que sustenta o braço por mecanismo de suspensão acima da cabeça, esclarece a diferença existente entre os equipamentos e propõe classificação para os equipamentos com a característica de manter o braço por correias de suspensão.

O Capítulo 3 é dedicado a revisão do estado da técnica, com apresentação das patentes relacionadas ao dispositivo proposto e que fundamenta o produto, campo da invenção.

No Capítulo 4, concentra-se o embasamento teórico sobre metodologia de projeto, a ferramenta QFD (*Quality Function Deployment* – Desdobramento da Função Qualidade), as etapas percorridas para o projeto informacional e conceitual.

A análise das oportunidades de inovação, por meio de um estudo de caso constitui o Capítulo 5, que consiste no exame e verificação das diferenças entre três modelos de dispositivo

para sustentação e movimentação de membros superiores. Tabelas comparativas explicitam a análise efetivada.

No Capítulo 6 são descritos os materiais e métodos utilizados como desenho da pesquisa, contextualizando a coleta de dados, as ferramentas utilizadas e a montagem do QFD, assim como a estrutura funcional para o desenvolvimento do produto.

O Capítulo 7 descreve o desenvolvimento do protótipo virtual e a elaboração do protótipo físico. Os testes de validação do protótipo ‘in loco’ são apresentados no Capítulo 8. E, as conclusões e trabalhos futuros são apontadas no Capítulo 9.

CAPÍTULO 2

2 REVISÃO DA LITERATURA

Equipamentos que realizam sustentação do braço devido à fraqueza ou paralisia muscular podem ser utilizados durante o período de reabilitação no qual o usuário está sendo acompanhado ou durante a realização de tarefas cotidianas que ele desempenha ao longo do dia (por exemplo, alimentação e escrita), proporcionando sua independência e autonomia. Se o uso se restringir à reabilitação, o equipamento está lotado em centros de reabilitação, ambulatório de especialidades, clínicas e consultórios, e serão manuseados pelo terapeuta responsável pelo processo de intervenção daquele paciente. Neste cenário o terapeuta poderá utilizar o equipamento para manutenção ou ganho de amplitude de movimento assim como para treino funcional de atividades de vida diária. Quando auxiliando exclusivamente o desempenho de tarefas do dia a dia, o equipamento é utilizado nos diferentes espaços em que a pessoa com deficiência física ou idoso se envolve, como por exemplo, seu domicílio, o ambiente de trabalho ou de estudo.

Este capítulo apresenta o contexto histórico de criação dos equipamentos que realizam sustentação do braço e explicita que havia dois modelos existentes para esta função, isto é, os produtos possuem diferenças no *design* e semelhança funcional. A partir desta compreensão, propõe uma classificação de acordo com as características físicas e apresenta uma revisão sobre o modelo de equipamento para sustentação dos membros superiores por suspensão por meio de correias.

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DO DISPOSITIVO

Na década de 1940-1950, os Estados Unidos foram assolados por uma epidemia de poliomielite. Crianças e adultos acometidos passaram a demandar reabilitação frente ao próprio curso da doença ou devido às sequelas físicas (TREVELYAN; SMALLMAN-RAYNOR; CLIFF, 2005). Neste processo, a doença motivou a concepção e o desenvolvimento de dispositivos de assistência e de adaptações de utensílios e ferramentas para auxiliar a autonomia e independência das pessoas com incapacidades. A reabilitação física expandiu em importância no cenário de cuidado da saúde e diferentes equipamentos assistivos foram idealizados, subsidiados pelas necessidades e demandas funcionais das pessoas com sequela de pólio (FESS, 2002) (HEIDE *et. al*, 2014).

O país avançou na criação de centros de reabilitação especializados na doença, ou exclusivamente destinados ao tratamento da paralisia infantil, inaugurando núcleos em diferentes Estados americanos. No Estado da Geórgia, o destaque era para *Warm Springs*, um resort adquirido pelo presidente Franklin Roosevelt e transformado em um centro nacional para cuidado e tratamento de crianças com poliomielite (ROGERS, 2007).

Warm Springs era a sede de um “dispositivo engenhoso”, conhecido como “*Foot-operated feeder*”, possivelmente o primeiro equipamento, considerado hoje como uma tecnologia assistiva destinado às pessoas com dificuldade para se alimentar devido à perda de movimentação no braço. Seu registro data do ano de 1936 e, sua configuração compreendia uma base de alumínio no antebraço que sustentava e movimentava o membro superior com fraqueza ou paralisia muscular para próximo ao tronco por um sistema de pedal acionado no apoio de pé da cadeira de rodas do usuário (Figura 8) (BENNETT, 1966, p.5).

Figura 8 - “*Foot-operated feeder*” de 1936, sustentava membro superior e o elevava próximo ao tronco por acionamento de um pedal localizado no apoio de pé da cadeira de rodas (Fonte: BENNETT, 1966, p.5).

No mesmo ano, outro dispositivo (“*Barker feeder*”) para auxiliar a movimentação de braço visando independência na alimentação foi construído no Centro de Reabilitação de *Warm Springs*, no entanto seu funcionamento estava associado ao movimento de depressão da cintura escapular do usuário. Uma base ventral em alumínio sustentava o antebraço do paciente com fraqueza ou paralisia muscular e ancorava-se à mesa por um eixo vertical que garantia a estabilidade e a mecânica do movimento requerido para posicionamento da mão, se assemelhando a uma gangorra

(Figura 9). Com mínimo esforço, apenas deprimindo a cintura escapular, o usuário podia movimentar o braço em sentido ascendente e levar o talher à boca, desempenhando com independência a tarefa de alimentação (BENNETT, 1966).

Somente com o número elevado de pessoas com sequelas da pólio, principalmente com fraqueza e paralisia flácida na musculatura do membro superior que conduzia a incapacidade de trazer as mãos próximas ao rosto, que os dispositivos para auxílio de movimento da extremidade superior foram sendo aperfeiçoados e modificados (BENNETT, 1966).

Figura 9 - “Barker feeder” de 1936, proporcionando a aproximação da mão à boca e independência para alimentação por movimento de depressão da cintura escapular (Fonte: BENNETT, 1966, p.6).

Uma década depois da criação do “Foot-operated feeder” e do “Barker feeder”, exatamente em 1946, uma nova proposição de dispositivo de assistência para auxílio na alimentação com independência foi apresentada como possibilidade de recurso na reabilitação de pessoas com sequela de pólio. Nesta versão a sustentação do braço contra a gravidade era realizada verticalmente por trações sobre a cabeça do usuário, possibilitando movimentação nos planos sagital e frontal. Originalmente nomeado de “Bird-cage feeder”, pois sua estrutura e proposta de sustentação do braço lembrava a de um trapézio de gaiola de pássaros (Figura 10), o dispositivo foi adotado em diversos centros de tratamento da época (BENNETT, 1966).

Figura 10 - “*Bird-cage feeder*” de 1946, cujo mecanismo de sustentação do braço lembrava o trapézio de gaiolas de pássaros (Fonte: BENNETT, 1966, p.7).

Naquele período, os centros de reabilitação para pessoas com poliomielite passaram naturalmente a utilizar este modelo com sustentação do braço, sendo o suporte modificado para *sling* (correias) posicionados na região do punho e cotovelo, ou apenas no antebraço. Havia programas de tratamento rigorosos para o uso constante do aparelho, que visava além da capacidade funcional na extremidade superior, a prevenção de lesões na cintura escapular enfraquecida (Figura 11). Bennett (1966, p.8) registra que nos dez anos seguintes a invenção do “*Bird-cage feeder*” houve um recorde de fabricação, com 326 equipamentos para serem distribuídos e que “(...) só foram utilizados sete deste tipo depois de 1956, e nenhum depois de 1961”. Período em que a doença começou a ser controlada pela descoberta da vacina.

Assim, pode-se dizer que havia dois modelos de dispositivo para sustentação de membro superior contra a gravidade: um que possuía uma base ventral rígida no antebraço mantida por haste vertical fixa a mesa, e outro que possuía *sling* (correias) de sustentação para cotovelo e punho, ou antebraço pendente em estrutura superior a cabeça do usuário. Estes dispositivos foram inicialmente concebidos para serem utilizados por pessoas com poliomielite que demandavam auxílio para executar com independência a tarefa de alimentação e para manter posicionada a cintura escapular cuja musculatura estava enfraquecida ou paralisada.

No entanto, o avanço da medicina, a necessidade cada vez maior de tratamento especializado para as pessoas com deficiência física e o desenvolvimento dos processos de reabilitação ao longo do século XIX e XX ampliaram o uso dos dispositivos, levando-os a serem empregados junto às pessoas com doenças neuromusculares com queixa de perda de movimentação no membro superior e com fraqueza ou paralisia da musculatura da extremidade ocasionada por diferentes patologias; não apenas devido à poliomielite (ROGERS, 2007).

Figura 11 - Sala de jantar do Centro de Reabilitação *Warm Springs* em 1950, com inúmeros “*Bird-cage feeder*” em uso por pacientes (Fonte: ROGERS, 2007, p.789).

A revisão da literatura, para delinear a evolução e o uso dos modelos de dispositivos inicialmente concebidos para sustentação do membro superior, possui uma lacuna, pois é possível identificar na revisão de literatura apenas atualização do modelo “*Barker feeder*”. Este modelo subsidiou a configuração do “*Balanced forearm orthoses*” (Figura 12), que continuamente foi sendo aperfeiçoado, passando a ser nomeado de “*Mobile arm support - MAS*” (Figura 13). Inúmeras publicações tratam deste modelo (BENNETT, 1966; STERN; LAURO, 1975; HAWORTH; DUNSCOMBRE; NICHOLS, 1978; STERN; VITARIUS; QUINT, 1982; YASUDA; BOWMAN; HSU, 1986; SAUTER; BUSH; SOMMERVILLE, 1989; WIERZBICKA; WIEGNER, 1996; RAHMAN, *et. al*, 2000; RAHMAN, *et. al*, 2001; LANDSBERGER, *et. al*, 2005; RAHMAN, *et. al*, 2007; ATKINS, *et. al*, 2008; OUJAMAA, *et. al*, 2009; ABBRUZZESE, *et. al*, 2011; LIN; SHIEH; CHEN, 2013).

Comparado ao “*Mobile arm support – MAS*”, o modelo “*Bird-cage feeder*” tem escassa literatura e pouca pesquisa, mesmo com aplicação sedimentada junto aos espaços de reabilitação. No Brasil, o modelo de equipamento para sustentação dos braços por correias suspensas foi apresentado nas publicações de Trombly em 1989.

Figura 12 – (A) “*Barker feeder*” (Fonte: BENNETT, 1966, p.7); (B) “*Balanced forearm orthoses*” (Fonte: STERN, VITARIUS, QUINT, 1982, p.42).

Figura 13 – “*Mobile arm support - MAS*” (Fonte: ATKINS, 2008, p.389).

2.2 REVISÃO DOS EQUIPAMENTOS PARA SUSTENTAÇÃO DO BRAÇO POR SUSPENSÃO

A investigação do modelo de equipamento para sustentação do braço por suspensão por meio de correias, objeto deste trabalho, ocorreu em bases de dados eletrônicas, catálogos, guias, livros de reabilitação (publicações) e exposições, conforme as linhas de orientação sobre tecnologia assistiva apresentadas pela EUSTAT (1999). Os catálogos “são o método comercial mais corrente sobre os produtos (...). Os guias são “publicações que oferecem uma perspectiva geral sobre tópicos relacionados com as TA” (...) dos “centros de investigação, serviços de informação e (...) empresas”, e as exposições são eventos “comerciais, realizadas regulamente (...),

e que “desempenham um papel importante na divulgação da informação sobre TA” (EUSTAT, 1999, p. 96-7).

Em consulta realizada durante o ano de 2015 estão disponíveis para aquisição no mercado internacional nos Estados Unidos o *Arm Suspension* da JAECO Orthopedic© e o *Swedish HelpArmTM* comercializado pela Kinsman Enterprises®, enquanto no mercado europeu, de fabricação alemã, verificou-se o *Biber-HelpArm* da Biber Therapiegeräte em duas versões: *Biber-HelpArm PRAXIS* (ambulatorial) e *Biber-HelpArm HOME* (domiciliar), o *Mobilitätsarm* e o *NITZBON Helparm* ambos da Nitzbon©, e na Holanda, o *Balancer* da Focal Meditech. No Brasil dois modelos de equipamentos para sustentação do membro superior - o *Levitar*® (articulado e não) são comercializados, ambos de uma mesma empresa, a Expansão©. Desta forma, os seguintes equipamentos foram identificados desde a invenção do equipamento em 1946 no *Roosevelt Warm Springs Institute* até os dias atuais:

2.2.1 Bird-Cage Feeder (Roosevelt Warm Springs Institute, 1946)

O modelo correspondia à primeira alteração no design do equipamento utilizado para assistência do membro superior (*Barker feeder*) para independência na tarefa de alimentação, sendo projetado em uma arquitetura suspensa, acima da cabeça do usuário (Figura 10).

2.2.2 Sling Suspension (DUNTON; LICHT, 1957)

Dispositivo de assistência que pode ser anexado à cabeceira da cama com auxílio do grampo sargento do tipo C, utilizado junto à cadeira de rodas ou na forma portátil ser colocado atrás do paciente que está posicionado em uma cadeira de rodas ou cadeira comum.

Estruturalmente possui base quadrangular medindo em torno de 560 mm de largura por 560 mm de profundidade e 150 mm de altura. Na superfície inferior desta base estão quatro rodízios para permitir mobilidade ao equipamento e sobre ela há uma haste vertical de aproximadamente 1600 mm de comprimento que se conecta a duas hastes horizontais medindo, cada uma, em torno de 760 mm (Figura 14).

Em cada haste horizontal, existem nas extremidades duas polias por onde passa um cabo que sustenta em uma ponta um *sling* em lona (tira de pano em forma de saco para repouso do braço) com a função de fornecer apoio a extremidade superior. Na outra extremidade há um peso que contrabalança o segmento do membro superior em suspensão, este fica fixado ao cabo, atrás do usuário equilibrando a elevação do membro superior. “O *sling* em lona deve ser

suficientemente confortável para suportar a parte, mas não deve interferir nos movimentos da articulação” (DUNTON, LICHT, 1957, p. 87).

Figura 14 – Desenho do *Sling Suspension*, um dos primeiros modelos de *sling* descritos em livro de reabilitação (Fonte: DUNTON; LICHT, 1957, p.88).

2.2.3 Arm Suspension (JAECO ORTHOPEDIC®, 2015)

De fabricação original da JAECO Orthopedic®, a indústria teve início em 1953, com a parceria entre uma pessoa com sequela de pólio e uma terapeuta ocupacional quando estiveram em *Roosevelt Warm Springs Institute* em *Warm Springs Georgia* (EUA) para auxiliar no cuidado de pacientes com poliomielite. Além de estar à venda na JAECO Orthopedic®, o *Arm Suspension* pode ser encontrado em diversos *sites* de reabilitação (JAECO ORTHOPEDIC, 2015).

Este modelo de dispositivo apresenta-se com a opção de aquisição dos módulos de composição em separado, isto é, o usuário pode adquirir a estrutura de suporte (*suspension frame*) e/ou às partes que realizam a suspensão do braço (*suspension sling*) (Figura 15).

O módulo *suspension sling* possui ajuste na haste horizontal, em até aproximadamente 560 mm, permitindo uma adaptação do usuário para melhor funcionalidade e são confeccionados em dois tipos de couro natural.

O *suspension frame* tem versatilidade de uso para qualquer módulo de suspensão dos braços e adaptabilidade para uso junto à cadeira de rodas ou cadeira padrão. Permite regulação de altura entre 1320 mm a 1930 mm, e em sua base possui rodízios para facilitar a mobilidade.

Os dois módulos custam aproximadamente US\$451.00 (R\$ 1.799,85), sendo o *suspension sling* comercializado individualmente a US\$71.00 (R\$ 283,35) e o *suspension frame* a US\$380.00 (R\$ 1.516,50), sendo utilizado na conversão um dólar equivalente a R\$3,9908 (fevereiro de 2016).

Figura 15 - *Arm Suspension* com base estrutural em ‘T’ que possibilita aproximação posterior da cadeira de rodas ou cadeira convencional (Fonte: REHABMART, 2014).

2.2.4 Deltoid-Aid Brand Arm Counterbalance (AJOT, 1969)

Desenvolvido em cooperação com terapeutas ocupacionais do hospital de Minnessota (EUA) para aumentar as habilidades em atividades de vida diária, treino vocacional (Figura 16) e atividades de lazer (Figura 17). O modelo “[...] aumenta a capacidade funcional de antebraços e mãos, auxilia os pacientes na manutenção de boa postura, previne distensão de músculos enfraquecidos, auxilia na manutenção da amplitude de movimento, ajuda a aliviar a espasticidade, atenua e previne o edema” (AJOT, 1969, p.189).

Figura 16 – Uso do modelo *Deltoid-Aid Brand Arm Counterbalance* em treino vocacional e atividade de alimentação (Fonte: AJOT, 1969 p.189).

Figura 17 – Uso do *Deltoid-Aid Brand Arm Counterbalance* em atendimento terapêutico, assistindo o desempenho na atividade de lazer (Fonte: AJOT, 1969 p.189).

Sua estrutura consiste em uma base com design em cruz, com duas hastes verticais na qual se fixa uma barra horizontal. Um sistema de polias com rolamentos de esferas equilibram pesos e molas por meio de fio de poliamida que se encontram dentro da estrutura tubular em aço cromado. As hastes verticais podem ser ajustadas em qualquer tamanho de braço. Se uma haste não for necessária durante o uso do equipamento, pode-se retirá-la. O *Deltoid-Aid Brand Arm Counterbalance* “é completamente independente com rodízios para mobilidade e dispositivo de trava para estabilização” (AJOT, 1969, p.189).

2.2.5 Swedish Arm Sling Suspension (AJOT, 1969)

Lançado no final do ano de 1969, pela J.A. Preston Corporation® (EUA) para assistência de pacientes com envolvimento de patologia em musculatura do ombro, como o deltóide. Sua base possuía desenho no formato da letra ‘U’, na região central subiam duas hastes que se conectavam à outra base no mesmo formato de onde se desprendiam fios com dois *sling* para sustentação do braço, localizados no cotovelo e no punho. Também permitia ajustes no comprimento das hastes acima da cabeça, sustentando o membro superior distante do corpo por contrabalanço do peso (Figura 18). O sistema de sustentação ocorre por combinação de polias e pesos. “O *Swedish Arm Sling Suspension* permitia liberdade de movimento para rotação externa e interna; abdução horizontal ou adução do ombro; extensão e flexão do cotovelo” (AJOT, 1969, p.472).

Figura 18 - *Swedish Arm Sling Suspension* lançado no final do ano de 1969 pela J.A. Preston Corporation® à esquerda (Fonte: AJOT, 1969, p.10) e *Swedish HelpArm™* (centro e direita) com a variação de uma haste vertical (Fonte: KINSMAN ENTERPRISES, 2012).

Hoje é comercializado pela Kinsman Enterprises® com o nome de *Swedish HelpArm™* sendo indicado para pessoas com insuficiência ou paresia dos músculos da cintura escapular, lesões da coluna cervical, paralisia braquial, hemiplegia, esclerose múltipla e alguns tipos de artrite reumatóide. “Assiste na reeducação muscular e controle motor, permite suporte passivo para atividades de digitação e alimentação (...) sendo usado em centros de reabilitação (...)” (KINSMAN ENTERPRISES, 2012, p.12). Possui 7 pares de correias (*sling*) para punho e cotovelo e 20 pesos (variando aproximadamente de 50 a 450 gramas). Na versão atual existe apenas uma haste vertical, e o preço de venda incluindo os acessórios é de aproximadamente US\$5,474.00 (R\$ 21.846,20, um dólar equivalente a R\$3,9908 em fevereiro de 2016).

2.2.6 Wheelchair Attachable Deltoid Aid (KING II, 1983)

O modelo foi projetado pelo terapeuta ocupacional e professor Theodore I King II na década de 1980 para ser usado com pessoas com fraqueza no membro superior, em especial lesados medulares, esclerose múltipla e poliomielite, que demandavam maior assistência para conseguir independência nas atividades de vida diária por meio de compensação antigravitacional do membro (Figura 19).

Figura 19 - *Wheelchair Attachable Deltoid Aid* projeto com dois tipos de alça para sustentação do membro superior (Fonte: KING II, 1983, p.564).

Foi idealizado para permitir movimentos nos planos sagital e frontal, por fixação unilateral ou bilateral na estrutura de armação do encosto da cadeira de rodas. Também possuía dois tipos de alça de sustentação, um único para antebraço e outro duplo com sustentação para punho e cotovelo, que era selecionada de acordo com as características motoras e funcionais do usuário (KING II, 1983). Não foi encontrado registro de seu preço de venda.

2.2.7 Musgrave Orthosis (JAMES; ORR, 1984)

Equipamento com sistema motorizado e com contrapeso para suspensão do braço, descrito para ser utilizado por pessoas com distrofia muscular de Duchenne, auxiliando no uso adequado do membro. Seu mecanismo é por suspensão do antebraço com a possibilidade de movimentação do membro no plano frontal e sagital de forma que os efeitos da gravidade sejam eliminados pelo suporte oferecido. Pelas características de diminuição de força muscular da doença, existe uma tendência do antebraço retornar abaixo do ponto em que foi suspenso.

Por meio de um suporte posterior no encosto da cadeira de rodas prendia-se uma haste vertical em design em L sobre a cabeça do usuário, de onde se desprendia uma corda com a alça que mantinha o braço suspenso. O sistema era mantido por contrapesos localizados em uma guia de forma a não se movimentarem quando a cadeira era deslocada. O peso era equivalente ao peso do braço em função, que era medido pelo terapeuta. Lateral ao apoio de braço se localizava um interruptor para acionamento do sistema motorizado para suspensão do braço (Figura 20). Seu preço de venda não foi encontrado.

Figura 20 - *Musgrave Orthosis* com alça única para sustentação do membro superior. (Fonte: JAMES, ORR, 1984, p.112).

2.2.8 *Arm Balancer* (THORPE, 1986)

O *Arm Balancer* foi desenvolvido exclusivamente para uma pessoa com sequela de poliomielite, com a mesma intenção de todos os dispositivos inicialmente descritos, isto é, para possibilitar alimentação com independência. O equipamento permite que o braço seja movimentado no plano sagital e desta forma possibilita função ao usuário. Consistia em um tubo de aço curvado em 'L' acoplado a um motor, que se prendia a estrutura posterior da cadeira de rodas por parafusos. Um fio de poliamida mantinha suspensa a alça para apoio do braço que era movimentada por ação do motor (Figura 21).

Figura 21 - *Arm Balancer* com alça única para sustentação do membro superior para alimentação com independência e autonomia (Fonte: THORPE, 1986, p.250).

2.2.9 *Biber-HelpArm* (BIBER THERAPIEGERÄTE, 2015)

O modelo não possui base de apoio no solo. Concebido para ser fixado junto à mesa com o uso de grampo sargento do tipo ‘C’ utiliza um contrapeso para alcançar a inclinação adequada do braço em sustentação. Tem indicação para ser utilizado em programas de reabilitação, para manutenção ou ganho de amplitude de movimento passivo ou ativo, fortalecimento de musculatura da extremidade superior, assim como também pode ser usado em treino funcional de tarefas cotidianas (BIBER THERAPIEGERÄTE, 2015).

Comercializado pela empresa alemã Biber Therapiegeräte possui divulgação como sendo um produto destinado aos serviços de terapias ocupacionais e pode ser adquirido em versões distintas (BIBER THERAPIEGERÄTE, 2015).

O *Biber-HelpArm PRAXIS* é a versão que se destina para uso terapêutico em clínicas, centros de reabilitação, ambulatório de especialidades e em visitas domiciliares (Figura 22), e pode ser adquirido em par para uso bilateral. Um acessório conecta as duas hastes horizontais dos dois equipamentos auxiliando a sinergia dos movimentos. O terapeuta pode utilizar o equipamento como recurso para melhorar a habilidade motora, como treino da amplitude de movimento, para exercício resistido, tarefas de coordenação motora fina e destreza manual, e na simulação do treinamento funcional para a realização de atividades, por exemplo, preparação de refeições. Neste modelo o ajuste da elevação é realizado com a colocação de contrapesos sobre uma extremidade da haste horizontal, que tem ajuste entre 68 cm a 115 cm.

A outra versão, o *Biber-HelpArm HOME*, destina-se aos usuários, sendo uma ferramenta pessoal para assisti-lo em suas atividades diárias (Figura 23). O contrapeso neste modelo é feito por acessório fixo à haste horizontal que mantém o equilíbrio do sistema. Existem opções para troca do tipo do suporte do braço, podendo o usuário escolher entre um *sling* de mesmo tamanho para punho e cotovelo, uma base fixa para antebraço ou alça com ajuste ao punho, sendo possível combinação entre eles. Neste modelo, a haste horizontal tem 63 cm de comprimento e não é ajustável em seu comprimento. Dependendo da necessidade do usuário o equipamento pode ser fixado à cadeira de rodas permitindo mobilidade simultânea a assistência do membro superior.

Ambos os modelos tem opção de haste vertical em madeira, alumínio (que pode ser esterilizado) ou em plástico. O *Biber-HelpArm PRAXIS* possui 7 acessórios, e preço final aproximado US\$1,254.00 (R\$ 5.004,20), enquanto o *Biber-HelpArm HOME* tem 4 acessórios, e preço final com todos inclusos é aproximadamente US\$781.00 (R\$ 3.116,60). Sendo a conversão baseada em um dólar equivalente a R\$3,9908 em fevereiro de 2016.

Figura 22 – *Biber-HelpArm PRAXIS* fixado a mesa por dois grampos sargento do tipo ‘C’, com sistema de sustentação por contrapeso (Fonte: BIBER THERAPIEGERÄTE, 2014).

Figura 23 – *Biber-HelpArm HOME* fixado a mesa ou na cadeira de rodas, com acessórios opcionais para punho e cotovelo (Fonte: BIBER THERAPIEGERÄTE, 2014).

