

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CAMPUS JARAGUÁ DO SUL - RAU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM FABRICAÇÃO MECÂNICA

LUCAS CAXOEIRA BERTOTTI

DESENVOLVIMENTO DE UMA CONCEPÇÃO DE UM PRODUTO QUE PROMOVA
MOVIMENTOS ÀS PERNAS DE UMA PESSOA EM CADEIRA DE RODAS A FIM
DE AUXILIAR NO PROCESSO DE FISIOTERAPIA DOS MEMBROS INFERIORES

JARAGUÁ DO SUL

AGOSTO DE 2024

LUCAS CAXOEIRA BERTOTTI

DESENVOLVIMENTO DE UMA CONCEPÇÃO DE UM PRODUTO QUE PROMOVA
MOVIMENTOS ÀS PERNAS DE UMA PESSOA EM CADEIRA DE RODAS A FIM
DE AUXILIAR NO PROCESSO DE FISIOTERAPIA DOS MEMBROS INFERIORES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso Superior de Tecnologia em
Fabricação Mecânica do Campus Jaraguá do
Sul – Rau, do Instituto Federal de Santa
Catarina como requisito parcial para a
obtenção do diploma de Tecnólogo em
Fabricação Mecânica.

Orientador: Edson Sidnei Maciel Teixeira, Dr

JARAGUÁ DO SUL

AGOSTO DE 2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
por meio do programa de geração automática do câmpus Rau, do IFSC

Bertotti, Lucas Caxoeira

**Desenvolvimento de uma concepção de um produto que
promova movimentos às pernas de uma pessoa em cadeira de rodas
a fim de auxiliar no processo de fisioterapia**

**dos membros inferiores / Lucas Caxoeira Bertotti ;
orientação de Edson Sidnei Maciel Teixeira. Jaraguá
do Sul, SC, 2024.**

**Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Jaraguá do Sul -
Rau. Tecnologia em Fabricação Mecânica. .**

Inclui Referências.


1. Desenvolvimento de Produto. 2. Pessoa em Cadeira
de Rodas. 3. Reabilitação física. I. Sidnei Maciel
Teixeira, Edson. II. Instituto Federal de Santa Catarina.
. III. Título.

LUCAS CAXOEIRA BERTOTTI


DESENVOLVIMENTO DE UMA CONCEPÇÃO DE PRODUTO QUE PROMOVA MOVIMENTOS ÀS PERNAS DE UMA PESSOA EM CADEIRA DE RODAS A FIM DE AUXILIAR NO PROCESSO DE FISIOTERAPIA DOS MEMBROS INFERIORES

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Tecnólogo em Fabricação Mecânica, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.


Jaraguá do Sul, 13 de agosto de 2024.

Documento assinado digitalmente
 EDSON SIDNEI MACIEL TEIXEIRA
Data: 23/08/2024 11:32:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Edson Sidnei Maciel Teixeira
Orientador
IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU

Documento assinado digitalmente
 GIL MAGNO PORTAL CHAGAS
Data: 27/08/2024 20:10:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Gil Magno Portal Chagas
IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU

Documento assinado digitalmente
 LALINE BROETTO
Data: 28/08/2024 09:21:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Laline Broetto
IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao IFSC – Campus Jaraguá do Sul-RAU, a todos os professores que se dedicaram a passar o seu conhecimento da melhor forma possível a nós alunos. Em especial ao meu professor e orientador Edson Sidnei Maciel Teixeira, por seu apoio e dedicação para nos auxiliar e direcionar quando surgira alguma dúvida.

Agradeço a minha família por estarem sempre me ajudando direta ou indiretamente no decorrer do curso, também aos profissionais da área de fisioterapia e ao meu irmão o qual é uma PCR e contribuíram para a realização deste trabalho.

“A vitalidade é demonstrada não apenas pela
persistência, mas pela capacidade de começar de novo”

F. Scott Fitzgerald

RESUMO

Em diversos lugares são encontradas Pessoas em Cadeiras de Rodas (PCR) devido à alguma incapacidade temporária ou permanente que as impossibilitem de caminhar, ou mesmo por estarem em processo de reabilitação por consequência de algum acidente. Independente de qual tenha sido o motivo, seus membros inferiores foram restritos a movimentos. Uma solução para esse problema são as fisioterapias, mas nem sempre é fácil o deslocamento até um local especializado para essas atividades. Assim, o objetivo deste trabalho foi demonstrar o desenvolvimento de uma concepção de produto assistivo que acoplado a uma cadeira de rodas possa promover movimentos às pernas de uma PCR que não possua movimentação ativa nas pernas, facilitando a circulação sanguínea e a reabilitação física dos membros inferiores. Este trabalho é baseado no método projetual PDP, sendo aplicadas as etapas de planejamento do projeto, projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado. Para o presente trabalho foi aplicado um questionário respondido por uma PCR e dois profissionais da área de fisioterapia, com o intuito de buscar as principais dificuldades para a realização de atividades fisioterapêuticas e de reabilitação e as principais ferramentas já utilizadas. Com os dados coletados na entrevista e pesquisas realizadas em meios eletrônicos, foi desenvolvido o projeto de um produto assistivo que pode ser conectado a uma cadeira de rodas e conta com sistema ergométrico de fácil utilização, capaz de auxiliar na reabilitação física dos membros inferiores. O projeto elaborado poderá ser usado como alternativa para pessoas com problemas temporários nas pernas e para aquelas com limitações físicas de longo prazo ou permanentes, reduzindo a necessidade de se deslocar até uma fisioterapia para realização das atividades.

Palavras chave: Desenvolvimento de Produto. Pessoa em Cadeira de Rodas. Reabilitação física.

ABSTRACT

In several places there are People in Wheelchair (PIW) due to some temporary disability that makes it impossible to walk, or even because they are in the process of rehabilitation as a result of an accident. Regardless of any reason, his lower limbs were restricted in movement. One solution to this problem is physiotherapy, but it is not always easy to travel to a specialized location for these activities. Thus, the objective of this work was to demonstrate the development of an assistive product design that coupled to a wheelchair can promote movements in the legs of a PIW that does not have active traction on the legs, facilitating blood circulation and physical rehabilitation of the lower limbs. This work is based on the PDP design method, being applied in the stages of project planning, informational design, conceptual design and detailed design. For the present work, a questionnaire was applied, answered by a PIW and two professionals in the field of physiotherapy, with the aim of identifying the main difficulties in carrying out physiotherapeutic and rehabilitation activities and the main tools already used. With the data found in interviews and research carried out in electronic media, the project was developed for an assistive product that can be connected to a wheelchair and has an easy-to-use ergometric system, capable of assisting in the physical rehabilitation of the lower limbs. The modified project can be used as an alternative for people with temporary leg problems and for those with long-term or permanent physical limitations, reducing the need to travel to a physiotherapy center to carry out the activities.

Keywords: Product development. Person in Wheelchair. Physical rehabilitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de referência do Processo de Desenvolvimento do Produto.....	14
Figura 2 - Informações principais e dependências entre as atividades da fase de Planejamento do Projeto.	15
Figura 3 - Seis diferentes famílias de descascadores de batata	17
Figura 4 - Matriz Casa da Qualidade.....	18
Figura 5 - Matriz morfológica do equipamento para limpeza de mexilhões.....	20
Figura 6 - Entradas e resultados do projeto detalhado.....	21
Figura 7 - Colocação do goniômetro para medir o movimento de flexão da perna ...	23
Figura 8 - Mini Bicicleta Ergométrica Dobrável Com Monitor IWMBEDM	23
Figura 9 - Aparato de cicloergometria com fess com estabilizadores em MMII.	24
Figura 10 - Apresentando a esteira SOLE F65 atualizada	25
Figura 11 - Elíptico Sole E25 novo e atualizado - edição 2023	26
Figura 12 - Bicicleta P/fisioterapia Exercícios Pés Braços e Cadeirantes	26
Figura 13 - Método e aparelho para acoplar uma cadeira de rodas a um dispositivo de exercício.....	27
Figura 14 - Massageador Pistola Action Relax.....	33
Figura 15 - TENS	34
Figura 16 - Aplicação da Matriz QFD	35
Figura 17 - Especificações-meta	36
Figura 18 - Funções do produto	37
Figura 19 - Desdobramento das funções do produto	38
Figura 20 - Matriz morfológica.....	39
Figura 21 - Alternativas de concepção	40
Figura 22 - Concepções de produto	42
Figura 23 - Matriz de decisão	43
Figura 24 - Concepção vencedora	44
Figura 25 - Concepção vencedora CAD.....	45
Figura 26 - Sistema de fixação com encaixe rápido representado em corte	45
Figura 27 - Ângulo de abertura da perna da PCR	46
Figura 28 - Altura e largura máx. da estrutura base para cicloergômetro	47
Figura 29 - Dist. máx e Massa da estrutura base para cicloergômetro	48
Figura 30 - Corte das tubulações PVC.....	50
Figura 31 - Primeira montagem da estrutura de PVC já colada	51
Figura 32 - Pintura dos componentes do dispositivo.....	51
Figura 33 - Dimensões protótipo	52
Figura 34 - Teste prático avaliativo do protótipo.....	53
Figura 35 - Valores meta e valor obtidos no projeto da concepção do produto.....	54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos.....	11
1.1.1 Objetivo geral	11
1.1.2 Objetivos específicos	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1 Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)	12
2.1.1 Planejamento do projeto	14
2.1.2 Projeto informacional.....	16
2.1.3 Projeto conceitual.....	19
2.1.4 Projeto detalhado	20
2.2 A fisioterapia para Pessoas em Cadeira de Rodas e seus equipamentos	22
2.3 Identificação de trabalhos anteriores	27
3 DESENVOLVIMENTO	30
3.1 Planejamento do Projeto de um produto para Pessoa em Cadeira de Rodas.....	31
3.2 Aplicação do PDP para projeto de produto para pessoa em cadeira de rodas.....	34
3.3 Apresentação do projeto da concepção de produto para PCRs	37
3.4 Projeto da Concepção Vencedora	43
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	50
5 CONCLUSÃO.....	55
REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

Pessoas com deficiência estão nos mais diversos ambientes, porém às vezes não são percebidas, notadas ou valorizadas. Segundo o IBGEeduca (2010), cerca de 12,5 milhões de brasileiros declararam ter certo grau de deficiência. Desses, aproximadamente 7% apresentavam alguma dificuldade para se movimentar.

Assim, as cadeiras de rodas são tecnologias assistivas para auxiliar na locomoção de pessoas com restrições de movimentos nas pernas. Grande parte das pessoas em cadeiras de rodas (PCR) fazem uso da cadeira de rodas devido a incapacidade física temporária, provinda de acidentes, fraqueza, lesão muscular, cirurgias, etc. Porém a falta de movimentos durante um longo período pode gerar problemas como falta de circulação sanguínea, sobrecarga nas articulações dos braços e ombros, problemas com diabetes, obesidade, problemas cardiovasculares.

As fisioterapias têm um papel fundamental na reabilitação de pacientes dos mais diversos tipos de casos. Para Chamlian (2010) a prática da fisioterapia tem como principais objetivos a redução ao máximo da dor, melhorar a amplitude de movimentos das articulações, conceder a elasticidade de órgãos e tecidos, readequar a postura e a percepção corporal conceituada pelo próprio indivíduo.

A movimentação dos membros inferiores de uma PCR pode ser feita com pacientes que não tem capacidade de ajudar ativamente nos movimentos (exercícios passivos), como também pode ser realizada por pacientes que têm movimentação nas pernas, porém precisam aumentar a amplitude do movimento, fortalecer a estrutura óssea, desenvolver melhor aptidão motora, fortalecer a musculatura e melhorar os sistemas cardiovascular e circulatório (exercícios ativos). Para isso é necessário o auxílio de um equipamento para a realização dessa movimentação.

Alguns fatores dificultam a realização de atividades fisioterapêuticas. Esses influenciam diretamente a condição de acesso sendo compreendidos por disponibilidade, poder de pagamento, informação e aceitabilidade. A disponibilidade está resumida ao acesso geográfico correlacionado ao serviço e o indivíduo, sendo esses, distância, opção de transporte, qualidade e quantidade de serviços prestados. O poder de pagamento refere-se à capacidade do indivíduo de custear os valores de utilização dos serviços. A informação faz referência à desigualdade de conhecimento entre o paciente e o profissional de saúde, já a aceitabilidade reflete da percepção dos

serviços prestados de acordo com o feedback da comunidade (SILVA *et al.*, 2020).

Ao estudar um ambiente constituído por pessoas com restrições físicas, pode-se verificar a importância da introdução de um novo equipamento fisioterapêutico capaz de atender as necessidades de pessoas com maiores dificuldades de acesso. Portanto, para resolver esse problema realizou-se as etapas de desenvolvimento de produto a fim de desenvolver um equipamento que atenda às necessidades dos pacientes com restrições nos membros inferiores.

Para o desenvolvimento do produto, foram realizadas as etapas do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP), de Rozenfeld *et al.* (2006). Nas etapas foram utilizados, o planejamento de projeto, o projeto informacional e conceitual e por fim será realizado o detalhamento da concepção final do produto.

Ao realizar pesquisas e estudos sobre o assunto, chegou-se à seguinte pergunta de pesquisa: “Como desenvolver uma concepção de produto que promova movimento às pernas de pessoas em cadeira de rodas, melhorando a circulação sanguínea e possibilitando a realização de atividades fisioterapêuticas?”

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é demonstrar o desenvolvimento de uma concepção de produto que, acoplado a uma cadeira de rodas, promova movimentos às pernas de uma Pessoa em Cadeira de Rodas (PCR) que não possua movimentação ativa nas pernas.

1.1.2 Objetivos específicos

- Buscar as dificuldades encontradas por pacientes com restrições nos movimentos dos membros inferiores e entender os princípios da realização da fisioterapia;
- Estudar as informações coletadas e aplicar ferramentas de desenvolvimento de produtos para propor um conceito de novo produto;
- Apresentar um projeto da concepção de um produto que promova movimento às pernas de pessoas cadeirantes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)

O desenvolvimento de um produto consiste em um conjunto de atividades, nas quais busca-se chegar a um conceito de produto considerando as necessidades do mercado, levando em conta as possíveis restrições tecnológicas e mantendo as estratégias competitivas e de produto da empresa (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Conforme Larson e Gray (2016), um projeto é um empreendimento temporário, o qual visa a criação de um produto, de um serviço ou resultado único, tendo como principal meta, a satisfação do cliente. Suas principais características são:

- Um objetivo estabelecido;
- Um ciclo de vida definido com início e fim;
- Geralmente envolve vários departamentos e profissionais;
- Comumente faz algo que nunca foi feito antes.

