

Estudo da concepção de um cicloergômetro para reabilitação de pacientes críticos

doi.org/10.35819/scientiatec.v9i1.3844

Cassiano Rodrigues Moura

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)
(cassianocrm@hotmail.com)

Nathália Moreira Nanni Moura

Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)
(natyflo@hotmail.com)

Resumo: Uma das preocupações do PDP – Processo de Desenvolvimento de Produtos está ligado as questões relacionadas a ergonomia. Está se preocupa fortemente com a reabilitação de pacientes, inclusive os que são internados em leitos hospitalares, onde um dos principais problemas relatados é a fraqueza muscular. A exposição desses pacientes os coloca frequentemente por um processo de imobilização prolongada, o que pode gerar danos, devido ao repouso excessivo. Diante disso este trabalho utiliza a metodologia do PDP alinhada as ferramentas de DfErg - Projeto para Ergonomia para a elaboração da concepção de um cicloergômetro para reabilitação de pacientes críticos em leito hospitalar. O procedimento metodológico seguiu uma sequência lógica de atividades, entre eles: avaliação do problema, revisão bibliográfica, desenvolvimento do projeto e avaliação dos resultados. O trabalho foi realizado em parceria com o LADEP – Laboratório de Desenvolvimento de Produtos, na UDESC. A metodologia aplicada iniciou-se com o Projeto Informacional onde são levantadas as informações necessárias sobre as necessidades relacionadas com auxílio da matriz QFD – Desdobramento da Função Qualidade e de pesquisa de mercado. Posteriormente foi desenvolvido o Projeto Conceitual onde a visão do mercado foi transformada em um conceito tecnologicamente atrativo, nesta etapa foi realizada a modelagem funcional do processo, a pesquisa pelos princípios de solução e a seleção de uma alternativa de concepção. Por fim foi realizado o Projeto preliminar onde foi apresentado o croqui do produto e uma lista preliminar de materiais.

Palavras-Chaves: Desenvolvimento de produto; DfErg – Projeto para ergonomia; Cicloergômetro.

Study design of a cyclometer for rehabilitation of critical patients

Abstract: One of the concerns of the PDP - Product Development Process is related to ergonomic issues. It is strongly concerned with the rehabilitation of patients, including those admitted to hospital beds, where one of the main reported problems is muscle weakness. Exposure to these patients often puts them through a prolonged immobilization process, which can lead to damage due to excessive rest. Therefore, this work uses the PDP methodology aligned with the DfErg - Project for Ergonomics tools to elaborate the conception of a cycle ergometer for rehabilitation of critically ill patients in hospital beds. The methodological procedure followed a logical sequence of activities, including: problem evaluation, literature review, project development and results evaluation. The work was carried out in partnership with LADEP - Product Development Laboratory at UDESC. The applied methodology started with the Informational Project where the necessary information about the needs related to the QFD - Quality Function Deployment and market research matrix is collected. Subsequently, the Conceptual Project was developed where the market vision was transformed into a technologically attractive concept. At this stage, the functional modeling of the process, the search for solution principles and the selection of a design alternative were performed. Finally the preliminary project was carried out where the product sketch was presented and a preliminary list of materials.

Keywords: Product Development; DfErg - Project for ergonomics; cycle ergometer.

INTRODUÇÃO

Uma preocupação recorrente no Processo de Desenvolvimento de Produto são as considerações com relação à ergonomia, a adaptação de produtos as características do usuário. Esses aspectos vêm sendo um grande campo de pesquisa nos trabalhos de desenvolvimento tecnológico, alinhado juntamente as tendências globais de crescimento populacional que podem implicar no aparecimento de doenças crônicas, além das doenças e acidentes em geral, relacionados ou não ao trabalho, assim gerando uma grande necessidade de processos e serviços de reabilitação de pacientes relacionados a ergonomia (PEREIRA & MONTEIRO, 2019).

Dul e Weerdmeester (2004) relatam que um princípio muito importante na aplicação da ergonomia é que os equipamentos são desenvolvidos para o uso coletivo, em geral os projetos de desenvolvimento de produtos atendem 95% da população, os 5% restante devem ser considerados projetos específicos para cada particularidade. Nesse contexto a ergonomia se difere de outras áreas do conhecimento, pois possui um caráter interdisciplinar, agrupando conhecimento para o bem comum dos indivíduos, principalmente os que estão em situação de vulnerabilidade, como pacientes em leitos hospitalares.

Durante o processo de recuperação de pacientes internados em leitos hospitalares um dos principais problemas relatados é a fraqueza muscular adquirida na unidade de terapia intensiva (UTI) que está associada a várias patologias, sendo o repouso no leito, o principal fator de risco envolvido nessa disfunção muscular dos pacientes críticos. Para esses tipos de pacientes os procedimentos fisioterapêuticos são os mais indicados e geram benefícios através de alterações hemodinâmicas, sendo considerados seguros e podendo ser realizados na maioria dos pacientes sem acarretar prejuízos para o processo de recuperação. A utilização de exercícios ativo-assistidos e passivos pode contribuir para a melhora de pacientes nos diversos tipos de enfermidades. Um dos equipamentos que pode ser utilizado para contribuir com a recuperação destes indivíduos é o cicloergômetro, uma alternativa simples utilizada como forma complementar nos tratamentos médicos e fisioterapêuticos.

Os cicloergômetros são equipamentos muito utilizados por fisioterapeutas para melhorar as condições musculares e circulação sanguínea dos pacientes. Estes também vem sendo utilizados em leitos de UTI – Unidade de Tratamento

Intensivo para diminuir os efeitos prejudiciais do imobilismo para a musculatura dos pacientes, sendo considerado como uma ferramenta segura e viável para ser utilizada em pacientes críticos, melhorando a capacidade funcional e a força dos usuários (GRIFFITHS, 1995; BURTIN *et al.*, 2009)

Os produtos encontrados no mercado, além de possuírem um custo muito elevado, não atendem completamente as necessidades dos pacientes internados, pois geralmente eles são desenvolvidos para casos específicos de pacientes com dificuldades de locomoção. Uma grande necessidade é a capacidade do cicloergômetro se ajustar ou fixar-se ao leito de maneira a garantir os movimentos do usuário.