2.2.10 *Balancer* (FOCAL MEDITECH®, 2015)

Equipamento voltado para auxiliar na funcionalidade do braço de pessoas com fraqueza ou paralisia muscular na região proximal do membro superior, mas que possuem função manual preservada. Geralmente seus usuários são pessoas com diagnóstico de doenças neurológicas ou neuromusculares, como a esclerose lateral amiotrófica e a distrofia muscular de Duchenne.

Possui versatilidade para uso unilateral ou bilateral, podendo ser fixado à cadeira de rodas, cadeira padrão ou mesa, portanto não possui base de suporte no solo. Como auxilia nos movimentos antigravitacionais, é indicado para uso em atividades rotineiras que demandam o alcance, agarre, manipulação e soltura de objetos. Diferentes tarefas do dia a dia são desempenhadas quando o *Balancer* é utilizado, como por exemplo, alimentação, uso de computador e atividades de lazer (artesanato, jogar cartas, dentre outras) (Figura 24).

Figura 24 – *Balancer* da *Focal Meditech*® fixado na cadeira de rodas, em modelo bilateral auxiliando nas tarefas do dia a dia. Utiliza apenas uma correia de sustentação no antebraço (Fonte: FOCAL MEDITECH®, 2015).

2.2.11 *Mobilitätsarm* (NITZBON®, 2015)

Fabricado pela empresa Nitzbon® fundada em 1959 na Europa, originalmente uma indústria de construção e serralheria, que foi motivada pela necessidade de construção de equipamentos adaptados demandados por terapeutas ocupacionais envolvidos no processo de reabilitação das doenças da época, que incapacitaram inúmeras pessoas. A empresa acreditava na área que estava nascendo, e motivados pela demanda de encomendas de terapeutas ocupacionais de diversos hospitais de reabilitação, participaram em 1970 do Congresso Mundial de Terapia Ocupacional em Zurique. Muitos equipamentos de reabilitação adaptados foram vendidos. Não há data sobre o nascimento dos primeiros modelos de equipamentos para sustentação de braço na empresa, mas sua história se confunde com a necessidade dos terapeutas ocupacionais de prestação de serviço as pessoas incapacitadas ao longo da década (NITZBON®, 2015).

O *Mobilitätsarm* é comercializado com duas opções para módulo de sustentação: fixado à cadeira de rodas por acessório posterior ao encosto ou encaixado em pedestal com base em 'X' (Figura 25). É voltado para pessoas com déficit funcional de cintura escapular e ombro decorrente de condição neurológica (traumática ou não), podendo ser utilizado em diferentes atividades de vida diária. É necessário que a função manual esteja preservada para sua indicação. O contrapeso da haste horizontal é calculado pelo terapeuta ocupacional responsável pela condução do caso (NITZBON®, 2015). Não foi possível o acesso ao valor de venda do produto.

Figura 25 – *Mobilitätsarm* da Nitzbon com detalhe da alça de sustentação, e as opções de uso em pedestal ou fixado no encosto da cadeira de rodas (Fonte: NITZBON®, 2015).

2.2.12. *NITZBON Helparm* (NITZBON®, 2015)

Também de fabricação da Nitzbon®, este equipamento possui ajuste dos pesos para incremento da assistência de sustentação dos braços, facilitando à adequação as necessidades do usuário no momento de seleção do apoio pelo terapeuta. Os contrapesos podem ser adicionados

individualmente na haste vertical. Essa possibilidade permite o uso da força residual da musculatura acometida de acordo com o usuário. Roldanas horizontais e hastes telescópicas possibilitam transição suave entre os movimentos do ombro. Pode ser usado com um ou ambos os lados, e uma embreagem com sincronização permite exercícios ativo-assistidos. Seu vão livre para entrada de cadeira de rodas ou cadeira padrão é de 800 mm de largura (Figura 26) (NITZBON®, 2015).

Vem sendo comercializado como um equipamento para suporte passivo para treinamento em atividades de vida diária, como a alimentação e na preparação de habilidades motoras podendo ser utilizado também como um recurso para promoção de exercício resistido. Indicado para uso por pessoas com diagnóstico de fraqueza ou paralisia dos músculos do ombro, lesões da coluna cervical, lesões do plexo braquial, hemiplegia, esclerose múltipla e alguns tipos de artrite reumatóide (NITZBON®, 2015). Seu preço de venda é de aproximadamente US\$6,060.00 (R\$ 24.180,00, com dólar equivalente a R\$3,9908 em fevereiro de 2016).

Figura 26 - NITZBON *Helparm* com design diferenciado na base e sistemas de roldanas horizontais que permitem movimentos de abdução-adução, flexão-extensão e rotação externa-interna do ombro (Fonte: NITZBON®, 2015).

2.2.13 Levitar® (EXPANSÃO©, 2015)

Este equipamento é patente brasileira e encontra-se disponível em dois modelos, um não-articulado e outro biarticulado. Ambos permitem o envolvimento da pessoa em tarefas funcionais (EXPANSÃO, 2015).

Os dois modelos de dispositivo possuem sistemas de molas que auxiliam na graduação do apoio do segmento, não possuem base de apoio ao solo, devendo ser fixados à cadeira de rodas por acessório adaptado. O fabricante vende ambos os modelos para uso junto à cadeira de rodas específica. As alças de sustentação são em tecido e possuem um *design* de faixa em oito (ponto de intersecção é o eixo da articulação sustentada).

Ambos os modelos tem a proposição de suspensão antigravitacional do membro superior em dois pontos, cotovelo e punho. O biarticulado possui a haste horizontal com uma articulação que propicia esta parte do sistema se movimentar no sentido látero-lateral e assim conduzir o movimento para flexão e extensão do cotovelo (Figura 27).

Figura 27 – Levitar de braço, patente brasileira da Expansão© (Fonte: EXPANSÃO©, 2015).

2.3 CATEGORIZAÇÃO DO DISPOSITIVO

Nos últimos dois anos, autores propuseram categorização dos modelos de dispositivos para sustentação do membro superior destinados às pessoas com diminuição da função deste membro.

Heide, Gelderblom e Witte (2013) realizaram uma revisão dos equipamentos descritos na literatura, comercializados em eventos da área médica e terapêutica, disponíveis em banco de dados e após consultarem especialistas, apontaram 97 equipamentos destinados ao suporte do braço acessíveis ou não comercialmente e, os categorizaram. Com base nas características básicas e funcionais identificadas nos dispositivos encontrados, propuseram uma divisão dos achados em três tipos de categoria: (1) dispositivos não acionados; (2) dispositivos acionados passivamente; e (3) dispositivos acionados ativamente. Em 2014, os autores com outros colaboradores revisaram sistematicamente o estudo e encontraram 104 equipamentos, sete a mais que no primeiro trabalho, e mantendo a classificação anteriormente proposta, alocaram os novos (HEIDE *et. al*, 2014).

As três categorias são (HEIDE; GELDERBLOM; WITTE, 2013):

- ‘Dispositivos não acionados’: não demandam força externa para funcionar. O princípio para promoção de movimento é o atrito durante o movimento horizontal, que também pode ser alcançado por sistema de suspensão sem usar contrapeso. Alguns modelos possuem dobradiça para permitir flexão do cotovelo.
- ‘Dispositivos acionados passivamente’: oferecem a possibilidade de transferência de força, podendo compensar passivamente os efeitos da gravidade por cabo suspenso usando contrapeso. Os efeitos da gravidade também podem ser compensados por molas e faixa elástica usadas como tração do apoio de braço.
- ‘Dispositivos acionados ativamente’: requerem força externa para manter a suspensão do braço, sendo utilizado um acionador para abaixar e elevar o membro. São conhecidos como exoesqueletos pela intenção de simular as articulações do seguimento corporal.

Já Dunning e Herber (2013) revisaram pesquisas anteriores sobre o ‘estado-de-arte’ de dispositivos de assistência, com papel de sustentação do braço de pessoas com função do membro superior comprometida. Destacaram que esses são equipamentos pesados, de pouca descrição estética, portanto facilmente visíveis e geralmente acoplados a cadeira de rodas, cujo papel é o suporte adicional ao braço. E, pontuaram que “enquanto um dispositivo maior é aceitável em atividades de reabilitação, um dispositivo para se vestir é o preferido para assistir atividades de vida diária” (DUNNING; HERBER, 2013, p.24).

Estes autores propuseram uma investigação sobre a usabilidade e imperceptibilidade dos dispositivos sobre três parâmetros de avaliação: 1) pontos de interface com o corpo, 2) volume, e 3) espaço requerido para uso do dispositivo. Bem como, averiguaram a estrutura dos aparelhos, a arquitetura, o princípio de equilíbrio dos dispositivos passivos, a forma de transmissão de força e o alinhamento com as articulações corporais, além dos graus de liberdade de movimento permitido pelo equipamento. Na revisão, encontraram doze modelos de dispositivos com função passiva e onze ativos, ambos projetados para auxiliar em tarefas da vida cotidiana como também para a reabilitação.

No entanto, analisando os estudos de Heide, Gelderblom e Witte (2013), Dunning e Herber (2013) e mais tarde de Heide *et. al* (2014), identifica-se que a apreciação foi feita sobre modelos diferentes em relação à configuração externa, arquitetura e design, isto é, foi restrita ao elemento funcional – sustentação do braço. Portanto, é necessário reconhecer que os autores, agruparam modelos de diferentes arquiteturas utilizando apenas a função sustentar braço e neste trabalho propor uma nova classificação tendo os elementos físicos como balizadores da ação.

Baxter (2008, p. 233) explica que em relação à arquitetura, “um produto pode ser descrito em termos funcionais ou físicos”. Assim, distingue-se uma diferença nos termos físicos entre os dispositivos de sustentação de braço existentes no mercado e apontados na revisão destes autores. Há aqueles com configuração externa lateral a cadeira de rodas e mecanismo de sustentação com apoio ventral ao braço e existem aqueles cuja conformação é superior ao usuário com mecanismo de suspensão do braço por tração por meio de correias pendentes verticalmente.

Portanto, verifica-se uma diferença física essencial nos equipamentos até então elencados pelos estudos descritos. E, destacando a colocação de Dunning e Herber (2013) sobre a diferença entre o modelo do dispositivo usado em atividades de reabilitação daqueles destinados a assistência de tarefas diárias no domicílio, contextualiza-se que neste trabalho é voltado para os dispositivos de sustentação do braço por tração por correias pendente verticalmente. E, que este modelo é utilizado nos processos de reabilitação, de contextos ambulatoriais e terapêuticos, objetivando a manutenção ou o ganho de movimento, como também é destinado para treino de atividades diárias junto ao terapeuta.

A partir desta compreensão, abandona-se a análise dos modelos que realizam sustentação do braço exclusivamente para assistir na autonomia e independência dos usuários. Aqueles que não têm relação com programas de reabilitação, assim como não dependem da intervenção diária do terapeuta para usabilidade não foram incluídos na análise.

Assim, se propõe uma categorização específica, com base nos dados coletados na etapa de revisão de literatura e na consulta de produtos comercializáveis para os equipamentos de

sustentação do braço por tração por correias pendentes verticalmente, classificando-os de acordo com a arquitetura de seus elementos físicos em:

- Dispositivos com módulo de apoio ao solo: aqueles que possuem suporte vertical em uma base que se apóia no chão. Essa base pode se configurar em diferentes estilos, por exemplo, arquitetura em ‘X’ ou ‘T’, e possuir rodízios (com ou sem mecanismo de frenagem).
- Dispositivos com módulo de apoio em mobiliário: não possuem base de apoio ao solo, sendo fixados à cadeira de rodas ou à mesa utilizada para tarefas. Alguns modelos são estabilizados por uma barra vertical fixadas com grampo em ‘C’ enquanto outros possuem suporte adaptado ao encosto da cadeira para encaixe da barra vertical.

Os quadros que se seguem apresentam os modelos descritos na revisão da literatura com base na classificação proposta, destacando as diferenças entre os mesmos. Em ambos os quadros os equipamentos foram diferenciados quanto à indicação funcional - atividade que se destina e versatilidade de uso e, quanto ao sistema de configuração do equipamento - estrutura da base, suporte vertical, suporte horizontal, módulo de sustentação e apoio de braço.

Em atividade, foi proposta uma divisão entre atividade genérica e específica, sendo na genérica elencados os modelos que são destinados para diferentes tarefas como as cotidianas de alimentação, escrita e uso de computador (digitação), assim como as de treino vocacional e voltadas para o lazer; enquanto que na específica estão aqueles concebidos apenas para serem utilizados na assistência da atividade de alimentação, visando autonomia e independência do usuário.

A versatilidade englobou o mobiliário que o equipamento pode ser associado durante seu uso (cadeira padrão, cadeira de rodas ou cama) e a sustentação identifica se o dispositivo é para apenas um membro (unilateral) ou ambos (bilateral). Alguns modelos permitem as duas configurações.

Quanto à base, propõem-se uma diferenciação entre os equipamentos com módulo de apoio ao solo e os dispositivos com módulo de apoio em mobiliário. O primeiro teve identificado as diferenças da base estrutural na configuração (*design*) e no tipo de apoio (fixo, com rodízios com ou sem trava). O segundo teve explicitado o local que se mantém fixo (cadeira de rodas ou mesa) e o tipo da fixação utilizada para mantê-lo (parafusada, encaixe e por grampo tipo ‘C’).

Os suportes, vertical e horizontal, foram identificados com relação ao número de hastes e a possibilidade de regulagem de altura ou profundidade. E o sistema do módulo de sustentação

descreveu quais as escolhas utilizadas para manter a estrutura de suspensão do braço (polia, cabo de aço, contrapeso, fio de poliamida (nylon®), mancal de deslizamento, mola, travessa, haste telescópica, alavanca, corda, entre outros). E, para o apoio de braço se propôs uma análise com relação ao tipo (*sling* – saco, faixa em oito, faixa única por velcro®, *brace* – base de apoio ventral ao antebraço), estilo (único ou duplo no braço), e eixo de sustentação (local do tipo de apoio – antebraço, cotovelo, punho).

Os apontamentos foram feitos com base na análise dos textos revisados e imagens/ilustrações dos equipamentos. Alguns itens não foram identificados devido à ausência de informação na descrição do modelo.

Os dispositivos foram nomeados conforme texto original disponível, e quando possível identificado seu ano de lançamento/publicação, na omissão deste dado procedeu-se ao registro do fabricante.

Quadro 1: Categorização dos dispositivos com módulo de apoio ao solo.

Dispositivos	Indicação Funcional			Sistema de Configuração do Equipamento									
	Atividade	Versatilidade		Estrutura da base		Suporte vertical		Suporte horizontal		Módulo de sustentação	Apoio do braço		
	Tipo	Mobiliário	Sustentação	Configuração	Tipo de apoio no solo	Quantidade	Regulagem	Quantidade	Regulagem	Componentes	Tipo	Estilo	Eixo
<i>Sling Suspension, (1957)</i>		Cama, cadeira de rodas e cadeira comum	Bilateral	Quadrada e concretada	Rodízios	Único	-----	Duplo	-----	Polias e cabo de aço, contrapeso	<i>Sling</i> em lona	Único	Antebraço
<i>Deltoid-Aid Brand Arm Counterbalance, (1969)</i>	Genérica	Cadeira de rodas e cadeira comum	Bilateral ou Unilateral	Cruz	Rodízios com ponto de apoio	Duplo	Altura	Duplo	Profundidade	Mancal de deslizamento, polias, mola, fio de poliamida e contrapeso	<i>Sling</i> em lona	Duplo	Cotovelo e punho
<i>Swedish Arm Sling Suspension, (1969)</i>	Genérica	Cadeira de rodas e cadeira comum	Bilateral	“U”	Rodízios	Duplo	Altura	Duplo	Profundidade	Mola, fio de poliamida e contrapeso	<i>Sling</i> em couro natural	Duplo	Cotovelo e punho
<i>Arm suspension, (JAECO Orthopedic©)</i>		Cadeira de rodas e cadeira comum	Bilateral ou Unilateral	“T”	Ponto de apoio	Único	Altura	Duplo	-----	Mola e travessa	<i>Sling</i> em lona	Duplo	Cotovelo e punho
<i>Swedish HelpArm™, Kinsman Enterprises®</i>	Genérica	Cadeira de rodas e cadeira comum	Bilateral ou Unilateral	“U”	Rodízios com trava	Único	Altura	Duplo	-----	Mola, fio de poliamida e contrapeso	<i>Sling</i> em lona	Único	Antebraço
<i>NITZBON Helparm, Nitzbon©</i>	Genérica	Cadeira de rodas e cadeira comum	Bilateral ou Unilateral	“M”	Rodízios com trava	Único	-----	Duplo	Comprimento	Peso, Hastes telescópica e cabos	<i>Sling</i> em couro sintético	Duplo	Cotovelo e punho

Quadro 2: Dispositivos com módulo de apoio em mobiliário.

Dispositivos	Indicação Funcional			Sistema de Configuração do Equipamento									
	Atividade	Versatilidade		Módulo Estrutural		Suporte vertical		Suporte horizontal		Módulo de Sustentação	Apoio do braço		
	Tipo	Mobiliário	Sustentação	Local	Tipo de fixação	Quantidade	Regulagem	Quantidade	Regulagem	Componentes	Tipo	Estilo	Eixo
<i>Bird-Cage Feeder</i> , (1946)	Específica	Cadeira de rodas e cadeira comum	Bilateral	Fixo à cadeira de rodas	Parafusado	Duplo	Altura	Duplo	-----	Cabo com faixa de tecido e sistema de alavanca	Brace fixado em estrutura trapézio	Único	Antebraço
<i>Arm Balancer</i> , (1986)	Específica	Cadeira de rodas	Unilateral	Fixo à cadeira de rodas	Parafusado	Único	Altura	Único	-----	Transmissão por pinho-cremalheira, motor, polia e cordão	<i>Sling</i> em lona	Único	Antebraço
<i>Balancer</i> , (Focal Meditech©)	Específica	Cadeira de rodas, cadeira comum ou estrutura	Unilateral ou Bilateral	Fixo à cadeira de rodas	Encaixe	Duplo	Altura	Duplo	Profundida de	Polia e cabo	Tira em velcro	Único	Antebraço
<i>Mobilitätsarm</i> , (Nitzbon©)	Genérica	Cadeira de rodas	Unilateral	Fixo à cadeira de rodas ou pedestal	Encaixe	Único	Altura	Único	-----	Contrapeso e alavanca	<i>Sling</i> em lona	Duplo	Cotovelo e punho
<i>Wheelchair Attachable Deltoid Aid</i> , (1983)	Genérica	Cadeira de rodas	Bilateral ou Unilateral	Fixo à cadeira de rodas	Parafusado e grampo	Único	Altura	Único	-----	Polia, cabo de aço e contrapeso	<i>Sling</i> em lona	Único ou Duplo	Antebraço ou Cotovelo e Punho
<i>Musgrave Orthosis</i> , (1984)	Genérica	Cadeira de rodas	Unilateral	Fixo à cadeira de rodas	-----	Único	Altura	Único	-----	Polia e contrapeso	<i>Sling</i> em lona	Único	Antebraço
<i>Biber-HelpArm</i> , (Biber Therapiegeräte©)	Específica	Cadeira de rodas e cadeira comum	Bilateral ou Unilateral	Fixo à mesa ou cadeira de rodas	-----	Único	-----	Único	-----	Contrapeso e alavanca (ambulatorial) Limitador e alavanca (domiciliar)	<i>Sling</i> em lona ou tira em velcro	Duplo	Cotovelo e punho
Levitar®, (Expansão©)	Específica	Cadeira de rodas	Unilateral	Fixo à cadeira de rodas	-----	Único	Altura	Único	Comprimento	Mancal de deslizamento, mola e cabo de aço	Faixa em oito	Duplo	Cotovelo e punho
Levitar Biarticulado®, (Expansão©)	Específica	Cadeira de rodas	Unilateral	Fixo à cadeira de rodas	-----	Único	Altura	Único/Articulado	Comprimento	Mancal de deslizamento, mola e cabo de aço	Faixa em oito	Duplo	Cotovelo e punho

CAPÍTULO 3

3 REVISÃO DO ESTADO DA TÉCNICA

Durante as fases de desenvolvimento de um produto, em específico quando se está realizando levantamento de informações para motivar percepções acerca da ideia, a fonte fundamental de informação é o conhecimento dos produtos disponíveis no mercado e os bancos de patente.

Os documentos de patentes, além de subsidiarem as concepções para o produto, em determinado momento das fases de seu desenvolvimento assistirão na análise da viabilidade técnica do projeto. Madureira (2010, p.91) acrescenta que “a pesquisa de patentes deve fazer parte dessa etapa, para evitar que eventuais conflitos possam inviabilizar as soluções”.

Este capítulo apresenta os documentos de patentes que precedem a concepção do produto; ou seja, os elementos anteriores ao desenvolvimento do dispositivo para sustentação e movimentação de membros superiores. A escrita e a configuração do relatório descritivo, das reivindicações e dos desenhos de patente relacionados ao produto são descritos de forma a fundamentar a viabilidade técnica da ideia.

O processo ocorreu por meio da busca de informações em bancos de patentes, como o disponível no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual, visando recuperação de informação da patente correlacionada ao produto em desenvolvimento. A busca também se deu em bases *on-line* do Escritório Europeu de Patente, do Escritório Norte-Americano de Patente e Marcas, e no Portal de Periódicos da CAPES.

3.1 PATENTES EXISTENTES EM ÁREA ANÁLOGAS DO PRODUTO

Foram recuperadas: oito patentes norte-americanas e três brasileiras, relacionadas com a área do produto. Esses documentos de anterioridade se referem a tecnologias semelhantes de suspensão de segmentos corporais contra a força de ação da gravidade. Alguns produtos foram concebidos com o fim de auxiliar movimentação em leito, outros para promover condicionamento físico, amplitude de movimento ou propósito terapêutico.

No Brasil, os três documentos relacionados identificados são fabricados por uma única empresa, que é voltada para produtos e serviços da área de tecnologia assistiva.

3.1.1 Patente nº US 2.631.582 A

Primeiro documento recuperado, o *Portable Adjustable Manipulating Apparatus*, tem registro nº US 2.631.582 A e publicação de 1953. Refere-se a um equipamento, que pode ser acoplado a cama ou outro mobiliário que o paciente esteja limitado enquanto se recupera de enfermidade (BENSFIELD, 1950).

Consiste em um sistema mecânico de polias e engrenagens que acionado por manivela gera deslocamento do segmento corporal, que necessita ser movimentado ou suportado, contra a força da gravidade. Utiliza os princípios descritos por Guthrie Smith na década de 1940 para sustentação de partes corporais (BENSFIELD, 1950).

Seu desenho constitui-se em um aparelho com uma peça longitudinal em forma de ‘U’ disposta horizontalmente sobre o mobiliário em que o paciente se encontra, seguido por um tubo vertical que se projeta abaixo do mobiliário (cama, por exemplo). Um motor ligado por manivela, aciona mecanismo de polias dentro do tubo vertical e o membro é movimentado superiormente (Figura 28) (BENSFIELD, 1950).

Figura 28 - Invenção patente nº US 2631582 A' de 1953 (Adaptado de: BENSFIELD, 1950, p.1).

3.1.2 Patente nº US 3.077.613

‘*Exercise Bar for Bed*’ foi o segundo documento recuperado relacionado à temática. Sob o registro nº US 3.077.613 de 1963, apresenta a invenção de uma barra em trapézio, para exercícios, idealizada para incorporação na estrutura de leitos hospitalares (Figura 29) (MAYER, 1959).

O equipamento vem descrito como tendo várias possibilidades de posicionamento decorrente da fixação da barra em trapézio na estrutura da cama por um suporte giratório e resistente, responsável pela ancoragem da armação na qual a barra em trapézio é atada. Os movimentos rotacionais e axiais podem ser limitados pela colocação de um pino na estrutura giratória (MAYER, 1959).

Figura 29 - Invenção patente nº US 3.077.613 de 1963 (Adaptado de: MAYER, 1959, p.3).

3.1.3 Patente nº US 3.373.993

A próxima invenção relacionada com a temática é a ‘*Resistance Exerciser and Brakeable Mobile Carriage*’ de número US 3.373.993 datada de 1968. Trata-se de um dispositivo para

exercícios terapêuticos ou de reabilitação, que é acrescentado ao processo de terapia para suportar membros com fraqueza muscular durante os movimentos requisitados na sessão (OJA; SCHEUERMAN, 1964).

O dispositivo é móvel e concebido para ser utilizado por detrás de uma pessoa cujos braços necessitam estar suportados durante um determinado período de uso. Pode ser utilizado com o paciente em pé, sentado em cadeira padrão ou cadeira de rodas (OJA; SCHEUERMAN, 1964).

É também descrito como opção no processo de reabilitação para auxiliar o envolvimento do paciente em tarefas que lhe são interessantes. Cita a pintura ou desenho, a escultura e os jogos de tabuleiro, como também a leitura de revistas/livros auxiliando no passar as páginas ou ainda para assistir durante a refeição, de forma que o paciente se alimente sem a ajuda constante de outro indivíduo (OJA; SCHEUERMAN, 1964).

Sua mobilidade é fornecida por uma base estrutural com rodízios e trava, e permite regulação da altura do apoio de braço (Figura 30) (OJA; SCHEUERMAN, 1964).

Figura 30 - Patente nº US 3.373.993 de 1968 (Adaptado de: OJA; SCHEUERMAN, 1964, p.1).

3.1.4 Patente nº US 3.683.898

Outro documento, o '*Therapeutic Apparatus*', US 3.683.898 de 1972, refere-se a um dispositivo para ser utilizado em associação à cama ou leito hospitalar para permitir atividades físicas que seriam impossíveis de serem realizadas devido à condição de saúde do paciente (Figura 31) (UNDERWOOD, 1970).

O dispositivo inclui uma barra horizontal acima da cama suspensa por estruturas acionadas por um motor, que proporciona ajustes de altura por movimento da barra no plano vertical. Suporta deslocamentos angulares, e foi concebido para ser utilizado para exercícios de tronco, membros inferiores e superiores, além de ter indicação para pessoas com fraqueza da musculatura do ombro. Aponta como possíveis beneficiários pessoas incapacitadas, obesas, com fratura e ferimentos nos membros (UNDERWOOD, 1970).