De acordo com Rozenfeld *et al.* (2006), o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) está diante de um cenário empresarial e comercial muito acirrado, cabendo a si, por meio da identificação e até a antecipação, criar novos conceitos de projetos de produtos e serviços. Estrategicamente, é importante buscar: identificar as necessidades do mercado e dos clientes em todas as fases do ciclo de vida do produto; identificar as possibilidades tecnológicas; desenvolver um produto que atenda às expectativas do mercado, em termos de qualidade do produto; desenvolver o produto no tempo adequado, ou seja, mais rápido que os concorrentes, e a um custo competitivo.

Segundo Crawford e Benedetto (2016), um novo produto bem-sucedido é melhor para a empresa do que qualquer outra estratégia. As empresas, conseguem encontrar em novos produtos a resposta para a maior parte de seus problemas. A falta de diferenciação de produtos entre concorrentes acaba com a margem de lucros de todas as partes, tanto quanto, a criação de um novo produto desejável pode alavancar uma das partes concorrentes e defasar a outra.

A criação de um novo produto pode ser insegura, devido a uma alta taxa de insucesso. De acordo com Crawford e Benedetto (2016), de modo geral as melhores empresas precisam de cerca de quatro ideias para a criação de um novo produto, em

comparação, outras empresas necessitam de cerca de nove. Isso decorre do fato de que empresas mais competentes eliminam rapidamente ideias ruins.

Ainda conforme Crawford e Benedetto (2016), as empresas não buscam uma taxa de insucesso zero. Isto acarretaria um excesso de cautela perante a inovações internas, com recursos próprios e se oprimindo de avanços revolucionários (arriscados). O objetivo é minimizar os prejuízos monetários provindos do insucesso, aprendendo com eles.

Um Estudo de Avaliação de Desempenho Comparativo (*Comparative Performance Assessment Study* - CPAS) realizado pela Associação de Desenvolvimento e Gestão de Produtos (*Product Development & Management Association* – PDMA), demonstra que de 100 ideias, cerca de 70 passam pela etapa inicial, aproximadas 50 passam pela avaliação e teste de conceito e vão para desenvolvimento, em torno de 30 são submetidas a teste, aproximadas 25 são comercializadas, e em torno de 15 são um sucesso. Se tratando de desenvolvimento de novos produtos, as melhores empresas em 2012, tiveram uma taxa de sucesso de cerca de 80%, enquanto as empresas restantes tiveram em torno de 50% (CRAWFORD e BENEDETTO, 2016).

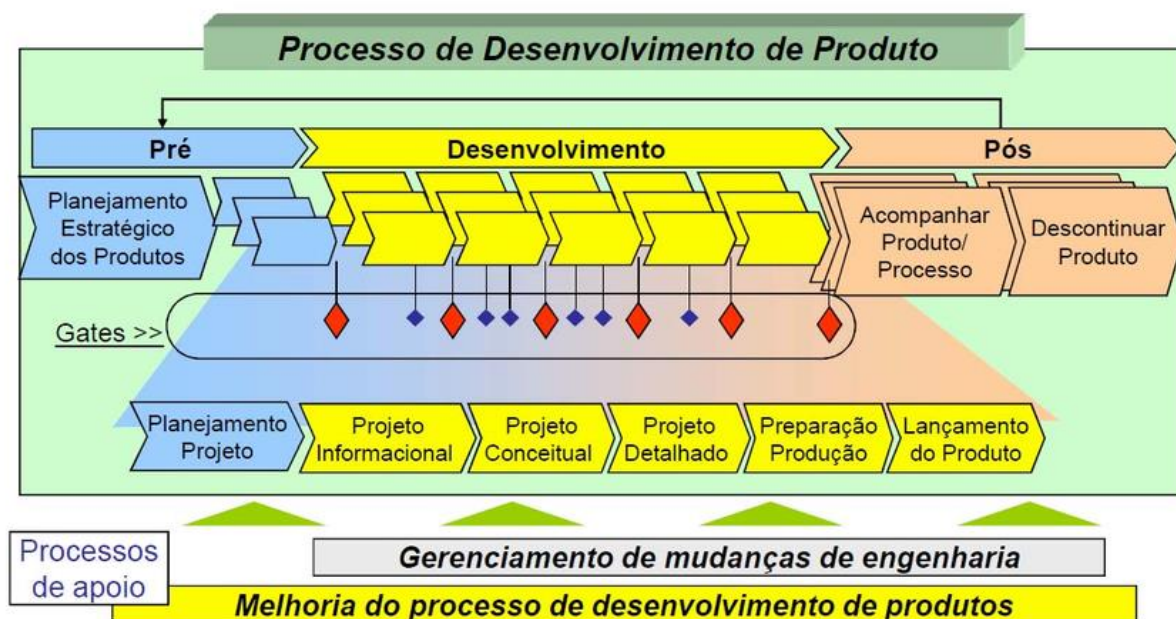
Algumas fases são importantes para o desenvolvimento de um novo produto e seguir as etapas pré-determinadas reduz as chances de insucesso. Segundo o modelo apresentado por Rozenfeld *et al.* (2006), há três macro fases, das quais duas delas são mais genéricas (pré-desenvolvimento e pós-desenvolvimento), podendo ser aplicadas a vários modelos de empresa. Já a terceira depende de mais tecnologia, pois enfatiza aspectos tecnológicos correspondentes à definição do produto em si, suas características e forma de produção. Sendo o modelo completo voltado a empresas de manufatura de bens de consumo duráveis e de capital.

Ainda segundo o modelo PDP de Rozenfeld *et al.* (2006), no pré-desenvolvimento é realizado todo o planejamento do projeto. A macro fase de desenvolvimento é subdividida nas fases projeto informacional, onde são geradas as Especificações-meta, no projeto conceitual, em que são geradas soluções até encontrar a melhor e que seja capaz de atender as Especificações-meta, no projeto detalhado, na qual a melhor Concepção de Produto será detalhada e transformada nas Especificações Finais, na preparação da produção, onde o produto recebe certificação baseada em lotes pilotos, no lançamento do produto, quando é emitido o documento oficial de lançamento. Na macro fase de pós-desenvolvimento, têm-se o

acompanhamento do produto perante ao mercado, observações referentes ao ciclo de vida e substituição do produto por um novo ou propriamente a remoção.

A Figura 1, representa o modelo proposto por Rozenfeld *et al.* (2006) para desenvolvimento de produtos.

Figura 1 - Modelo de referência do Processo de Desenvolvimento do Produto



Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006)

2.1.1 Planejamento do projeto

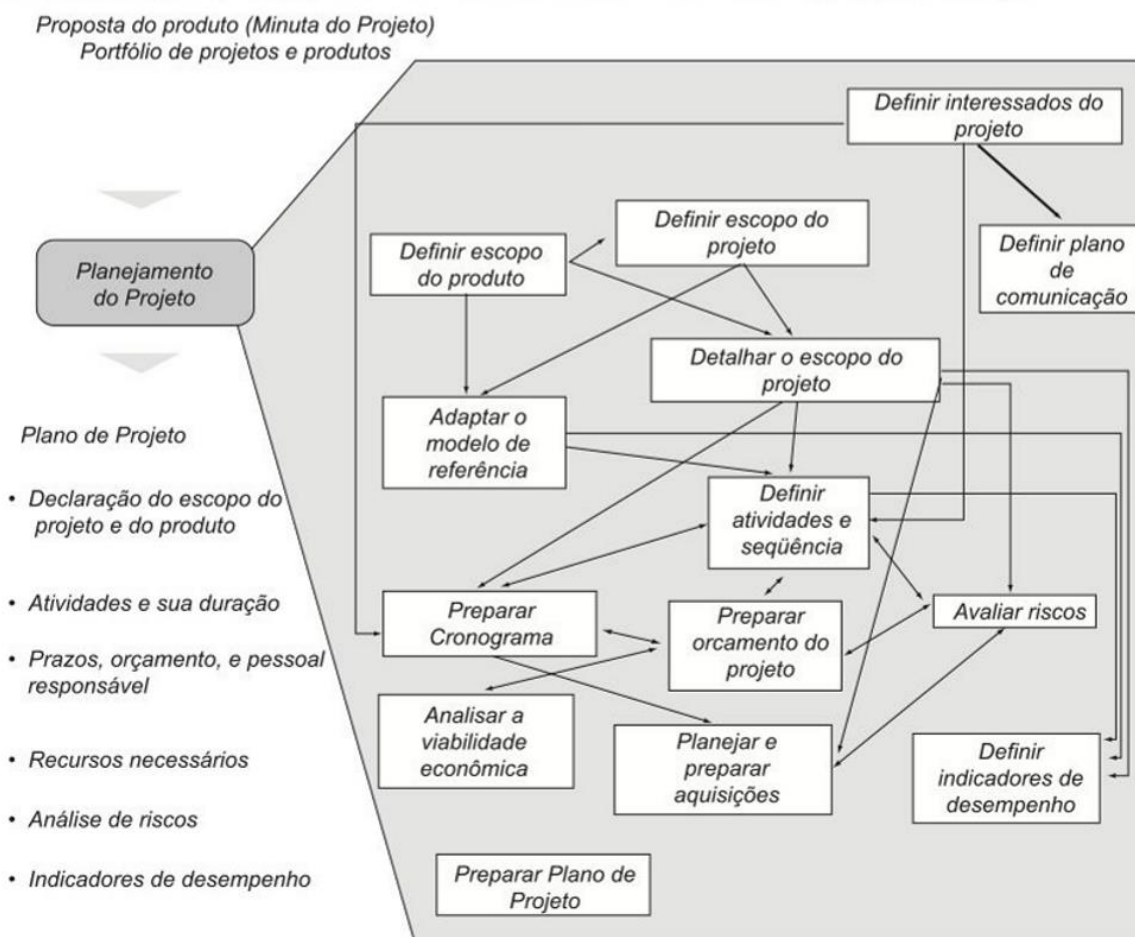
Conforme Back *et al.* (2008), a fase do planejamento está destinada à criação de um novo projeto, mediante as estratégias de negócio da empresa e da organização do trabalho a ser desenvolvido ao longo do tempo.

Na fase do planejamento está concentrado o maior número de decisões que impactarão no decorrer das outras etapas. Diversos problemas podem ser evitados se o projeto partir de uma boa análise do seu escopo e riscos. Nesta fase, as informações são recebidas do portfólio de produtos e projetos. Resultante a estas informações, o Plano de Projeto apresenta dados relacionados às declarações de escopo de produto e projeto, às atividades e suas previsões de duração, aos orçamentos, recursos e pessoal necessários para a execução do projeto, às possibilidades de riscos e aos indicadores de desempenho que devem ser

empregados (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Está representado na Figura 2, o modelo apresentado por Rozenfeld *et al.* (2006) para a realização das atividades da fase de planejamento de projeto.

Figura 2 - Informações principais e dependências entre as atividades da fase de Planejamento do Projeto.



Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006)

O escopo do produto é uma das primeiras atividades a serem desenvolvidas pelo gerente de projeto. Esta atividade será criada a partir da Minuta do Projeto. De acordo com Rozenfeld *et al.* (2006), o documento, Escopo do Produto, deve conter informações referentes às características e funções que o produto deverá apresentar e que serão criadas pelo projeto. A ideia é entender primeiramente qual o produto que se espera criar com o projeto, sem se aprofundar em “como” será desenvolvido, isto é, sem definir as atividades, responsáveis, recursos, tempo e outras informações que serão tratadas no escopo do projeto.

Rozenfeld *et al.* (2006), ainda explica que, apesar de apresentarem

informações diferentes, o escopo do produto e escopo do projeto são interdependentes, ou seja, se alguma informação for alterada em um deles será necessário verificar um possível impacto ou necessidade de mudança no outro. Uma definição pode ser aplicada a cada um:

- Escopo do produto: É definido como sendo, uma lista de funções e características que juntas devem garantir o desempenho proposto para o produto a ser desenvolvido.
- Escopo de projeto: É composto por uma diversidade de tarefas a serem realizadas até a entrega do produto ou produtos do projeto. Nesta etapa, são definidas as atividades, os responsáveis, os recursos, o tempo e outras informações que não são tratadas no escopo do produto.

2.1.2 Projeto informacional

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), a partir das informações levantadas na etapa do planejamento do projeto, será elaborado um conjunto de informações denominado de especificações-meta. Estas especificações devem ser o mais completas possíveis, pois a partir delas serão preparados os critérios de avaliação e tomada de decisão elaborados nas etapas posteriores.

A partir de uma pesquisa de mercado, é possível identificar, especificar e justificar uma nova oportunidade de produto. Uma pesquisa de mercado envolve buscar o que os consumidores querem, como os desejos dos consumidores serão atendidos e como os produtos da empresa serão apresentados perante os produtos concorrentes. Conforme Baxter (2011), estas necessidades de mercado podem ser encontradas tendo como base quatro principais fatores:

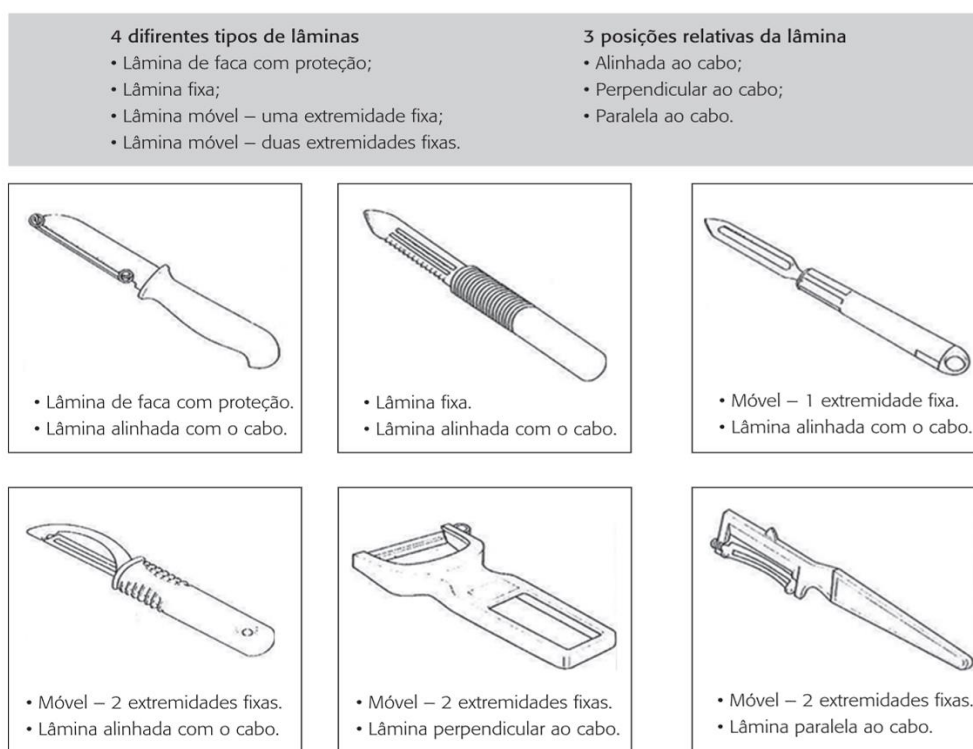
- Capacidade de *marketing* da própria empresa;
- Pesquisa bibliográfica;
- Levantamentos qualitativos do mercado;
- Levantamentos quantitativos do mercado.