Diante disso este trabalho tem como objetivo principal propor a concepção de um cicloergômetro para reabilitação de pacientes críticos em leitos hospitalares. Para isso se utiliza de ferramentas do processo de desenvolvimento de produtos, bem como de técnicas e conceitos de *DfErg* – Projeto para a Ergonomia, que permitirão propor uma alternativa viável a essa situação, onde se necessita características específicas.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ergonomia

Para desenvolver um produto deve ser considerada a demanda ergonômica de igual forma, pois a atividade principal está relacionada ao atendimento às pessoas com necessidades de auxílio físico. O sistema como um todo só será maximizado se os conceitos ergonômicos forem incorporados nas análises de desenvolvimento do projeto desde seu início, fato este compartilhado por Moraes (2003), e demonstrado em seu estudo utilizando a interface homem-máquina na área de informática.

Existem várias definições de ergonomia, porém todas as definições encontradas abordam a existência de uma interação do homem-máquina, também homem-trabalho. Pode-se concluir então a presença de uma relação dentro do sistema homem-ambiente-máquina. (IIDA, 2005). No ano de 1961 foi criada a Associação Internacional de Ergonomia (IEA) na Inglaterra, sendo está

representante de diversas associações de ergonomia pelo mundo. No Brasil a Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO) foi fundada em 1983.

Para *International Ergonomics Association* (IEA), após ampla discussão entre suas associações afiliadas, adotou, em agosto de 2000, uma definição oficial segundo a qual a definição do termo ergonomia, é:

“Ergonomia (ou Fatores Humanos) é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema” (IEA, 2015).

Durante a 2ª Guerra Mundial estudos na área de ergonomia começaram a serem desenvolvidos. Houve junção de esforços entre as ciências humanas e exatas para a resolução de problemas causados pela operação de equipamentos militares complexos, assim o interesse para o estudo sobre a área de ergonomia obteve um crescimento, sobretudo em alguns países da Europa e Estados Unidos (DUL E WEERDMEESTER, 2004).

De acordo com Abrahão *et al.* (2009) o termo ergonomia é derivado das palavras gregas *ergon* (trabalho) e *nomos* (regras), as pessoas que trabalham nesta área são chamadas de ergonomistas, tendo como um dos objetivos a realização de avaliações de postos de trabalho, tarefas, produtos, ambientes e sistemas em geral a fim torná-los compatíveis as limitações das pessoas. A *IEA* (2015) destaca ainda que existem algumas especializações dentro da ergonomia, a saber:

- Ergonomia física: preocupada com os aspectos físicos da relação homem-sistema, incluindo anatomia, antropometria, fisiologia, biomecânica, posturas funcionais, manipulação de materiais, movimentos repetitivos, doenças profissionais, postos de trabalho, segurança e saúde musculoesquelética;
- Ergonomia cognitiva: preocupada com os processos mentais, tais como: a percepção, a memória, o raciocínio;
- Ergonomia organizacional: preocupada com a otimização dos sistemas sócio tecnológicos, incluindo suas estruturas organizacionais, de políticas e de processos.

Conforme Vidal e Seti (2001), a área de Ergonomia é eficaz para tratar problemas como:

- Adversidades nas tarefas realizadas pelo colaborador;
- Custo com afastamentos ligados a doenças de trabalho;
- Aumento de lesões em alguns postos de trabalho;
- Problemas com a produtividade nos processos de trabalho;
- Aumento de absenteísmo em determinada função;
- Aumento de reclamações de clientes referente a defeitos nos produtos.

A ergonomia apresenta como objetivo a adequação de processos e produtos tecnológicos aos limites, à capacidade e aos anseios humanos. Podendo contribuir para solucionar um grande número de problemas sociais, tais como acidentes, sendo estes acidentes analisados geralmente ocorre um relacionamento inadequado entre a tarefa e o operador (ABRAHÃO *et al*, 2009; DUL E WEERDMEESTER, 2004).

Processo de desenvolvimento de produto

O Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) sofreu algumas alterações. A equipe responsável é multifuncional, composta por engenheiros e técnicos de diversas áreas, que permitem potencializar a concepção do projeto, avaliando todos os possíveis aspectos. Conforme Slack, Chambers e Johnston (2009) o objetivo de desenvolver um produto é atender as necessidades e garantir a satisfação dos consumidores, principalmente suas expectativas atuais e futuras. Para ele o foco do projeto está no consumidor, à função do Marketing é de manter suas forças concentradas no mercado, coletando dados de maneira estruturada para que fiquem bem claras quais as necessidades dos clientes, garantindo o sucesso do projeto e do novo produto.