Figura 31- Invenção patente nº US 3.683.898 de 1972 (Adaptado de: UNDERWOOD, 1970, p.1).

3.1.5 Patente nº US 5.048.825

Outro registro data de 1991, patente número US 5.048.825 – '*Portable Doorway and Floor Stand Exerciser for Use by Wheelchair Occupants*'. A invenção especifica um dispositivo com

design de grampo, portátil, para ser fixado na estrutura de batente de porta (Figura 32) (KELLY, 1990).

Concebido para exercícios físicos e com a função de auxiliar na movimentação de membro superior. É descrito como para ser utilizado exclusivamente por pessoas usuárias de cadeiras de rodas (KELLY, 1990).

O equipamento se configura com alças para apoio em tira, única no punho e dupla no cotovelo, suspensas por sistema de travessa, polias, grampo para fixação e contrapesos (halteres) apoiados ao chão. Por ter a fixação por sistema de grampo é relatada como versátil para uso em qualquer batente de porta, e, portanto pode ser utilizada em diferentes ambientes em que o cadeirante necessite estar e se exercitar, como por exemplo, o próprio domicílio, centro de reabilitação e hospital (KELLY, 1990).

Figura 32 - Invenção patente nº US 5.048.825 de 1991 (Adaptado de: KELLY, 1990, p.1).

A invenção também é descrita como podendo ser encaixada em um quadro portátil (Figura 33), com as mesmas dimensões da estrutura da porta. Este quadro possui regulagem de altura por sistema de pinos com encaixe e, uma travessa no portal superior com regulagem para fixação do grampo, proporcionando a escolha do ponto a ser feita a suspensão do membro. A base possui rodízios que permitem o deslocamento da estrutura. Esta opção amplia os espaços em que a invenção pode ser utilizada proporcionando ao usuário maior versatilidade no uso (KELLY, 1990).

Figura 33 - Quadro opcional da patente nº US 5.048.825 (Adaptado de: KELLY, 1990, p.4).

3.1.6 Patente nº US 5.466.204

Documento semelhante à invenção US 3.373.993 descrita anteriormente e recuperado no processo de busca é a patente número US 5.466.204 de 1995 que descreve o '*Upper Body Exercise Apparatus*' (Figura 34). Um aparelho para exercícios que auxilia o processo de reabilitação de músculos dos membros superiores de pessoas com relato de acometimento neste segmento (NEARING, 1994).

A invenção consiste em uma base de suporte configurada em cruz, com rodízios para proporcionar mobilidade, uma estrutura vertical com regulagem para altura adequada dos apoios de braços do usuário, duas barras horizontais com opção de regulagem independente para

profundidade e sistemas de contrapeso para cada barra horizontal, localizados paralelamente de cada lado da estrutura vertical (NEARING, 1994).

O sistema de apoio do membro superior consiste de duas alças para punho e cotovelo, em tira única. Pode ser utilizado unilateralmente ou bilateralmente. E as opções de ajuste permitem que seja determinada a amplitude de movimento para os exercícios idealizados para o ombro, e o terapeuta pode incluir ou não resistência na proposta de exercício. Se resistência for adicionada, esta também pode ser graduada, permitindo adaptação à força muscular residual do usuário (NEARING, 1994).

Figura 34 - Patente nº US 5.466.204 de 1995 (Adaptado de: NEARING, 1994, p.1).

3.1.7 Patente nº US 5.501.656

Em 1996, outro registro é identificado, o de número US 5.501.656 – ‘*Arm Motion Support Apparatus*’, que descreve um aparelho de apoio para o braço se movimentar. É apresentado como uma inovação que possibilita ao usuário controlar os movimentos com amplo grau de liberdade de movimento inclusive na realização de exercícios funcionais devido as alças de apoio distal e proximal no antebraço, que são sustentadas por fios e cordas, mantidas por molas, com ajustes individuais pelo usuário (Figura 35) (HOMMA; ARAI, 1994).

Figura 35 - Ilustração da patente US 5.501.656 (Adaptado de: HOMMA; ARAI, 1994, p.1).

3.1.8 Patente nº US 7.364.555 B1

O documento US 7.364.555 B1 de 2008 – ‘*Self-Assisted Shoulder Passive Range of Motion Apparatus*’, consiste em um aparelho de movimentação passiva para a articulação do ombro, sendo referido como aparelho terapêutico e de reabilitação, tanto para manobra de alongamento quanto para exercício passivo do segmento (DAVIDSON, 2005).

Sua arquitetura inclui um suporte adaptado para o antebraço, sustentado por um sistema de dois tirantes e uma polia conectados a um cabo que é içado pelo lado contralateral do paciente por outra polia fixada ao teto (Figura 36) (DAVIDSON, 2005).

Figura 36 - Patente US 7.364.555 B1 de 2008 (Adaptado de: DAVIDSON, 2005, p.1).

3.1.9 Patente nº PI 8902279

O primeiro registro identificado de patente brasileira relacionada ao tema é o PI 8902279 A, publicado em 1990, com o título de '*Dispositivo Terapêutico de Apoio e Sustentação Para Cabeça*' (Figura 37) (KANAWATI; PHILOT, 1990).

Trata-se de um dispositivo destinado a assistir o controle de cabeça de crianças com paralisia cerebral por meio de tração feita por bandas elásticas atadas a um capacete de tiras. A assistência é para manter a cabeça em uma posição ereta e simultaneamente permitir liberdade de movimento para a criança, de forma que ela possa desempenhar os movimentos desejados (KANAWATI; PHILOT, 1990).

Figura 37 - Patente brasileira de 1990 (Adaptado de: KANAWATI; PHILOT, 1990, p.11).

3.1.10 Patente PI 9005907 A

O documento PI 9005907 A, também patente brasileira, publicado em 1992, sob o título '*Dispositivo Dinâmico e Ajustável para Levitação das Partes do Corpo Humano*', consiste na invenção de um equipamento para levantar partes do corpo (cabeça, membros superiores e tronco) usado em tratamento terapêutico e fisioterapêutico (KANAWATI; PHILOT, 1990).

O equipamento assemelha-se a uma vara de pesca garantindo o suporte das partes corporais por fio de aço, molas e argolas. Não possui sistema para encaixe da vara devendo ser mantida por terceiros ou em outro equipamento (Figura 38) (KANAWATI; PHILOT, 1990).

Figura 38 - Patente brasileira de 1992 (Adaptado de: KANAWATI; PHILOT, 1990, p.1).

3.1.11. Patente BR 10 2012 020241-7 A2

A invenção BR 10 2012 020241-7 A2, '*Sustentador Antigravitacional Dinâmico da Cabeça*', foi publicada em 2015 e trata-se de um conjunto de dispositivos que se prende ao encosto da cadeira, cuja função é mover o peso da cabeça de pessoa com alterações no sistema nervoso central (Figura 39). Utiliza sistema mecânico como solução para sustentação de cabeça contra a força da gravidade (MORILLO; PHILOT, 2012).

Figura 39 - Patente BR 10 2012 020241-7 A2 (Adaptado de: MORILLO; PHILOT, 2012, p.1-4).

3.2 PRODUTOS X PRODUTOS PATENTEADOS

Em uma análise das patentes recuperadas, verifica-se que entre os treze equipamentos descritos na revisão de literatura, apenas o *Arm Suspension* da JAECO Orthopedic©, cuja comercialização se mantém atual, tem *design* similar ao dispositivo descrito na Patente nº US 3.373.993 - *Resistance Exerciser and Brakeable Mobile Carriage* de 1968.

A Patente nº US 5.466.204 de 1995 que descreve o '*Upper Body Exercise Apparatus*' tem características estruturais que podem ser reconhecidas, mas não são totalmente similares no *Deltoid-Aid Brand Arm Counterbalance* e no *Swedish Arm Sling Suspension*, ambos descritos pela AJOT em 1969.

Os equipamentos que são fixados no encosto da cadeira; isto é, aqueles com módulo de apoio em mobiliário como o *Balancer* da Focal Meditech©, têm sua base de invenção na Patente nº US 5.501.656 - '*Arm Motion Support Apparatus*' de 1996.

E a patente brasileira PI 9005907 A publicada em 1992, sob o título '*Dispositivo Dinâmico e Ajustável para Levitação das Partes do Corpo Humano*' é o equipamento Levitar® da Expansão© descrito no item 2.2.13 do Capítulo 2.

CAPÍTULO 4

4 EMBASAMENTO TEÓRICO

Sistematização de conceitos simples pode ser idealizada pela efetivação de conhecimento específico ou da experiência adquirida. Entretanto, determinados produtos, reconhecidos pela complexidade conceitual necessariamente requerem fundamentação da engenharia. Don Clausing (1994) contextualizava que, fornecendo adequado fundamento ao engenheiro, um bom produto certamente seria concebido e que a diferença entre o sucesso e o fracasso do produto desenvolvido poderia ser encontrada nas respostas de quais são as necessidades dos consumidores.

O desenvolvimento de um produto é um dos elementos que integram as possibilidades de incremento do campo de tecnologia assistiva. “Esse processo também representa uma geração de valor desde a ideia até o produto, no qual o projetista somente consegue conduzir sua tarefa, se trabalhar em estreita colaboração com outras áreas e pessoas de outras especialidades” (PAHL *et al.*, 2013, p.2).

Um método útil no processo de desenvolvimento de produto é o QFD – Desdobramento da Função Qualidade. A ferramenta capta as necessidades dos consumidores, traduz em requisitos dos usuários, a partir deles extrai os requisitos técnicos, prioriza as características e sequencialmente avança em cada estágio de desenvolvimento do produto fornecendo subsídios para decisões focadas nas demandas, desejos e necessidades do consumidor.

Este capítulo apresenta o embasamento teórico sobre metodologia de projeto, alicerçando a importância do conhecimento sistemático sobre as técnicas para desenvolvimento de produto e, contextualiza as circunstâncias de escolha da ferramenta de Desdobramento da Função Qualidade (QFD), explicitando como a mesma é utilizada nos procedimentos de metodologia do projeto.

4.1 METODOLOGIA DE PROJETO

Por metodologia de projeto, compreende-se um procedimento sistemático planejado que é meio de investigação a fim de se conseguirem alternativas para um produto, e que pode “ser aplicado, em princípio, em qualquer atividade de projeto, independentemente da especialidade” (PAHL *et al.*, 2013, p.6).

Metodologia de projeto é a “sistemática de desenvolver o projeto de produtos” (BACK *et al.*, 2008, p.25). Esse projeto, se eficiente e eficaz, responde a sequência de “o que fazer, para quem fazer, quando fazer, com que fazer e como fazer”.

Pahl e colaboradores (2013, p.6) descrevem uma metodologia como:

Procedimento planejado com indicações concretas de condutas a serem observadas no desenvolvimento e no projeto de sistemas técnicos, que resultaram de conhecimentos na área da ciência de projeto e da psicologia cognitiva, e também da experiência com diferentes aplicações. Disto fazem parte os procedimentos para interligação de etapas de trabalho e fases de projeto tanto pelo conteúdo quanto pela organização, que de maneira flexível são adaptados ao respectivo problema.

O desenvolvimento de produto é regido por um “conjunto de processos, tarefas e atividades de planejamento, organização, decisão e ação envolvidos para que o sistema considerado alcance os resultados do sucesso esperado” (CHENG, MELO FILHO, 2010, p.3). Diferentes autores descrevem essas opções para o desenvolvimento de um produto, como por exemplo Urban e Hauser (1993); Baxter (2008); Back, *et al.* (2008); Madureira (2010); Cheng e Melo Filho (2010) e Pahl, *et al.* (2013). Suas proposições diferenciam-se de acordo com a área em que desempenham sua formação (engenharia, marketing ou design), mas todos compartilham da afirmativa de que essas divisões ou etapas não são sequenciais, podendo ser ordenadas e utilizadas de acordo com a demanda percebida para o desenvolvimento do produto, não necessariamente em uma ordem rígida e única.

Neste trabalho, elege-se a proposição para desenvolvimento de produto descrita pelos engenheiros Cheng e Melo Filho (2010) como orientação para os desdobramentos da metodologia de projeto. Portanto, didaticamente, no processo de desenvolvimento de produto identificam-se três subtemas: (i) Avaliação do Sistema de Desenvolvimento de Produtos; (ii) Nível Estratégico: Empresa/Programa de Desenvolvimento; (iii) Nível Operacional: Projeto de Desenvolvimento.

Este último compreende dois tópicos: (a) Processo de Desenvolvimento e (b) Organização da Equipe de Desenvolvimento. O Processo de Desenvolvimento é o foco de interesse por conter o conjunto de procedimentos e de técnicas utilizadas para o delineamento e composição do desenvolvimento do produto.

Esse conjunto de procedimentos, que visa à obtenção e análise das informações referentes ao desenvolvimento do produto, a partir de uma perspectiva de garantia da qualidade ou da satisfação do cliente, foi nomeado por Cheng e Melo Filho (2010) como ‘Processo de Desenvolvimento de Produto Orientado para o Cliente – PDPOC’.

Um PDPOC é constituído por quatro macroetapas que podem ser visualizadas na Figura 40

(CHENG, MELO FILHO, 2010):

(a) Macroetapa 1: Planejamento do Produto, com as etapas ‘*Identificação das Necessidades dos Clientes*’ e ‘*Desenvolvimento e Teste de Conceito*’;

(b) Macroetapa 2: Projetos, com as etapas ‘*Projeto Básico: Conceitual e Preliminar*’, ‘*Projeto Detalhado do Produto*’ e ‘*Projeto do Processo de Fabricação*’;

(c) Macroetapa 3: Produção, com as etapas ‘*Preparação para a Produção*’ e ‘*Produção Final*’;

(d) Macroetapa 4: Lançamento e Monitoramento do Produto no Mercado, com as etapas ‘*Preparação de Marketing e de Assistência Técnica*’ e ‘*Verificação do Nível de Satisfação do Cliente*’.

Figura 40 – Diagrama do Processo de Desenvolvimento de Produto Orientado para o Cliente - PDPOC (Adaptado de: CHENG; MELO FILHO, 2010, p.81).

Uma ferramenta, apontada como essencial no processo de desenvolvimento do produto orientado para o cliente é o QFD (*Quality Function Deployment* - Desdobramento da Função Qualidade). O método utiliza como fonte a voz do cliente e a participação de equipes multifuncionais e busca unir as necessidades e os desejos do cliente traduzindo-os em requisitos de engenharia, permitindo o aprofundamento do desenvolvimento e da melhoria do produto (AKAO, 1990).

Assim, a metodologia de projeto é orientada para o cliente utilizando-se técnicas classificadas tanto como qualitativas quanto como quantitativas dentro de unidades reconhecidas como operacionais. O desdobramento da qualidade (QD) em todo o processo de um PDPOC acontece em dois planos: vertical e horizontal.

No plano vertical é detalhado o raciocínio de causa e efeito, de forma encadeada, em vários níveis hierárquicos por meio de unidades operacionais do QD: tabela, matriz, modelo conceitual e conjunto de padrões para produção. O desdobramento da qualidade na direção horizontal ou em amplitude pode contemplar quatro dimensões: qualidade (positiva), tecnologia, custo e confiabilidade (qualidade negativa) (CHENG; MELO FILHO, 2010).

Pahl *et al.* (2013, p.403) relatam que corporações industriais que utilizam metodologia de projeto asseguram:

- Aumento do número de patentes, principalmente as específicas;
- Redução no tempo de desenvolvimento do produto mesmo com uma extensão da etapa de concepção;
- Alcance de boas soluções;
- Gerenciamento mais fácil do aumento constante da complexidade dos problemas ou produtos;
- Crescimento da criatividade frente à determinação de prazos reais;
- Intensificação da transferência dessa forma de trabalho em outros setores na empresa.

4.1.1 PLANEJAMENTO DO PRODUTO

Figura 41 – Fases do planejamento do produto (Fonte: Autora, 2015).

No *Processo de Desenvolvimento de Produto Orientado para o Cliente* – PDPOC, a fase de *Planejamento do Produto* compreende duas etapas: (i) Identificação das necessidades dos clientes; e (ii) Definição e teste de conceito, em que são avaliadas alternativas e tomadas as decisões com relação ao produto (Figura 41). A ideia do produto é o resultado desta fase e, pode ser apresentada como uma descrição das características necessárias, funcional, como também dos princípios de funcionamento. Ideia ou conceito do produto são representados por informações técnicas e de mercado.

Para Back, *et al.* (2008) o conceito ou ideia do produto pode ser uma especificação de oportunidade. Para seu desenvolvimento é necessária a compreensão do mercado e de suas necessidades potenciais.

4.1.1.1 Identificação das necessidades dos clientes

Obtém a voz do cliente; compreende as demandas por ele identificadas e concebe uma primeira opção do produto em processo de desenvolvimento. As atividades prováveis para desdobramento desta etapa são (CHENG, MELO FILHO, 2010, p.85):

- Geração de ideias;
- Identificação de oportunidades de mercado;
- Segmentação e definição de mercado-alvo;
- Determinação do tamanho, potencial e aceitação do mercado;
- Identificação das necessidades dos clientes;
- Definição dos benefícios estratégicos para o produto.

Drumond e Melo Filho (2010, p.102), explicam que no processo de escuta das necessidades, dos desejos e das demandas do cliente:

Os dados resultantes de pesquisa de mercado (pesquisas qualitativas) são a fonte principal de informações (dados primários), sendo coletados para dar suporte ao processo de tomada de decisões gerenciais nas diversas etapas do desenvolvimento do projeto, aumentando as suas chances de sucesso. A obtenção destes dados exige um contato estreito com o mercado para obter informações qualitativas que representem as necessidades e os desejos dos clientes, expressos ou latentes. Estes últimos são desejos não expressados, mas existem e devem ser identificados.

Akao (1990) registra que a atenção deve ser dirigida nesta fase do processo, pois para garantir a qualidade do produto novo, não só as percepções expressas de "qualidade negativa" devem ser reparadas nas queixas dos consumidores. E, explica que o que não é dito pelo consumidor (aquilo que está latente) é extremamente importante na tradução das idéias sobre "qualidade positiva", que também expressa as exigências dos consumidores.

A voz do cliente pode ser obtida por diferentes meios que envolvem decisões sobre o público-alvo, técnica de coleta de dados (entrevista individual, entrevista em grupo ou observação direta), tamanho da amostra e técnicas de amostragem. Essa coleta reúne dados originais ou informações primitivas que necessitam ser traduzidos em informações para o projeto de desenvolvimento do produto. “Assim, é preciso converter os dados originais em necessidades, denominadas aqui de item exigido. (...) Itens exigidos se referem à necessidade de todo tipo: qualidade intrínseca do produto, preço, serviço (...)” (DRUMOND; MELO FILHO, 2010, p.102).

A organização dos itens exigidos ou requisitos do usuário acontece por meio da ferramenta desdobramento da função qualidade (QFD), por meio de uma unidade básica, a Tabela de Desdobramento das Qualidades Exigidas, uma representação sistematizada e particularizada das necessidades, desejos e demandas do cliente.

4.1.1.2 Definição e teste de conceito

Compreendem uma caracterização pormenorizada do produto no vocabulário do cliente com foco nos benefícios planejados, avaliando os conceitos alternativos e escolhendo o que melhor se adéqua a proposta. Cheng e Melo Filho (2010, p.86) sugerem como tarefas desta etapa:

- Geração de conceitos;
- Determinação das principais funções de qualidade e suas metas de desempenho;
- Posicionamento do produto no mercado;

- Avaliação e validação do conceito do produto (...);
- Análise do grau de renovação e atratividade competitiva;
- Definição do *mix* de mercado e previsão de vendas;
- Avaliação da intenção de compra.

Sequencialmente ao preenchimento da Tabela de Desdobramento das Qualidades Exigidas, marco inicial para a implantação da qualidade planejada, realiza-se uma opção das necessidades relatadas pelo cliente de acordo com a relevância a elas conferidas. Nesta etapa, realiza-se a confirmação junto aos clientes de quais apontamentos são mais importantes, e contrapõem-se o produto com outros, apontando quais os itens são melhores, semelhantes ou piores. “Essas informações, quando coletadas com precisão junto aos clientes que representam o público-alvo, constituem uma base segura para a definição dos benefícios estratégicos e o conceito do produto” (DRUMOND; MELO FILHO, 2010, p.121).

Por conceito compreende-se a descrição pormenorizada do produto em desenvolvimento no estilo do cliente, tendo os benefícios estratégicos determinados. Assim, benefícios estratégicos (definição) e conceito do produto são apurados a partir de dados coletados junto aos clientes, que sequencialmente no processo de desenvolvimento de produto são quantificados. Essa quantificação acontece sobre duas perspectivas:

- Preferência do cliente, medida pelo grau de importância que atribuem a cada item da qualidade exigida;
- Percepção do cliente sobre produtos existentes, medida pela avaliação do desempenho do produto atual e do concorrente.

4.1.1.3 QFD – Desdobramento da Função Qualidade

As informações levantadas durante a Macroetapa de Planejamento do Produto são importadas para a Matriz de Qualidade da ferramenta QFD. Esta, também conhecida como *Quality Function Deployment*, originalmente um método para *design*, cujo conceito foi introduzido no Japão em 1966 por Yoji Akao (AKAO, 1990, p.3):

O Desdobramento da Função Qualidade (...) fornece métodos específicos para garantir a qualidade ao longo de cada etapa do processo de desenvolvimento de produtos, começando com *design*. Em outras palavras, este é um método para desenvolver um *design* de qualidade destinado a satisfazer o consumidor e, em seguida, traduzir as demandas dos consumidores em metas de projeto e nos principais pontos de garantia de qualidade para ser usado durante toda a fase de produção.

A primeira matriz construída em um QFD é a Matriz de Qualidade ou Casa da Qualidade, que é constituída pela voz do cliente e pela voz da engenharia, por meio de funções de extração, correlação e conversão (Figura 42). Melo Filho e Cheng (2010, p. 135) definem que:

Matriz da Qualidade é a matriz que tem por finalidade executar o projeto da qualidade, sistematizando as verdadeiras qualidades exigidas pelos clientes por meio de expressões lingüísticas, mostrando a correlação entre essas expressões e as características da qualidade do produto, e convertendo a importância atribuída aos itens de qualidade exigida, obtida no planejamento da qualidade, para os itens de características da qualidade que devem ser projetados.

Uma vez finalizada a matriz da qualidade, sua visualização permite análise sistemática das qualidades exigidas pelos consumidores em suas próprias palavras, relação entre essas qualidades exigidas e as características de qualidade, conversão das demandas dos clientes em características técnicas, e aperfeiçoa o *design* de qualidade (AKAO, 1990).

Figura 42: Matriz da qualidade (Adaptado de BACK, *et al.*, 2008).

A Matriz da Qualidade converte a voz do cliente (requisitos do usuário) para a voz da engenharia (requisitos de projeto), ou seja, traduz a voz do cliente em informações do Projeto

Básico, e essa ação é elencada por Melo Filho e Cheng (2010) em cinco etapas. Destas, com exceção da primeira e da quinta, pode haver variação em virtude do curso do projeto em desenvolvimento. A Figura 43 apresenta as etapas que compõem esse procedimento.

Figura 43: Etapas para a tradução da voz do cliente em informações do Projeto Básico (Adaptado de: MELO FILHO; CHENG, 2010, p.137).

4.1.2. PROJETOS

Figura 44 – Fases do projeto (Fonte: Autora, 2015).

A segunda macroetapa do PDPOC, compreende três etapas: Projeto Básico, Projeto Detalhado do Produto e Projeto do Processo de Fabricação (Figura 44).

4.1.2.1 Projeto Básico

Engloba as ações de determinação das particularizações técnicas do produto, seguindo as necessidades do cliente apontadas na Macroetapa de Planejamento do Produto.

Por meio da função extração, as qualidades exigidas e obtidas a partir da voz do cliente são transformadas em elementos da qualidade, características técnicas mensuráveis. “(...) Definidas as características da qualidade, estas devem ser organizadas em grupos afins (...) para que seja construída a Tabela de Desdobramento das Características da Qualidade, (...) um arranjo sistemático das características e dos elementos da qualidade que formam o produto final” (MELO FILHO, CHENG, 2010, p. 143).

O passo seguinte é organizar as informações da qualidade exigida (voz do cliente) e da característica da qualidade, dispostas em tabelas, respectivamente a Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida e a Tabela de Desdobramento das Características da Qualidade, em matriz. Nesta, os itens da tabela de qualidade exigida são as linhas enquanto as características de qualidade são as colunas.

As intensidades das correlações, os critérios e a ordem de identificação das correlações são estabelecidas e a partir dessas determinações procedem-se as correlações entre as duas tabelas. Akao (1990) descreve que os símbolos ilustrados na Figura 45 são os indicados para descrever o grau de correlação entre a qualidade exigida e elementos da qualidade.

Don Clausing (1994) atribui como peso da correlação, para ‘muito importante’, ‘importante’ e ‘pouco importante’ respectivamente os valores de (9), (3), (1).

Figura 45 - Símbolos para expressar a correlação na Matriz da Qualidade (Adaptado de: AKAO, 1990, p.22).

Findado o processo de correlação, inicia-se o procedimento de conversão, que é “utilizado para transmitir a importância dos itens de uma tabela (seus pesos relativos) para os itens de outra tabela, e é realizado por meio das correlações identificadas na matriz” (MELO FILHO; CHENG, 2010, p. 154). Pela correlação a voz do cliente, identificada como qualidade exigida é transmitida às características da qualidade, sentenciando as prioridades para o projeto.

À matriz, adicionam-se inferiormente campos do peso absoluto e relativo e prossegue-se convertendo os pesos relativos das qualidades exigidas em pesos absolutos das características da qualidade.

Melo Filho e Cheng (2010, p. 155) pormenorizam que para o cálculo de pesos relativos para peso absoluto deve-se:

Somar em coluna o produto entre os pesos relativos das qualidades exigidas e os respectivos valores em linha das correlações identificadas para os itens de característica da qualidade. Ou seja, multiplicar as correlações pelos pesos relativos das qualidades exigidas por linha da matriz, e somar este produto por coluna.