Para introduzir um novo produto ao mercado com mais assertividade, deve-se realizar uma busca e análise prévia de produtos similares que já existam. Para isso, segundo Baxter (2011), pode ser aplicada a ferramenta de busca de oportunidades tecnológicas de mercado *Benchmarking*. Usando essa ferramenta é possível criar

macros comparativos, proveniente da análise das melhores tecnologias e processos já existentes no mercado. A procura não se limita a empresas do mesmo ramo. Como exemplo, uma empresa de doces, a fim de melhorar a sua distribuição, pode analisar como os cigarros chegam até os pontos de venda da cidade.

Um exemplo de pesquisa de mercado é apresentado por Baxter (2011) na Figura 3.

Figura 3 - Seis diferentes famílias de descascadores de batata



Fonte: Baxter (2011)

O ciclo de vida de um produto é uma técnica analítica e pode ser usada para criação de novos produtos. Baxter (2011) demonstra que essa técnica pode ser usada para diminuir a agressividade de novos produtos e também para construir o fluxo de vida de um novo produto, iniciando pela entrada das matérias primas na fábrica, passando pela produção, distribuição e uso, até o descarte final do produto.

Rozenfeld *et al.* (2006), acrescenta que a fim de levantar as necessidades dos clientes de cada fase do ciclo de vida, são realizadas buscas na forma de variáveis linguísticas. Para isso, é feito uso de instrumentos de pesquisa como listas de verificação ou por meio de observação direta, entrevistas e grupos de foco ou algum outro método capaz de interagir com diferentes clientes.

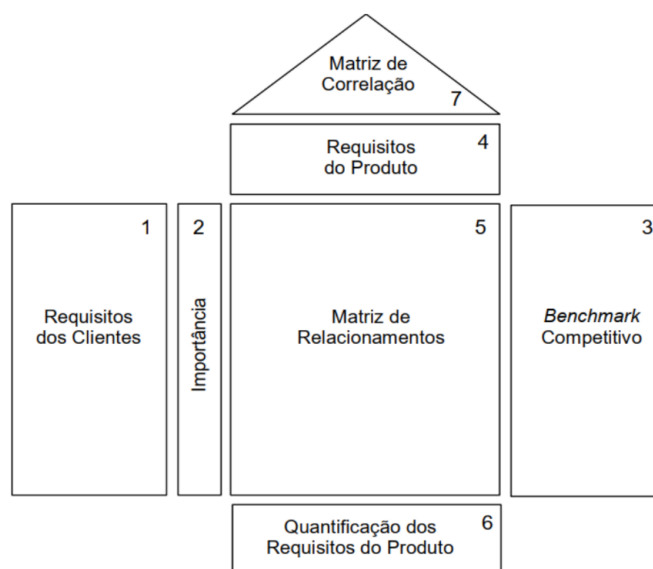
Com as necessidades dos clientes já identificadas, essas são agrupadas seguindo as fases do ciclo de vida ou por afinidades, por meio do diagrama de afinidades. Esse agrupamento favorece a verificação de necessidades similares ou com pouca importância para o projeto, podendo eliminar as menos relevantes. As necessidades restantes, separadas em grupos de similaridade, serão reescritas, podendo ser relacionadas a aspectos como: desempenho funcional, fatores humanos, propriedades, espaço, confiabilidade, ciclo de vida, recursos e manufatura e então são convertidas em requisitos de clientes (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Como os requisitos de clientes são descritos em forma de necessidades, é necessário transformá-los em características técnicas que possam ser mensuradas por algum tipo de sensor. Rozenfeld *et al.* (2006), descreve esses novos parâmetros mensuráveis de requisitos de produto ou requisitos de engenharia.

Com a preocupação de desenvolver produtos que reflitam os desejos, gostos e expectativas dos usuários e auxiliar a equipe de projeto na geração das especificações-meta é utilizado o QFD (*Quality Function Deployment*). De acordo com Back *et al.* (2008), o também conhecido por método das matrizes é desdobrado em quatro matrizes, sendo a primeira conhecida como Matriz Casa da Qualidade a mais utilizada.

A Figura 4 representada por Rozenfeld *et al.* (2006), demonstra esquematicamente a Matriz Casa da Qualidade.

Figura 4 - Matriz Casa da Qualidade



Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006)

As especificações-meta de um produto são parâmetros quantitativos e mensuráveis determinados para certo produto, definidos a partir do desdobramento realizado na matriz QFD. Os parâmetros quantitativos podem estar dentro uma faixa de valores (de 10mm a 15mm), ser valores específicos (15Kg/s) ou valores com tolerância (15 ± 2). Segundo Gehlen, Nonohay e Affonso (2018), é importante realizar uma avaliação se há uma correlação positiva ou negativa quanto ao atendimento dos requisitos dos clientes, desse modo, o aumento de um dos requisitos de produto pode impactar em outro.

2.1.3 Projeto conceitual








































Para facilitar a busca de uma solução, nesta etapa os problemas mais complexos são desdobrados em partes mais simples utilizando uma matriz morfológica. Conforme mostrado em Rozenfeld *et al.* (2006), para identificar a melhor alternativa que solucione os problemas, são definidos para cada parâmetro algumas possíveis alternativas de solução. A partir das alternativas de solução são criadas diferentes concepções de produtos combinando um conjunto de parâmetros diferentes em cada. Como o número de princípios de soluções pode ser grande, deve-se limitar às opções que se apresentem mais viáveis.

Em Crawford e Benedetto (2016), é frisada a importância da variação dos parâmetros para a geração de concepções de produtos mais diversificados. Muitas vezes uma ideia que ninguém teria imaginado pode surgir com a utilização da matriz.

A matriz morfológica possui uma estrutura voltada à geração de alternativas de solução para os problemas de projeto. Auxilia a equipe de desenvolvimento na definição das alternativas de concepções do produto. Para cada função do produto existem inúmeras possíveis soluções, essas serão listadas seguindo uma ordem, segundo a importância, posição na estrutura, fluxo de energia, fluxo de informação. A matriz permite uma visualização dessas possíveis soluções, que serão chamadas de princípios de solução. Deve-se buscar novas ideias, tanto quanto soluções já existentes, podendo ser representadas visualmente ou por palavras. Ao fim, os princípios de solução são combinados entre si e mantêm-se somente as combinações viáveis ou mais atrativas (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Na Figura 5 presente em Rozenfeld *et al.* (2006), está exemplificado um modelo de matriz morfológica.

Figura 5 : Matriz morfológica do equipamento para limpeza de mexilhões.

FUNÇÕES	Princípios de solução					
Agrupar mexilhões	 Casca esférica	 Tambor vertical	 Funil	 Redução aberta	 Redução aberta	 Tambor horizontal
	 Cone	 Empurrando	 Canaleta	 Copo		
Agitar mexilhões	 Tambor rotativo	 Eixo com aparatos	 Pás rotativas	 Caixa vibratória	 Agitador	 Planetária-1
	 Planetária-2	 Oscilação				
Extrair detritos dos mexilhões	 Placa rotativa	 Escova	 Tambor rotativo	 Tambor com grades	 Grade vibratória	 Eixo com placas
	 Jato de areia	 Eixo com placas com orifícios	 Placa com orifícios	 Eixo com pás	 Barra rotativa	 Cabo rotativo
Lavar mexilhões	 Jato d'água	 Jato de ar	 Jato de vapor	 Banho d'água	 Banho químico	 Eixo com orifícios
	 Fluxo d'água	 Tubo com jatos	 Ducha d'água			

Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006)

Independente de qual seja o modelo de produto a ser produzido, a estrutura de uma matriz contribui essencialmente para a sua criação. É muito importante realizar diferentes variações dentre os princípios de solução para a gerar concepções de produtos mais diversificados (CRAWFORD e BENEDETTO 2016).

2.1.4 Projeto detalhado

Para produzir um produto, é fundamental que as informações sobre ele estejam bem detalhadas, atendendo aos requisitos de produção e às necessidades de comercialização e do consumidor. Segundo Gehlen, Nonohay e Affonso (2018), uma perspectiva ampliada do produto demonstra funções adicionais relacionadas indiretamente com o produto. Servindo de exemplo, o atendimento pós-venda, instalação e manutenção do produto, reciclagem e logística reversa.

De acordo com Baxter (2011), a configuração de um novo projeto se inicia com o conceito determinado e finaliza com a elaboração e testes do protótipo do produto. É compreendida por quatro fases:

1. Geração de ideias, explorando-se todas as formas possíveis de fabricar o produto;

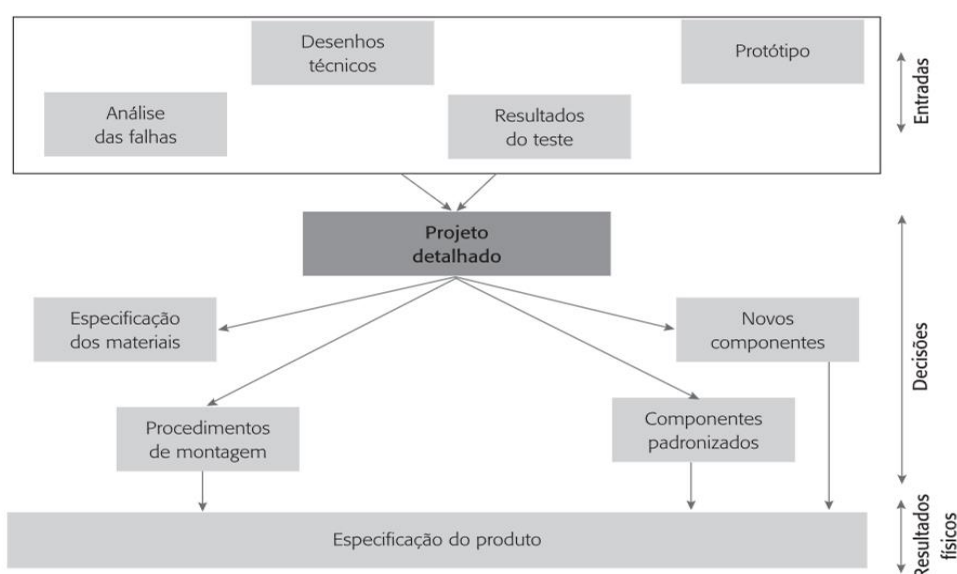
2. Seleção das ideias, escolhendo-se a melhor ideia, em comparação com as especificações de projeto.
3. Análise das possibilidades de falha e seus efeitos, para levantar os possíveis pontos de falha do produto.
4. Construção e teste do protótipo, para aprovar ou rejeitar o projeto.

Nessa fase do projeto, é comum as atividades aparecerem simultaneamente, já que pode ser necessário retornar a aspectos já definidos para alguma melhoria. Segundo Baxter (2011), ao final do processo de configuração, deve-se ter uma definição sobre a arquitetura do produto, a forma e função de cada componente, processo de montagem, tipos de materiais e processos de fabricação a serem usados.

Com a definição de como será produzido o produto, é trabalhado o projeto detalhado do produto. Isso consiste em como serão obtidos os componentes (se serão fabricados ou comprados de terceiros), deve-se criar para cada componente uma descrição do processo produtivo, contendo os materiais e as ferramentas necessárias para a produção. As especificações do produto, devem detalhar o produto em desenhos técnicos e procedimentos para controle de qualidade (BAXTER, 2011).

A Figura 6, demonstra o modelo apresentado por Baxter (2011), para representar as entradas e os resultados do projeto detalhado.

Figura 6 : Entradas e resultados do projeto detalhado.



Fonte: Baxter (2011)

O projeto detalhado pode ser desenvolvido de diferentes maneiras, fazendo-se necessário a escolha da melhor forma para cada tipo de produto. Utilizar todos os métodos possíveis como citado em Gehlen, Nonohay e Affonso (2018) se torna inviável devido ao grande número existente. Alguns processos como a prevenção de acidentes podem ser muito aplicáveis a produtos de linha automotiva por exemplo, não sendo tão necessário para outros tipos de produtos.

2.2 A fisioterapia para Pessoas em Cadeira de Rodas e seus equipamentos

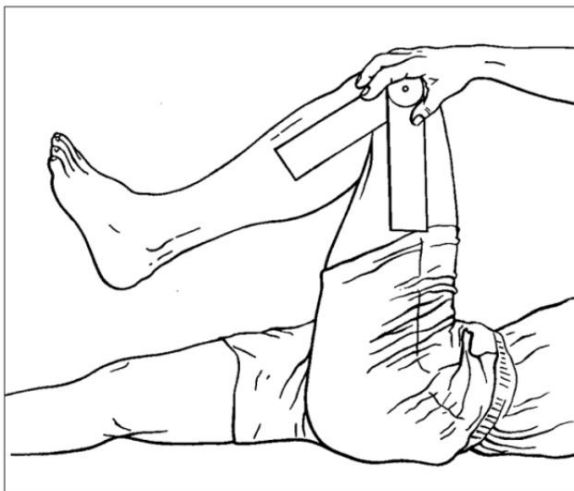
A fisioterapia tem grande relevância na recuperação ou alívio das dores de pessoas com limitações nos movimentos dos membros inferiores e que por necessidade fazem uso de cadeiras de rodas para movimentação. Conforme Central da Fisioterapia (2023), com a fisioterapia é possível identificar e corrigir problemas posturais musculares e ósseos.

Na fisioterapia, são realizados exercícios de alongamento de cintura escapular e pélvica, também é aferido movimentos aos músculos dos membros inferiores a fim de fortalecê-los e exercícios que ajudam a fortalecer os glúteos, abdômen e quadríceps (CHAMLIAN, 2010).

A reabilitação deve iniciar o mais cedo possível, provendo uma avaliação física e funcional do paciente para que a assistência fisioterapêutica atue da melhor forma. Desse modo, conforme descrito por Chamlian (2010), os exercícios para melhoria do condicionamento muscular, manutenção da amplitude do movimento, aumento da força muscular e até o condicionamento cardiorrespiratório terão melhor resultado quando iniciados precocemente.

Existem vários equipamentos para fisioterapia para as pernas, entre eles, os cicloergômetros que permitem a movimentação circular cíclica, podendo ser utilizados para a realização de exercícios passivos, ativos e resistidos. Sua utilização é bastante aceitável, contando com uma boa adaptação do paciente ao exercício. O cicloergômetro é um equipamento que proporciona uma melhora na amplitude dos movimentos realizados pelo PCR, para determinar essa amplitude no movimento da perna na fisioterapia, utiliza-se o goniômetro, instrumento de medição de ângulos, cuja unidade de medida é graus. A Figura 7 representa como deve ser aferida a medição do ângulo de amplitude de movimento da perna.