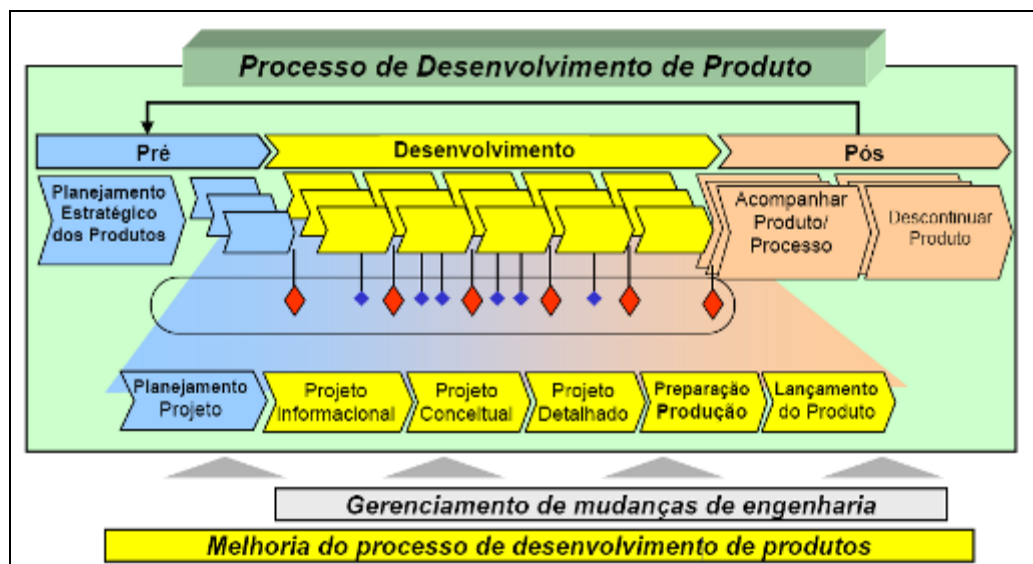
Conforme Rozenfeld *et al.*, (2006) o processo de Desenvolvimento de Produto é um conjunto de atividades por meio das quais se podem chegar às especificações do projeto de um produto ou de seu processo de produção, levando em consideração as necessidades do mercado, restrições tecnológicas e as estratégias competitivas e de produto da empresa. O processo de desenvolvimento de produtos situa-se entre a interface, empresa e consumidores, e também cabe à área de desenvolvimento de produtos a antecipação de soluções atendendo as

necessidades do mercado. As fases iniciais do Processo de Desenvolvimento são onde se concentram as principais decisões e especificações do projeto, nesse momento são determinados materiais e tecnologias a serem utilizados, o processo de fabricação e a forma construtiva.

Segundo Rozenfeld *et al.*, (2006) cerca de 85% do custo do produto final provem de escolhas de alternativas vindas do início do ciclo de desenvolvimento. Em outras palavras, o foco principal a se determinar no projeto se concentra nos materiais utilizados, no processo de fabricação, nas tecnologias e nas soluções construtivas. A Figura 1 ilustra a estrutura do PDP proposto por Rozenfeld *et al.*, (2006), que está dividido em três macrofases de atividades:

- Pré-Desenvolvimento: Onde acontece a concepção do produto, são reunidas as ideias, avaliadas as restrições e realizado o planejamento estratégico do produto e o do projeto;
- Desenvolvimento: Acontece o desenvolvimento do projeto do produto. Inicia-se com a determinação de todas as especificações-metas do produto;
- Pós-Desenvolvimento: São realizados o acompanhamento e o processo de descontinuação do produto no mercado.

Figura 1. Visão geral do modelo de referência.



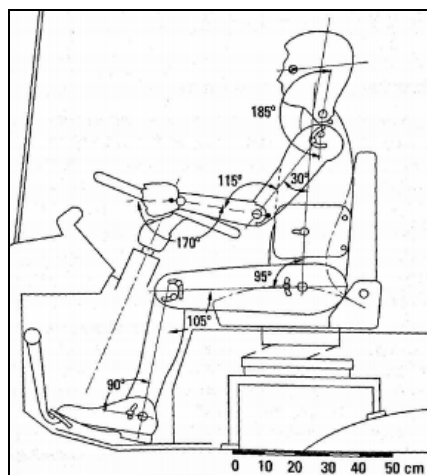
Fonte: Rozenfeld *et al* (2006).

Projeto Considerando a Ergonomia – DfErg

Projeto considerando a ergonomia é uma metodologia e anteprojecto que é aplicado durante as fases do desenvolvimento de um produto ou processo com o objetivo de maximizar as características ergonômicas do objeto em estudo. Conforme Pahl *et al.*, (2013) a ergonomia parte de características, habilidades e necessidades do indivíduo para cuidar das relações entre o indivíduo e o produto técnico. Com isso pode-se através de uma configuração adequada adaptar o produto ao usuário. Para Pahl *et al.*, (2013) para um projeto considerando a ergonomia é conveniente levar em consideração os seguintes aspectos:

- Aspectos Biomecânicos: A utilização dos produtos requer determinadas posturas e movimentos corporais, que podem ser representados e avaliados com ajuda de gabaritos antropométricos, conforme mostra a Figura 2;
- Aspectos Fisiológicos: Os movimentos requeridos no manuseio e utilização de produtos condicionam a um trabalho muscular estático e dinâmico, que exige do sistema cardiovascular um abastecimento sanguíneo adequado. É necessário fazer distinção entre carregamento, solicitação e fadiga. O carregamento designa influencias que atuam externamente conduzindo o indivíduo a uma solicitação que dependendo da intensidade e duração pode gerar fadiga;
- Aspectos psicológicos: Soluções do projeto devem poupar o pensamento durante a sua manipulação o mantendo disponível para o verdadeiro trabalho.

Figura 2. Aspectos biomecânicos – postura e gabarito antropométrico.



Fonte: Pahl *et al* (2013).

A identificação dos requisitos ergonômicos pode ser realizada pela abordagem direcionada ao objeto, quando o produto técnico é considerado definido, ou pela abordagem direcionada a ação quando ainda nenhum objeto pode ser definido (PAHL *et al*, 2013). Na consideração direcionada ao objeto recomenda-se utilizar uma lista de busca de objetos com auxílio de uma lista de verificação conforme Tabela 1.

Tabela 1. Diretrizes com características para identificação de requisitos ergonômicos.

Características	Exemplos
Função	Distribuição da função, tipo de função, atividade;
Princípio de funcionamento	Tipo e magnitude do efeito físico ou químico;
Configuração	Espécie: Tipos de elemento, tipo de acionamento; Forma: Forma global e elementos de forma apropriados; Posição: Disposição, organização e direção de funcionamento Escala: Dimensões excursão máxima, superfície de contato; Número: Quantidade, distribuição;
Energia	Força de acionamento, percurso de acionamento, resistência, amortecimento, pressão, temperatura, umidade;
Material	Cores e superfícies, características de contato;
Sinal	Identificação, rotulagem, simbologia;
Segurança	Eliminar perigos, evitar movimentos perigosos, medidas de segurança.