O passo seguinte de montagem da Matriz é a análise competitiva. Esta é efetivada com base no valor de cada característica da qualidade do produto, e se o produto é novo, “os campos correspondentes ao valor atual destas características na matriz de qualidade podem ficar em branco, e deverão ser preenchidos durante o processo de prototipagem” (MELO FILHO; CHENG, 2010, p. 161).

Assim, após a comparação, estabelecem-se os valores metas de desempenho, que são as especificações técnicas para o produto em desenvolvimento em consonância com as demandas do mercado. Um novo campo na matriz qualidade é acrescentado para a Qualidade Projetada na Matriz da Qualidade.

Estabelecer os valores-metas significa traçar o plano de melhoria para as características da qualidade do produto. A definição das metas implica em definir novos valores para as características da qualidade, manter os valores atuais com o objetivo de superar os concorrentes naqueles itens mais estratégicos, os de maior importância segundo o mercado (maior peso relativo) (MELO FILHO; CHENG, 2010, p. 163).

E, na sucessão da metodologia de projeto, torna-se necessário, após as etapas descritas entre o conceito e o produto, reconhecer as amplificações das soluções, selecionando as variantes e utilizando pesos para a seleção das melhores soluções. Com o apontamento de 3 a 6 soluções, realiza-se a otimização do desempenho com protótipos ou modelos matemáticos (quando necessários) para então detalhar o projeto, com vistas ao produto final.

4.1.2.2 Projeto Detalhado do Produto

Envolve todos os elementos necessários para o desenvolvimento do produto final. Auxilia a etapa de prototipagem Exemplos de atividades cadenciadas nesta etapa são (CHENG; MELO FILHO, 2010, p.87):

- Estabelecimento dos subsistemas (...) e suas especificações;
- Estabelecimento das matérias-primas e suas especificações;
- Desenvolvimento de embalagem.

4.1.2.3 Projeto do Processo de Fabricação

Arquiteta-se os processos de produção e consonância com as discriminações efetivadas para o produto final. Pode abranger (CHENG; MELO FILHO, 2010, p.87):

- Estabelecimento dos processos de produção e respectivos parâmetro de controle;
- Projeto de layout;
- Análise da confiabilidade dos processos.

As macroetapas de Produção e Lançamento/Monitoramento do Produto no Mercado não serão abordadas, por não constituírem em ações deste trabalho.

4.1.3 Prototipagem

A prototipagem ocorre no decorrer das macroetapas 1 e 2 do PDPOC, e encerra três fases: (i) projeto; (ii) construção; e (iii) teste. Sua execução viabiliza a demarcação de momentos de acompanhamento e controle do encadeamento do projeto, fornecendo *feedback* em relação ao sucesso das ações e apontamentos de oportunidades para melhoria.

Cabe ressaltar, que em se tratando de um projeto de engenharia industrial ou com aplicação em outras áreas de pesquisa e tecnologia, os protótipos podem ser classificados genericamente como:

- Prototipagem Manual – Ligada aos artesãos, demorada e trabalhosa. Ainda presente em muitas empresas.
- Prototipagem Virtual – Baseia-se em modelo computacional que pode ser testado, analisado e modificado para atender requisitos de projeto.
- Prototipagem Rápida – Conjunto de técnicas e processos que permitem a construção de modelos físicos pela deposição de camadas de material.

O protótipo deve ser utilizado junto aos clientes e “nesses testes podem ser verificadas as preferências dos clientes com relação a diferentes produtos (...), o que guia essa preferência, e uma otimização das especificações do novo produto, para melhor atender aos consumidores” (CHENG; MELO FILHO, 2010, p.87).

Para Madureira (2010), a construção de protótipos tem importância no processo de desenvolvimento de produto, pois oportuniza a concretização de características, dimensões, materiais e acabamentos do conjunto e elementos idealizados, subsidiando a documentação formal do projeto do produto.

CAPÍTULO 5

5 ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DAS OPORTUNIDADES DE INOVAÇÃO

Uma oportunidade deve ser justificada, avaliada e identificada por uma pesquisa. Acrescido a esta, estão às especificações do grau de inovação de um produto, apoiadas pela identificação dessa oportunidade, análise de “produtos” concorrentes, e proposta de inovação do produto. Segundo Cheng e Melo Filho (2010) o grau de inovação pode apresentar variações definidas da seguinte forma: a) o conceito é totalmente inovador, do ponto de vista da ciência; b) o conceito é inovador para a empresa, grupo de pesquisa; c) o conceito adiciona uma variação de construção em um produto existente (projeto plataforma); d) melhoria de um produto; e) há um reposicionamento do conceito no produto em operação e, e) o conceito é desenvolvido com solução baseada em redução de custos.

Assim, pela especificação da oportunidade que engloba as descrições de vantagens e a justificativa dos aspectos técnicos. “Uma oportunidade de negócios só passa a existir quando se pode identificar: 1) as demandas e desejos dos consumidores; 2) diferenças em relação aos produtos oferecidos pelos concorrentes” (BAXTER, 2008, p.130).

Nesse trabalho de pesquisa acadêmica, a análise da oportunidade de inovação auxiliou a definição do próprio tema da tese, que como será discutido ao longo desse Capítulo, identificou uma lacuna na engenharia que prescreve o processo de desenvolvimento de projeto mecânico, com foco em dispositivos para tecnologia assistiva. Como se trata de um projeto de pesquisa, o termo “produto” pode ser entendido como um “protótipo funcional”, que atenda aos requisitos especificados no projeto informacional por meio da matriz da “Casa da Qualidade” da metodologia do QFD.

Este capítulo apresenta três modelos de dispositivos comerciais de tecnologia assistiva, destinado a uso em terapias, definidos como produtos, cuja função de projeto é sustentar os membros superiores e promover movimentação. A partir da análise, descrição de aspectos técnicos e definição das características básicas de dispositivos para sustentação de braços (utilizados em sessões de terapia ocupacional como recurso para reabilitação), buscou-se identificar e especificar, as oportunidades do desenvolvimento de um novo conceito de projeto dessa categoria de dispositivo, complementando as lacunas nas necessidades do consumidor.

5.1 JUSTIFICATIVA DA OPORTUNIDADE

Na literatura acadêmica e em documentos técnicos sobre tecnologia assistiva identifica-se uma descrição recorrente sobre pesquisa e desenvolvimento de produtos destinados, como por exemplo, a cuidados pessoais, mobilidade, mobiliário e adaptações. No entanto, os produtos pesquisados para tecnologia assistiva utilizados no processo de reabilitação, essenciais no tratamento terapêutico de pessoas com deficiência não é explorado, seja referente ao processo de desenvolvimento de projeto de novos produtos ou na pesquisa dos produtos comerciais e patentes existentes.

Na ‘Pesquisa Nacional de Tecnologia Assistiva’ (GARCIA; FILHO, 2012) não há menção de produtos destinados à reabilitação, recursos que assessoram tanto o terapeuta, quanto o paciente durante o processo de tratamento. Portanto, pode-se supor uma ausência de investimento das instituições (acadêmicas, empresas e terceiro setor), assim como uma carência de incremento de políticas públicas destinadas a esses tipos de dispositivo de assistência.

Pedretti e Early (2005) contextualizam que genericamente existem duas abordagens no processo de intervenção terapêutica, a saber: (i) de compensação e (ii) de correção. Na primeira são utilizados recursos da tecnologia que devem compensar uma habilidade que não tem como ser restaurada, portanto, necessita ser adaptada. Enquanto que, na abordagem de correção se utilizam equipamentos para melhorar as habilidades de desempenho, os equipamentos nomeados como recursos da reabilitação.

É nesta categoria “de correção” do processo de intervenção terapêutica, que o dispositivo de tecnologia assistiva para sustentação do membro superior, se insere. É possível localizar uma ausência de estudos sistemáticos para geração de conceitos e soluções construtivas e investimentos, incluindo registros de patentes. Assim, reconhecem-se oportunidades de desenvolvimento para adicionais e novas soluções de projeto, acrescentando que “os estudos e análises referentes aos processos de pesquisa e desenvolvimento na área de Tecnologia Assistiva no Brasil ainda são escassos. Raros mesmo” (GARCIA; FILHO, 2012, p.8).

Neste trabalho, entende-se que a análise de oportunidade está centrada no momento do mercado brasileiro, isto é, período de “um crescimento exponencial da demanda na área da TA (...)”(GARCIA; FILHO, 2012, p.8), justificado inclusive pela restrição de produtos utilizados como dispositivos em programas de reabilitação de pessoas com deficiência.

Equipamentos de sustentação do braço têm escassez de oferta, são comercializados sazonalmente pelas indústrias do ramo. Deste modo, vislumbra-se uma demanda, uma oportunidade de desenvolvimento de um protótipo funcional, que possa ser transferido em um

curto espaço de tempo, para um produto comercial com acesso, inclusive para o Sistema Único de Saúde (SUS).

Os produtos analisados correspondem àqueles existentes no LAPITEC (Laboratório de Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva) do Curso de Terapia Ocupacional da FMRP-USP (Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, da Universidade de São Paulo) e, que são utilizados no processo de reabilitação terapêutico ocupacional de pessoas com deficiência. Estas, com perda de movimentação do membro superior.

5.2 DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS COMERCIAIS

Em uma análise dos produtos concorrentes, Baxter (2008, p.131) aponta que são três objetivos que a norteiam: “descrever como os produtos existentes concorrem com o novo produto previsto; identificar ou avaliar as oportunidades de inovação; e fixar as metas do novo produto, para poder concorrer com os demais produtos”. Dentro desse contexto, são analisados três produtos comerciais nacionais.

Essa análise acontece, sobre as características dos produtos que são potencialmente capazes de estabelecer uma comparação técnica, com o produto idealizado com grau de inovação. É necessária uma pesquisa, com observação e apreciação desses produtos disponíveis no mercado, percorrendo e documentando as funções que são similares. Em termos práticos, “significa comprar, no mercado, todos os produtos semelhantes que existam (...)” (BAXTER, 2008, p.131) e explorá-lo, entendendo suas funções, descrevendo suas características, delineando seus aspectos técnicos e identificando soluções inovadoras. Seguida esta fase, na qual é traçado o perfil dos produtos “concorrentes”, acrescenta-se a pesquisa de necessidades do mercado, deliberando sobre a oportunidade do novo “produto”.

São três os equipamentos existentes no LAPITEC da FMRP-USP, utilizados no processo de reabilitação terapêutico ocupacional de pessoas com perda de movimentação do membro superior. O modelo A foi adquirido num período anterior a essa pesquisa, ao passo que o modelo B e o C foram adquiridos para subsidiar, neste trabalho, a análise das oportunidades de inovação. Assim, os modelos A, B e C formaram a amostra de produtos disponíveis no mercado brasileiro para a análise.

A aquisição do modelo B e C foram qualificadas por uma sequência de desentendimentos com o fabricante devido à ausência de especificação dos produtos no site da

empresa e nos emails endereçados ao setor de venda. E, ambos os modelos não foram comercializados com manual de instruções e orientações para uso e montagem.

Figura 46 – Equipamentos para sustentação e movimentação do membro superior disponíveis no LAPITEC da FMRP-USP, em (a) modelo A, (b) modelo B e (c) modelo C (Fonte: Autora, 2015).

5.2.1 Descrição do equipamento Modelo A

Caracterizado como um dispositivo para uso unimanual, com opção de sustentação do membro superior em apoio duplo (cotovelo e punho). Possui base de apoio conformada em formato 'X'. O conjunto é basicamente constituído por uma base fixa, haste vertical principal com divisão em duas hastes secundárias, que seguem para haste horizontal, uma para apoio duplo e outra para o apoio único. A movimentação do sistema de sustentação é realizada por meio de um cabo de aço e duas molas de tração, e possui regulagem de altura na haste vertical e de profundidade na haste horizontal (Figura 47).

Figura 47 – Modelo A em (a) vista anterior e (b) vista lateral (Fonte: Autora, 2015).

a) Descrição do funcionamento do Modelo A

A alça, em *design* de faixa em oito, de tecido automotivo, ajustável por velcro® ao segmento do braço (o centro constitui-se o ponto do eixo articular e, em cada círculo se encontra um segmento corporal) é fixada a uma mola presa a um cabo de aço, que percorre um trajeto ascendente e horizontal. O cabo é único, guiado por anéis fixos nas hastes, e em cada extremidade se encontra uma alça de sustentação do braço. No plano paralelo ao braço há uma haste horizontal com regulação para comprimento, que por um sistema de eixo móvel se prende a haste vertical dupla com possibilidade de regulação na altura. Uma das hastes é encaixada na estrutura de base do dispositivo que tem uma configuração em ‘x’. O modelo permite sustentação unilateral, com opção de apoio por dois eixos (cotovelo e punho) ou um eixo (punho).

Cada haste vertical suporta também uma haste horizontal sendo que, uma encerra a opção de apoio unilateral do braço por sustentação nos dois eixos (cotovelo e punho) e a outra apenas em um eixo (punho).

Apoio do braço em modelo em '8'.

Haste horizontal com encaixe de regulagem.

Sistema de encaixe entre haste vertical e horizontal.

Haste vertical inferior única e superior dupla.

Base em 'x' com pé cilíndrico

Figura 48 – Principais subconjuntos do Modelo A (Fonte: Autora, 2015).

➤ **Aspectos técnicos do produto (Figura 48)**

Apoio do braço: modelo em faixa “8” em tecido, ajustável por velcro®.

Sistema de guia do cabo: anéis tipo polia ajustáveis.

Sistema de sustentação: cabo de aço e mola.

Haste vertical: duas partes (haste vertical inferior e haste vertical superior).

Haste vertical inferior: barra única sem regulagem.

Haste vertical superior: barra dupla com regulagem de altura.

Sistema de encaixe entre hastes: rolamento com ajuste de inclinação.

Haste horizontal: barra única com regulagem para comprimento.

Estrutura da base: formato em ‘X’.

Pé: cilíndrico emborrachado.

Perfil estrutural: tubos quadrados e retangulares em aço pintado para base e hastes verticais; tubos circulares em aço pintado para hastes horizontais.

5.2.2 Descrição do equipamento Modelo B

Caracterizado como um dispositivo, também de uso unilateral, com sustentação do membro superior pelo cotovelo e punho, não possuindo base de apoio (Figura 49). Após aquisição e contato com a empresa fabricante foi enviada uma peça para encaixe em encosto de cadeira, conforme ilustrado na Figura 50. Formado por uma haste vertical e outra horizontal possui sistema de sustentação por cabo de aço e mola, regulagem de altura na haste vertical e de profundidade da haste horizontal, assim como no tamanho do cabo de aço.

a) *Descrição do funcionamento do Modelo B*

O mecanismo do Modelo B mantém o braço por meio de uma alça na articulação do cotovelo e outra no punho, ambas em *design* de faixa em oito. As alças também são feitas em tecido, com regulagem para ajuste de tamanho ao segmento corporal por velcro. Nela se fixa uma argola, que se prende uma peça de encaixe do tipo chaveiro, uma mola, outra argola e o cabo de aço, que finalizam os componentes de sustentação do braço.

Figura 49 – Modelo B em vista lateral. Medidas em [mm]. (Fonte: Autora, 2015).

Figura 50 - Peça para encaixe do equipamento no encosto de cadeira. Pode ser utilizado para Modelo B e Modelo C (Fonte: Autora, 2015).

A estrutura do dispositivo é formada por duas hastes, uma vertical em perfil retangular e outra horizontal em perfil cilíndrico, conectadas por um rolamento que permite ajuste do plano de movimentação desejado. A haste horizontal é formada pelo mesmo sistema do Modelo A, duas varetas cilíndricas que deslizam entre si e podem ser ajustadas na profundidade, assim como a haste vertical. Na haste vertical é possível ajustar a guia do apoio de cotovelo, a localização do tambor e a distribuição do cabo de aço para ambas as alças de apoio do braço.

Em uma extremidade da alça horizontal existe uma peça que direciona o cabo de aço e que permite a regulagem de seu tamanho por dois parafusos. Seguida a esta peça, se encontra o rolamento que a conecta a haste vertical, também com possibilidade de ajuste para a localização da haste horizontal. Na sequência um anel com regulagem de posicionamento para direcionamento de um dos lados do cabo de aço para verticalmente sustentar o cotovelo, e na outra extremidade a segunda vareta que constitui a haste contendo a regulagem para a profundidade. Esta segunda vareta possui na sua extremidade distal, um anel fixo para guiar a segunda ponta do cabo de aço para o apoio do punho. O rolamento (eixo que conecta as duas hastes) possui encaixe denteado que possibilita a troca de posição no espaço da haste superior. As alças de apoio do cotovelo e punho são do mesmo tamanho e espessura.

➤ ***Aspectos técnicos do produto (Figura 51)***

Apoio do braço: modelo em 8 em tecido, ajustável por velcro.

Sistema de guia do cabo: anéis tipo polia ajustáveis.

Sistema de sustentação: cabo de aço e mola.

Haste vertical: barra com regulagem de altura.

Sistema de encaixe entre hastes: rolamento com ajuste de inclinação.

Haste horizontal: barra com regulagem para comprimento.

Estrutura da base: não tem.

Pé: não tem.

Perfil estrutural: tubos quadrados e retangulares em aço na haste vertical; tubos circulares em aço para haste horizontal.

Figura 51 – Principais subconjuntos do Modelo B (Fonte: Autora, 2015).

5.2.3 Descrição do equipamento Modelo C

Caracterizado como um dispositivo articulado para o segmento do cotovelo, também de uso unilateral, com sustentação do membro superior no punho e cotovelo. Assim, como indicado no Modelo B, o Modelo C não possui base de apoio, e para sua estabilidade precisa de encaixe na peça acessória ilustrada na Figura 50. É formado por uma haste vertical e outra horizontal articulada com sistema de sustentação por cabo de aço e mola (Figura 52).

Figura 52 – Modelo C em vista lateral. Medidas em [mm]. (Fonte: Autora, 2015).

a) Descrição do funcionamento do Modelo C

O produto representado pelo Modelo C, caracteriza-se por alça para suporte do punho e cotovelo em faixa em oito, ajustada por velcro®. Conecta-se a uma argola, mosquetão simples, mola, argola e cabo de aço vertical guiado por outra argola ao sistema de haste horizontal. Esta se divide em duas hastes horizontais paralelas conectadas por sistema de deslizamento na extremidade final da primeira haste. Esta possui em uma das extremidades uma peça que conduz e regula o tamanho do cabo de aço, no seu centro localiza-se o tambor ajustável na posição que se acopla a haste vertical, e na sua outra extremidade seguem dois anéis para guiar o cabo de aço (também com possibilidade de ajuste sobre esta haste) e na sua outra extremidade existe peça soldada que se sobressai verticalmente para receber haste horizontal que pode ser deslizada para regular o tamanho do braço de sustentação, e que possui movimento rotacional para permitir movimento equivalente ao do cotovelo.

Na extremidade inferior desta segunda haste há uma argola fixa para guiar cabo de aço que encerra o sistema de sustentação.

➤ ***Aspectos técnicos do produto (Figura 53)***

Apoio do braço: modelo em 8 em tecido, ajustável por velcro.

Sistema de guia do cabo: anéis tipo polia ajustáveis.

Sistema de sustentação: cabo de aço e mola.

Haste vertical: barra com regulagem de altura.

Sistema de encaixe entre hastes: rolamento com ajuste de inclinação.

Haste horizontal: com articulação.

Estrutura da base: não tem.

Pé: não tem.

Perfil estrutural: tubos quadrados e retangulares em aço na haste vertical; tubos circulares em aço para haste horizontal.

Apoio do braço em modelo em '8'.

Haste horizontal com articulação.

Sistema de encaixe entre haste vertical e horizontal.

Haste horizontal.

Figura 53 - Principais subconjuntos do Modelo C (Fonte: Autora, 2015).

5.3 ANÁLISE DAS OPORTUNIDADES E RESTRIÇÕES

Os modelos analisados são similares em suas características, sendo identificadas como oportunidade para um novo projeto, as características agrupadas nas seguintes restrições (Quadro 3):

- Uso estritamente unilateral.
- Apoio em alça modelo único em oito.
- Sustentação por cabo de aço e molas.
- Perfil estrutural retangular e circular.
- Centro de gravidade deslocado para fora da base de sustentação.
- Uso restrito junto a diferentes mobiliários.

Quadro 3- Descrição das características dos Modelos A, B, C.

	Modelo A	Modelo B	Modelo C
Apoio do braço	2 apoios 1 apoio	2 apoios 1 apoio	1 apoio
Modelo	Faixa em oito	Faixa em oito	Faixa em oito
Material	Tecido automotivo	Tecido automotivo	Tecido automotivo
Regulagem	Regulagem por velcro	Regulagem por velcro	Regulagem por velcro
Sistema de guia do cabo	Anel	Anel	Anel
Sistema de sustentação	Cabo de aço e mola	Cabo de aço e mola	Cabo de aço e mola
Haste vertical	Barra dupla com regulagem de altura	Barra única com regulagem de altura	Barra única com regulagem de altura
Sistema de encaixe entre hastes	Rolamento	Rolamento	Rolamento
Haste horizontal	Fixa com regulagem	Fixa com regulagem	Articulada com regulagem
Estrutura da base	‘X’	Não há base	Não há base
Pé	fixo	-----	-----
Perfil estrutural	Tubos retangulares Tubos circulares	Tubos retangulares Tubos circulares	Tubos retangulares Tubos circulares
Centro de gravidade	Deslocado da base	Deslocado da base	Deslocado da base
Uso	Unilateral	Unilateral	Unilateral

A partir da identificação das limitações descritas anteriormente (equipamentos para uso estritamente unilateral, sustentados por cabo de aço e molas, com encaixes do perfil estrutural retangular em circular, com centro de gravidade deslocado para fora da base de sustentação, com uso restrito para diferentes mobiliários e alças de apoio apenas em modelo em oito), foi desenvolvido um estudo para projeto sistemático, com o objetivo de se obter requisitos de melhorias junto ao usuário, complementando as considerações obtidas pela análise de oportunidades, em um processo de extração direta e inversa, e finalmente na conversão das características técnicas, utilizando o processo sistemático de Desdobramento da Função Qualidade (QFD), pela Casa da Qualidade, em um processo iterativo equipe técnica multidisciplinar e usuário, ao qual se nomeia fase do “projeto informacional” dentro da área de Metodologia de Projeto. A partir, da classificação das características técnicas identificando-se as mais significativas, obtém-se a especificação do “produto” a ser estudado (com vistas ao grau de inovação).

A fase posterior se refere à geração de conceitos para obter melhorias ou até mesmo novos conceitos para soluções construtivas, geradas nas fases posteriores denominados Projeto Conceitual e Preliminar (contendo o projeto detalhado), suficiente para a elaboração das especificações técnicas para construção de um protótipo físico funcional. Essas etapas serão descritas com maior e menor grau de detalhamento, nos Capítulos 6 e 7.

CAPÍTULO 6

6 MATERIAS E MÉTODOS

Autores como Pahl *et al.* (2005), Back *et. al* (2008), Baxter (2008), Cheng e Melo Filho (2010) e Rodrigues *et. al* (2015) apresentam o processo de planejamento do produto e as fases que determinam o desenvolvimento do produto, quer seja para uma inovação ou para uma melhoria. São inúmeras oportunidades e ideias, uma ampla variação de mercado incluindo aquele que é voltado para as pessoas com deficiência, e que muitas vezes ainda possuem características não conhecidas em sua totalidade ou em parte. Corroborando nesse sentido, Baxter (2008, p.124) explica que “devido à grande variedade de casos, não é possível formular um método padronizado de planejamento do produto que possa ser seguido (...), eles podem ser simples ou altamente complexos, dependendo do caso.”

Este capítulo apresenta os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento do dispositivo para sustentação e movimentação de membros superiores pelo *Processo de Desenvolvimento de Produto Orientado para o Cliente* proposto por Cheng e Melo Filho (2010) descrito no Capítulo 4. E, os clientes ou consumidores foram os terapeutas ocupacionais que utilizam equipamento para auxiliar na sustentação e movimentação do(s) braço(s) de pessoas com deficiência, durante o processo de reabilitação ou no treino para desempenho de tarefas diárias, condição contextualizada no Capítulo 1.

6.1 ABORDAGEM SISTEMÁTICA DE ESTUDO

Neste estudo sistemático de projeto, realizou-se o desdobramento da qualidade (QD) no plano vertical utilizando o QFD como ferramenta. Isto inclui o desdobramento da função qualidade baseado na interação com o cliente, no desenvolvimento do projeto focado no dimensionamento de seus elementos mecânicos e estruturais, bem como sua validação experimental junto aos consumidores.

O fluxograma apresentado na Figura 54 apresenta as etapas percorridas no processo de desenvolvimento do dispositivo para sustentação e movimentação de membros superiores.

Figura 54 – Fluxograma das etapas percorridas no processo de desenvolvimento do dispositivo.

6.2 COLETA DE DADOS

6.2.1 Identificação das necessidades dos clientes e definição e teste de conceito

O passo inicial da coleta de dados para o *Processo de Desenvolvimento de Produto Orientado para o Cliente*, correspondente a fase de *Planejamento do Produto*, teve seu início na disciplina SEM 5910 – *Introdução à Metodologia de Projeto em Engenharia*, ofertada na Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (EESC/USP), no semestre compreendido entre agosto a novembro de 2013.

No período de curso da disciplina foi instituído um grupo de projeto (uma equipe) composto por cinco membros, sendo uma docente graduada em engenharia mecânica, três alunos da graduação em engenharia (dois estudantes da mecânica e um de materiais e manufatura), e uma aluna da pós-graduação em bioengenharia (com graduação em terapia ocupacional) para a atividade de geração de ideias e identificação das especificações do projeto.

Para esta etapa do processo de desenvolvimento do produto, Drumond e Melo Filho (2010, p.107), descrevem que “as técnicas qualitativas são as mais apropriadas (...), por permitirem a geração de ideias e aprofundamento no ponto de vista do usuário do produto”.