Figura 7 : Colocação do goniômetro para medir o movimento de flexão da perna



Fonte: Marques (2014)

De acordo com Interfisio (2023), a utilização da cicloergometria auxilia na melhora da capacidade funcional, no fortalecimento muscular, e melhora da capacidade respiratória reduzindo a sensação de fadiga e dispnéia. A Figura 8 está exemplificando um modelo de cicloergômetro.

Figura 8 : Mini Bicicleta Ergométrica Dobrável Com Monitor IWMBEDM



Fonte: Importway (2023)

Os aparelhos de cicloergometria podem até contar com a presença de um mecanismo de eletroestimulação. Segundo Chamlian (2010), esse tipo de equipamento foi apresentado pela primeira vez em 1984. Os indivíduos a fazerem proveito dessa técnica são as pessoas que sofreram lesões irreversíveis na medula espinhal. O equipamento conta com um mecanismo similar a uma bicicleta estacionária acoplada a um sistema gerador de pulsos elétricos. Os sinais são enviados para cada músculo em específico, acionando-os no momento certo para a realização do movimento.

A Figura 9 demonstra um modelo de cicloergômetro que estimula os músculos por meio de pulsos elétricos.

Figura 9 : Aparato de cicloergometria com fes com estabilizadores em MMII.



Fonte: Chamlian (2010)

Esteiras ergométricas são fundamentais para pacientes que estão retornando com os primeiros movimentos dos membros inferiores. Esse tipo de equipamento permite à pessoa treinar a marcha de forma progressiva até ganhar maior resistência e confiança. Conforme representado em Ageon (2023), há dois princípios neste tipo

de exercício, sendo eles, o movimento dos membros inferiores e a postura corporal numa posição estável. Nesse processo se obtém dois movimentos diferentes, a sustentação do corpo com auxílio do apoio lateral e o impulsionamento das pernas para produzir o movimento da caminhada.

Um modelo de esteira ergométrica pode ser visualizado na Figura 10.

Figura 10 : Apresentando a esteira SOLE F65 atualizada



Autor: Sole Fitness (2023)

A utilização do equipamento conhecido por elíptico é uma outra maneira de auxiliar na recuperação física. Conforme Fisioterapia Oeiras (2023), o equipamento é capaz de combinar movimentos de pedalar com movimentos de subida e descida de degraus e até similares a uma corrida, porém sem impacto, o que é bastante importante para quem sofreu algum tipo de lesão.

Observando a Figura 11, pode-se identificar um exemplo de elíptico.

Figura 11 : Elíptico Sole E25 novo e atualizado - edição 2023



Fonte: Sole Fitness (2023)

Um produto utilizado por pessoas em cadeira de rodas é mostrado na Figura 12. Seu conceito utiliza a força dos braços da PCR para executar o movimento que por meio de um sistema de transmissão é transferido aos pedais e estes por sua vez promovem movimento às pernas da PCR.

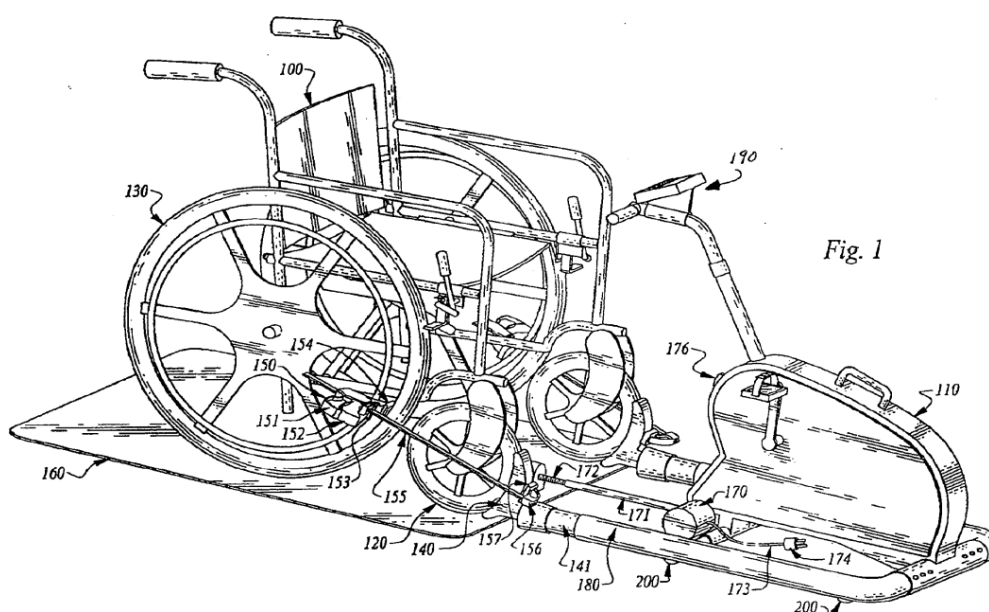
Figura 12 : Bicicleta P/fisioterapia Exercícios Pés Braços e Cadeirantes



Fonte: Neppel Business (2023)

Na Figura 13 é possível observar um equipamento similar a um cicloergômetro acoplado a uma cadeira de rodas, desse modo, possibilitando a PCR realizar o movimento das pernas com o uso do equipamento sem precisar sair da cadeira de rodas.

Figura 13 : Método e aparelho para acoplar uma cadeira de rodas a um dispositivo de exercício



Fonte: Catanescu, Catanescu e Catanescu (2003).

Os equipamentos utilizados na fisioterapia são muito importantes para uma melhor recuperação dos pacientes. Cada tipo de lesão exige um método diferente para a recuperação e conseqüentemente exercícios em aparelhos fisioterapêuticos diferentes. Em Carci (2023), está enfatizado a importância dos equipamentos para o tratamento e a redução de complicações clínicas a longo prazo, garantindo melhor qualidade de vida aos indivíduos e melhorando o condicionamento físico.

2.3 Identificação de trabalhos anteriores

Outros trabalhos relacionados à metodologia e tema deste, também foram considerados para demonstrar a amplitude da busca realizada. Assim, destacam-se alguns estudos científicos que envolvem diretamente tecnologias assistivas e/ou que envolvem o desenvolvimento de produtos em sua concepção. Essa busca e

apresentação visa demonstrar a consistência do desenvolvimento desta área no Instituto Federal de Santa Catarina.

Um trabalho desenvolvido pelo autor Jahn (2021), pode ser citado como sendo um dos trabalhos utilizados como base para o desenvolvimento deste estudo. No seu decorrer, Jahn (2021) demonstra a utilização do PDP representado por Rozenfeld *et al.* (2006), para criar uma nova tecnologia aplicável a uma cadeira de rodas. Foram aplicadas as etapas de desenvolvimento de produto PDP e também utilizada a metodologia *Design Thinking*. Seu produto consiste em um sistema de direcionamento de uma cadeira de rodas adaptada para ser conduzida utilizando a força do tronco do usuário. Essa tecnologia mostra-se ser assistiva às Pessoas em Cadeira de Rodas (PCR). Seu trabalho também contou com a pesquisa com usuários de cadeira de rodas representados por uma equipe de basquetebol em cadeira de rodas. Foi realizada uma visita técnica a essa equipe de basquetebol e utilizando os conceitos por eles explicados, construiu-se um protótipo de cadeira de rodas. Após vários testes e ajustes, o protótipo foi finalizado e atendeu as expectativas, dando ênfase a facilidade de condução e a agilidade de realizar curvas.

Outro trabalho realizado foi de Meyer (2021), que demonstra a acessibilidade de uma PCR pelas ruas da cidade de Jaraguá do Sul. Neste trabalho foram analisadas três possíveis rotas realizadas por uma PCR para chegar de certos pontos da cidade até o IFSC de Jaraguá do Sul Campus Rau. O deslocamento realizado tomou como base a menor rota entre os dois pontos, sendo o IFSC o ponto de destino, fornecida por meio de um aplicativo de rotas. Estes percursos foram realizados e os devidos problemas nos trajetos foram registrados. Várias são as dificuldades encontradas pelo pesquisador, se resumindo a buracos declives e aclives entre as calçadas e o nível da rua, lugares apertados que impossibilitam a passagem de um PCR, calçadas sem tijolos e calçadas sem continuidade, o que fazem a PCR desviar pelas vias de trânsito. Este estudo comprovou atenuadamente que se faz necessário o desenvolvimento de um sistema de direcionamento que oriente PCRs a terem uma melhor referência para definir seus trajetos.

Por fim, outro trabalho do qual foi tomado como base, foi o do Ronchi (2018), que envolve o conceito de desenvolvimento de produto juntamente com tecnologia assistiva à um PCR. Sua contextualização demonstra desenvolvimento do conceito de uma carteira escolar que possa acomodar uma pessoa com deficiência e o seu professor dentro de uma sala de aula. O desenvolvimento do trabalho se fez com uso

da metodologia PDP e buscas bibliográficas envolvendo conceitos de ergonomia. Como resultado se obteve um projeto de carteira escolar desenvolvido a partir dos critérios apresentados para o produto. O projeto da carteira atendeu a maior parte dos requisitos do produto, possuindo a área estimada, o ângulo desejado considerando o aluno e também o professor em relação à parede do quadro, altura e somente não atendendo à largura variável de 500 mm a 900 mm. O projeto mostrou atender aos requisitos desejados, contando com liberdade de movimentos do usuário e variações nas regulagens, servindo para pessoas de diversos tamanhos e até mesmo a uma PCR.

Os trabalhos apresentados e que serviram de base para a criação do presente trabalho, foram de grande importância para a coleta de referencial bibliográfico. As pesquisas mencionadas e a metodologia utilizada em cada um dos trabalhos forneceram informações importantes e que foram aplicadas na estrutura e no decorrer deste trabalho.

3 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo será apresentada a etapa planejamento do projeto, na qual será demonstrado o formulário aplicado para uma pessoa em cadeira de rodas (PCR) e dois profissionais da área de fisioterapia, juntamente com suas respectivas respostas.

Destaca-se inicialmente que na literatura não foi encontrado consenso sobre a nomenclatura da pessoa usuária de cadeira de rodas. Assim, adota-se na maior parte deste trabalho a expressão “Pessoa em Cadeira de Rodas” (PCR) por ser a mesma indicada na NBR 9050 (ABNT, 2020) que trata de Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Entretanto, no formulário de pesquisa adotou-se a expressão “Pessoa Cadeirante” por ser mais conhecida e autoexplicativa.

Para fins de desenvolvimento do produto deste projeto, foram considerados dois requisitos de utilização, sendo que a PCR não terá que ter/executar força própria com as pernas e deverá conseguir realizar a fisioterapia sozinha.

Na etapa de aplicação do PDP, foi aplicado o modelo representado em Rozenfeld *et al.* (2006), para o desenvolvimento de um novo produto. Foi demonstrado a geração dos requisitos de produto (RP), a partir dos requisitos de clientes (RC). Os RPs foram classificados por grau de importância, sendo 1 o mais baixo grau de importância e 5 o mais alto grau de importância. Em seguida foi realizada na matriz QFD a correlação entre os RPs e os RCs e classificados de acordo com o grau de correlação entre os requisitos. Os requisitos foram classificados por ícones de acordo com o grau de similaridade. Os círculos verdes representam alto grau de correlação, os triângulos amarelos médio grau de correlação, os pentágonos vermelhos baixo grau de correlação e aqueles sem ícones não possuem correlação entre si.

Em seguida, foram geradas as especificações-meta, as quais estão numeradas do 1º ao 7º item, conforme o grau de relevância determinado na matriz QFD. Os requisitos de produto foram mensurados por unidades passíveis de medida e possíveis de serem aferidos por algum sensor.

Seguindo os requisitos de produto mostrados nas especificações-meta, foi definido a função principal que o produto deverá conter e posteriormente sofrerá o desdobramento para a geração das subfunções no sistema.

Na apresentação da concepção do produto, foi demonstrada a utilização da Matriz Morfológica, na qual foram representados os princípios de solução para cada função contida no produto. Foi definida a melhor concepção de produto que

posteriormente passou a ser detalhada em um *software* CAD.

3.1 Planejamento do Projeto de um produto para Pessoa em Cadeira de Rodas

O planejamento do projeto deste trabalho constou do desenvolvimento de formulários com questionários para os dois agentes mais envolvidos no processo. Assim, foi desenvolvido um questionário para a PCR e um para um profissional de saúde da área de fisioterapia. A partir de um formulário disponibilizado via aplicativo de mensagens, o questionário foi respondido por uma PCR e o questionário direcionado aos profissionais da fisioterapia foi respondido por duas pessoas.

Na Tabela 1 estão representadas as perguntas e as respostas realizadas à PCR.

Tabela 1: Perguntas e respostas à PCR

Perguntas	Respostas
O que acontece quando você não faz fisioterapia?	As minhas pernas perdem um pouco da força e a estabilidade
Qual a importância da fisioterapia nas pernas para você?	Para mim a importância é o fortalecimento do músculos da minha perna e não perder os movimentos da mesma
Quantas vezes por semana você faz fisioterapia nas pernas?	Duas vezes
Na sua concepção, como seria um produto/equipamento para melhorar a fisioterapia nas pernas?	Um equipamento parecido com os dos jogadores de futebol usados para massagem. Que "reative" os músculos e nervos da perna

Fonte: o autor

Na Tabela 2 estão demonstradas as perguntas e respostas retiradas do formulário aplicado aos dois profissionais da área de fisioterapia.

Tabela 2: Perguntas e respostas aos fisioterapeutas

Perguntas	Respostas	
	Fisioterapeuta 1	Fisioterapeuta 2
O que acontece quando uma pessoa com restrições na movimentação dos membros inferiores não faz fisioterapia?	Diminui a força, aumenta a rigidez articular e perde a funcionalidade com o passar do tempo.	Ela vai ficar cada vez mais restrita e sem mobilidade, podendo gerar contratura na musculatura por desuso o tecido articular e ósseo também pode ser prejudicado pela falta de movimentação.
Quais os principais benefícios de fazer fisioterapia?	Melhora a qualidade de vida: melhora a funcionalidade, diminui as dores e previne futuras lesões.	Ganho de alongamento, mobilidade, força, recuperação de lesões.
Qual a frequência indicada para a realização de fisioterapia para as pernas de uma pessoa cadeirante?	A fisioterapia ideal é de 1 hora por dia, 5 dias por semana.	De 2 a 3 vezes por semana.
Como são realizados os exercícios de fisioterapia com pessoas cadeirantes?	O tratamento visa a melhora da funcionalidade, o fortalecimento e alongamento dos músculos, visando a melhora global do paciente.	Muito alongamento e mobilização dos membros inferiores para evitar encurtamento, eletroestimulação nas pernas para diminuir perda muscular, alongamento e fortalecimento dos membros superiores uma vez que eles serão muito usados.
Quais são os equipamentos utilizados na fisioterapia para pessoas cadeirantes?	Pode ser usado, dependendo do caso, diversos recursos, entre eles, cinesioterapia, hidroterapia, equoterapia, eletroterapia e recursos manuais. Cada paciente tem uma conduta exclusiva, dependendo da gravidade e da avaliação.	Tens, eletroestimulador, bola, faixa elástica, pesos.
Na sua concepção, como seria um produto/equipamento para melhorar a fisioterapia nas pernas?	Os equipamentos utilizados devem estimular a contração muscular, a função dos membros e a manutenção da amplitude de movimento.	Um equipamento para facilitar dentro do ambulatório o fortalecimento das pernas pequeno e leve

Fonte: o autor

As perguntas dos dois questionários foram preparadas para buscar informações reais sobre as condições da necessidade de movimentação das pernas para a PCR. Para o Profissional de Fisioterapia foram incluídas mais algumas perguntas para aumentar o entendimento da percepção real.