Fonte: Autores (2019)

Cicloergômetro

O Cicloergômetro é um equipamento médico utilizado para o tratamento de pacientes com dificuldades de locomoção nos membros inferiores e/ou superiores, devido a lesões medulares, AVC, Parkinson, esclerose múltipla ou demais doenças degenerativas (ver Figura 3). De acordo com Cajumoro (2015), devido ao seu baixo custo, tamanho portátil pode trazer diversos benefícios tanto para membros inferiores (pernas) quanto para superiores (braços).

Figura 3. Cicloergômetro.

Fonte: Cajumoro (2018)

Os ergômetros, aparelhos utilizados para simular o esforço físico em consultório, são frequentemente utilizados para pessoas com problemas ortopédicos e neurológicos, incluindo fraqueza muscular e distúrbios da marcha, além disso, estudos têm relatado a utilização do cicloergômetro para tratamento de doenças cardiovasculares (LIZARDO *et al*, 2007). A imobilidade, ou descondicionamento físico e a fraqueza muscular são problemas frequentes sendo associada a pacientes em terapia intensiva, ocorrendo, sobretudo nestes pacientes a redução da força muscular o que aumenta o tempo de desmame, internação, o risco de infecções e consequentemente mortalidade (SILVA *et al*, 2010).

Conforme Pinheiro e Christofolletti (2012), a assistência promovida pelos profissionais da saúde no ambiente hospitalar tem principal objetivo recuperar a condição clínica dos pacientes, a fim de que eles possam retornar à realidade cotidiana, todavia alguns pacientes considerados com prognósticos graves sob alto risco de morte e sem previsão de alta médica, apresentam outra realidade.

METODOLOGIA

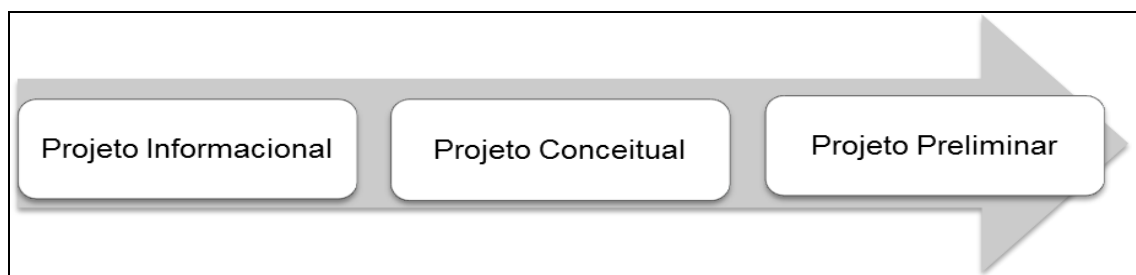
Esta pesquisa tem caráter exploratório, pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema. De acordo com Gil (2002) a pesquisa exploratória tem como finalidade tornar o problema mais explícito ou constituir hipóteses. A metodologia que foi aplicada neste trabalho caracteriza-se por meio de pesquisa tecnológica, que busca a geração de produtos. O trabalho foi desenvolvido a partir das necessidades apresentadas pela área da saúde em reabilitar pacientes em estado crítico que necessitam de recuperação assistida. A sequência lógica das atividades será:

- Avaliação do problema;
- Revisão bibliográfica;
- Desenvolvimento do projeto;
- Avaliação dos resultados.

Método de projeto de produto

Para a realização deste trabalho foi adotado o método apresentado por Rozenfeld *et al* (2006), serão realizadas as duas primeiras fases, o projeto informacional e o conceitual, com suas respectivas ferramentas e o projeto preliminar, conforme Figura 4.

Figura 4. Método de desenvolvimento de produto adotado neste trabalho.



Fonte: Autores (2019)

No início do projeto informacional foi realizado o planejamento, onde se obteve informações das reais necessidades do produto. Isto foi realizado através de pesquisa de marketing com auxílio de um questionário. A clarificação das necessidades foi realizada com o desdobramento da função qualidade, através da

ferramenta *Quality Function Deployment* (QFD), que direcionou as informações ao foco do problema. A segunda fase do desenvolvimento é o Projeto conceitual onde foi transformada a visão de mercado obtida da fase do projeto informacional em um conceito tecnicamente e mercadologicamente atrativo. Em seguida foi realizado o projeto preliminar onde é apresentado um desenho para a alternativa de projeto, seguido da apresentação de uma lista de materiais preliminares.

DESENVOLVIMENTO

Necessidades de terapia – ergometria

Os pacientes internados em unidade de terapia intensiva (UTI) são expostos com frequência à imobilização prolongada, que pode ser de apenas algumas horas ou até mesmo de alguns dias, isso pode desenvolver sequelas neuromusculares, devido ao estado estacionário que os músculos são expostos. Os danos gerados pelo repouso excessivo vêm sendo questão de preocupação para pacientes hospitalizados, algumas técnicas já são utilizadas para o processo de reabilitação, como a estimulação elétrica neuromuscular e a ergometria. O cicloergômetro é uma bicicleta estacionária, um aparelho com mecanismos internos que pode contribuir para o trabalho exercido pela pessoa que a utiliza, no seu estado ativo ela pode contribuir com o movimento de pacientes sedados preservando a musculatura durante a imobilização prolongada. De acordo com a recuperação do paciente ela pode ser utilizada no modo ativo, que utiliza como força motriz a própria musculatura do usuário. Consequentemente, o cicloergômetro pode ser viável para pacientes sedados, imóveis com doença crítica severa, onde mesmo a amplitude de movimento passivo pode desempenhar um papel importante preservando a estrutura muscular dos pacientes.