Isto posto, a equipe após reuniões e discussões, e utilizando a ferramenta de *Brainstorming* para geração e seleção de ideias, elaborou um cartão (Anexo B) com treze itens que expressavam características de um produto destinado à sustentação e movimentação do braço contra a ação da força da gravidade para ser apresentado a consumidores - terapeutas, que necessitam do equipamento em sua prática clínica. Em cada item, foi solicitado aos terapeutas que pontuassem a importância da característica para o produto em desenvolvimento, de acordo com a escala numérica para 9 (muito importante), 3 (importante) e 1 (pouco importante). O Quadro 4 apresenta os treze itens com a particularidade de cada elemento descrito.

Associado ao cartão foi disponibilizado como recurso audiovisual, uma imagem (Anexo C) do modelo A descrito no Capítulo 5 (modelo de dispositivo para sustentação e movimentação do membro superior do LAPITEC – Laboratório de Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva), e utilizando a técnica qualitativa de entrevista semi-estruturada (VIEIRA, 2009), estimulou-se uma conversa livre e individual com dez terapeutas para descobrir quais eram as suas necessidades e desejos em relação ao produto.

Quadro 4 - Descrição das necessidades identificadas com a particularidade de cada elemento.

Item	Descrição característica
Bilateral	Sustentação e movimentação unilateral ou bilateral
Flexibilidade	Uso junto a diferentes mobiliários (por exemplo, leito hospitalar e cadeira de rodas)
Montagem rápida	Facilidade de encaixar as partes do dispositivo para proceder a uso
Peso paciente	Capacidade de sustentar o(s) membro(s) sem deformação das partes
Resistência do material	Capacidade de manter a originalidade do material, sem danos após uso
Conforto	Proteção, aconchego durante o uso do dispositivo
Higienização	Possibilidade de limpeza das partes
Apoio do antebraço	Desenho do componente que está em contato com o braço para suspensão
Estabilização mão	Desenho do componente que está em contato com a mão em suspensão
Regulagem altura	Possibilidade de ajuste de altura do dispositivo à demanda do usuário
Fácil de guardar	Facilidade para armazenar, acondicionar.
Fácil de desmontar	Facilidade para separar as partes
Preço	Valor para aquisição em loja

O número de terapeutas convidados foi escolhido a partir das especificações para tamanho de amostra não probabilística, de indivíduos-tipo, cujo “objetivo é a riqueza, profundidade e qualidade da informação, não a quantidade e nem a padronização” (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2006, p.272), e seu tamanho corrobora com a afirmativa de que “as técnicas qualitativas produzem bons resultados com amostras relativamente pequenas” (DRUMOND; MELO FILHO, 2010, p.108).

A partir da afirmativa que (DRUMOND; MELO FILHO, 2010, p.110):

Os clientes não expressam suas necessidades diretamente, mas por meio de descrições sobre seus desejos. Tomando como referência os produtos existentes, eles expressam aspectos de que não gostam, sugerem contramedidas para melhorar o produto ou, ainda, falam muito genericamente sobre como eles gostariam que o produto fosse.

Tem-se que após o término da pontuação dos dez cartões, o grupo de projeto da disciplina procedeu à análise das respostas e considerou apenas seis, pois quatro cartões não agregavam comentário sobre o equipamento, estando preenchidos com uma única nota (9 - muito importante) da escala numérica para todos os itens descritos.

Então, a partir dos seis cartões, as respostas e opiniões dos terapeutas caracterizadas como dados originais foram listadas e analisaram-se os valores da importância atribuídos a cada item, conforme descrito no Quadro 5.

Quadro 5 - Necessidades dos usuários (terapeutas) e importância atribuída (n=6).

Necessidades do Usuário	Importância Atribuída		
	9	3	1
Bilateral	...	...	
Flexibilidade		.	
Montagem rápida	..	...	.
Peso paciente		.	
Resistência do material		..	
Conforto			
Higienização	...	.	..
Apoio do antebraço	..	...	.
Estabilização mão	...	.	..
Regulagem altura		..	
Fácil de guardar	.		.
Fácil de desmontar	...	.	..
Preço		.	.

Em seguida, as necessidades foram refinadas e agrupadas por paridade e similitude, referenciando ou não possíveis ‘requisitos do usuário’:

- Bilateral: definida pela equipe para requisito apesar de não ter sido apontada como ‘muito importante’ pela maioria dos terapeutas. A possibilidade de uso de um ou dois membros no dispositivo amplia as opções do terapeuta durante o atendimento, tornando-se um diferencial terapêutico, um recurso com diferentes opções de uso.
- Flexibilidade: definida para requisito pelos terapeutas e equipe. Foi apontada pela maioria dos terapeutas como característica ‘muito importante’ no dispositivo.
- Montagem rápida: definida para requisito pela equipe embora não tenha sido mostrada como ‘muito importante’. Compreende-se que o tempo de montagem do dispositivo influencia nos horários do terapeuta, sendo a montagem rápida uma otimização deste tempo.
- Peso do paciente: não definida como requisito pela equipe, apesar de apontada como ‘muito importante’ pelos terapeutas. A capacidade do dispositivo de sustentar o peso do paciente está relacionada com a resistência do material.
- Resistência do material: definida como requisito pela equipe e terapeutas.

- Conforto: não definida como requisito pela equipe. A mesma entendeu que esta característica se encontra embutida em outras características como flexibilidade, bilateralidade e montagem rápida.
- Higienização: não definida como requisito pela equipe e terapeutas.
- Apoio de antebraço: não definida como requisito pela equipe e terapeutas.
- Estabilização da mão: não definida como requisito pela equipe e terapeutas.
- Regulagem de altura: definida pela equipe e terapeutas. A adequação do dispositivo às proporções do paciente é uma característica ‘muito importante’.
- Fácil de guardar: não definida como requisito pela equipe e terapeutas. Equipe entendeu que este elemento se relaciona com armazenamento e empacotamento.
- Fácil de desmontar: não definida como requisito pela equipe e terapeutas. Item pode ser contemplado em conjunto com ‘fácil de guardar’, em outro requisito.
- Preço: definido como requisito. Relaciona-se ao preço acessível para aquisição pelo sistema de saúde e disponibilização nos centros de reabilitação, assim como possibilidade de acesso por parte de pacientes que recebam acompanhamento terapêutico em domicílio.

Por fim, as necessidades foram agrupadas e convertidas, constituindo os ‘requisitos do usuário’, a saber: bilateral, flexibilidade, montagem rápida, resistência da estrutura, regulagem de altura, armazenamento e preço, conforme Quadro 6.

Quadro 6 - Conversão das necessidades dos usuários (terapeutas) em ‘requisitos do usuário’.

Necessidades usuários	Requisitos usuário
Bilateral	Bilateral
Conforto	
Flexibilidade	Flexibilidade
Conforto	
Montagem rápida	Montagem rápida
Peso paciente	-----
Resistência da estrutura	Resistência mecânica
Conforto	-----
Higienização	-----
Apoio do antebraço	-----
Estabilização da mão	-----
Regulagem da altura	Regulagem da altura
Facilidade para guardar	Armazenamento
Facilidade para desmontar	
Preço	Preço

Na sequência, os ‘requisitos do usuário’ elencados foram organizados em uma tabela (unidade operacional do QFD), instituindo a Tabela de Desdobramento das Qualidades Exigidas (Quadro 7), “representação organizada e detalhada das verdadeiras exigências do(s) cliente(s), na linguagem do grupo de desenvolvimento” (DRUMOND; MELO FILHO, 2010, p.112).

Os ‘requisitos do usuário’ foram então desdobrados e atribuiu-se dimensões, extraíndo-se os ‘requisitos de projeto’ (requisitos técnicos ou características técnicas), “uma qualidade, um atributo com grandezas definidas do produto” (BACK, *et. al*, 2008, p.204). Para a extração usou-se como referência a tabela de atributos típicos descrita em Back *et. al* (2008).

A equipe por conseguinte realizou o planejamento da qualidade desejada, analisando comparativamente os ‘requisitos do usuário’ com o dispositivo concorrente, que inicialmente motivou o desenvolvimento do produto. E, assim os ‘requisitos técnicos’ extraídos foram: simetria, geometria, usabilidade, resistência da estrutura, ergonomia, transportabilidade, vendabilidade.

Quadro 7 - Tabela de Desdobramento das Qualidades Exigidas.

Requisitos do usuário	Atributos	Nível I	Nível II	Medida de referência
Bilateral	Simetria	Geometria	Dimensão	[m]
			antropometria	
			Movimento em coordenadas – x,y,z	
Flexibilidade	Geometria	Estrutura dos subconjuntos	Volume de trabalho	[m ³]
Montagem rápida	Usabilidade	Fácil operação	Tempo de operação	[s]
Resistência da estrutura	Resistência mecânica	Resistência mecânica	Resistência à corrosão	[δ] [MPa]
		Instabilidade elástica	Resistência ao desgaste	
			Carga crítica	
Regulagem da altura	Ergometria	Adaptação ao corpo	Dimensões padronizadas	[cm]
Armazenamento	Transportabilidade	Adequado ao transporte e manipulação	Índice de empacotamento	[m ³]
Preço	Vendabilidade	De fácil venda	Custo de fabricação	[\$]
			Custo de venda	

Uma matriz de correlação entre a lista de ‘requisitos do usuário’ e a lista de ‘características técnicas’ foi estabelecida, com o objetivo de verificar se todos os ‘requisitos do usuário’ possuíam pelo menos um desdobramento técnico. O resultado dessa matriz de correlação foi adequadamente

inserido na matriz geral do QFD (Matriz de Qualidade ou Casa da Qualidade), juntamente com a experiência de ambas as áreas: engenharia e saúde, norteando o desenvolvimento do projeto conceitual, fase fundamental para que o projeto apresentasse inovação e melhoria de aspectos técnicos.

6.3 MONTAGEM DO QFD

Com as necessidades dos consumidores listadas e traduzidas em uma lista de ‘requisitos do usuário’ (voz do cliente), com posterior extração para a lista de ‘requisitos técnicos’ (voz da engenharia), procedeu-se ao preenchimento do primeiro e segundo quarto da Matriz de Qualidade.

Eureka e Ryan (2003) esclarecem que os ‘requisitos do usuário’ são os “o quês” desejados pelos consumidores no produto a ser desenvolvido, e que cada item destes requisitos é extraído em “como”, que são os ‘requisitos técnicos’.

Assim, os ‘requisitos do usuário’ foram colocados em linhas à esquerda da Matriz de Qualidade, no sentido horizontal, e os ‘requisitos técnicos’ foram dispostos verticalmente, em colunas, no alto da Matriz (Figura 55).

	Simetria	Geometria	Usabilidade	Resistência Mecânica	Ergonomia	Transportabilidade	Vendabilidade
Bilateral	Matriz de Relações						
Flexibilidade							
Montagem Rápida							
Resistência da Estrutura							
Regulagem de Altura							
Armazenamento							
Preço							

Figura 55 - Início da montagem do QFD do produto, com os requisitos dos usuários listados horizontalmente à esquerda da Matriz de Qualidade e os requisitos técnicos listados na vertical e superiormente.

Posteriormente, cruzaram-se as linhas com as colunas, executando as relações entre os itens descritos nas tabelas de requisitos dos usuários e técnicos, e avaliando as afinidades entre eles, foram sendo assinalados símbolos: círculo duplo denotando relação forte (⊙), círculo único retratando relação moderada (○) e triângulo exprimindo relação fraca (△), preenchendo a Matriz de

Relações, o terceiro quarto da Matriz de Qualidade (Figura 56). Relembrando que essas correlações respectivamente equivalem aos valores de (9), (3), (1) (CLAUSING, 1994). Quando não houve correlação entre os itens descritos nos requisitos foi deixado o espaço sem preenchimento.

Requisitos do usuário	Requisitos Técnicos	Simetria	Geometria	Usabilidade	Resistência Mecânica	Ergonomia	Transportabilidade	Vendabilidade
Bilateral		◎	○			○		△
Flexibilidade		○	◎			○	○	
Montagem Rápida			○	◎	△			
Resistência da Estrutura		△	○		◎	△		○
Regulagem de Altura		○				◎		
Armazenamento			△			△	◎	△
Preço					△	△	△	◎

Figura 56 - Preenchimento da matriz de correlação: requisitos do usuário x requisitos técnicos. Círculo duplo denotando relação forte (◎), círculo único retratando relação moderada (○) e triângulo exprimindo relação fraca (△).

O passo seguinte foi atribuir nota de importância do usuário com base na coleta realizada e descrita no Quadro 5. Desta maneira, descreveu-se na coluna à direita dos requisitos técnicos, alocando linha a linha os valores correspondentes aos ‘requisitos do usuário’ (Figura 57).

Requisitos do usuário	Requisitos Técnicos	Simetria	Geometria	Usabilidade	Resistência Mecânica	Ergonomia	Transportabilidade	Vendabilidade	Importância (Usuário)
Bilateral		◎	○			○		△	3
Flexibilidade		○	◎			○	○		9
Montagem Rápida			○	◎	△				3
Resistência da Estrutura		△	○		◎	△		○	9
Regulagem de Altura		○				◎			9
Armazenamento			△			△	◎	△	9
Preço					△	△	△	◎	9

Figura 57 - Preenchimento da importância do usuário.

Igualmente, a equipe estabeleceu o argumento de venda, adotando os valores e a classificação do argumento de venda de acordo com a proposta de Drumond e Melo Filho (2010): 1,0 (sem argumento); 1,2 (comum); e 1,5 (especial). O argumento de venda foi registrado a direita da coluna de ‘importância (usuário)’ conforme Figura 58.

Requisitos do usuário	Requisitos Técnicos							Importância (Usuário)	Argumento de Venda
	Simetria	Geometria	Usabilidade	Resistência Mecânica	Ergonomia	Transportabilidade	Vendabilidade		
Bilateral	⊙	○			○		Δ	3	1,5
Flexibilidade	○	⊙			○	○		9	1,5
Montagem Rápida		○	⊙	Δ				3	1,0
Resistência da Estrutura	Δ	○		⊙	Δ		○	9	1,0
Regulagem de Altura	○				⊙			9	1,2
Armazenamento		Δ			Δ	⊙	Δ	9	1,5
Preço				Δ	Δ	Δ	⊙	9	1,0

Figura 58 - Preenchimento do argumento de venda.

E, realizou na parte inferior da Matriz de Qualidade, a avaliação dos consumidores pelo cálculo do peso absoluto e peso relativo. O peso absoluto de cada item da qualidade exigida foi calculado multiplicando o argumento de venda pelo valor atribuído em ‘importância (usuário)’, por exemplo, $3 \times 1,5 = 4,5$. Os resultados foram descritos à direita da coluna ‘argumento de venda’, sendo escritos linha a linha dos requisitos do usuário (Figura 59). O peso absoluto de cada requisito do usuário é então somado e alocado na linha abaixo do último requisito: $4,5 + 13,5 + 3,0 + 9,0 + 10,8 + 13,5 + 9,0 = 63,3$.

Após, procedeu-se ao lançamento do peso relativo (%), que é alcançado pela porcentagem do peso absoluto. Dessa maneira, compreendendo que o valor total do peso absoluto (63,3) é 100% do peso relativo, e então calculou-se cada peso relativo conforme mostra a Figura 60.

Finalizado o peso absoluto e o peso relativo referente aos ‘requisitos do usuário’, iniciou-se o preenchimento da importância absoluta e importância relativa dos ‘requisitos técnicos’. Estes são acrescentados abaixo da lista de ‘requisitos do usuário’, verticalmente à Matriz (Figura 61). A importância absoluta é calculada multiplicando-se o primeiro peso absoluto pelo valor da correlação da alínea:

- (1) $4,5 \times 9 + 13,5 \times 3 + 9,0 \times 1 + 10,8 \times 3 = 122,4$
 (2) $4,5 \times 3 + 13,5 \times 9 + 3,0 \times 3 + 9,0 \times 3 + 13,5 \times 1 = 184,5$
 (3) $3,0 \times 9 = 27$
 (4) $3,0 \times 1 + 9,0 \times 9 + 9,0 \times 1 = 39$
 (5) $4,5 \times 3 + 13,5 \times 3 + 9,0 \times 1 + 10,8 \times 9 + 13,5 \times 1 + 9,0 \times 1 = 182,7$
 (6) $13,5 \times 3 + 13,5 \times 9 + 9,0 \times 1 = 171$
 (7) $4,5 \times 1 + 9,0 \times 3 + 13,5 \times 1 + 9,0 \times 9 = 126$

Requisitos do usuário	Requisitos Técnicos	Simetria	Geometria	Usabilidade	Resistência Mecânica	Ergonomia	Transportabilidade	Vendabilidade	Importância (Usuário)	Argumento de Venda	Peso Absoluto
Bilateral	☉	○			○		Δ		3	1,5	4,5
Flexibilidade	○	☉			○	○			9	1,5	13,5
Montagem Rápida		○	☉	Δ					3	1,0	3,0
Resistência da Estrutura	Δ	○		☉	Δ		○		9	1,0	9,0
Regulagem de Altura	○				☉				9	1,2	10,8
Armazenamento		Δ			Δ	☉	Δ		9	1,5	13,5
Preço				Δ	Δ	Δ	☉		9	1,0	9,0
											63,3

Figura 59 - Preenchimento do peso absoluto.

Requisitos do usuário	Requisitos Técnicos	Simetria	Geometria	Usabilidade	Resistência Mecânica	Ergonomia	Transportabilidade	Vendabilidade	Importância (Usuário)	Argumento de Venda	Peso Absoluto	Peso Relativo (%)
Bilateral	☉	○			○		Δ		3	1,5	4,5	7,1
Flexibilidade	○	☉			○	○			9	1,5	13,5	21,3
Montagem Rápida		○	☉	Δ					3	1,0	3,0	4,7
Resistência da Estrutura	Δ	○		☉	Δ		○		9	1,0	9,0	14,2
Regulagem de Altura	○				☉				9	1,2	10,8	17,1
Armazenamento		Δ			Δ	☉	Δ		9	1,5	13,5	21,3
Preço				Δ	Δ	Δ	☉		9	1,0	9,0	14,2
											63,3	100%

Figura 60 - Preenchimento do peso relativo.

A somatória dos valores da importância absoluta equivale a 100% da importância relativa, e calcula-se a proporção de cada. Os produtos concorrentes não foram contemplados nesta análise, uma vez que o produto em desenvolvimento é um protótipo ainda em concepção.

Requisitos Técnicos												
Requisitos do usuário	Simetria	Geometria	Usabilidade	Resistência Mecânica	Ergonomia	Transportabilidade	Vendabilidade		Importância (Usuário)	Argumento de Venda	Peso Absoluto	Peso Relativo (%)
Bilateral	⊙	○			○		Δ		3	1,5	4,5	7,1
Flexibilidade	○	⊙			○	○			9	1,5	13,5	21,3
Montagem Rápida		○	⊙	Δ					3	1,0	3,0	4,7
Resistência da Estrutura	Δ	○		⊙	Δ		○		9	1,0	9,0	14,2
Regulagem de Altura	○				⊙				9	1,2	10,8	17,1
Armazenamento		Δ			Δ	⊙	Δ		9	1,5	13,5	21,3
Preço				Δ	Δ	Δ	⊙		9	1,0	9,0	14,2
Importância Absoluta	122,4	184,5	27	39	182,7	171	126	852,6			63,3	100%
Importância Relativa (%)	14,4	21,6	3,2	4,6	21,4	20,1	14,8	100%				

Figura 61 - Preenchimento da importância absoluta e importância relativa.

Na leitura horizontal da Matriz da Qualidade observou-se que os requisitos de maior peso para o consumidor foram (Figura 61):

- Flexibilidade (21,3)
- Armazenamento (21,3)
- Regulagem de altura (17,1)

E, na tradução dos ‘requisitos técnicos’, realizando a leitura vertical da matriz, as características de maior importância foram (Figura 61):

- Geometria (21,6)
- Ergonomia (21,4)
- Transportabilidade (20,1)
- Vendabilidade (14,8)
- Simetria (14,1)

Ainda, acima dos ‘requisitos técnicos’, foi derivada a matriz de correlação triangular (telhado da Casa da Qualidade) ou quarto de conflito de interesses na qual foi especificada a correlação entre os itens descritos nos ‘requisitos técnicos’. Essa correlação foi representada pelo símbolo positivo (+) demonstrando o reforço entre os itens e símbolo negativo (-) para aqueles que foram conflitantes (Figura 62). A Matriz de Qualidade encontra-se no Anexo D.

Na matriz de correlação (telhado) da Matriz da Qualidade as possíveis contradições técnicas identificadas foram:

- Geometria x transportabilidade
- Geometria e vendabilidade
- Resistência mecânica e transportabilidade

Requisitos do Usuário	Características Técnicas							Importância (Usuário)	Argumento de Venda	Peso Absoluto	Peso Relativo (%)
	Simetria	Geometria	Usabilidade	Resistência Mecânica	Ergonomia	Transportabilidade	Vendabilidade				
Bilateral	⊕	○			○		Δ	3	1,5	4,5	7,1
Flexibilidade	○	⊕			○	○		9	1,5	13,5	21,3
Montagem Rápida		○	⊕	Δ				3	1,0	3,0	4,7
Resistencia da Estrutura	Δ	○		⊕	Δ	○		9	1,0	9,0	14,2
Regulagem de Altura	○				⊕			9	1,2	10,8	17,1
Armazenamento		Δ			Δ	⊕	Δ	9	1,5	13,5	21,3
Preço				Δ	Δ	Δ	⊕	9	1,0	9,0	14,2
Importância Absoluta	122,4	184,5	27	39	182,7	171	126	852,6		63,3	100%
Importância Relativa (%)	14,41	21,6	3,2	4,6	21,4	20,1	14,8	100%			

Figura 62 - Preenchimento da matriz de correlação triangular (telhado da Casa da Qualidade) ou quarto de conflito de interesses na qual foi especificado a correlação entre os itens descritos nos requisitos técnicos.

A matriz de correlação não foi explorada nesse estudo por se tratar de um desenvolvimento de protótipo, podendo Santos (2015) ser consultado para ampliar a fundamentação entre esta matriz e a ferramenta Triz.

Com esta etapa finalizada e com a quantificação dos itens de qualidade pelo consumidor e pela engenharia, procedeu-se a geração de conceitos para os subconjuntos mecânicos do dispositivo em desenvolvimento.

6.4 PROJETO CONCEITUAL: ESTUDO FUNCIONAL

O projeto conceitual foi realizado por meio da análise funcional, que auxiliou o grupo de projeto a entender as funções do produto. Para tanto, utilizou-se a linguagem semântica, que tornou o projeto livre para soluções técnicas existentes e direcionou a busca de princípios físicos e biomiméticos. Assim, buscou-se com essa abordagem, obter funções neutras de forma a promover novas soluções.

A Figura 63 apresenta o desdobramento funcional (análise das funções do produto), em forma de árvore funcional para o dispositivo de sustentação e movimentação dos membros superiores (de modo semântico, ou seja, a função é descrita como um verbo acrescido de substantivo).

Figura 63 – Estrutura funcional para o sistema do dispositivo (Adaptado do relatório da disciplina SEM 5910/2013).

O primeiro passo foi definir a função básica do projeto (dispositivo), e então desdobrar as demais funções denominadas secundárias, conforme apresentado na Figura 63. Realizando a leitura do diagrama de cima para baixo, foi perguntado: *como* facilitar movimentação do membro

superior? Posicionando o membro seguramente e mantendo sua posição. *Como* posicionar seguramente? Fornecendo estabilidade e provendo apoio ao membro. E *como* manter a posição do membro? Regulando altura, permitindo deslocamento, sustentando-o, apoiando-o e provendo ergonomia. A árvore funcional pode ser lida de baixo para cima, perguntando-se “por que”.

Com a análise funcional concretizada foi elaborado um segundo desdobramento para identificar os subsistemas envolvidos no projeto, conforme ilustrado na Figura 64.

Figura 64 – Funções de projeto x itens e subsistemas (Adaptado do relatório da disciplina SEM 5910/2013).

Como esse desdobramento preliminar, utilizou-se a técnica de análise morfológica para obter alternativas para os itens (parâmetros de projeto) identificados no diagrama funcional da Figura 62, e também obter possíveis combinações de soluções, conforme a Figura 65 apresenta.

Assim, foram desenvolvidas três atividades na disciplina *Teoria e Metodologia de Projeto*: (1) identificação das necessidades dos clientes (terapeutas); (2) definição e teste do conceito a partir de uma descrição linguística sem uma representação detalhada do produto e (3) teste do conceito, avaliando-se os conceitos alternativos e determinando-se aquele que melhor atendeu aos benefícios estratégicos, e para isto foi utilizada a ferramenta QFD.

Legenda

	Solução 1
	Solução 2
	Solução 3

Parâmetro de Projeto	Soluções				
<i>Pé</i>	Rodas giratórias	Rodas fixas	Rodas giratórias com trava	Cilíndrico emborrachado	Ventosa
<i>Suporte Vertical</i>	Barra única	Barra regulável	Rótula	Vareta fixa	Vareta regulável
<i>Suporte Horizontal</i>	Barra única	Barra regulável	Vareta fixa	Vareta regulável	
<i>Estrutura da base</i>	“x”	Arco	Tripé		
<i>Sustentação do Braço</i>	Engrenagem dentada	Polia e correia	Polia e cabo de aço		
<i>Apoio do Braço</i>	Faixa em 8	Faixa elástica			

Figura 65 – Análise morfológica, extração de soluções construtivas a partir da análise funcional (Adaptado de: Relatório da disciplina SEM 5910/2013).

CAPÍTULO 7

7 DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO E DO PROTÓTIPO FUNCIONAL

Ao longo das macroetapas 1 e 2 do *Processo de Desenvolvimento de Produto Orientado para o Cliente* ocorre o desenvolvimento de conhecimento que irá subsidiar o protótipo conceitual e físico, compreendendo passos de projeto, construção e validação experimental. Para Back *et al.* (2008) esta é a fase preliminar que sucede a conclusão do projeto conceitual.

O protótipo conceitual propicia discernimento sobre as necessidades de modificações e o protótipo físico permite uma avaliação do produto desejado por similaridade das características.

Este Capítulo trata dos conceitos sobre o dispositivo de sustentação e movimentação dos membros superiores a partir dos apontamentos sobre qualidade desejada e exigida realizado no projeto informacional apresentado no Capítulo 6.