Os questionários aplicados à pessoa usuária de cadeira de rodas e aos fisioterapeutas são de grande importância para definir os requisitos dos clientes.

Seguindo as informações obtidas nos questionários e usando os conteúdos referenciais juntamente com reflexões acerca do assunto, foram levantadas as necessidades dos clientes. A partir dessas necessidades definiram-se os requisitos de cliente que posteriormente foram transformados em especificações mais técnicas, os requisitos de produto.

Neste caso, destacam-se algumas respostas que são importantes para a definição das necessidades do usuário. A primeira delas é a frequência de atividades, onde a PCR indicou que realiza fisioterapia 2 vezes por semana e os fisioterapeutas recomendam que sejam todos os dias e/ou 2 a 3 vezes por semana. Isso traz uma informação que é necessária uma quantidade significativa de momentos onde a PCR necessita deslocar-se para o centro de fisioterapia. Portanto, um dispositivo que possa ser utilizado pelo próprio usuário em sua residência tende a reduzir as dificuldades com transporte e tempo de atividade de fisioterapia.

Outra informação importante foi que os três questionários trouxeram respostas semelhantes quanto às consequências da ausência de fisioterapia. Basicamente, acontecem perda de força, mobilidade além disso pode gerar rigidez articular e futura perda da funcionalidade.

As características indicadas para os equipamentos de fisioterapia foram, um equipamento pequeno e leve, com estímulo à contração muscular e amplitude do movimento. Já a PCR indicou um equipamento portátil que não foi avaliado no estudo bibliográfico deste trabalho. Trata-se de um massageador portátil elétrico, conforme Figura 14.

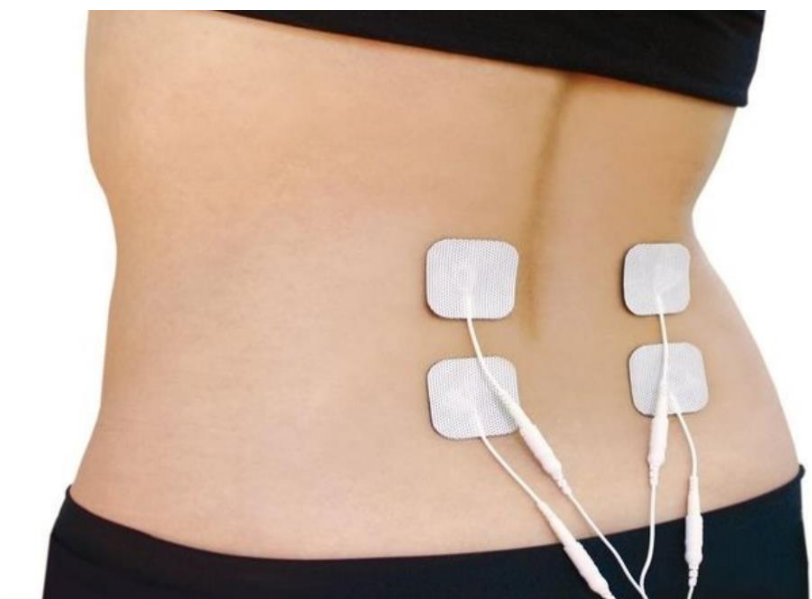
Figura 14 : Massageador Pistola Action Relax



Fonte: Aj Físio (2023)

Um dos fisioterapeutas indicou o uso de TENS como uma opção. Tal tipo de equipamento também não foi encontrado na busca bibliográfica. Trata-se de um equipamento de neuroestimulação elétrica transcutânea, para eletroterapia, conforme Figura 15.

Figura 15 : TENS



Fonte: Fisioterapia-Lisboa (2023)

Por fim, os profissionais de fisioterapia indicaram uma série de tipos de tratamentos para a fisioterapia de PCRs, sendo eletroestimulação nas pernas, cinesioterapia, hidroterapia, equoterapia, eletroterapia e recursos manuais.

3.2 Aplicação do PDP para projeto de produto para pessoa em cadeira de rodas

Na Figura 16 está representada a matriz Casa da Qualidade, na qual é demonstrado a correlação entre os requisitos de cliente e os requisitos de produto.

Os produtos dos quais foram tomados como concorrentes foram, a bicicleta para fisioterapia, exercícios nos pés, braços e cadeirantes, apresentada na Figura 12 e cicloergômetro demonstrado na Figura 9. Para a realização do QFD, adotou-se para a bicicleta para fisioterapia, exercícios nos pés, braços e cadeirantes o nome bicicleta p/fisioterapia e para o cicloergômetro que estimula os músculos por meio de pulsos elétricos utilizou-se o nome de Chamlian.

Figura 16 : Aplicação da Matriz QFD

								Benchmarking de Mercado			Qualidade planejada					
RC: Requisitos do Cliente	RP	Comprimento	Largura	Altura	Peso	Nº de acoplamentos	Eletroestimulação	Amplitude do movimento da perna	Grau de importância (gera!)	Chamlian	Bicicleta p/ Fisioterapia	Piano (valor meta)	Índice de melhoria	Argumento de vendas	Peso absoluto	Peso relativo
	Requisitos de Produto>>>>>															
	Pequeno/portátil	●	●	●	●	◆		▲	3	1	1	3	3	1,2	10,8	0,2
	Leve	●	●	●	●	◆		◆	4	1	2	5	5	1,2	24	0,4
	Acoplável à cadeira	◆	▲	◆	◆	●		◆	4	2	1	4	2	1,5	12	0,2
	Eletroestimulação das pernas / contração muscular						●		5	5	1	5	1	1,5	7,5	0,1
	Alongamento das pernas	▲	▲	▲			▲	●	5	5	5	5	1	1	5	0,1
	Fortalecimento das pernas						●	●	5	5	5	5	1	1	5	0,1
	Peso Absoluto	5,3	5,7	5,3	5,1	2,2	2,0	2,5	28,0						64,3	1,0
	Peso Relativo	0,19	0,20	0,19	0,18	0,08	0,07	0,09	1,00							
	Chamlian	147	49	117	42	0	Sim	120 -125								
	Bicicleta p/ Fisioterapia	100	59	100	10	0	Não	115 -125								
	Qualidade Projetada	110	49	100	10	4	Sim	120 -130								
	Unidade	cm	cm	cm	Kg	Un.	S/N	(°)								

Legenda	
●	9
▲	3
◆	1

Fonte: O autor

Conforme as necessidades demonstradas nos questionários feitos aos profissionais de fisioterapia e a PCR, foram definidos os RCs, estes, foram então desdobrados em requisitos técnicos os RPs. Na matriz QFD, eles foram dispostos em linhas (RCs) e em colunas (RPs). Cada RC foi correlacionado com todos os RPs e definido o grau de correlação entre ambos. O grau de correlação está demonstrado por figuras, sendo um círculo verde uma alta correlação correspondendo ao valor 9 de correlação, o triângulo amarelo equivale ao valor de 3 e o losango vermelho ao valor de 1. Os espaços que não tem figuras, representam que os RCs e o RPs não possuem correlação.

Na matriz, pode-se observar que, o requisito de produto que tem o maior peso relativo é a largura, sendo esta, perante os dados gerados pela matriz, o requisito mais importante, seguida do comprimento e da altura. Sendo assim, pode-se notar que os parâmetros dimensionais são os de maior relevância no produto

Com a utilização da matriz casa da qualidade, foi possível definir quais os requisitos de produto são mais importantes e devem ser tratados com maior afinco. A partir dos resultados obtidos nesta matriz, pode-se definir as especificações-meta para o projeto.

A Figura 17, representa as especificações-meta, criadas a partir dos requisitos de produto apresentados na matriz QFD na Figura 16.

Figura 17 : Especificações-meta

Nº	Requisito de produto	Objetivo	Sensor	Observações
1º	Largura	Largura máx. 49cm	Trena/fita métrica	Manter largura compatível com a cadeira
2º	Comprimento	Comprimento máx.110cm	Trena/fita métrica	Não deve transcender ao alcance do PCR
3º	Altura	Altura máx 100cm	Trena/fita métrica	Ser compatível com alcance da perna do PCR
4º	Peso	Peso máx. 10Kg	Balança	Ser leve para movimentar
5º	Amplitude do movimento da perna	Ter amplitude entre 120 - 130°	Goniômetro	-
6º	Número de acoplamentos	Utilizar até 4 acoplamentos	Conferir quantidade	Ter fácil fixação
7º	Eletroestimulação	Sim	Sensor ultrassônico	Estimular contração muscular

Fonte: O autor

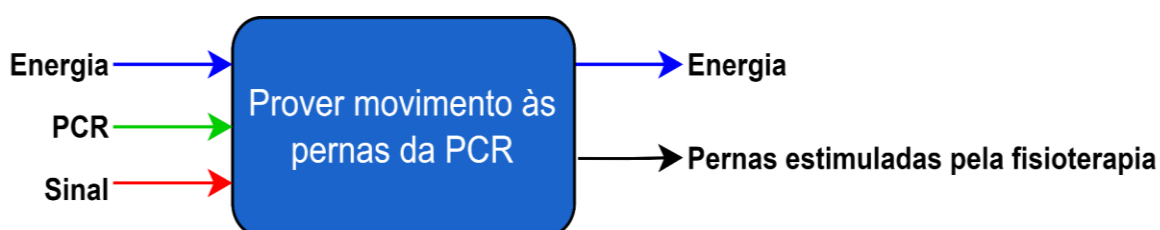
As informações trazidas nas especificações-meta foram elaboradas para atender às necessidades expressas pelos clientes. Os dados estão dispostos conforme o grau de importância adquirido na matriz QFD. Na primeira coluna estão os requisitos de produto, na segunda coluna os objetivos aos quais pretende-se atender para satisfazer ao requisito, já na terceira coluna está o sensor que será utilizado para verificar a funcionalidade do requisito e na quarta coluna algumas considerações.

Nas especificações-meta foram determinados parâmetros mensuráveis e quantitativos expressos por unidades e que atendem a um valor-meta. Como exemplo, no primeiro item apresentado na Figura 17, tem-se como requisito de produto a largura. Determinou-se como objetivo adotar uma largura máxima de 49cm para o produto. O sensor de aferição da medida poderá ser uma trena ou fita métrica e por fim, como observação, a largura do produto deve ser compatível com a largura da cadeira não ultrapassando seus limites laterais.

3.3 Apresentação do projeto da concepção de produto para PCR's

A partir de uma análise feita das especificações-meta, foi possível criar as principais funções que o produto deve conter. Para isso, inicialmente foi identificado a função total ou global do produto. A figura 18 demonstra a função geral do produto, que é prover movimento às pernas da PCR. A função total sofre transformações provindas das entradas e saídas, que são os estados do sistema. As entradas são energia, PCR e sinal e como saída tem-se energia e pernas estimuladas pela fisioterapia.

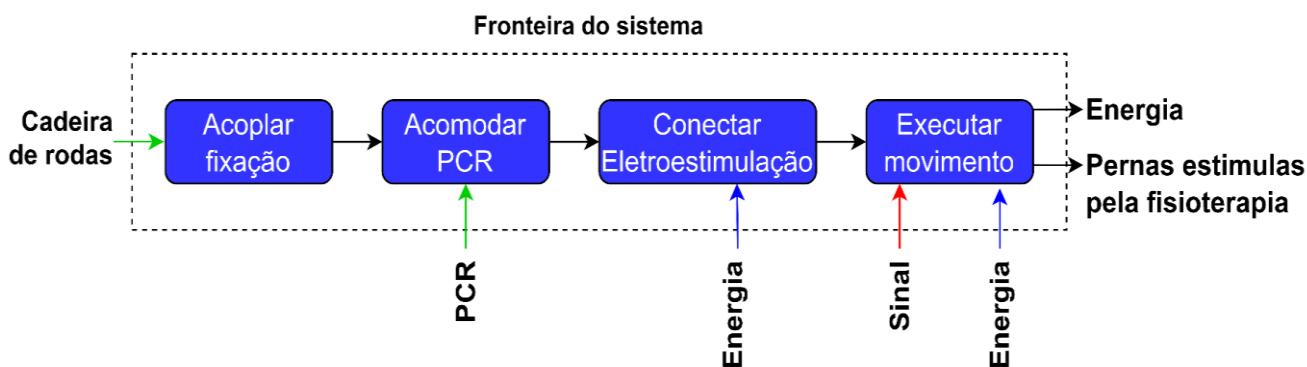
Figura 18 : Funções do produto



Fonte: O autor

A função total do sistema é decomposta para subfunções com menor grau de complexidade conforme mostrado na Figura 19. As subfunções do sistema são: acoplar fixação, acomodar PCR, conectar eletroestimulação e executar movimento. Quando executada cada uma das subfunções a função total do produto é realizada.




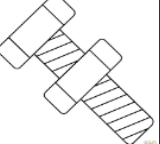







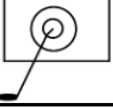

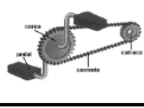
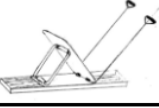
Figura 19 : Desdobramento das funções do produto



Fonte: O autor

Com a função global decomposta para várias subfunções, foi possível definir alguns diferentes princípios de solução possíveis para cada subfunção. Esses princípios são diferentes maneiras de atender cada uma das subfunções do produto. Para a visualização dessas funções desdobradas e os seus princípios de solução, foi utilizado a matriz morfológica a qual apresenta os dados de uma forma mais visual facilitando o entendimento para a posterior formação das alternativas de concepções. Como exemplo temos a subfunção acoplar fixação, para satisfazer esse parâmetro pode ser usado diversos princípios de solução conforme mostrado na Figura 20, sendo eles: abraçadeira dupla; encaixe rápido; abraçadeira; parafuso e porca e abraçadeira com blocagem.