Apesar de seus benefícios potenciais, a utilização rigorosa de ergometria como uma alternativa para terapia de reabilitação em pacientes hospitalizados tem sido limitada. Isso se deve primeiramente devido ao custo elevado do equipamento e também a falta de informação sobre seus benefícios. Em visita a hospitais observou-se a necessidade de utilização de um cicloergômetro que se adapte à necessidade dos leitos utilizados no local, o setor de terapia intensiva e semi-intensiva possuem

alguns tipos de leitos diferentes. O desenvolvimento do produto deve levar em consideração esse fator para que o equipamento possa ser aplicável em todos ou na maioria dos leitos.

Projeto Informacional

Nesta etapa é apresentado um *Benchmark* para o produto proposto, aqui é descrito um comparativo dos produtos similares encontrados no mercado. Aqui são analisados os pontos fortes e fracos dos produtos existentes, essas informações serão levadas em consideração durante a aplicação da matriz QFD. Posteriormente procurou-se levantar as necessidades relacionadas à reabilitação de pacientes através da terapia assistida, por meio de ergometria. Segundo Moutinho (1997), essa pesquisa é de fundamental importância, pois é uma ferramenta que, baseada em um método científico, pode descobrir as preferências e o comportamento do consumidor. Essas informações são necessárias para contribuir para a solução dos problemas de Desenvolvimento de Produto. O processo de pesquisa foi dividido em 4 fases conforme a Tabela 2. O planejamento da pesquisa inicia-se com a definição dos objetivos e termina com a definição da metodologia. A pesquisa foi aplicada aos profissionais da área.

Tabela 2. Fases de Pesquisa de Mercado.

Fases	Etapas	Passos
1 Planejamento	Definição dos objetivos	Reunir informações que possam traduzir as necessidades dos clientes
	Estabelecimento das questões	Definições de questões amplas e específicas
	Determinação das fontes de dados	Definir abrangência da pesquisa
	Determinação da metodologia	Tipo de Pesquisa Método de Pesquisa Planejamento de coleta de dados
2 Execução	Redação da Pesquisa	Formulação do instrumento de Pesquisa
	Aplicação	Distribuição do material Coleta de dados
3 Resultados	Tabulação dos dados	Conferência Digitação Apresentação de resultados

Fonte: Autores (2019)

É importante ressaltar que as perguntas foram usadas apenas como referência, tendo o entrevistado total liberdade para apresentar seus

questionamentos. A pesquisa ocorreu nos meses iniciais do projeto, foram entrevistadas 10 pessoas sendo terapeutas, técnicos, especialistas e profissionais da área da saúde. Estas informações foram utilizadas como base para a elaboração do QFD, especificamente na matriz Casa da Qualidade. Esses dados entraram como requisitos dos clientes e contribuíram para a hierarquização dos requisitos de projeto. A Matriz Casa da Qualidade (Figura 5) possibilitou transformar as necessidades dos clientes em requisitos de projeto.

A casa da qualidade forneceu informações interessantes, principalmente com relação aos fatores diretamente ligados à qualidade percebida pelo cliente. Através dela podem-se priorizar os requisitos dos clientes. Ela indicou os principais requisitos do produto em relação ao seu projeto, em sequência por ordem de importância.

Figura 5. Casa da Qualidade

		Consumo de energia	Dimensões	Ergonômica	Preço de custo	Rigidez estrutural	Durabilidade	Resistência mecânica	Peso	Aparência	Resistência a corrosão	Nível de ruído	Vida útil	Nº de funções oferecidas	Controles Operacionais	Design	Segurança	Facilidade de uso	Aplicabilidade	Funções antropométricas	Eficiente	Portabilidade			
RC: REQUISITOS DO CONSUMIDOR	Operação	Alta acessibilidade	●	●	●					●	●	●	●					●	●	●	●	●			
		Vários níveis de operação	●	●	●	●				●	●	●	●	●				●	●	●	●	●	●	●	
		Silenciosa	●		●	●	●			●	●		●	●				●	●		●	●	●	●	
		Baixo Consumo de energia	●			●					●			●					●						
		Fácil utilização			●	●		●						●		●									
		Alta durabilidade	●	●	●	●		●	●		●			●		●	●			●					
		Fácil limpeza	●		●	●	●			●	●		●	●	●				●	●		●	●	●	●
		Alta performance	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●				●	●	●	●	●	●	●
		versidade de ajustes	●		●	●	●	●		●	●		●	●	●	●			●	●		●	●	●	●
	Transporte	Baixo ruído			●	●	●		●	●			●	●	●		●	●			●		●	●	
		Baixo peso	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●		●	●	
		Pequena				●			●					●			●				●			●	
	Manutenção	Fácil de montar	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●	
		Fácil de limpar				●		●					●			●						●			
		Pouca manutenção	●		●	●		●	●		●		●	●		●	●		●		●	●	●	●	
	Segurança	Dúrvavel	●			●			●	●			●				●		●						
		Evite lesões			●	●	●			●			●	●	●			●			●	●	●	●	
	Meio ambiente	Não polui				●								●									●	●	
		Materias atóxicos			●	●		●	●							●	●	●				●	●	●	
	Aparência	Cor Agradável				●								●				●				●	●	●	
		Forma agradável			●	●							●	●	●			●			●	●	●	●	
	Fabricação	Baixo custo	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Fácil fabricação	●		●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	
		∑ (Correlação RC-RP X Qualidade Percentual)	69	76	173	189	86	71	52	91	150	49	77	171	93	71	52	145	147	49	77	83	95		
		Classificação	3%	4%	8%	9%	4%	3%	3%	4%	7%	2%	4%	8%	5%	3%	3%	7%	7%	2%	4%	4%	5%		
			17	14	2	1	10	15	18	9	4	20	12	3	8	15	18	6	5	20	12	11	7		