7.1 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS ESBOÇOS

Com base no desdobramento funcional, foram gerados dois conceitos iniciais para a estrutura de suporte do dispositivo para sustentação e movimentação dos membros superiores.

O primeiro foi um dispositivo com geometria em arco formado por duas partes convexas conectadas ao centro por uma rótula para fechamento visando o acondicionamento quando em desuso (Figura 66). Cada arco possui a possibilidade de regulagem para seu alongamento e o apoio no chão foi idealizado em base fixa. Embora tenha uma estética atraente, a fixação dos segmentos para sustentação dos braços se apresentou limitada em virtude da configuração.

O segundo conceito foi um dispositivo em pórtico com formato de “U” invertido, com apoio ao solo por sistema de rodízios e com possibilidade de ajuste na altura e na largura. Essa ideia foi o conceito mais análogo ao projeto conceitual final (Figura 67).

Durante o desenvolvimento do conceito, a possibilidade de uso junto à cama (hospitalar e domiciliar) levou à concepção da configuração ao redor da dimensão deste mobiliário, ilustrado na Figura 66 e na Figura 67.

Figura 66: Primeiro conceito do dispositivo em desenvolvimento com geometria em arco, à esquerda versão compacta para armazenagem e a direita em uso junto ao leito hospitalar (Adaptado de: Relatório da disciplina SEM 5910/2013).

Figura 67: Segundo conceito do dispositivo em desenvolvimento com pórtico em “U” invertido, à esquerda versão compacta para armazenagem e a direita em uso junto ao leito hospitalar (Adaptado de: Relatório da disciplina SEM 5910/2013).

A geração de ideias durante o projeto conceitual, com base nas necessidades relatadas pelos terapeutas, na visão da engenharia, na análise das oportunidades e revisão da literatura e do estado da técnica determinou-se que a solução final para o projeto incorporaria as características de um produto modular; para uso no processo de reabilitação junto a paciente na posição ortostática, sentada (cadeira padrão ou cadeira de rodas) ou deitada (cama ou leito hospitalar); com a possibilidade de sustentação de um membro superior (unilateral) ou de ambos simultaneamente (bilateral), e com a opção para fixação em base de apoio ao solo ou adaptado para encaixe em uma mesa.

Assim, concebeu-se:

- Pés com rodízios e travas para favorecer a mobilidade do dispositivo durante os deslocamentos para uso;
- Base horizontal para sustentação de haste vertical;
- Haste vertical única, com regulagem para ajuste do dispositivo à posição do paciente em atenção pelo terapeuta;
- Haste superior em perfil contornado a partir de um encaixe na haste vertical;
- Dobradiça para mudança de geometria do dispositivo, proporcionado uso bilateral ou unilateral;
- Estrutura de sustentação do braço com regulagem de altura para o segmento usando princípio de alavanca de primeira classe.

Considerando a possibilidade de melhorias nos dois conceitos apresentados na Figura 66 e Figura 67, foi proposta uma somatória das soluções e novo esboço do produto em desenvolvimento foi desenhado (Figura 68). A concepção desta ideia desenvolveu-se por meio de somatória de trabalhos. A partir deste ponto, inicia participação do pesquisador Ismael Motta Barbosa (BARBOSA, 2015) tomando por base sua dissertação de mestrado, constituindo descrição detalhada de sua produção: a indicação de soluções construtivas, a modelagem geométrica com base no conceito selecionado, o pré-dimensionamento da estrutura e determinação dos elementos críticos dos subconjuntos (utilizando métodos analíticos e sistemas CAD-CAE), a cotação de itens e elaboração dos desenhos técnicos para a fabricação do protótipo funcional, assim como a montagem e ajustes dos elementos dos subconjuntos mecânicos, adequando à estrutura, conforme fluxograma do desenvolvimento de trabalho apresentado no Capítulo 6.

Findado este levantamento, a estrutura principal do dispositivo foi concluída conforme ilustrada na Figura 69.

Figura 68 - Esboço final do conceito do dispositivo obtido no projeto conceitual final
(Fonte: Autora e BARBOSA, 2014).

Figura 69: Desenho técnico em perspectiva da estrutura.

Com o apoio da Divisão de Tecnologias Tridimensionais (DT-3D) do CTI, Campinas/SP, na fase final do projeto conceitual optou-se pela geração física do conceito escolhido, por meio da tecnologia FDM (*Fused Modeling Deposition*) baseada no conceito de manufatura aditiva. Nessa tecnologia, o processo de geração do objeto ocorre pela deposição camada a camada, na qual o material é fundido em uma região aquecida e, então depositado por meio de um bico de injeção. A estrutura concebida pelo grupo multidisciplinar envolvido na pesquisa é apresentada na Figura 70.

Figura 70 - Conceito gerado em escala não normalizada (1:7,5), por meio da tecnologia FDM, para discussões nas fases do projeto conceitual e preliminar (Fonte: Autora, 2015).

Finalizando a fase de geração de conceitos, foi acrescentada uma barra posterior e outra anterior unindo as duas bases móveis por meio de encaixe nas fissuras do perfil alumínio (Figura 71. Na sequência, Barbosa (2015) realizou o pré-dimensionamento dos principais elementos mecânicos, individuais e montados, para o desenvolvimento do protótipo físico funcional. Para tanto, foram utilizados métodos de dimensionamento analíticos e numéricos, com o objetivo de se verificar critérios fundamentais de projeto: análise da resistência mecânica dos elementos críticos, análise de deformação da estrutura e de elementos de união.

Figura 71 - Desenho técnico em perspectiva da estrutura com a barra posterior e anterior que une as duas bases móveis por meio de encaixe nas fissuras do perfil alumínio (Fonte: BARBOSA, 2015).

A partir desse pré-dimensionamento, foram elaborados os desenhos de fabricação dos componentes e subconjuntos para construção do protótipo físico, que foi fabricado com o apoio da Oficina Mecânica da EESC-USP, do LTC – Laboratório de Tribologia e Compósitos do SEM-

EESC e do NUMA – Núcleo de Manufatura Avançada, da Escola de Engenharia de São Carlos/USP (Figura 72).

Figura 72 – Desenho técnico mecânico da estrutura do *Sling* após o dimensionamento (Fonte: BARBOSA, 2015, p. 105).

Ajustes de projeto (adequação de tolerâncias, alívio de massa, facilitação de manuseio) foram necessários conforme elencado em Barbosa (2015) até se obter uma montagem adequada, para uso e manipulação junto aos profissionais da área da saúde (terapeutas ocupacionais). A interação do protótipo em ambiente ambulatorial (estudo feito na USP-Ribeirão e UFTM) permitiu

de forma antecipada, a identificação de falhas potenciais e readequação de algumas tolerâncias. A Tabela 1 apresenta um resumo das principais dimensões do dispositivo que resultaram no protótipo funcional (BARBOSA, 2015).

Tabela 1 – Características do dispositivo, que resultaram no protótipo funcional (BARBOSA, 2015, p.100).

Dimensões do <i>Sling</i>	Símbolos	Comprimento [mm]
Altura máxima	H_{max}	1725
Altura da parte inferior da articulação	H_{es}	1550
Altura do ajuste de altura do aparelho	H_r	990
Altura dos braços do usuário	H_b	Entre 750 a 900
Distância entre os braços do usuário	a	Entre 296 a 396
Distância entre a parte frontal da base e a haste vertical	b	600
Largura desta base do <i>sling</i>	c	1200
Largura entre as bases	l	1320

7.2 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DAS SOLUÇÕES TÉCNICAS

O subsistema de sustentação do braço foi concebido por travessa com eixo central, com regulagem para alteração do braço de peso e braço de força do sistema de vantagem mecânica e apoio nas duas extremidades, na vertical da alça de sustentação do braço. A configuração deste subsistema encerra três molas conectadas por peças de polímero ABS a um eixo de alumínio, sendo uma em cada extremidade do eixo de alumínio e outra livre, central. Esta, que corre livre no eixo de alumínio, contém uma trava que permite mudança de sua posição, proporcionando angulação do braço (Figura 73).

Figura 73 – Desenho técnico do subsistema de sustentação do braço, destacando as três molas conectadas por peças de polímero ABS ao eixo de alumínio (Fonte: BARBOSA, 2015, p. 121).

Os elementos que ficam em contato com o segmento que é suspenso pela estrutura do dispositivo, também podem ser nomeados *sling*, e foram projetados para suportar por meio de dois pontos de apoio: um na articulação do cotovelo, sustentando proximalmente o braço; e outro na articulação do punho, sustentando distalmente e posicionando a mão para atividades. Dois modelos foram concebidos: alça tipo faixa em oito, uma correia dupla ajustável por velcro e com fixação central conforme imagem da Figura 74 e Figura 75; e alça com apoio nos segmentos e liberação da articulação (Figura 76 e Figura 77).

O conceito de duas alças, desenvolvido junto com as soluções técnicas, possibilita variação de uso pelo terapeuta frente à demanda do paciente e o ajuste por velcro viabiliza o contorno às partes corporais dando caimento ao segmento. Assim, pode ser utilizado de forma independente, de acordo com a demanda de cada caso.

Figura 74 - Esboço final do conceito da alça de sustentação em modelo em '8' (Fonte: Autora, 2015).

Figura 75 - Alça de sustentação em modelo em '8', sustentação pelo eixo articular, apoio no segmento distal e proximal ao eixo. Possibilidade de regulação a circunferência do braço do paciente por ajuste em velcro® (Fonte: Autora, 2015).

Figura 76 - Esboço final do conceito da alça com apoio nos segmentos e liberação da articulação, modelo em 'V' invertido (Fonte: Autora, 2015).

Figura 77 - Alça de sustentação em modelo 'V' invertido, sustentação pelo apoio no segmento dista e proximal à articulação, que fica livre, sem contato com a parte (Fonte: Autora, 2015).

7.3 DESCRIÇÃO TÉCNICA DO CONJUNTO FINAL (PROTÓTIPO FUNCIONAL)

O resultado desse trabalho, geração do projeto conceitual e sua validação, por meio de protótipo em escala e, com protótipo físico (BARBOSA, 2015) pode ser resumido, conforme indicações a seguir:

- Obteve-se um dispositivo de tecnologia assistiva utilizado na reabilitação terapêutica para sustentação do(s) braço(s) contra a força de ação da gravidade permitindo amplitude de movimento ativa no plano frontal e passivo no plano sagital.

- O subconjunto de sustentação do(s) braço(s) é caracterizado pelo uso de um sistema de molas junto a uma haste paralela ao antebraço do usuário; que proporciona manutenção e ganho de movimento ativo para abdução e adução de ombro, flexão e extensão do cotovelo e, do punho; e manutenção da amplitude de movimento no plano sagital. Paralelo a esta manutenção e ganho de amplitude de movimento, o terapeuta pode introduzir atividades manuais associadas à movimentação existente ou adquiridas pelo braço, combinando os movimentos desses segmentos para o desempenho funcional do usuário em tarefas que deseje ou necessite executar.

- O subconjunto de sustentação do antebraço é caracterizado pela sua conexão à estrutura do dispositivo por meio de um conjunto que contém laços de cabo de aço com diferentes posições de encaixe que permitem uma rápida regulagem na altura do apoio dos braços ligado à um mosquetão. O mosquetão é responsável pela conexão deste subconjunto de sustentação à estrutura do dispositivo. Nesta estrutura tem se montado um subconjunto de movimentação superior deslizante que permite a realização dos movimentos de abdução-adução e flexão-extensão dos membros superiores.

- A estrutura do dispositivo é caracterizada por duas hastes verticais, sendo uma inferior que se conecta com a base móvel, e uma superior com geometria curvada e dotada de uma barra que permite a movimentação do subconjunto do sistema de sustentação do braço e que se encontra acima da cabeça do usuário. Estas duas hastes possuem diâmetros diferentes que permitem o encaixe, e são presas entre si, por meio de um pino, que pode ser retirado para ajuste de altura na lateral da haste vertical superior em seis opções de regulagem, em relação à haste vertical inferior.

- A base móvel é caracterizada por duas barras paralelas de perfil estrutural, que possuem rodízios com trava em suas extremidades. Estas barras estão ligadas entre si em suas pontas por outro conjunto de barras com mesmo perfil, mas alinhadas e conectadas por articulações, permitindo o fechamento látero-lateral realizada por outra articulação localizada entre as hastes verticais superiores. Vale ressaltar que esse movimento de fechamento só é possível, porque há um conjunto de rolamentos entre esta base e as hastes verticais inferiores. Quando a base está na

posição aberta, utilizada para sustentação dos dois membros, após a inclusão do usuário abaixo da haste vertical superior, a outra extremidade livre da base deve ser fixada com outra barra de ajuste, que se encaixa ao perfil estrutural, para garantir a estabilidade do sistema.

- O dispositivo também é caracterizado pela possibilidade de uso sobre mesa de atividades, por meio de um sistema de fixação da haste vertical superior contendo os subconjuntos de sustentação do braço.

7.3.1 Descrição do conjunto *Sling*

As principais características e vantagens desta invenção serão mais bem compreendidas por meio da descrição de uma concretização preferida, dada a título ilustrativo e não limitativo, e das figuras que a ela se referem, compreende barras que são paralelas, retas, articuladas, ajustáveis e subconjuntos do sistema (1, 2, 4, 7 e 8).

A Figura 78 vista isométrica do dispositivo para sustentação e movimentação de membros superiores, detalhando articulações (5, 6 e 11), rodízios (3), ajuste de altura (9) e perfil contornado (10).

Figura 78 – Vista isométrica do conjunto *Sling*.

A Figura 79 apresenta a vista frontal do dispositivo *Sling* evidenciando a versatilidade de uso bilateral e unilateral.

Figura 79 - Vista frontal do *Sling*.

A Figura 80 representa em vista lateral direita destacando a diferença entre as alças de sustentação do braço para a articulação do cotovelo (12) e do punho (13).

A Figura 81 apresenta uma vista explodida do subconjunto inferior de suporte da estrutura, destacando a barra paralela de perfil estrutural (1), a haste vertical inferior (8) que fornece encaixe com regulagem (9) a haste superior, a peça deslizante (14) que conecta a peça (15), que assenta os rolamentos (16) e porca de trava (17).

A Figura 82 apresenta o subconjunto de sustentação dos braços, realizadas basicamente por meio de molas mecânicas.

Figura 80 - Vista lateral direita: diferença entre as alças de sustentação do braço para a articulação do punho e do cotovelo.

Figura 81 - Vista explodida do subconjunto da base inferior mostrando o encaixe dos rolamentos.

Figura 82 - Vista detalhada do subconjunto de sustentação do braço.

7.3.2 Aspectos de inovação obtidos no desenvolvimento do projeto do *Sling*

O ‘Dispositivo para Sustentação e Movimentação dos Membros Superiores’ ou *Sling* é caracterizado por compreender uma base móvel inferior quadrangular formada por uma barra de ajuste, com três articulações, duas em suas extremidades e uma em seu centro. Há ainda, duas barras paralelas que possuem quatro rodízios, com opção de travamento. Cada barra é provida de uma haste vertical com duas partes, uma inferior e outra superior, com perfil curvado. O dispositivo é ilustrado pelo conjunto da Figura 78.

De acordo, com a configuração descrita anteriormente, o dispositivo possui na base móvel inferior de formato quadrangular, uma viga de perfil estrutural, composta de uma articulação, que permite melhor empacotamento do dispositivo, para transporte e armazenagem.

Ainda de acordo com as duas premissas descritas anteriormente, o dispositivo tem na estrutura superior, junto às extremidades curvadas, conforme vista frontal representada na Figura 79, duas barras com elementos deslizantes, que permitem a movimentação do subconjunto de sustentação do braço, conforme indicado na Figura 82, permitindo o movimento do braço do usuário no plano sagital e frontal.

Uma alça de apoio para o membro superior localizada no subconjunto de sustentação do braço, que permite a sustentação do membro superior por meio de duas alças: uma na articulação do punho, com adequação ao primeiro espaço interdigital da mão e outra na articulação do cotovelo.

O dispositivo, por meio das articulações apresentadas na Figura 78 e indicadas pelos números 5, 6 e 1, permite uso bilateral ou unilateral na realização de movimentos do membro superior, em sessões de reabilitação, principalmente de terapia ocupacional.

O dispositivo apresenta versatilidade de uso, em ambiente domiciliar, ambulatorial, hospitalar ou terapêutico podendo ser acoplado junto a diferentes mobiliários como poltronas, cadeira, cadeira de rodas, cama hospitalar, como também pode ser utilizado, na ausência desses mobiliários, sendo usado pelo usuário na posição ortostática (de pé), conforme vista isométrica da Figura 78 e vista frontal representada na Figura 79.

Permite regulagem de altura, considerando diferentes alturas do usuário devido ao uso com diferentes mobiliários. A solução para regulagem é apresentada nas Figuras 78 e 81, pela indicação do número 9. Por fim possibilita a regulagem da posição do usuário em relação à estrutura, com estabilidade durante sua utilização. Essa regulagem é feita pelo conjunto indicado na Figura 82. A Figura 83 apresenta o primeiro protótipo funcional fabricado e utilizado para validação junto aos profissionais da saúde (terapeutas ocupacionais).

Figura 83 – Protótipo funcional fabricado para validação (Fonte: Autora, 2015).

CAPÍTULO 8

8 VALIDAÇÃO DO PROTÓTIPO FUNCIONAL

Baseado na etapa *Projeto Detalhado do Produto*, que compõe a *Macroetapa 2 – Projetos* na metodologia de *Processo de Desenvolvimento de Produto Orientado para o Cliente*, proposto por Cheng e Melo Filho (2010), pode-se optar pela construção de um lote piloto ou um protótipo funcional. Para ambos os casos, o objetivo principal é a avaliação das funções de projeto, com seu respectivo conjunto de parâmetros de engenharia extraído nesse trabalho, das características técnicas da Matriz da Qualidade (QFD). Assim, foi feito um protótipo funcional, avaliado em duas iterações junto aos terapeutas ocupacionais, com o objetivo de validar o conceito proposto, bem como elencar apontamentos de possíveis melhorias, uma vez que o projeto pode ser considerado uma macro atividade de melhoria iterativa.

Neste Capítulo, encerrando o desenvolvimento sistemático de projeto, são descritas as avaliações das funções de projeto de maior importância baseadas nos ‘requisitos do usuário’ descritos no Capítulo 6, apresentando a sequência de ações implementadas, junto aos terapeutas participantes (usuários intermediários) para verificação de desempenho de utilização e manipulação do *Sling* proposto neste trabalho.

8.1 AVALIAÇÃO DAS FUNÇÕES PRÉ-DEFINIDAS

Com a fabricação e montagem do protótipo funcional, disponibilizado para experimentação, foram realizadas reuniões com terapeutas ocupacionais para avaliação das características técnicas, desdobradas em funções de projeto. Para tanto, todos os participantes, no momento da coleta de dados, consentiram a participação na pesquisa assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido registrado no Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (CEP/UFTM).

A avaliação das funções pré-definidas ocorreu em dois momentos, sendo no primeiro apresentado o protótipo seguido de análise pelos terapeutas, estudo dos apontamentos pelos pesquisadores e adequação do protótipo às demandas elencadas, com alteração física do conceito e nova apresentação do protótipo para os terapeutas participantes. Esta última apresentação constituiu o segundo momento, com verificação dos ajustes seguida de avaliação do conceito com base nas necessidades dos terapeutas.

Em ambas as etapas, terapeutas ocupacionais da cidade de Ribeirão Preto/SP e de Uberaba/MG, que trabalham em instituição local voltada para a reabilitação física de pessoas com deficiência, foram convidados a participar. Os critérios de inclusão foram: ser terapeuta ocupacional com tempo de formação acadêmica superior a dois anos e exercer a profissão na área de reabilitação há no mínimo um ano. Não era critério de inclusão ou exclusão o conhecimento do sistema, uma vez que esta levaria a uma tendência das respostas. A pesquisa ocorreu na instituição em que os terapeutas são lotados, em dia pré-agendado de acordo com a disponibilidade de cada participante. Assim, essa amostra se caracterizou como não probabilística ou de conveniência, pois segundo Vieira (2009) existe fácil acesso aos participantes (terapeutas).

A primeira etapa ocorreu em dias semanais no mês de julho de 2015, após contato inicial com a instituição e concessão de que os terapeutas poderiam ser convidados para participar da pesquisa. Com a identificação dos participantes pelos critérios de inclusão, cinco terapeutas da cidade de Ribeirão Preto/SP e seis do município de Uberaba/MG, portanto, onze terapeutas ocupacionais, constituíram a amostra.

O instrumento utilizado foi uma entrevista semi-estruturada idealizada pela autora. Tal técnica permitiu o livre discurso para os respondentes (VIEIRA, 2009). No roteiro de entrevista, constavam as características sócias demográficas que incluíam a caracterização dos participantes quanto ao gênero, à idade e ao estado civil. As características profissionais se referiram ao tempo de formação na profissão; a área da reabilitação física que exerce atenção; se conhece a função da tecnologia assistiva e já trabalhou com ela, e em caso afirmativo, se teve dificuldades para uso. O tempo médio de cada entrevista foi de uma hora.

Onze questões fechadas “com o mesmo número de alternativas, organizadas para medir um conceito” (VIEIRA, 2009, p.73), em escala de Likert, e seis questões abertas formavam a entrevista semi-estruturada (Anexo E). Antes da aplicação da entrevista, um pré-teste visando ao aperfeiçoamento desse instrumento foi realizado, a fim de verificar se este respondia a intenção da avaliação. Nenhuma necessidade de alteração foi identificada.

As variáveis quantitativas (idade e tempo de formação) foram analisadas por meio de estatística descritiva (frequência absoluta). Já, as variáveis qualitativas (gênero, área da reabilitação física que exerce atenção) foram descritas em termos de frequência de aparição.

As características dos participantes (idade, gênero, tempo de formação, área da reabilitação física que exerce atenção, conhecimento sobre a função da tecnologia assistiva, uso dela, e em caso afirmativo se teve dificuldades) podem ser observadas na Tabela 2.

A idade média dos participantes foi de 37,09 anos (DP = 9,56 anos). A mediana da idade foi 33 anos, sendo o participante mais novo com 27 anos e a idade máxima de 53 anos.

O predomínio foi de terapeutas do gênero feminino. Em relação ao tempo de formação, cinco possuem até cinco anos de formado e seis são graduados há 10 anos ou mais, o tempo médio de formação foi de 13,09 anos (DP = 9,40). A mediana foi de 10 anos, sendo o tempo mínimo de formação de 4 anos e o máximo de 29 anos. Com relação à área de atuação na reabilitação física, apenas um terapeuta atua em ortopedia/traumatologia, sendo a maioria com atividade junto à pacientes de disfunções neurológicas, como por exemplo, aqueles com diagnóstico clínico de acidente vascular encefálico, lesão medular, esclerose lateral amiotrófica e distrofia neuromuscular.

Tabela 2: Caracterização dos participantes da pesquisa (n=11).

<i>Participante</i>	<i>Idade</i>	<i>Gênero</i>	<i>Tempo de Formação</i>	<i>Área</i>	<i>Conhece Função</i>	<i>Já utilizou</i>	<i>Qual Dificuldade</i>
Terapeuta 01	29	Feminino	6 anos	Neurologia	Sim	Sim	-----
Terapeuta 02	29	Feminino	5 anos	Neurologia	Sim	Sim	Montagem
Terapeuta 03	45	Feminino	23 anos	Ortopedia	Sim	Não	-----
Terapeuta 04	27	Feminino	5 anos	Neurologia	Sim	Sim	Montagem
Terapeuta 05	33	Feminino	7 anos	Neurologia	Sim	Sim	Montagem
Terapeuta 06	46	Feminino	14 anos	Neurologia	Sim	Sim	Montagem
Terapeuta 07	35	Feminino	13 anos	Neurologia	Sim	Não	-----
Terapeuta 08	53	Feminino	28 anos	Neurologia	Não	Não	-----
Terapeuta 09	33	Feminino	10 anos	Neurologia	Não	Não	-----
Terapeuta 10	28	Masculino	4 anos	Neurologia	Sim	Não	-----
Terapeuta 11	50	Feminino	29 anos	Neurologia	Sim	Sim	Manuseio

Quanto à condição de já conhecer a função do dispositivo (sustentar e movimentar o membro superior), foi verificado que apenas dois terapeutas não conheciam. E dos nove que sabiam, cinco já haviam manuseado um equipamento com essa função, e relataram dificuldade para manuseio ou montagem.

O protótipo funcional apresentado na Figura 83 foi levado aos terapeutas para avaliação e análise. Frente à experimentação, foram convidados a avaliar os itens do dispositivo utilizando a escala de Likert, foram atribuídos os valores de 3 (muito importante), 2 (importante), 1 (pouco importante) e 0 (sem importância) para escores de cada alternativa de resposta. O Quadro 8 apresenta as respostas dos terapeutas e o escore dos itens de acordo com os valores estimados. O somatório ocorreu entre as respostas do mesmo item dos terapeutas.

Desta forma, os terapeutas reafirmaram como necessidade para o dispositivo as características de:

- Possuir versatilidade, podendo ser acoplado à diferentes mobiliários (cama, cadeira padrão, cadeira de rodas) e utilizado com o paciente em posturas variadas (deitado, sentado, de pé);
- Oferecer conforto, não causando pressão excessiva no braço durante o uso;
- Permitir regulagem de altura, ajustando o dispositivo às medidas do paciente;
- Ser comercializado por preço acessível.

Quadro 8 - Avaliação dos terapeutas com relação aos requisitos do usuário para o *Sling* (n=11).

<i>Itens</i>	<i>Muito importante</i>	<i>Importante</i>	<i>Pouco importante</i>	<i>Sem importância</i>	<i>Escore</i>
Ser bilateral	••••••••	••			31
Ter versatilidade	••••••••				33
Suportar peso	••••••••	••			31
Possuir resistência	••••••••	••			31
Oferecer conforto	••••••••	•			32
Possibilitar limpeza	•••••	••••••			27
Sustentar braço	••••••••	••			31
Desmontar e montar fácil	••••••••	•••			30
Ser fácil de guardar	•••••••	••••			29
Regular altura	••••••~••••	•			32
Preço	•••••••	••••			32

Em relação ao protótipo, quando questionados sobre o modelo, os apontamentos foram variados, listando-se aspectos positivos e negativos, conforme o Quadro 9.