Figura 20 : Matriz morfológica

Funções	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO				
	1 ↓	2 ↓	3 ↓	4 ↓	5 ↓
Acoplar fixação					
	Abraçadeira dupla	Encaixe rápido	Abraçadeira	Parafuso e porca	Abraçadeira com bloqueio
Acomodar PCR					
	Pedal	Pedal elíptico	Esteira		
Conectar Eletroestimulação					
	Eletrodo adesivo	Eletrodo de silicone			
Executar movimento					
	Motor	Manivela	Movimento da cadeia	Transmissão por corrente	Acionamento por cabos


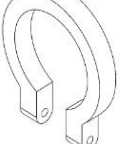













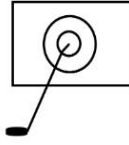

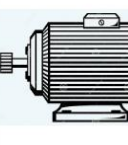

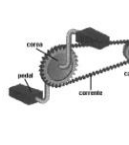
Fonte: O autor

Definidos os princípios de solução para cada subfunção do produto, foram feitos os agrupamentos desses princípios, a fim de encontrar uma concepção que melhor atenda às necessidades definidas pelos clientes. Para isso, foi escolhido um princípio dentre todos de cada subfunção. Os princípios de solução são definidos de forma a formarem uma alternativa de concepção possível de ser executada. Não foram criadas todas as combinações possíveis devido ao grande número de alternativas e a algumas delas não seriam possivelmente construídas ou seriam inviáveis de serem construídas.

Na Figura 21 estão demonstradas as alternativas de concepções que combinadas geram uma concepção de produto possível de ser produzida. Como exemplo têm-se a alternativa de concepção 1, para ela, dos princípios de solução a alternativa definida para a função acoplar fixação foi a abraçadeira dupla, para acomodar PCR usou-se a esteira, para conectar eletroestimulação definiu-se o eletrodo de silicone e por fim, para executar movimento foi usado a manivela. Foram

definidas 5 diferentes alternativas de concepções diferentes, dentre elas alguns princípios de solução podem estar presentes em mais do que uma alternativa.

Figura 21 : Alternativas de concepção

Funções	Alternativas de concepção				
	1 ↓	2 ↓	3 ↓	4 ↓	5 ↓
Acoplar fixação					
Acomodar PCR					
Conectar eletroestimulação					
Executar movimento					

Fonte: O autor

Os princípios de solução agrupados em alternativas de concepções foram unificados formando uma concepção de produto para cada alternativa de concepção. No total, foram criadas 5 diferentes concepções de produto, as quais estão representadas individualmente na Figura 22. As concepções foram inseridas junto a uma cadeira de rodas para ter um melhor entendimento do produto final.

Na concepção 1 foram usados os princípios de solução: abraçadeira dupla, esteira, eletrodo de silicone e manivela. Nesta concepção uma segunda pessoa faz a rotação da manivela que por sua vez transfere o movimento a esteira, a PCR acomoda seus pés sobre a esteira fazendo o movimento de alongamento. Nesta concepção a PCR precisa ter um pequeno movimento nas pernas a fim de levantá-las a cada fim de ciclo. Um sistema de eletrodos de silicone fixados às pernas da PCR, auxilia a capacidade de recuperação da musculatura.

Para a concepção 2 usou-se os princípios de solução: abraçadeira, pedal

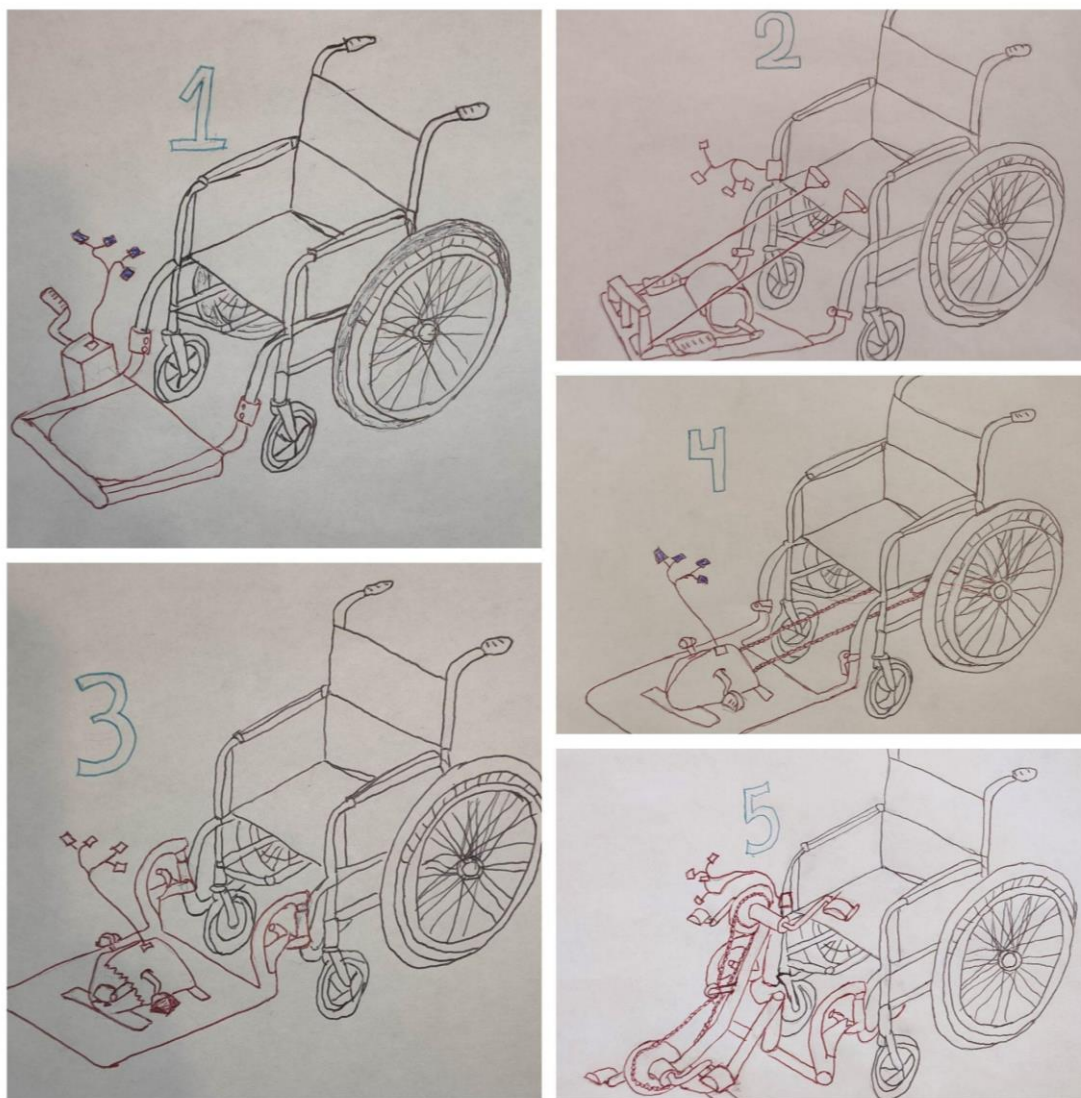
elíptico, eletrodo adesivo, acionamento por cabos. A PCR, acomoda seu pé sobre o pedal elíptico e com auxílio de puxadores de alça e cabos consegue sozinha prover o acionamento do sistema. O sistema, por sua vez, transfere a movimentação circular às pernas da PCR, que ainda simultaneamente recebe eletroestimulação gerada pelos eletrodos adesivos colados nas suas pernas, auxiliando à fisioterapia.

A concepção 3 dispõe de: encaixe rápido, pedal, eletrodo adesivo e motor. Neste sistema a PCR não executa esforço para realizar a movimentação. O conjunto é facilmente conectado à cadeira de rodas da própria PCR por um sistema de fácil fixação. Os pés da PCR são postos nos pedais e é realizado o acionamento do sistema. O motor executa a rotação dos pedais, os quais transferem o esforço para as pernas da PCR realizando a fisioterapia. Há também a estimulação realizada pelos eletrodos adesivos colados nas pernas da PCR.

Na concepção 4 o sistema conta com: abraçadeira com blocagem, pedal, eletrodo de silicone e movimento da cadeira. Neste sistema também é necessário a intervenção da PCR para que o movimento das pernas aconteça. O sistema de pedais é acionado por um sistema de transmissão que transfere o movimento do eixo da cadeira de rodas para os pedais. Isso só acontece quando a PCR está com a cadeira em movimento ou se então esta for posta sobre roletes, neste caso, pode ser realizada a fisioterapia sem que a cadeira precise ser deslocada. O sistema é fixado à cadeira por uma abraçadeira com blocagem de fácil travamento e conta com eletrodos de silicone para a eletroestimulação que são mais duradouros, porém não são adesivos à pele.

Para a concepção 5, foram determinados os princípios de solução: encaixe rápido, pedal, eletrodo adesivo e transmissão por corrente. Nesta concepção há um sistema similar ao de uma bicicleta. O conjunto transmite o movimento dos braços realizado pela PCR para as pernas. A PCR fica sentada na cadeira e por meio de um pedal rotaciona um pedivela, que por sua vez transmite o movimento para um segundo pedal que fica preso aos pés da PCR e realiza o movimento circular desejado para a fisioterapia. O sistema conta também com acoplamento de encaixe rápido que promove agilidade para fixar a cadeira e o sistema de eletroestimulação que estimula as pernas auxiliando na fisioterapia.

Figura 22 : Concepções de produto



Fonte: O autor

Como foram geradas várias concepções diferentes de produto, foi necessário criar uma matriz de decisão, mostrada na Figura 23, na qual é possível identificar a melhor dentre as concepções. Os requisitos de produto definidos nas especificações-meta foram utilizados como critério para definição da melhor concepção de produto. As concepções foram comparadas e para cada critério foi definido um valor correspondente ao seu grau de afinidade, sendo classificados de 1 a 5. O valor 1, representa uma baixa afinidade com o critério e o valor 5 representa uma alta afinidade com o critério. Cada valor de afinidade foi multiplicado a um peso, relativo a cada critério da matriz. O peso para cada critério foi definido na matriz QFD, variando de

0,7 para o critério de menor importância a 2 para o critério de maior importância.

Fazendo a soma das pontuações foi definida a melhor concepção de produto dentre as 5. A concepção que teve a maior somatória na pontuação dos requisitos foi a concepção 3, sendo essa a que melhor atende aos critérios estabelecidos.

Figura 23 : Matriz de decisão

		Concepções					
		Peso	Concepção 1	Concepção 2	Concepção 3	Concepção 4	Concepção 5
Critérios	Largura	2	3	4	5	5	5
	Comprimento	1,9	3	2	5	1	4
	Altura	1,9	4	2	5	5	1
	Peso	1,8	5	3	4	3	2
	Amplitude do movimento da perna	0,9	1	5	5	5	5
	Número de acoplamentos	0,8	3	3	3	2	2
	Eletroestimulação	0,7	5	5	5	5	5
Peso total		10	35,1	31,4	46,6	36,4	32,7

Fonte: O autor

A concepção 3 dentre as concepções foi a que mais atendeu aos requisitos, devido ao melhor atendimento aos requisitos dimensionais que de acordo com a matriz QFD são os de maior relevância para o produto.

3.4 Projeto da Concepção Vencedora

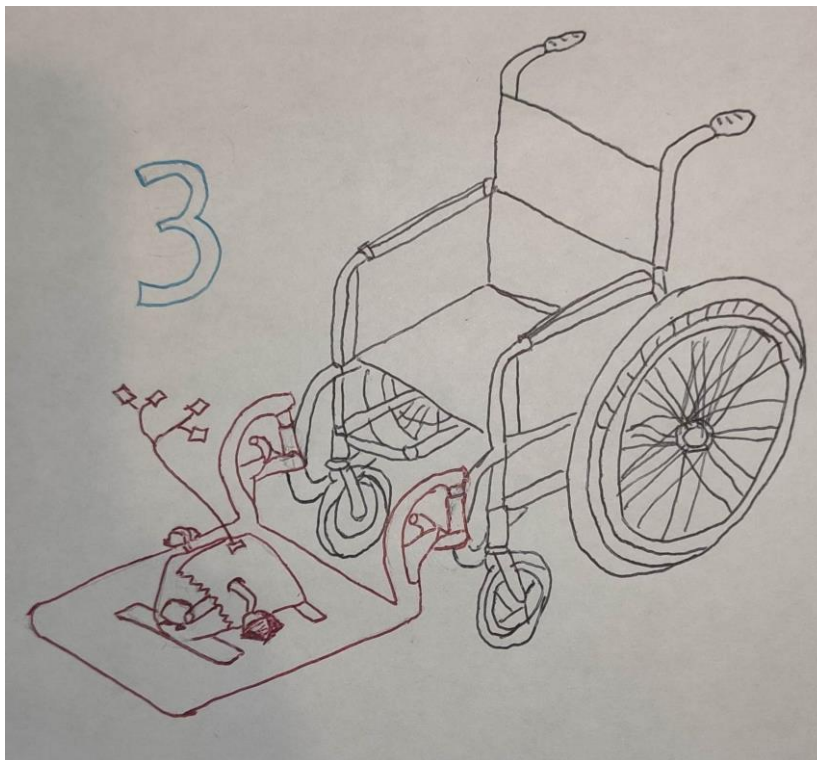
A concepção definida como a que mais atende aos requisitos de produto conta com um sistema de: encaixe rápido, pedal, eletrodo adesivo e motor. Seu conceito permite que uma PCR realize a fisioterapia sem a necessidade de uma segunda pessoa para auxiliar no processo.

O encaixe rápido permite a fácil troca dos apoios de pés da cadeira para o sistema de fixação da estrutura de fisioterapia, os pedais com tira de velcro ajudam a fixação dos pés, os eletrodos adesivos são de fácil fixação por serem somente colados às pernas da PCR e o motor que fará a movimentação do sistema facilita o processo devido a não necessidade de uma segunda pessoa para a realização da fisioterapia.

A Figura 24 demonstra a concepção 3 e seus detalhes junto a cadeira de rodas

para facilitar a compreensão do sistema.

Figura 24 : Concepção vencedora



Fonte: O autor

A concepção 3 foi detalhada em *Software CAD*, contando com os sistemas representados na concepção vencedora. A fim de reduzir a massa total do conjunto, a estrutura foi modificada para uma tubulação esférica de diâmetro 21,3mm. O material utilizado foi liga de alumínio 6061, fazendo com que todo o sistema possua a massa ainda mais reduzida facilitando o manuseio.

A Figura 25 representa a concepção 3 detalhada em *Software CAD*. O sistema de cicloergômetro é preso sobre a estrutura que fica apoiada no chão. A estrutura pode facilmente ser fixada e removida da cadeira de rodas devido ao uso do sistema de encaixe rápido.