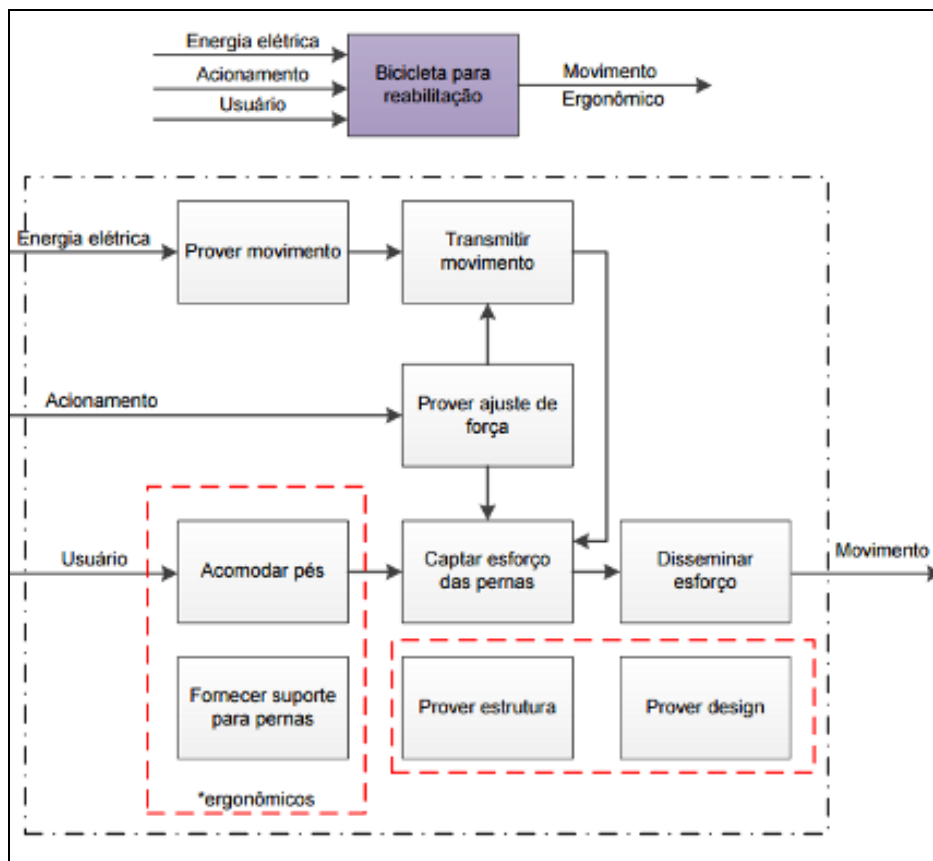
Fonte: Autores (2019)

Projeto Conceitual

Nesta fase do projeto foi realizada a transformação da visão do mercado obtida na fase do projeto informacional em um conceito tecnologicamente atrativo. Foi desenvolvida a modelagem funcional do produto, conforme mostra a Figura 6, onde se pode observar as entradas e saídas do modelo. Dentre as principais funções para o desenvolvimento do produto pode-se destacar:

- Prover movimento: Necessário devido à possibilidade de utilização sem energia vinda do usuário;
- Acomodar pés: Onde serão aplicados conceitos de ergonomia e antropométricos;
- Fornecer ajustes para pernas: Onde serão aplicados conceitos de ergonomia e antropométricos;
- Prover ajuste de força: Onde existe a interface com o operador. Nesta função será decidido o uso passivo ou ativo para o equipamento.

Figura 6. Modelo funcional - Projeto bicicleta para reabilitação.



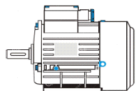

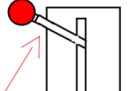
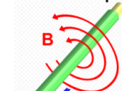



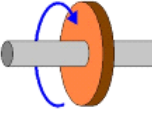




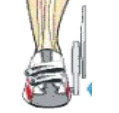

Fonte: Autores (2019)

Com a construção do Modelo Funcional da Figura 6 pode-se levantar os princípios de solução e elaborar as alternativas de projeto. Para tanto, inicialmente foram definidas as entradas e saídas principais do produto, presentes em sua Função Global. Tais entradas e saídas foram base para a definição de fluxos de energia, materiais e sinais dentro do produto, sendo definida sua estrutura funcional composta das funções elementares do cicloergômetro. As funções prover design e prover estrutura também foram contempladas nesta modelagem, devido ao fato de as especificações metas direcionar estas funções.

Pesquisa por princípios de solução

Nesta etapa foram realizados o levantamento e a geração dos princípios de solução para atender as funções elementares da Modelagem Funcional, a matriz morfológica foi utilizada para auxiliar este procedimento, sua configuração pode ser vista na Figura 7. Para isto foram utilizados catálogos técnicos, patentes, e outras bibliografias da área, considerando as funções elementares e os requisitos do projeto levantados no QFD para contemplar as características necessárias para o produto e gerar os princípios de solução.

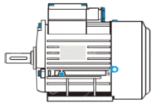
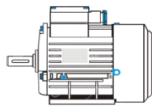
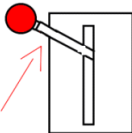
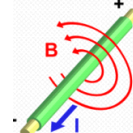
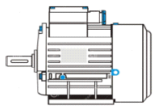


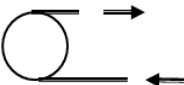
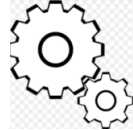
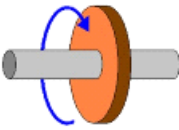






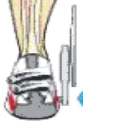


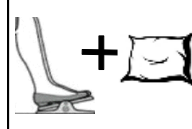
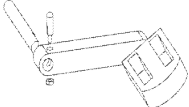
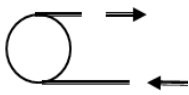
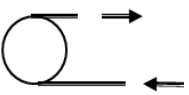
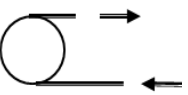
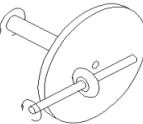
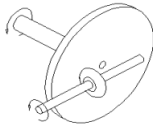
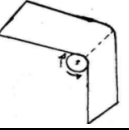
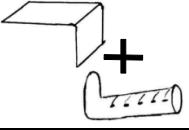
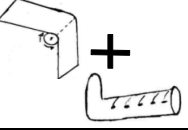
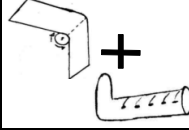
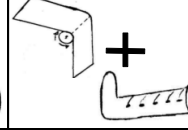





Figura 7. Matriz Morfológica (parcial) - Pesquisa por princípios de solução.