Quadro 9 - Relação dos aspectos positivos e negativos elencados pelos terapeutas.

<i>Pontos positivos</i>	<i>Pontos negativos</i>
Interessante	Necessita ajuste
Fácil de guardar	Movimentação braço limitada
Não ocupa espaço	Montagem difícil (encaixe peças)
Versátil	Desmontagem difícil (desencaixe de peças)
Funcional	Pesado
Fantástico	Instável na base

E, quando perguntados sobre o que mudariam no protótipo, apontaram: melhorariam a estabilidade, diminuiriam o peso, facilitariam a desmontagem, alterariam a forma de ajuste da

regulagem de altura, modificariam o sistema que permite o movimento do braço (está difícil e limitado), e escolhendo como mais confortável o apoio de braço ‘modelo 2’ (Figura 77) confeccionariam a alça de antebraço com dimensões proporcionais ao segmento e a alça de punho mais estreita na parte que é colocada na mão e mais larga no punho.

Ainda, sobre o conceito do protótipo avaliado, desejou-se saber o que mais despertou atenção nos terapeutas. Houve destaque para o tamanho (grande), facilidade de guardar (volume quando fechado), opção de uni/bilateral, possibilidade de uso junto à diferentes mobiliários e posições do paciente, o apoio de braço (modelo 2) e a opção de ajuste de altura (desde que alterado a forma de ajuste). Quanto à questão do preço de venda, os terapeutas relataram valores extremos, sugerindo valores de compra para o dispositivo na faixa de R\$80,00 à R\$2.000,00.

Assim, após a identificação de inadequações técnicas que poderiam causar falhas potenciais, as sugestões de utilização e manipulação das terapeutas para alteração no protótipo funcional 1 foram (Figura 84):

- Alterar sistema de encaixe da haste vertical na base [a], melhorando a estabilidade da estrutura;
- Substituir elemento em alça [b] que permite o movimento do braço no plano frontal para sistema de deslizamento;
- Alterar a solução proposta no ajuste de regulagem [c];
- Ajustar as alças de apoio do braço (alça do punho com dimensões diferentes e alça do cotovelo com dimensões iguais) [d].

Figura 84 – Alterações no protótipo funcional 1, sendo [a], [b], [c] e [d] decorrentes da avaliação dos terapeutas; [e] e [f] acrescentadas pela Autora e Barbosa (Fonte: Autora, 2015).

Estas foram confirmadas pelos pesquisadores, que acrescentaram a necessidade de alteração dos elementos que formam a base de sustentação do dispositivo, propondo a colocação de articulação central e lateral na estrutura posterior [e], e forração da trava anterior [f] evitando barulho de impacto no chão quando de sua retirada e colocação.

As alterações físicas do conceito com readequação das soluções técnicas foram efetivadas nos meses de agosto e setembro de 2015 e nova apresentação do segundo protótipo para os terapeutas participantes ocorreu no mês de outubro de 2015 (Figuras 85, 86 e 87).

Figura 85 – Protótipo funcional 2 em vista anterior, uso bilateral (Fonte: Autora, 2015).

Na Figura 88 visualiza-se um comparativo entre os elementos alterados no protótipo 1 e protótipo 2. Após avaliação, análise e experimentação do protótipo 2, que incluiu desmontagem e montagem da estrutura; preparação para uso bilateral e unilateral; experimentação das alças e da liberdade de movimento proporcionada pela troca do elemento, os terapeutas, em um cartão de pontuação (Anexo F), atribuíram nota para doze atributos, sendo 9 (muito importante), 3 (importante) e 1 (pouco importante) (CLAUSING, 1994), e tiveram a liberdade de registrar comentários à direita de cada pontuação. O Quadro 10 apresenta os resultados desta fase.

Figura 86 – Protótipo funcional 2 em vista lateral (Fonte: Autora, 2015).

Figura 87 – Protótipo funcional 2 para uso unilateral (Fonte: Autora, 2015).

Figura 88 – Comparativo entre os elementos alterados no protótipo funcional 1 (à esquerda) e protótipo funcional 2 (à direita) (Fonte: Autora, 2015).

Quadro 10 - Confirmação ou não da existência da qualidade do produto (protótipo finalizado).

ATRIBUTOS	Importância Atribuída		
	9	3	1
Bilateral	• • •	• • • • •	• •
Flexibilidade (versatilidade)	• • • • •	• • • • •	
Peso paciente		• • • • • • • •	• •
Resistência à carga		• • • • • • • •	•
Conforto	• •	• • • • • • • •	
Apoio do braço	• • •	• • • • • • • •	
Montagem/desmontagem rápida	• •	• • • • • • • •	
Facilidade para guardar		• • • • • • • •	•
Regulagem altura	• • • • •	• • • • •	
Facilidade de reposição de peças	•	• • • • • • • •	• •
Transporte		• • • • • • • •	• •
Estabilidade		• • • • • • • •	

Na análise visual dos escores e somatória das alíneas verifica-se que os terapeutas participantes expressaram como necessidades ‘muito importante’, as características: bilateral, versatilidade, apoio de braço e regulagem de altura em relação às características do protótipo, encerrando a avaliação do produto, confirmando a existência da qualidade estabelecida quando da utilização do QFD, no protótipo funcional. Assim, as alterações conduzem para a etapa de uso junto à pacientes (usuário final). Portanto, finaliza-se a fase de validação experimental do protótipo, com duas interações junto ao grupo de profissionais da saúde (terapeutas ocupacionais).

CAPÍTULO 9

9. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O dispositivo projetado nesse trabalho tem como função de projeto prover sustentação e movimentação de membros superiores, contra a ação da força da gravidade quando pessoas enfermas ou com deficiência apresentam incapacidade e/ou distúrbios neuromotoras ou musculoesqueléticas que afetam suas habilidades de executar movimento com o membro superior. A ausência da habilidade motora para movimentar o braço contra a força de ação da gravidade durante tarefas rotineiras assim como, a capacidade de manutenção do segmento corporal no período de envolvimento da atividade são fatores limitantes para autonomia, envolvimento em tarefas e participação social.

No processo de revisão dos dispositivos existentes e resgate histórico de seu uso ao longo dos anos, nos quais a reabilitação passou a ser importante no processo de recuperação funcional das pessoas incapacitadas por doenças epidêmicas ou veteranas de guerra determinou-se a necessidade de classificação dos dispositivos pesquisados. Identificou-se que os estudos de revisão sobre equipamentos para sustentação e movimentação do membro superior são genéricos e envolvem modelos que são usados no processo de terapia e, outros que são incorporados na rotina diária da pessoa com deficiência motora, possibilitando sua autonomia e inclusão. Quando utilizando produtos desta natureza, tem-se que a pessoa com deficiência física adquiriu suas habilidades motoras residuais e competência técnica suficiente para transposição da tecnologia assistiva dos contextos clínicos e terapêuticos para o contexto domiciliar ou de trabalho.

Tomando como referencial apenas os modelos relatados ao longo dos anos na literatura consultada e pesquisada, de equipamentos que sustentam e movimento o membro superior, a partir de uma estrutura que se encontra sobre a cabeça do usuário, este estudo propôs e realizou uma classificação específica de acordo com a arquitetura dos elementos físicos que compõem o conceito.

Assim, os dispositivos foram categorizados em:

- Dispositivos com módulo de apoio ao solo: aqueles que possuem suporte vertical em uma base que se apóia no chão;
- Dispositivos com módulo de apoio em mobiliário: não possuem base de apoio ao solo, sendo fixados à cadeira de rodas ou à mesa utilizada para tarefas.

A partir desta apresentação foi realizada a revisão e separação dos equipamentos, e conclui-se que o protótipo desenvolvido neste estudo possa ser classificado como um dispositivo com módulo de apoio ao solo. Em pesquisas de outras soluções de melhoria, este mesmo dispositivo pode ser também classificado como dispositivos com módulo de apoio em mobiliário, uma vez que permite pela configuração de sua haste vertical a separação com a base de apoio ao solo.

Com relação ao desenvolvimento de soluções técnicas, especialmente para projetos inseridos em áreas multidisciplinares necessita de uma abordagem sistemática, na qual haja ferramentas que permitam a comunicação e interação entre profissionais das áreas de engenharia e de outras áreas específicas. Nesse trabalho, essa interação foi feita entre profissionais da área de saúde (terapeutas ocupacionais) e o grupo de pesquisa formado pela pesquisadora desse trabalho, com especialização em tecnologia assistiva e engenheiros da área de projeto mecânico.

O uso de técnicas de metodologia de projeto, especificamente a matriz da qualidade (QFD), na fase do projeto informacional e, a abordagem funcional utilizada durante toda a fase do projeto conceitual permitiram a obtenção da lista de requisitos junto aos usuários intermediários, que foram classificados em graus de importância, dos quais foram extraídas as principais características técnicas que nortearam as fases do projeto conceitual e, posteriormente projeto preliminar e detalhado (nesse caso, para construção do protótipo funcional).

Reconhecendo a tecnologia assistiva como área interdisciplinar, o protótipo funcional desenvolvido neste trabalho, desde a definição e geração da ideia de solução até a configuração final esteve baseado em desdobramentos conceituais e ações integradas entre pesquisadores das áreas de engenharia e da saúde. O conhecimento integrado entre essas áreas conduziu para a oportunidade de pesquisa e crescimento do campo no cenário brasileiro.

Ao ampliar o contexto de quem é o cliente ou consumidor do produto em desenvolvimento, esclarece-se que quando se tratando de pessoas com deficiência, até que haja sedimentação da competência técnica, informação e melhoria do quadro físico é o terapeuta o usuário da tecnologia assistiva. Esta será destinada a assessorar o profissional nos procedimentos de recuperação e reabilitação junto ao paciente. Portanto, reconhecendo os dois consumidores de tecnologia assistiva no campo em estudo (o terapeuta e o paciente), e pontuando-se que o dispositivo em desenvolvimento é utilizado nos processos iniciais de tratamento terapêutico, elegeram-se como clientes os terapeutas.

O projeto preliminar e detalhado, suficiente para a fabricação e operacionalização do *Sling* foi efetivado por meio de pesquisa de Barbosa (2015), que indicou as soluções construtivas, realizou a modelagem geométrica e o pré-dimensionamento da estrutura, assim como tratou de

forma sistemática a melhoria dos elementos críticos dos subconjuntos. Cabe ressaltar, que o uso da tecnologia FDM (manufatura aditiva) materializando o conceito mais viável, proveniente da fase conceitual, auxiliou a discussão do conceito.

O protótipo funcional foi apresentado para os usuários intermediários – onze terapeutas ocupacionais, e submetido à avaliação de cada um. Uma lista de inadequações técnicas que poderiam causar potenciais falhas no produto e sugestões de alteração de conceitos foi elencada. Os apontamentos foram novamente traduzidos em ‘requisitos do usuário’ e procedeu-se ao ajuste das demandas reconhecidas. O protótipo foi alterado, sendo refeitas algumas soluções e novamente apresentado ao grupo de terapeutas.

Uma avaliação final foi efetivada de forma a concluir se o conceito desenvolvido atendeu as necessidades de utilização e manipulação dos terapeutas, identificadas quando do processo inicial da metodologia. Houve confirmação dos dados coletados, sendo as necessidades apontadas inicialmente, efetivadas no conceito final do protótipo desenvolvido.

Conclui-se que o conceito e a proposta do projeto de engenharia sugeridos e efetuados neste trabalho proporcionaram resultados satisfatórios de operacionalização e uso, a partir das características técnicas extraídas durante a fase do projeto informacional.

Ao final do projeto preliminar, iniciou-se a elaboração dos documentos para o processo de depósito de patente, incluindo o texto de revelação. Há uma expectativa de que ao final do processo de depósito da patente da solução proposta neste trabalho, haja transferência de tecnologia para uma empresa da área de tecnologia assistiva.

Contudo, tratando-se de um protótipo funcional e ainda, com limitação nos recursos financeiros disponibilizados ao longo de seu desenvolvimento, citam-se melhorias, que poderão ser efetivadas quando da possível transferência de tecnologia: redução de massa, principalmente alterando-se o material da estrutura, de aço para alumínio. Outros estudos pertinentes ao projeto de engenharia, pode incluir procedimentos de otimização, para contribuir inclusive com a redução de massa e também melhor compactação do equipamento (dispositivo) para armazenamento e transporte.

REFERÊNCIAS

ABBRUZZESE, *et. al.* An innovative design for an assistive arm orthosis for stroke and muscle dystrophy. *Bioengineering Conference (NEBEC)*. IEEE 37th Annual: Northeast, 2011.

AJOT. New for therapy. Immediate patient activity plus progressive therapy. *American Journal Occupational Therapy*. p.189. March/April. 1969.

AJOT. Occupational Therapy Equipment for Rehabilitation. *American Journal Occupational Therapy*, v. XXII, p.472. Nov/Dec. 1969.

AJOT. *American Journal Occupational Therapy*, v. 27, n. 2, Contra-cap. March. 1973.

AKAO, Y. *Quality Function Deployment – QFD*. Integrating Customer Requirements Into Product Design. New York: Productivity Press, 1990. 369p.

ALBUQUERQUE E SOUZA, A.C., CEZAR DA CRUZ, D. M., JESUS ALVES, A.C., AGOSTINI R. Tecnología assistida en Brasil: reflexiones. *TOG (A Coruña) [revista en Internet]*, v.7, n.12, 12p. 2010

ABRATO. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS TERAPEUTAS OCUPACIONAIS. *Terapia Ocupacional – A terapia ocupacional e as atividades da vida diária, atividades instrumentais da vida diária e tecnologia assistiva*. Fortaleza: ABRATO, 2011. 119p.

ATKINS, *et. al.* Mobile arm supports: evidence-based benefits and criteria for use. *The Journal Spinal Cord Medicine*, v. 31, n. 4, p.388-93. 2008.

BACK, *et. al.* *Projeto integrado de produtos*. Barueri/SP: Manole, 2008. 601p.

BARBOSA, I. M. *Equipamentos de autoajuda: projeto e validação de um protótipo funcional para sustentação e movimentação de membros superiores*. 2015. 193 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

BAXTER, M. *Projeto do produto - guia prático para o design de novos produtos*. São Paulo: Edgard Blücher, 2008. 260p.

BENDER, L. F.; SPELBRING, L. M. An activity standing table. *American Journal Occupational Therapy*, v.XVI, n.2, p. 76-7. 1962.

BENNETT, R. L. The evolution of the Georgia Warm Springs Foundation Feeder. *Artificial Limbs*, v. 2, n.1, p. 5-9. 1966.

BENSFIELD, Nicholas W. *Portable adjustable manipulating apparatus*. US n. 2631582, 14 Aug. 1950.

BERSH, R. *Introdução à Tecnologia Assistiva*. Porto Alegre: Assistiva Tecnologia e Reabilitação, 2013. 20p.

BIBER THERAPIEGERÄTE. HelpArm. Disponível em: http://www.biber-therapiegeraete.de/?page_id=59. Acesso em 10/12/2015.

BIER, K. S. Guthrie-Smith apparatus: its construction and use in rehabilitation. *Phys Ther Rev.*, v. 28, n. 5, p. 227-38. Sep/Oct. 1948.

BRASIL. *Decreto nº 3298, de 10/12/1999*. Brasília. Presidência da República, 1999. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/dec3298.pdf>>. Acesso em 11 out. 2013.

_____. *Convenção sobre os direitos das pessoas com deficiência. Protocolo facultativo à Convenção sobre os direitos das pessoas com deficiência – Decreto Legislativo nº 186/2008 – Decreto nº 6.949/2009*. Brasília: Secretaria dos Direitos Humanos. Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência, 2010. 64p.

_____. *Decreto nº 5296, de 02/12/2004*. Brasília. Presidência da República, 2014. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm>. Acesso em 11 out 2013.

_____. *MCTI. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação*. Disponível em <http://www.mcti.gov.br/index.php/content/view/78402/Diretrizes.html>. Acesso em: 29/03/2014.

_____. *Viver Sem Limites – Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência*. Brasília: SDH-PR/SNPD, 2013. 93p.

_____. *Viver Sem Limites – Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência*. Brasília: SDH-PR/SNPD, 2014. 180p.

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

CGEE. *Relatório Final. Mapeamento de Competências em Tecnologia Assistiva*. Brasília: CGEE, 2012. 449p.

CLAUSING, D. *Total quality development*. New York: Asme Press, 1994. 506p.

COLSON, J. H. C. *The rehabilitation of the injured - Occupational Therapy*. London: Cassell and Company, 1945. 226p.

COOK, A. M.; POLGAR, J. M. *Cook & Hussey's Assistive Technologies: principles and practice*. 3rd. St. Louis: Mosby, 2008. 571p.

CORTHELL, D. *Rehabilitation Technologies*. 13th Institute on Rehabilitation Issues, Stout, WI. Research and Training Center, University of Wisconsin-Stout, 1986.

CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. D. R. *QFD – Planejamento da Qualidade*. São Paulo: Edgard Blucher, 2010. 568p.

_____. *Gestão de Desenvolvimento de Produtos (GDP) e o Método de Desdobramento da Função Qualidade (QFD)*. In: CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. D. R. *QFD – Planejamento da Qualidade*. São Paulo: Edgard Blucher, 2010. p.1-36.

_____. *Uma contribuição do QFDr: O Processo Gerencial de Desenvolvimento do Produto Orientado para Cliente - PGDPOC*. In: CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. D. R. *QFD – Planejamento da Qualidade*. São Paulo: Edgard Blucher, 2010. p.73-94.

DAVIDSON, John. *Self-assisted shoulder passive range of motion apparatus*. US Int Cl: A61h 1/2; A63b 23/12 n. 7364555 B1, 1 Jun. 2005.

DG XIII. *Social impact of technology on disabled people and elderly people: abstract of the workshop speeches*. Bruxelles: European Community, 1994.

DUNNING, A. G.; HERDER, J. L. A review of assistive devices for arm balancing. *International Conference on Rehabilitation Robotics*, p.24-6. June. 2013.

DUNTON, W. R.; LICHT, S. *Occupational therapy principles and practice*. 2nd. Springfield: Charles C Thomas, 1957. 373p.

DRUMOND, F. B.; MELO FILHO, L. D. R. *Desdobramento da qualidade (QD): captando e traduzindo a voz do cliente para construir a tabela de desdobramento das qualidades exigidas*. In: CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. D. R. *QFD – Planejamento da Qualidade*. São Paulo: Edgard Blucher, 2010. p. 95-118.

_____. *Desdobramento da qualidade (QD): captando e traduzindo a voz do cliente para estabelecer a qualidade planejada*. In: CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. D. R. *QFD – Planejamento da Qualidade*. São Paulo: Edgard Blucher, 2010. p. 119-32.

EUSTAT. *Assistive Technology Education for End-Users: Guidelines for Trainers*. Project DE 3402 / Deliverable D06.3. EUROPEAN COMMISSION: DG XIII, 1999. 122 p. Disponível em: <http://www.siva.it/research/eustat>. Acesso em 01/11/2015.

_____. *Critical Factors involved in End-Users' Education in relation to Assistive Technology*. Projecto DE 3402 / Deliverable D03.2. EUROPEAN COMMISSION: DGXIII. 1998. 74 p. Disponível em: <http://www.siva.it/research/eustat>. Acesso em 01/11/2015.

EUREKA, W. E.; RYAN, N. E. *QFD – Perspectivas gerenciais do Desdobramento da Função Qualidade*. Rio de Janeiro: Quality Mark, 2003.

EXPANSÃO – Laboratório de Tecnologia Terapêutica. Disponível em: <http://www.expansao.com/> Acesso em 12/12/2015.

FESS, E. E. A history of splinting: to understand the present, view the past. *Journal Hand Therapy*, v.15, n. 9, p.97-132. Apr/Jun. 2002.

FESS, E. E.; PHILIPS, C. A. *Hand splinting – principles e methods*. St. Louis: Mosby, 1987. 575p.

FOCAL MEDITECH. Disponível em: <http://www.focalmeditech.nl/>. Acesso em 02/12/2015.

GARCIA, J. C. D.; FILHO, T. A. G. *Pesquisa nacional de tecnologia assistiva*. São Paulo: ITS Brasil, 2012. 66p.

GRAVES, W.H. NIDRR plans for the future. *Assist Technol*, v. 5, p. 3-6. 1993.

GUTHRIE-SMITH, O. F. *Rehabilitation, Re-education and Remedial Exercises*. Williams & Wilkins, 1943. 424 p.

HAWORTH, R.; DUNSCOMBRE, S.; NICHOLS, P. J. R. Mobile arm supports: an evaluation. *Rheumatology and Rehabilitation*, v.17, p. 240-4. 1978.

HEIDE, L. A. V. D.; GELDERBLOM, G. J.; WITTE, L. P. Dynamic arm supports. *IEE International Conference on Rehabilitation Robotics*, p.24-6. June. 2013.

HEIDE, L. et. al. An overview and categorization of dynamic arm supports for people with decreased arm function. *Prosthetics and Orthotics International*, v.1, n. 38(4), p. 287-302. 2014.

HOMMA, Keiko; ARAI, Tatsuo, inventors; AGENCY OF INDUSTRIAL SCIENCE & TECHNOLOGY; MINISTRY OF INTERNATIONAL TRADE & INDUSTRY OF JAPAN, assignees. *Arm motion support apparatus*. US Int. Cl A61h1/00 n. 5501656, 26 Aug. 1994.

JAECO ORTHOPEDIC. Disponível em: <http://www.jaecoorthopedic.com/>. Acesso em 02/12/2015.

JAMES, W. V.; ORR, J. F. Upper limb weakness in children with Duchenne muscular dystrophy – a neglected problem. *Prosthetics and Orrhotics Internartional*, v. 8, p. 111-3. 1984.

JUNE OH, S.; UNNIKRISHNAN, R. Infusing Assistive Technology in Undergraduate Engineering Education. *Interdisciplinary Engineering Design Education Conference*, p. 46-50. 2012.

KANAWATI, Gisleine Cavalheiro Martin; PHILOT, George Guarany. *Dispositivo de apoio e sustentação para crianças*. BR Int Cl A61h 1/00, 20 nov. 1990.

_____. *Dispositivo dinâmico e ajustável para levitação das partes do corpo humano*. BR Int Cl A61h 1/2 n. 905907 A, 16 nov. 1990.

KELLY, Peggy L. *Portable doorway and floor stand exerciser for use by wheelchair occupants*. US Int Cl A63b 21/00; A63b 21/06, 14 Sep. 1990.

KENDALL, F. P.; McCREARY, E. K.; PROVANCE, P. G. *Músculos: Provas e Funções*. 4 ed. São Paulo: Manole, 2002. 453p.

KING II, T. I. Wheelchair Attachable Deltoid Aid. *American Journal Occupational Therapy*, v.37, n. 8, p.564-5. August. 1983.

KINSMAN ENTERPRISES. *Catalog Rev 2012*. 52p. Disponível em: <http://www.kinsmanenterprises.com/> Acesso em: 20/12/2013.

LANDSBERGER, *et. al*. Mobile arm supports: history, application, and work in progress. *Spinal Cord Inj Rehabil*, v.11, n. 2, p.74-94. 2005.

LIN, P. T.; SHIEH, W. B.; CHEN, D.Z. A theoretical study of weight-balanced mechanisms for design of spring assistive mobile arm support (MAS). *Mechanism and Machine Theory*, v. 61, p.156-7. 2013.

LOWMAN, E.W.; KLINGER, J. L. *Aids to Independent Living*. New York: McGraw-Hill, 1969. 796p.

LUZO, M. C. M.; MELLO, M. A. F.; CAPANEMA, V. M. Recursos Tecnológicos em Terapia Ocupacional – Órteses e Tecnologia Assistiva. In: DE CARLO, M. M. R. P.; LUZO, M. C. M. *Terapia Ocupacional: Reabilitação Física e Contextos Hospitalares*. São Paulo: Roca, 2004. p.99-126.

MADUREIRA, O. M. *Metodologia do projeto. Planejamento, execução e gerenciamento*. São Paulo: Blucher, 2010.

MAYER, Edwin H., inventor; SIMMONS COMPANY, assignee. *Exercise bar for bed*. US n. 3077613, 6 Nov. 1959.

MELO FILHO, L. D. R.; CHENG, L. C. Desdobramento da Qualidade (QD): Elaborando a Matriz da Qualidade para Projetar o Produto. In: CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. D. R. *QFD – Planejamento da Qualidade*. São Paulo: Edgard Blucher, 2010. p.133-74.

MORILLO, Danilo Martin; PHILOT, Gisleine Martin, inventores; EXEMPLO INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PRODUTOS ORTOPÉDICOS LTDA, titular. *Sustentador antigravitacional dinâmico da cabeça*. BR Int CI: A63B21/00; A63B21/06; A63B21/16; A63B23/025; A63B24/00; A61 H99/00 n. 10 2012 020241-7 A2, 13 ago. 2012.

NEARING, Charles H., inventor; ACTIVEAID INC., assignee. *Upper body exercise apparatus*. US n. 5466204, 15 Feb. 1994.

NITZBON. Disponível em: <http://www.nitzbon.de/products.html>. Acesso em 02/12/2015.

OJA, Carl W.; SCHEUERMAN, Richard L. *Resistance exerciser and breakable mobile carriage*. US n. 3373993, 26 Oct. 1964.

OUJAMAA, et. al. Rehabilitation of arm function after stroke. Literature review. *Annals Physical Rehabilitation Medicine*. v. 52, p.269-93. 2009.

PAHL, G.; et al. *Projeto na Engenharia*. 1ª Edição. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. 411p.

PAHL, G.; et al. *Projeto na Engenharia*. 6ª Edição. São Paulo: Edgard Blucher, 2013. 412p.

PEDRETTI, L.W.; EARLY, M.B. *Terapia Ocupacional Capacidades Práticas para as Disfunções Físicas*. São Paulo: Editora Roca, 2005.