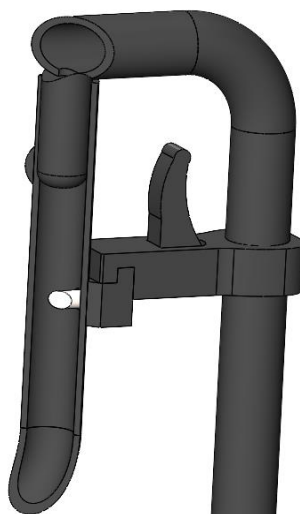
Figura 25 : Concepção vencedora CAD



Fonte: O autor

O sistema de encaixe rápido consiste em inserir por dentro do tubo da cadeira onde seria fixado os apoios para os pés o tubo da estrutura do cicloergômetro. A Figura 26 demonstra com mais detalhes essa fixação.

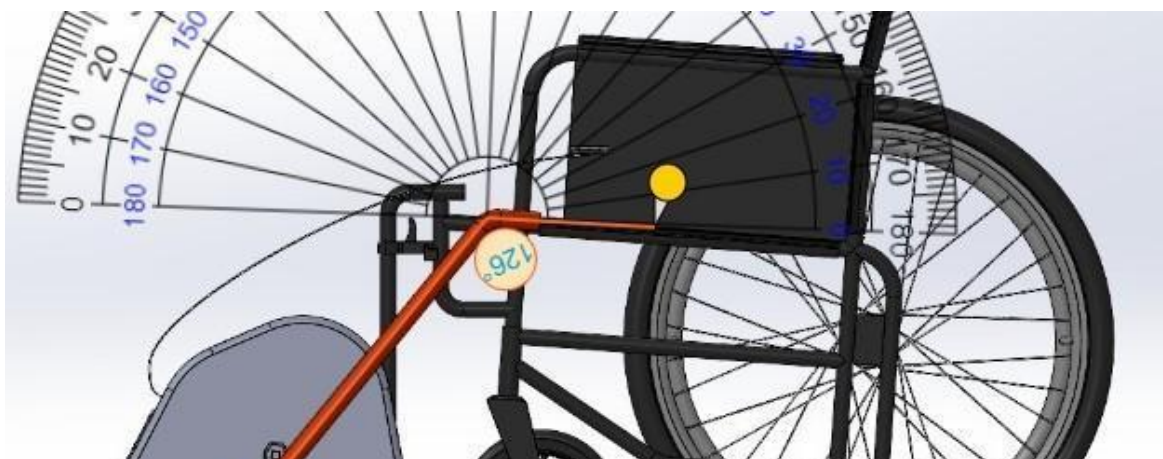
Figura 26 : Sistema de fixação com encaixe rápido representado em corte



Fonte: O autor

Alguns requisitos foram definidos nas especificações-meta, os quais busca-se atender na concepção do produto. Um deles é referente ao ângulo máximo de abertura da perna da PCR que deve ficar entre os valores de 120° a 130°. Desse modo, a estrutura quando em seu alongamento máximo deve ficar entre estes valores. A Figura 27 mostra a aferição desse ângulo no projeto final desenhado no *Software* CAD. Pela figura é possível verificar que o ângulo atendeu o determinado pelo requisito estando com o valor de 126°.

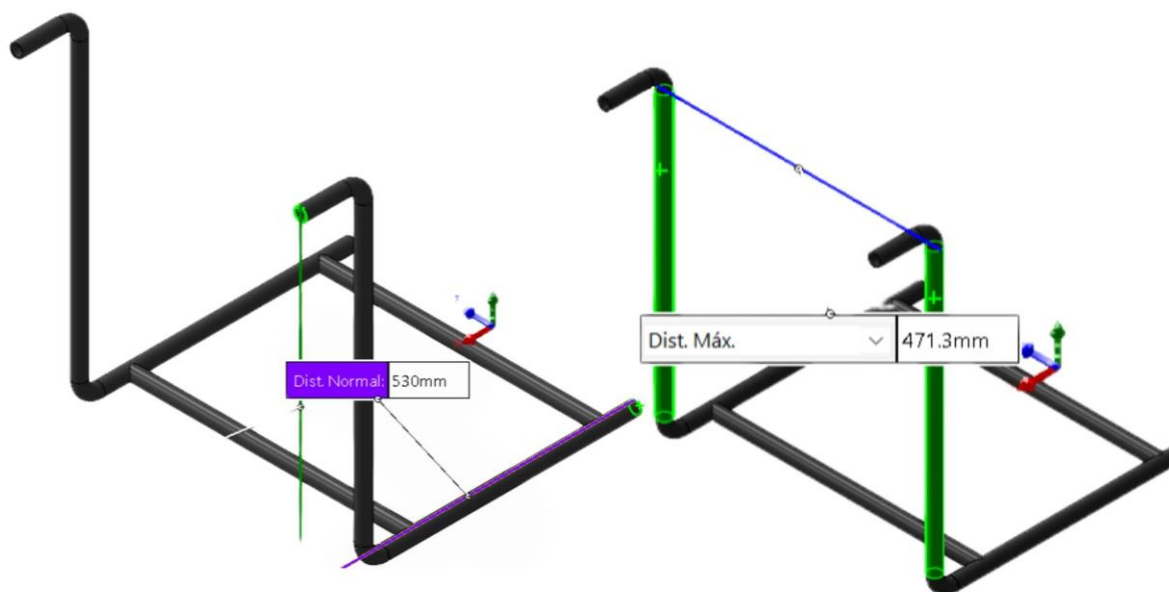
Figura 27 : Ângulo de abertura da perna da PCR



Fonte: O autor

O comprimento máximo da estrutura foi definido a ser de 100 cm (1000mm). Na Figura 28, é possível constatar que o projeto ficou com apenas 530 mm de comprimento, satisfazendo a meta indicada nas especificações-meta. A largura limite para o projeto também foi definida nas especificações-meta, sendo o valor de 49 cm(490mm) o limite máximo para a estrutura. O projeto final ficou 471,3 mm, conforme mostra a Figura 28, atendendo também a este requisito dimensional.

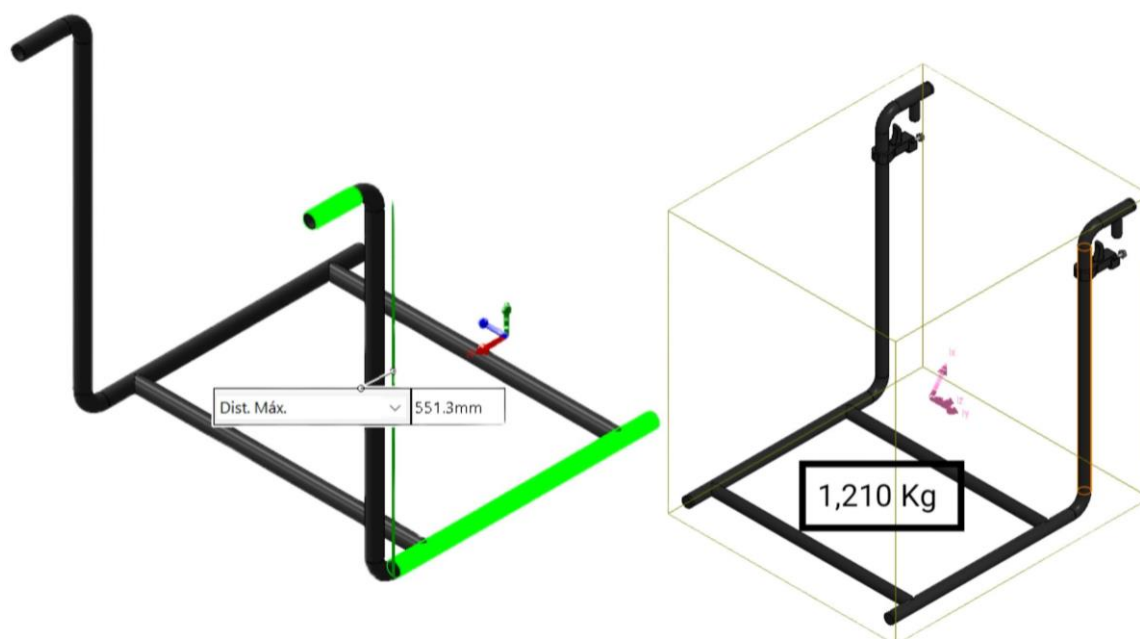
Figura 28 : Altura e largura máx. da estrutura base para cicloergômetro



Fonte: O autor

Para a altura máxima, foi definido nas especificações-meta o valor de 100 cm (1000mm). O projeto foi criado usando um valor de 551,3 mm de altura máxima como mostra a Figura 29, estando dentro dos valores parametrizados. A massa total da estrutura ficou com o valor de 1,210 kg, também apresentada na Figura 29, esta foi somada com a massa do cicloergômetro elétrico compacto que será um item comprado e com massa aproximada a 5,5 kg, totalizando um valor de 6,710kg. Este valor de massa fica abaixo do valor limite de 10 kg adotado como objetivo nas especificações-meta.

Figura 29 : Dist. máx e Massa da estrutura base para cicloergômetro



Fonte: O autor

Neste capítulo observou-se o desenvolvimento de uma concepção de produto direcionado a promover movimento às pernas de uma PCR que não apresenta movimento ativo nas pernas e sem que ela precise sair da cadeira de rodas. Foi demonstrado a etapa do planejamento do projeto. Nesta etapa, foi buscado com o auxílio de um questionário realizado com dois profissionais de fisioterapia e com uma PCR, informações para a geração das especificações-meta do produto. Também foi realizada uma pesquisa bibliográfica e de mercado objetivando encontrar tecnologias e produtos similares, já existentes no mercado.

Na etapa de aplicação do PDP, foram transformados os requisitos de clientes, identificados nas pesquisas com os profissionais de fisioterapia e com a PCR, em requisitos de produto. A partir da matriz QFD foi identificado quais os requisitos de produto são os mais importantes. Após isso, eles foram organizados em uma tabela juntamente com os valores meta do produto.

Na apresentação do projeto da concepção do produto, foi demonstrado a identificação da função global do produto e o desdobramento das suas subfunções. Para cada subfunção foram definidos diversos princípios de solução. Estes princípios, foram combinados criando diferentes alternativas de concepções de produtos que foram submetidas a uma matriz de decisão e por fim resultou em uma concepção

vencedora. Por fim, a concepção vencedora foi detalhada em *software* Cad, seguindo os valores para cada requisito, definidos nas especificações-meta.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir do projeto realizado, foi criado um protótipo para avaliar o real funcionamento do produto. O protótipo da estrutura para a realização de fisioterapia foi confeccionado com canos tubulares de policloreto de vinila (PVC) de 25mm. As curvas foram feitas usando conexões tipo joelhos e tês, a fixação foi realizada usando cola para conexões de PVC.

A estrutura foi construída tendo como base as medidas obtidas no projeto CAD desenvolvido no *software SolidWorks* e nas medidas individuais de uma pessoa não PCR que foi usada como modelo para a construção do protótipo. As dimensões foram feitas levando em consideração os parâmetros exigidos nas especificações-meta.

A Figura 30, mostra o momento em que estava sendo feito os cortes das tubulações de PVC, para isso, foi utilizado um arco de serra.

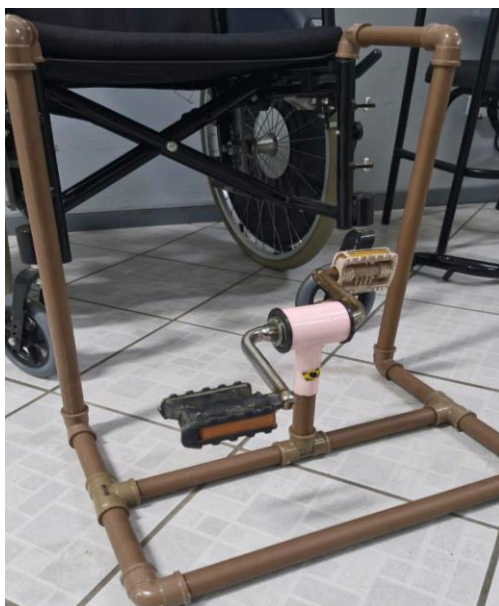
Figura 30 : Corte das tubulações PVC



Fonte: O autor

A estrutura foi montada tendo como base o projeto CAD. Um sistema de pedivela de bicicleta foi adaptado para substituir o mini cicloergômetro elétrico, devido ao alto custo de aquisição do equipamento. Algumas adaptações foram feitas na estrutura de PVC para que pudesse ser adicionado o sistema de pedais. A Figura 31 mostra a estrutura de PVC já montada e com o pedivela acomodado ao sistema. Alguns testes foram feitos para conferir as dimensões e a estrutura toda de PVC foi então fixada com cola para tubos.

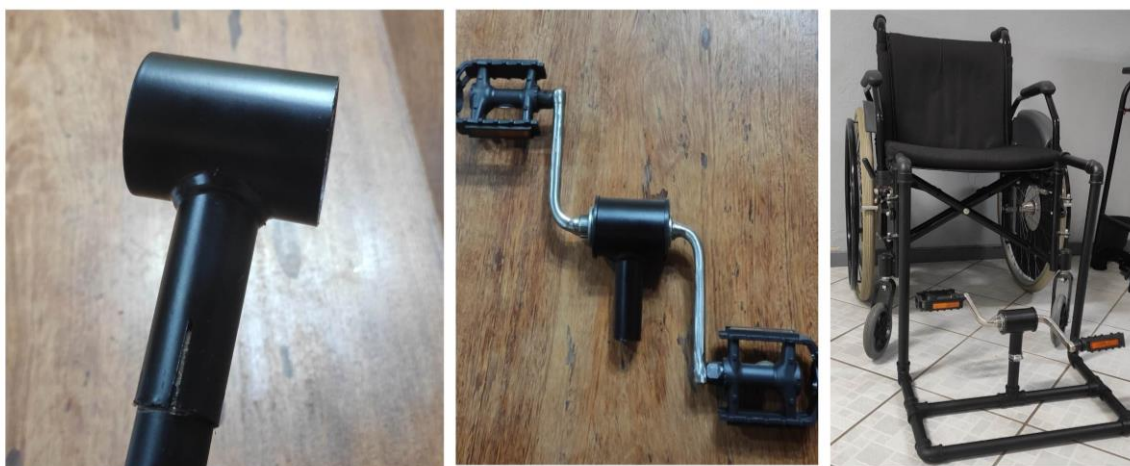
Figura 31 : Primeira montagem da estrutura de PVC já colada



Fonte: O autor

O pedivela foi removido da estrutura, desmontado e ambos foram pintados com tinta *spray* na cor preto fosco. Um pequeno recorte foi feito em ambos os lados do tubo do selim do pedivela a fim de criar um ajuste para aperto no cano de PVC no qual ele é preso. A Figura 32 mostra da esquerda para a direita, o pedivela desmontado e já na cor preta, a montagem do pedivela já com os rolamentos e com novos pedais e por fim o sistema todo pintado e montado à cadeira. A Figura 33 mostra o sistema todo pintado e montado à cadeira. Os pedais foram substituídos por novos.