Função	Princípio de solução				
	Motor elétrico	Força manual por engrenagens	Força manual por alavancas	Motor magnético	
Prover movimento					
Transmitir movimento	Conjunto de engrenagens	Cabo	Polia e correia	Corrente e catraca	Eixo rígido
					
Prover ajuste de força	Painel eletrônico	Ajuste analógico	Ajuste fixo		
					
Acomodar pés	Encosto fixo	Sapatilha	Colchão de ar		
					

Fonte: Autores (2019)

Com as informações mais relevantes do projeto informacional juntamente com os dados da matriz morfológica surgem às alternativas de solução, que são desenvolvidas a partir da combinação das alternativas de solução da Matriz Morfológica. Assim pode-se obter as alternativas de concepção do projeto, conforme mostra a Figura 8, que são realizadas buscando as melhores alternativas que possam atender as necessidades do projeto.

Figura 8. Matriz alternativas de concepção.

Função	Alternativas de concepção				
	1	2	3	4	5
Prover movimento					
Transmitir movimento					
Prover ajuste de força					
Acomodar pés					
Captar esforço das pernas		Restrição de projeto			
Disseminar esforço					
Fornecer suporte p/ pernas					
Prover estrutura	 Metal	 Metal	 Metal	 Metal	 Metal
Prover Design	Definir posteriormente				

Fonte: Autores (2019)

Após definidas as alternativas de concepção, passou-se para a seleção daquela que melhor se atendia as necessidades propostas inicialmente. Para isso foi utilizada a matriz de Pugh (1991) conforme mostra a Figura 9. A análise realizada levou em consideração os requisitos dos clientes.

Após a análise dos resultados da matriz de PUGH foi definido que a alternativa de concepção que melhor atende o projeto é a solução Nº 2, que se mostrou superior as concorrentes. Nos resultados da matriz com relação aos requisitos dos clientes essa alternativa se mostrou mais eficiente no somatório geral, sem considerar o peso de cada item, como no somatório global onde se considera o peso deste item em relação ao projeto.

Figura 9. Matriz de PUGH com relação aos requisitos dos clientes.

Requisitos dos clientes		P	Alternativas de solução				
			1	2	3	4	5
Operação	Alta acessibilidade	5	-1	-1	0	-1	-1
	Varios níveis de operação	2	-1	-1	0	-1	-1
	Silenciosa	3	0	0	0	0	0
	Baixo Consumo de energia	2	1	1	0	1	1
	Fácil utilização	3	0	0	0	0	0
	Alta durabilidade	5	1	1	0	0	1
	Fácil limpeza	4	-1	1	0	0	-1
	Alta performance	3	-1	1	0	-1	-1
	Diversidade de ajustes	2	-1	-1	0	0	-1
Baixo ruído	3	1	1	0	1	1	
Transporte	Baixo peso	4	1	0	0	1	0
	Pequena	5	1	0	0	1	1
	Fácil de montar	4	0	0	0	0	0
Manutenção	Fácil de limpar	4	0	0	0	0	0
	Pouca manutenção	4	-1	-1	0	-1	0
	Dúrvavel	3	-1	-1	0	-1	-1
Segurança	Evite lesões	4	1	1	0	-1	-1
Meio ambiente	Não polui	4	1	1	0	-1	-1
	Materias atóxicos	2	-1	1	0	-1	0
Aparência	Cor Agradável	3	-1	1	0	1	1
	Forma agradável	4	-1	1	0	1	0
Fabricação	Baixo custo	5	1	0	0	1	1
	Fácil fabricação	3	-1	0	0	-1	-1
SOMA TOTAL			-3	5	0	-2	-3
PESO GLOBAL			-3	15	0	-4	-7

Fonte: Autores (2019)