POULSON, D.; ASHBY, M.; RICHARDSON, S.J. *USERfit. A practical handbook on user centred design for assistive technology*. TIDE, Bruxelles: European Commission, 1996.

PUBLIC LAW. Public Law 100-407. 100th Congress. AUG. 19, 1988. Disponível em: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/STATUTE-102/pdf/STATUTE-102-Pg1044.pdf>. Acesso em 07/10/2013.

_____. Public Law 103-218. 103d Congress. MAR. 9, 1994. Disponível em: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/STATUTE-108/pdf/STATUTE-108-Pg50.pdf>. Acesso em 07/10/2013.

_____. Public Law 105-394. 105th Congress. NOV. 13, 1998. Disponível em: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-105publ394/html/PLAW-105publ394.htm>. Acesso em 07/10/2013.

_____. Public Law 108-364. 108th Congress. OCT. 25, 2004. Disponível em: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/STATUTE-118/pdf/STATUTE-118-Pg1707.pdf>. Acesso em 07/10/2013.

RADOMSKI, M. V.; LATHAM, T. C. A. *Terapia Ocupacional para Disfunções Físicas*. 6ª Edição. São Paulo: Santos, 2008.1092p.

RAHMAN, *et. al.* A body-powered functional upper limb orthosis. *Journal of Rehabilitation Research and Development*. v.37, n. 6, p.675-80. 2000.

RAHMAN, *et. al.* Towards the controle of a powered orthosis for people with muscular dystrophy. *Proc Insta Mech Engers*, v. 215 H, p.267-74. 2001.

RAHMAN, *et. al.* Design and testing of a functional arm orthosis in patients with neuromuscular diseases. *IEEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, v.15, n.2, p.244-51. 2007.

REHABMART. Disponível em: <http://www.rehabmart.com/product/folding-arm-suspension-frame-9886.html>. Acesso em 10/01/2014.

RODRIGUES, A.R.; SOUZA, A.F.; BRAGHINI JÚNIOR, BRANDÃO, L. C.; SILVEIRA, Z.C. *Desenho técnico mecânico: projeto e fabricação no desenvolvimento de produtos industriais*. 1ª Edição. Campus: Elsevier, 2015. p. 1-93.

ROGERS, N. Race and the politics of polio. Warm Springs, Tuskegee, and the March of Dimes. *American Journal of Public Health*, v. 97, n. 5, p.784-95. May. 2007.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. *Metodologia de Pesquisa*. São Paulo: Mc GrawHill, 2006. 583p.

SANTOS, A. V. F. *Estudo da melhoria de um utensílio de auxílio à alimentação para portadores da Doença de Parkinson com base na integração das metodologias QFD e TRIZ*. 2015. 165 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

SAUTER, W. F.; BUSH, G.; SOMMERVILLE, J. A single case study: myoelectrically controlled exoskeletal mobilizer for amyotrophic lateral sclerosis (ALS) patients. *Prosthetics and Orthotics International*, v.13, p.145-8. 1989.

STERN, P. H.; LAURO, T. Modular designed, wheelchair based orthotic system for upper extremities. *Paraplegia*, v.12, p.299-304. 1975.

STERN, P. H.; VITARIUS, G. V.; QUINT, J. Wheelchair based upper limb orthotics. *Orthotics and Prosthetics*. v. 36, n. 1, p. 41-5. 1982.

THORPE, T. E. A power-assisted arm balancer. *J Med Eng Technol*, v.10, n. 5, p.248-51. Sep/Oct. 1986.

TREVELYAN, B.; SMALLMAN-RAYNOR, M.; CLIFF, A. D. The Spatial Dynamics of Poliomyelitis in the United States: From Epidemic Emergence to Vaccine-Induced Retreat, 1910–1971. *Ann Assoc Am Geogr*, v. 95, n. 2, p. 269–93. June. 2005.

TROMBLY, C. A.; SCOTT, A. D. *Occupational therapy for physical dysfunction*. Baltimore: Williams and Wilkins, 1977. 598p.

TROMBLY, C. A. *Occupational Therapy for Physical Dysfunction*. 3nd. Baltimore: Williams and Wilkins, 1989. 629p.

UNDERWOOD, Timothy J., inventor; HUMPHREY, ELEVATOR AND TRUCK COMPANY, assignee. *Therapeutic apparatus*. US Int Cl A61h 1/2 n. 36883398, 26 Oct. 1970.

URBAN, G. L.; HAUSER, J. R. *Design and marketing of new products*. New Jersey: Prentice Hall, 1993. 701p.

URQUHART, K. Inexpensive Counterbalanced Arm Sling. *American Journal Occupational Therapy*, v. 29, n. 6, p.360-1. July. 1975.

VIEIRA, S. *Como elaborar questionários*. São Paulo: Atlas, 2009. 150p.

WESEMANN, J. DG V and DG XIII. In: DG V and DG XIII. *Social impact of technology on Disabled People and Elderly People: Abstract of the Workshop speeches*. Bruxelles: European Community, 1995.

WIERZBICKA, M. M.; WIEGNER, A. W. Orthosis for improvement of arm function in C5/C6 tetraplegia. *Journal of Prosthetics and Orthotics*, v.8, n. 3, p. 86-92. 1996.

WILLARD, H. S.; SPACKMAN, C. S. *Terapéutica ocupacional*. Barcelona: JIMS, 1973. 540p.

YASUDA, Y. L.; BOWMAN, K.; HSU, J. D. Mobile arm supports: criteria for successful use in muscle disease patients. *Arch Phys Med Rehabil*, v. 67, p.253-6. 1986.

ANEXO A

Aprovação Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
TRIÂNGULO MINEIRO - MG

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Estudo da melhoria do produto de tecnologia de reabilitação conceituado como 'Sling' utilizando sistemática de projeto, através das ferramentas QFD e estruturação funcional

Pesquisador: Alessandra Cavalcanti de Albuquerque e Souza

Área Temática: Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País;

Versão: 2

CAAE: 30908114.0.0000.5154

Instituição Proponente: Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 676.907

Data da Relatoria: 05/06/2014

Apresentação do Projeto:

Apresentado no protocolo CEP/UFTM.

Objetivo da Pesquisa:

Texto do projeto:

Em um Processo Gerencial de Desenvolvimento do Produto Orientado para o Cliente – PGDPOC, no desenvolvimento de melhoria do sling, aplicar método científico para:

1. Obter avaliação de terapeutas ocupacionais sobre um sling produzido em escala reduzida (mock-up) e em um segundo momento sobre o sling produzido em escala real.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Texto do projeto:

A pesquisa oferece conhecimento para entender as questões relativas à análise de produto, necessária para seleção, prescrição e uso de tecnologia de reabilitação. Tem como benefício o registro formal do processo de análise do produto sling com aplicação prática na formulação de um outro equipamento. Sobre essa vertente a pesquisa não trará riscos aos participantes apenas aquele relacionado a possibilidade de perda de confidencialidade que será evitada pela garantia de anonimato dos mesmos.

Endereço: Rua Madre Maria José, 122

Bairro: Nossa Sra. Abadia

CEP: 38.025-100

UF: MG

Município: UBERABA

Telefone: (34)3318-5776

Fax: (34)3318-5776

E-mail: cep@pesqpg.uftrm.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
TRIÂNGULO MINEIRO - MG

Continuação do Parecer: 575.907

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Relevante.

O projeto atende a resolução 466/12 CNS.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados o TCLE e a autorização do serviço em que trabalham os participantes da pesquisa; ambos estão de acordo com a Res. 466/12 CNS.

Recomendações:

Nenhuma.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Sim

Considerações Finais a critério do CEP:

O colegiado do CEP acatou o parecer do relator.

O presente projeto, seguiu nesta data para análise da CONEP e só tem o seu início autorizado após a aprovação pela mesma.

UBERABA, 05 de Junho de 2014

Assinado por:

ANA PALMIRA SOARES DOS SANTOS
(Coordenador)

Endereço: Rua Madre Maria José, 122

Bairro: Nossa Sra. Abadia

CEP: 38.025-100

UF: MG

Município: UBERABA

Telefone: (34)3318-5778

Fax: (34)3318-5778

E-mail: cep@pescpg.ufm.edu.br

COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA

PARECER CONSUBSTANCIADO DA CONEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Estudo da melhoria do produto de tecnologia de reabilitação conceituado como 'Sling' utilizando sistemática de projeto, através das ferramentas QFD e estruturação funcional

Pesquisador: Alessandra Cavalcanti de Albuquerque e Souza

Área Temática: Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no Pais;

Versão: 2

CAAE: 30908114.0.0000.5154

Instituição Proponente: Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 689.103

Data da Relatoria: 25/06/2014

Apresentação do Projeto:

O presente protocolo foi enquadrado como pertencente à(s) seguinte(s) Área(s) Temática(s) Especial(is): "Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no Pais.".

No documento intitulado "PB_RELATORIO_PESQUISA_325441.pdf", Item Introdução, lê-se:

"Tecnologia de Reabilitação: O uso da(s) tecnologia(s) na reabilitação traz à reflexão práticas que foram construídas ao longo de décadas. Mas, conceitos como acessibilidade, inclusão, desenho universal, ajudas técnicas (adaptações) e mais especificamente tecnologia assistiva (TA) tiveram inserção no contexto dos campos profissionais no Brasil em meados da década de 90. E, embora seja notório que o uso de adaptações para promover independência de pessoas com disfunções físicas e/ou sensoriais não seja recente junto à clínica médica e de reabilitação, somente com o estabelecimento de novas políticas de saúde no mundo é que esses termos ganharam importância e tiveram impacto no cenário brasileiro. Com algumas alterações terminológicas, ao longo desses anos, as adaptações (ajudas técnicas ou tecnologia assistiva) foram sendo utilizadas como tecnologia de reabilitação e aprimoradas na prática de profissionais que atuam em diferentes áreas da saúde. Assim como as adaptações, novas tecnologias também foram sedimentadas em outras áreas de conhecimento, como as engenharias e, com o avanço de pesquisas e desenvolvimento da

Endereço: SEPN 510 NORTE, BLOCO A 1º SUBSOLO, Edifício Ex-INAN - Unidade II - Ministério da Saúde
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.750-521
UF: DF **Município:** BRASILIA
Telefone: (61)3315-5878 **E-mail:** conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA

Continuação do Parecer: 689.103

reabilitação foi sendo proporcionado uma diversidade de produtos e equipamentos que são na atualidade comercializados no mercado nacional e Internacional. No entanto, a certificação dessas tecnologias não acompanha o desenvolvimento da produção industrial e torna-se restrita a determinados produtos. Os debates pertinentes a este assunto acontecem em ações de gestão de desenvolvimento de produtos que são alternativas de conhecimento sobre um produto, e que engloba desde sua avaliação em diferentes interfaces, passando pelo processo de produção, pela organização da empresa ou pelo programa de desenvolvimento, assim como pelo projeto de desenvolvimento do produto em si. Um estudo sobre a trajetória da utilização de tecnologia assistiva no Brasil apontou que enquanto nos países da América do Norte e da Europa há investimentos em pesquisadores e pesquisas sobre a temática desde a década de 50, no Brasil são poucos investimentos e a utilização dos recursos de TA ainda se encontra limitada. Desta época para a atualidade avanços no cenário brasileiro na área de TA ocorreram e segundo Albuquerque e Souza e colaboradores estes podem ser atribuídos às capacitações que foram efetivadas em programas de pós-graduação "lato-sensu" e "stricto-sensu" e pela recente inclusão da TA nos cursos de graduação da área da saúde como a terapia ocupacional, nas instituições de Ensino Superior tanto públicas quanto privadas. Da mesma forma, este aumento de conhecimento sobre a tecnologia de reabilitação verificado no país desde o início do século, pode ser também atribuído às constantes iniciativas do governo federal que em parceria com os governos estaduais e municipais vem fomentando políticas de acessibilidade e inclusão, associadas à necessidade de capacitação formal dos mais diversos profissionais, o Decreto-Lei nº 5.296/04 considera ajudas técnicas como "produtos, instrumentos, equipamentos ou tecnologia adaptados ou especialmente projetados para melhorar a funcionalidade da pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida, favorecendo a autonomia pessoal, total ou assistida". E, ainda institui o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT), que em 2008 define: "Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social". Sling: Para determinado grupo de indivíduos com disfunção neuromuscular ou musculoesquelética que conduz a incapacidade funcional para a realização de movimentos do membro superior existe a indicação de um dispositivo de tecnologia de reabilitação que sustenta o(s) segmento(s) contra a gravidade permitindo a manutenção de ações para o envolvimento em atividades. Este equipamento vem sendo nomeado em literatura da área de reabilitação como arm counterbalanced ou sling e é

Endereço: SEPN 510 NORTE, BLOCO A 1º SUBSOLO, Edifício Ex-PLAN - Unidade II - Ministério da Saúde
 Bairro: Asa Norte CEP: 70.750-821
 UF: DF Município: BRASÍLIA
 Telefone: (61)3315-5878 E-mail: conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA

Continuação do Parecer: 689.103

comercializado nacionalmente como 'levitar para membro superior' e neste trabalho será denominado sling. Por se constituir um equipamento que é aplicado externamente ao corpo e que pode modificar funcionalmente as características musculoesqueléticas do indivíduo com disfunção, o sling pode ser classificado como um tipo de órtese, sendo um produto da tecnologia de reabilitação (adaptação, ajudas técnicas ou tecnologia assistiva). Um terapeuta pode utilizar o equipamento para proporcionar o envolvimento e/ou a manutenção do paciente em atividades rotineiras, realizadas independentemente anterior ao acometimento da doença que conduziu a disfunção neuromuscular ou musculoesquelética. O uso do sling permite a manutenção da independência do paciente e favorece a movimentação ativa dos segmentos. O princípio de funcionamento reside na mecânica corporal e aplicação da cinética. Estruturalmente é composto de um pedestal verticalizado com suportes horizontais que sustentam alças de apoio para o(s) membro(s) superior(es) em situações de pouca força muscular do braço para a assistência funcional em tarefas da vida diária que exijam destreza das mãos. O equipamento é então utilizado como dispositivo de apoio para movimentação ativa em plano onde a gravidade foi eliminada. O segmento pode movimentar-se em toda a amplitude e suportar resistência mínima, como o peso de materiais e ferramentas utilizadas em tarefas como comer, higiene pessoal e escrita. Algumas variações do suporte horizontal podem ser verificadas em modelos comercializados. Os apoios horizontais para os braços podem ser utilizados de forma independente e a recomendação é para uso ambulatorial, hospitalar ou terapêutico. O equipamento pode ser adaptado a diferentes mobiliários como cama ou cadeira de rodas, assim como ser utilizado com o paciente na posição sentada e de pé, no entanto o terapeuta deve proceder a ajustes relacionados a altura e dos apoios horizontais dos braços. Assim, na reabilitação o uso do dispositivo vem sendo uma prática regular entre os profissionais. Pesquisas na área são requeridas para ampliar no cenário nacional as ações de inovação tecnológica, fortalecendo a política brasileira de inclusão social. Sistemática de Projeto: A sistemática de projeto é contextualizada no 'Processo Gerencial de Desenvolvimento do Produto Orientado para o Cliente – PGDPOC'. O PGDPOC possui quatro aspectos: "Inicia com a busca de voz do cliente e termina com avaliação da sua satisfação; mostra a necessidade de desdobramento do trabalho de desenvolvimento em níveis com diferentes abrangências; mostra a necessidade da participação cooperativa de várias áreas no processo de forma hierárquica; e indica possibilidade de uso de tabelas e matrizes do método QFD como forma de tradução e transmissão da voz do cliente em todo o percurso do processo de desenvolvimento de forma visível para todas as áreas participantes". Assim, as macroetapas para o PGDPOC envolvem planejamento do produto,

Endereço: SEPN 510 NORTE, BLOCO A 1º SUBSÓLO, Edifício Ex-INAN - Unidade II - Ministério da Saúde
Bairro: Asa Norte CEP: 70.750-521
UF: DF Município: BRASÍLIA
Telefone: (61)3315-5878 E-mail: conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA

Continuação do Parecer: 009/100

projetos, produção e lançamento/monitoramento do produto no mercado. A primeira macroetapa – planejamento do produto engloba duas fases, (a) identificação das necessidades dos clientes e (b) desenvolvimento e teste de conceito. A segunda macroetapa envolve três etapas, projeto básico, projeto detalhado do produto e projeto do processo de fabricação. A terceira macroetapa - produção, abrange as etapas de preparação para produção e produção final, enquanto a macroetapa de lançamento e monitoramento do produto no mercado compreende preparação do marketing e de assistência técnica e, a verificação do nível de satisfação dos clientes. Neste projeto, o estudo de melhoria do sling transcorrerá nas duas primeiras macroetapas: (1) planejamento do produto e (2) projetos.”.

Objetivo da Pesquisa:

Avallar um produto conceituado como sling em uso no mercado; Analisar as funções do produto sling; Desenvolver projeto de melhoria sobre o sling

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Conteúdo não analisado pela CONEP.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O presente estudo objetiva o desenvolvimento e aperfeiçoamento do dispositivo sling, que minimiza ou reduz as limitações motoras decorrentes de uma deficiência ou incapacidade, com a indagação de se existe eficácia do sling disponível no mercado quanto às demandas do terapeuta na assistência ao paciente com disfunção neuromuscular ou musculoesquelética dos membros superiores.

Portanto, o equipamento já está no mercado e o protocolo não se enquadra na área temática referida - “Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País” -, conforme a Resolução CNS 466 de 2012, não cabendo avaliação da CONEP.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Não se aplica.

Recomendações:

Não se aplica.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto, a CONEP entende que o protocolo de pesquisa em tela não se enquadra na Área Temática Especial “Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País” (considerando as informações do item IX.4 da Resolução CNS nº 466/2012), não cabendo a

Endereço: SEPN 510 NORTE, BLOCO A 1º SUBSOLO, Edifício Ex-NAN - Unidade II - Ministério da Saúde
Bairro: Asa Norte CEP: 70.750-521
UF: DF Município: BRASÍLIA
Telefone: (61)3315-5878 E-mail: conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA

Continuação do Parecer: 009.103

sua análise ética à CONEP, mas apenas ao CEP.

Situação do Parecer:

Devolvido

Considerações Finais a critério da CONEP:

Diante do exposto, a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP - delibera pela devolução do protocolo de pesquisa ao Comitê de Ética em Pesquisa - CEP, por não se enquadrar em nenhuma das áreas temáticas descritas no Item IX.4 da Resolução CNS nº 466 de 2012.

BRASILIA, 16 de Junho de 2014

Assinado por:
Gabriela Marodin
(Coordenador)

Endereço: SEPN 510 NORTE, BLOCO A 1ª SUBSOLO, Edifício Ex-INAN - Unidade II - Ministério da Saúde
Bairro: Asa Norte CEP: 70.750-521
UF: DF Município: BRASILIA
Telefone: (61)3315-5878 E-mail: conep@saude.gov.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
TRIÂNGULO MINEIRO - MG

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Estudo da melhoria do produto de tecnologia de reabilitação conceituado como "Sling" utilizando sistematica de projeto, através das ferramentas QFD e estruturação funcional

Pesquisador: Alessandra Cavalcanti de Albuquerque e Souza

Área Temática: Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País;

Versão: 2

CAAE: 30908114.0.0000.5154

Instituição Proponente: Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DA NOTIFICAÇÃO

Tipo de Notificação: Outros

Detalhe: Projeto

Justificativa: O texto em word que se encontra anexo está tarjado e com marcações em vermelho.

Data do Envio: 15/03/2015

Situação da Notificação: Parecer Consubstanciado Emitido

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 997.820

Data da Relatoria: 20/03/2015

Apresentação da Notificação:

Foi apresentado arquivo denominado "Projeto doutorado Versão Final CEP ALTERAÇÕES.doc".

Objetivo da Notificação:

TEXTO DA PESQUISADORA:

Justificativa: O texto em word que se encontra anexo está tarjado e com marcações em vermelho. Estamos anexando o projeto sem tarjas e marcações. Não foram feitas alterações no corpo do projeto, apenas na cor da fonte para preto e retirada as tarjas.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

TEXTO OBTIDO DO PROJETO:

L - ANÁLISE CRÍTICA DE RISCOS E BENEFÍCIOS

Endereço: Rua Madre Maria José, 122

Bairro: Nossa Sra. Abadia

CEP: 38.025-100

UF: MG

Município: UBERABA

Telefone: (34)3318-5778

Fax: (34)3318-5778

E-mail: cep@pesqpg.uftm.edu.br

Continuação do Parecer: 997.020

A pesquisa oferece conhecimento para entender as questões relativas à análise de produto, necessária para seleção, prescrição e uso de tecnologia de reabilitação. Tem como benefício o registro formal do processo de análise do produto sling com aplicação prática na formulação de um outro equipamento. Sobre essa vertente a pesquisa não trará riscos aos participantes apenas aquele relacionado à possibilidade de perda de confidencialidade que será evitada pela garantia de anonimato dos mesmos.

Comentários e Considerações sobre a Notificação:

O arquivo da notificação apresenta o mesmo conteúdo do arquivo do projeto aprovado pelo CEP.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foi recebido o arquivo referido.

Recomendações:

Nenhuma.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Notificação aprovada pelo CEP/UFTM em 20.03.15.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

UBERABA, 25 de Março de 2015

Assinado por:
Marily Aparecida Spadotto Balarin
 (Coordenador)

Endereço:	Rua Madre Maria José, 122	CEP:	38.025-100
Bairro:	Nossa Sra. Abadia		
UF:	MG	Município:	UBERABA
Telefone:	(34)3318-5778	Fax:	(34)3318-5778
		E-mail:	cep@pesqg.uftm.edu.br

ANEXO B

Cartão com itens de características do produto.

Itens e Características do sling		
9 - muito importante	3 - importante	1- pouco importante
Atributos	Nota	Comentários
Bilateral		
Flexibilidade Cadeira/Cama		
Montagem Rápida		
Peso Paciente		
Resistência do Material		
Conforto		
Higienização		
Apoio antebraço		
Estabilização Mão		
Regulagem de Altura		
Fácil de Guardar		
Fácil de Desmontar		
Preço		

ANEXO C

Imagem do modelo de dispositivo para sustentação e movimentação do membro superior do
LAPITEC – FMRP/USP.

ANEXO D
QFD

ANEXO E

Formulário de entrevista semi-estruturada.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia
Escola de Engenharia de São Carlos
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto

Formulário de Coleta de Dados

“Estudo da melhoria do produto de tecnologia de reabilitação conceituado como sling utilizando sistemática de projeto, através das ferramentas QFD e estruturação funcional”

Participante n: _____	Gênero: M (___) F (___)	Idade: _____	Data: ____/____/____
Escolaridade: _____ Tempo de Formação: _____ Estado Civil: _____			
Tipo de pacientes que atende: _____			
Conhece a função da tecnologia SIM (___) NÃO (___) Obs.: _____			
Já trabalhou com um SIM (___) NÃO (___) Qual: _____			
Teve dificuldades com o uso: SIM (___) NÃO (___) Qual(is): _____			

Com relação ao *sling*, marque a sentença que melhor expressa a importância que você atribui a característica elencada em cada item:

1. O equipamento ser bilateral, ou seja, poder ser usado simultaneamente em ambos os membros superiores é:

() Muito Importante () Importante () Pouco Importante () Sem Importância

2. O equipamento ter versatilidade de uso, ou seja, poder ser utilizado acoplado à cama, cadeira, e/ou cadeira de rodas, e ainda usado em pé é:

() Muito Importante () Importante () Pouco Importante () Sem Importância

3. O equipamento suportar diferentes pesos, isto é, poder ser utilizado junto a diferentes pacientes como obesos ou não, é:

() Muito Importante () Importante () Pouco Importante () Sem Importância

4. O equipamento possuir resistência, ou seja, resistir a carga de peso do membro(s) superior(es) sem deformação de suas estruturas de tração, é:

() Muito Importante () Importante () Pouco Importante () Sem Importância

5. O equipamento oferecer conforto, ou seja, não causar pressão excessiva no antebraço ao ser utilizado é:

() Muito Importante () Importante () Pouco Importante () Sem Importância

6. A higienização do equipamento, ou seja, ser fácil de limpar é:

() Muito Importante () Importante () Pouco Importante () Sem Importância

7. O apoio de antebraço é parte essencial, ou seja, o equipamento possuir sustentação na parte proximal e distal do antebraço é:

() Muito Importante () Importante () Pouco Importante () Sem Importância

8. A facilidade de montar e desmontar o equipamento é:

() Muito Importante () Importante () Pouco Importante () Sem Importância

9. A facilidade de guardar o equipamento, ou seja, a possibilidade de fechá-lo (menor volume) é:

() Muito Importante () Importante () Pouco Importante () Sem Importância

10. A regulagem de altura do equipamento, é:

() Muito Importante () Importante () Pouco Importante () Sem Importância

11. O preço do equipamento para aquisição é:

() Muito Importante () Importante () Pouco Importante () Sem Importância

Qual o preço de aquisição que você acredita ser possível para efetivar uma compra?

R: _____

No mercado existe modelo de sling custando em torno de 600 reais, o que você acha deste preço?

R: _____

O que você achou do modelo?

R: _____

O que você alteraria nesse modelo de aparelho?

R: _____

O que mais chamou sua atenção?

R: _____

Quanto você acha que valeria um aparelho deste?

R: _____

*** Obrigada! ***

ANEXO F

Cartão para avaliação da importância atribuída aos atributos do protótipo finalizado.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia
Escola de Engenharia de São Carlos
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto

REQUISITOS DO USUÁRIO

Por favor, atribua para cada item abaixo uma nota, sendo 9 (muito importante), 3 (importante) e 1 (pouco importante). Você só pode pontuar '9' em até dois itens. Se tiver algum comentário em relação a qualquer item, descreva-o no campo ao lado.

ATRIBUTOS	NOTA	COMENTARIOS
Possibilidade de trabalhar simultaneamente os dois membros superiores		
Versatilidade de uso		
Montagem rápida		
Montagem simplificada		
Durável		
Regulagem das posições (ajuste ao usuário)		
Fácil armazenagem e transporte		
Preço acessível		
Conservação		

9 - muito importante

3 - importante

1- pouco importante