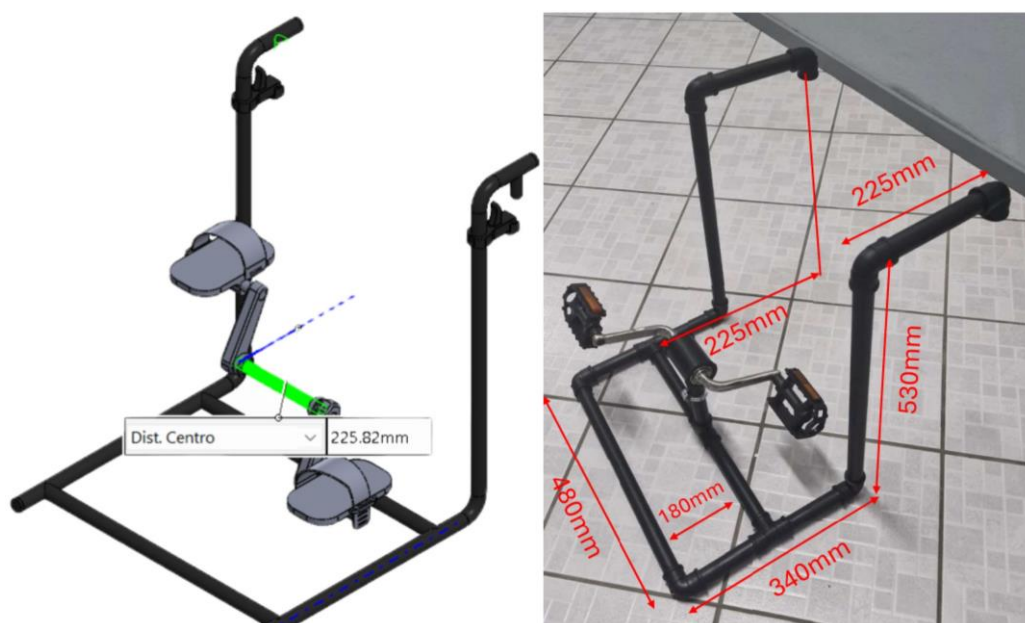
Figura 32 : Pintura dos componentes do dispositivo



Fonte: O autor

Na Figura 33, é possível identificar que as medidas do protótipo ficaram bastante similares às do projeto criado em *software* CAD, isso se deve ao fato de o protótipo servir como um teste prático para verificar o real funcionamento do sistema e possíveis interferências com as pernas da PCR que poderiam escapar da análise em projeto CAD. Sendo assim, suas dimensões precisam ser conservadas para garantir a veracidade das informações. Outra distância bastante importante que foi mantida no protótipo igual à do projeto é a distância em relação ao centro do eixo do pedivela até a base onde é fixado o sistema de acoplamento à cadeira de rodas. Essa distância reflete na amplitude do movimento das pernas da PCR, requisito definido como um valor meta a ser seguido.

Figura 33 : Dimensões protótipo



Fonte: O autor

Após finalizado, o protótipo foi testado a fim de avaliar seu real funcionamento e interferências. Uma pessoa não PCR realizou testes simulando as dificuldades que seriam encontradas no dia a dia de uma PCR. A Figura 34 mostra o dispositivo sendo testado, além disso, também foi acrescentado um sistema que simula a utilização da eletroestimulação para avaliar possíveis interferências.

Figura 34 : Teste prático avaliativo do protótipo



Fonte: O autor

O teste realizado com o protótipo em uma cadeira de rodas demonstrou que é possível realizar todas as etapas das atividades previstas no dispositivo sem apresentar interferências. Assim, uma PCR consegue utilizar o dispositivo em sua residência sem auxílio de uma segunda pessoa. Além disso, no teste prático do protótipo verificou-se a importância da utilização de uma alça de pedal para assegurar que a PCR não irá desprender os pés dos pedais, este utensílio foi previsto no projeto, mas para o teste do protótipo não foi utilizado. Outro ponto a se considerar é que o cicloergômetro referência para este projeto pode alterar as condições da estrutura, exigindo reforços em locais específicos. Assim, esta condição de teste atendeu ao previsto no projeto, entretanto novos testes com um novo modelo ajustado devem ser considerados até a finalização completa do projeto.

Equiparando os valores obtidos no projeto do dispositivo com os valores definidos como objetivo para cada requisito nas especificações-meta, foi possível comprovar o atendimento a todos os valores meta. Sendo assim, o projeto do dispositivo atendeu plenamente aos valores determinados para cada requisito. A Figura 35 demonstra o comparativo entre os valores objetivados para cada requisito do produto e os valores obtidos no projeto da concepção do produto.

Figura 35 : Valores meta e valor obtidos no projeto da concepção do produto

Nº	Requisito de produto	Objetivo	Sensor	Observações	Valor obtido
1º	Largura	Largura máx. 49cm	Trena/fita métrica	Manter largura compatível com a cadeira	47,13cm
2º	Comprimento	Comprimento máx.110cm	Trena/fita métrica	Não deve transcender ao alcance do PCR	53cm
3º	Altura	Altura máx 100cm	Trena/fita métrica	Ser compatível com alcance da perna do PCR	55,13cm
4º	Peso	Peso máx. 10Kg	Balança	Ser leve para movimentar	6,71Kg
5º	Amplitude do movimento da perna	Ter amplitude entre 120 - 130°	Goniômetro	-	126°
6º	Número de acoplamentos	Utilizar até 4 acoplamentos	Conferir quantidade	Ter fácil fixação	4
7º	Eletroestimulação	Sim	Sensor ultrassônico	Estimular contração muscular	Sim

Fonte: O autor

Todos os objetivos instituídos na tabela de especificações-meta foram atendidos com a finalização do dispositivo. Para o requisito de largura o objetivo estabelecido como meta foi ter no máximo 49 cm, o valor obtido foi de 47,13 cm. O comprimento máximo definido como objetivo foi de 110 cm, para o dispositivo, o valor aferido foi de 53 cm. A altura máxima determinada foi de 100 cm, o valor adquirido ficou no valor de 55,13 cm. Para o peso foi estipulado um valor meta de 10 Kg, o valor adquirido foi de 6,71 Kg, para a estrutura juntamente com o cicloergômetro. Outro parâmetro avaliado foi o de amplitude de movimento, a meta definida para este parâmetro foi estar entre uma amplitude de 120° a 130°. Este valor meta foi definido com base nos valores obtidos das pesquisas com outros produtos concorrentes, a amplitude máxima obtida foi de 126°, estando dentro do intervalo estabelecido. Para a fixação, o valor pretendido foi de ter até 4 acoplamentos, para o dispositivo foi usado um sistema de encaixe rápido que utiliza 4 acoplamentos. Por último, foi definido a eletroestimulação como um item essencial no dispositivo, este requisito também foi atendido, o sistema de eletroestimulação está presente no dispositivo.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho buscou demonstrar as etapas realizadas para a criação de uma concepção de produto assistivo que, acoplado à uma cadeira de rodas, possa ser usado por uma PCR para promover movimentos às suas pernas, assim auxiliando na reabilitação dos seus membros inferiores e melhorando a circulação sanguínea. No decorrer deste trabalho, foi desenvolvido um dispositivo que pode ser acoplado de forma rápida e fácil à uma cadeira de rodas, sem necessitar do auxílio de uma segunda pessoa além da própria PCR.

Tomando como base o método projetual PDP de Rozenfeld *et al* (2006), foram realizadas as etapas de planejamento do projeto, projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado. Sendo no planejamento do projeto, aplicado um questionário para dois profissionais da área de fisioterapia e uma PCR no intuito de identificar as dificuldades encontradas por pacientes com restrições nos movimentos dos membros inferiores e entender os princípios da realização da fisioterapia. Na etapa de projeto informacional, os dados coletados por meio das respostas aos questionários, foram submetidos a Matriz QFD resultando na formação das especificações-meta, classificando os objetivos de forma que possam ser identificados os mais importantes para a criação da concepção do produto.

Com todos dados obtidos, na etapa de projeto conceitual, as informações coletadas foram estudadas e utilizando as ferramentas de desenvolvimento de produto, foi definida como função geral para o produto, prover movimento às pernas da PCR. A função global foi decomposta em subfunções e para atender a cada uma delas foram propostas diversas alternativas de concepção. As alternativas criadas foram agrupadas formando 5 diferentes concepções de produto. Uma delas foi definida como a que melhor atende aos requisitos de produto, sendo esta, detalhada no em um projeto CAD na etapa de projeto detalhado e posteriormente servindo de base para a criação do protótipo.

O presente trabalho atendeu ao objetivo geral proposto, de demonstrar o desenvolvimento de uma concepção de produto que acoplado a uma cadeira de rodas possa promover movimentos às pernas de uma Pessoa em Cadeira de Rodas (PCR), que não possua movimentação ativa nas pernas, facilitando a circulação sanguínea e a reabilitação física dos membros inferiores. Além disso, para comprovar a real funcionalidade do sistema, foi criado um dispositivo que serviu de protótipo, com isso

pôde ser comprovado a realização das atividades propostas sem nenhuma interferência, algo que não poderia ser avaliado somente com a criação do projeto CAD.

Como o protótipo da concepção de produto assistivo criado não foi possível avaliar o uso prático por uma PCR, como sugestão para trabalhos futuros, pode ser criado um novo protótipo utilizando um cicloergômetro elétrico real a fim de avaliar a funcionalidade do dispositivo quando utilizado por uma PCR.

REFERÊNCIAS

ABNT; 2020, NBR 9050: **Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

AJ FÍSIO. **Massageador Pistola Action Relax**. Disponível em: <https://www.ajfisio.com.br/massageador-pistola-action-relax-p15>. Acesso em: 23 out. 2023.

AGEON. **Atuação de inversor de frequência: esteiras ergométricas para fisioterapia**. Disponível em: <https://blog.ageon.com.br/atuacao-de-inversor-de-frequencia-esteiras-ergometricas-para-fisioterapia/>. Acesso em: 08 out. 2023

BACK, N. *et al.* **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. São Paulo: Manole, 2008.

BAXTER, M. **Projeto de Produto – Guia prático para o design de novos produtos** 3ª. Ed. São Paulo, Edgard Blucher, 2011.

CARCI. **Benefícios dos aparelhos de reabilitação para fisioterapia**. Disponível em: <https://blog.carcioficial.com.br/aparelhos-de-reabilitacao-para-fisioterapia/>. Acesso em: 21 out. 2023.

CATANESCU, Florea; CATANESCU, Codruta Diana; CATANESCU, Florela Liana. **Método e aparelho para acoplar uma cadeira de rodas a um dispositivo de exercício**. . USA n. US6648358B2. Depósito: 25 fev. 2002. Concessão: 18 nov. 2003.

CENTRAL DA FISIOTERAPIA (São Paulo). **Fisioterapia motora - tratamentos**. Disponível em: <https://www.centraldafisioterapia.com.br/tratamentos/fisioterapia-motora/>. Acesso em: 08 out. 2023.

CHAMLIAN, Therezinha Rosane. **Medicina Física e Reabilitação**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan Ltda., 2010.

CRAWFORD, Merle; BENEDETTO, Anthony di. **Gestão de novos Produtos**. 11. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016;

FISIOTERAPIA-LISBOA. **TENS**. Disponível em: <https://www.fisioterapia-lisboa.com/fisioterapia/relacionados/tens>. Acesso em: 23 out. 2023.

FISIOTERAPIA OEIRAS. **Elíptica**. Disponível em: <https://www.fisioterapiaoeiras.com/servicos/fisioterapia/eliptica>. Acesso em: 09 out. 2023

GEHLEN, Rubens Zolar da Cunha; NONOHAY, Roberto Guedes de; AFFONSO, Ligia Maria Fonseca. **Desenvolvimento de Produtos**. Porto Alegre: Sagah Educação S.A, 2018.

IBGEEDUCA. **Conheça o Brasil - População**: pessoas com deficiência. Pessoas

com deficiência. 2010. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/20551-pessoas-com-deficiencia.html>. Acesso em: 06 jun. 2022.

INTERFISIO. **A viabilidade do uso do cicloergômetro como recurso terapêutico em pacientes internados na unidade de terapia intensiva: revisão de literatura**. Disponível em: <https://interfisio.com.br/a-viabilidade-do-uso-do-cicloergometro-como-recurso-terapeutico-em-pacientes-internados-na-unidade-de-terapia-intensiva-revisao-de-literatura/>. Acesso em: 08 out. 2023.

IMPORTWAY. **Mini Bicicleta Ergométrica Dobrável Com Monitor IWMBEDM**. Disponível em: <https://importway.com.br/produto/mini-bicicleta-ergometrica-dobavel-com-monitor-iwmbedm/>. Acesso em: 17 out. 2023.

JAHN, Thomaz Ramonn Fischer. **Desenvolvimento de um sistema de direção aplicado em cadeira de rodas manual utilizando o movimento do tronco do usuário**. 2021. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Fabricação Mecânica, Instituto Federal de Santa Catarina, Jaraguá do Sul, 2021.

LARSON, Erik W; GRAY, Clifford F. **Gerenciamento de projetos: o processo gerencial**. 6. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016;

MARQUES, Amélia Pasqual. **Manual de goniometria**. 3. ed. Barueri: Manole, 2014.

MEYER, Anderson Joel. **Avaliação de acessibilidade urbana ao usuário de cadeira de rodas em rotas da cidade de Jaraguá do Sul ao Instituto Federal de Santa Catarina - Campus RAU**. 2021. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Fabricação Mecânica, Instituto Federal de Santa Catarina, Jaraguá do Sul, 2021.

NEPPEL BUSINESS. **Bicicleta P/fisioterapia exercícios pés braços e cadeirantes**. Disponível em: https://www.neppelbusiness.com/MLB-2687938453-bicicleta-pfisioterapia-exercicios-pes-bracos-e-cadeirantes_JM. Acesso em: 11 dez. 2023.

SILVA, Verônica Andrade da *et al.* **Acesso à fisioterapia de crianças e adolescentes com deficiência física em instituições públicas**. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/wshy66T8SkYSQvmYcc3PR5s/?lang=pt#>. Acesso em: 06 jun. 2022

SOLE FITNESS. **Apresentando a esteira SOLE F65 atualizada**. Disponível em: <https://www.soletreadmills.com/products/sole-f65>. Acesso em: 17 out. 2023.

SOLE FITNESS. **Elíptico Sole E25 novo e atualizado**. Disponível em: <https://www.soletreadmills.com/products/sole-e25>. Acesso em: 17 out. 2023

RONCHI, Alido. **Desenvolvimento de projeto de carteira escolar para acomodar aluno e segundo professor**. 2018. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Fabricação Mecânica, Instituto Federal de Santa Catarina, Jaraguá do Sul, 2018.

ROZENFELD, Henrique *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.