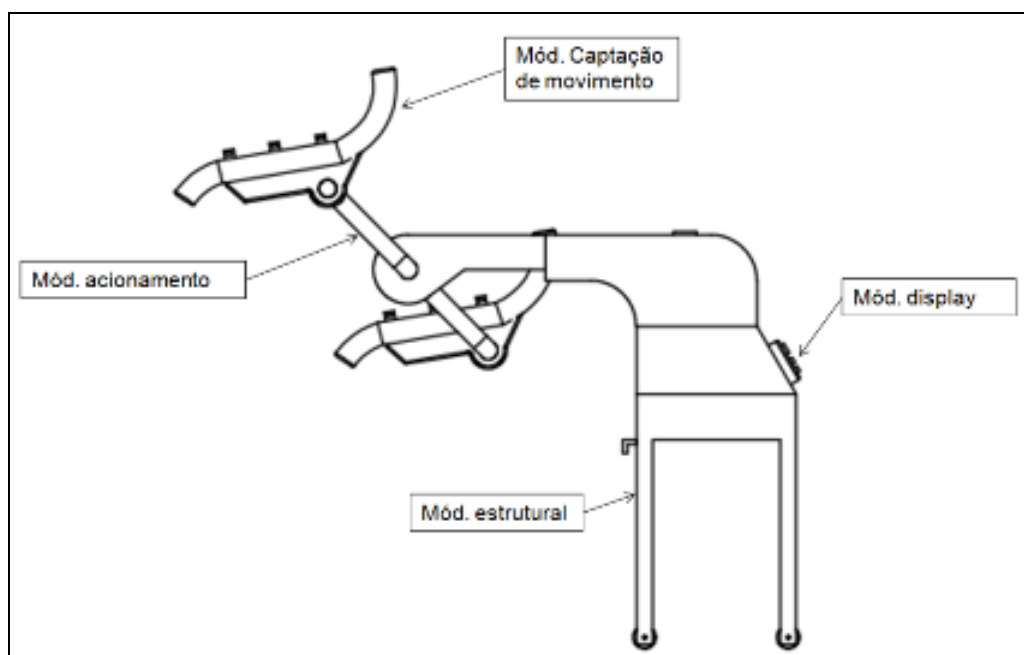
Projeto preliminar

Criação do croqui para a alternativa de projeto escolhida

Nesta etapa foi realizado o croqui para a alternativa de projeto. A Figura 10 apresenta uma vista lateral da montagem do conceito onde são identificadas as principais partes do equipamento. Algumas adaptações foram realizadas com o auxílio de técnicos e especialistas envolvidos. A definição do conceito ficou dividida em:

- Módulo estrutural;
- Módulo de acionamento e transmissão;
- Módulo de captação do movimento;
- Módulo display.

Figura 10. vista lateral da montagem do conceito onde são identificadas as principais partes do equipamento.

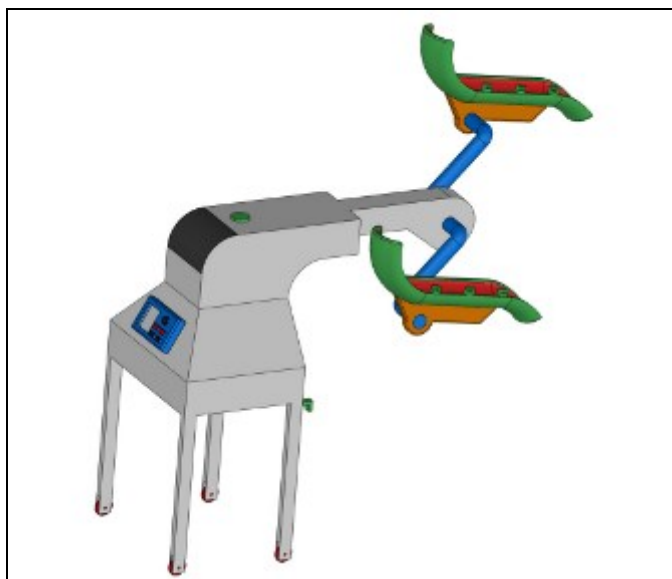


Fonte: Autores (2019)

O módulo estrutural do conceito do equipamento foi proposto em material metálico revestido por pintura epóxi, sendo que a carenagem de cobertura da parte móvel é produzida com material polimérico. O módulo de acionamento e transmissão pode ser visto na Figura 9, ele é composto de um sistema para acomodar os pés e

parte das pernas do usuário. Neste módulo foi aplicado de conceitos de *DfErg*, como aspectos biomecânicos e fisiológicos para contribuir com o conforto do usuário, detalhes deste conjunto podem ser vistos na Figura 11, onde é apresentada o conceito final desenvolvido em CAD. Através deste sistema o movimento do corpo é transmitido para o equipamento, quando no modo passivo, ou o equipamento transmite o movimento para o usuário no modo ativo.

Figura 11. Projeto do produto em CAD



Fonte: Autores (2019)

De acordo com o exposto, o projeto apresentado se mostrou viável para um posterior projeto detalhado. A Tabela 3 apresenta uma lista preliminar de materiais (BOM - inicial), onde se pode observar quais são os principais materiais que serão utilizados para analisar a real viabilidade do conceito proposto. O sistema de motorização que será necessário para este equipamento pode ser adquirido por empresas terceiras e deverá possuir aproximadamente 1,5 HP para poder ser utilizado no modo ativo.

Tabela 3. Fases de Pesquisa de Mercado.

Nº	Componentes (descrição)	Qtde.	Material	Processo de Fabricação
1	Módulo estrutural			Montagem
1.1	Carenagem	2	M ²	Injeção
1.2	Cantoneira	2	Aço	Usinagem/Soldagem
2	Módulo Display			Montagem
2.1	Carcaça	1	Polímero	Injeção
2.2	Tela	1	Vidro	Montado
2.3	Botões	5	Polímero	Montado
2.4	Sistema elétrico	1	-	Montado
3	Módulo captação do movimento	1		Montagem
3.1	Estrutura	2	Alumínio	Usinagem
3.2	Base	2	Polímero	Injeção
3.3	Enchimento	2	Espuma	Injeção
3.4	Revestimento	2	Polímero	Montagem
4	Sistema de transmissão	1		Montagem
4.1	Engrenagens	4	Aço	Montagem
4.2	Polias	2	Aço	Montagem
4.3	Correias	2	Borracha	Montagem
4.4	Eixos	3	Aço	Usinagem/montagem
5	Diversos			Montagem
5.1	Rodas	4	Silicone	Montagem
5.2	Travas	4	Metal	Montagem
5.3	Software	1	--	Instalação

Fonte: Autores (2019)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho utilizou a metodologia de Desenvolvimento de produto para buscar um conceito de equipamento adequado às necessidades de pacientes internados em leitos hospitalares, diante do objetivo proposto e dos resultados obtidos no presente trabalho, conclui-se que o equipamento desenvolvido pode atender os usuários e ser capaz de realizar movimentos ativos e passivos, sob condições de carga mecânica determinadas, permitindo potencializar e ampliar o leque de benefícios gerados pelo tratamento.

O levantamento das necessidades foi realizado junto a terapeutas, técnicos, especialistas e profissionais da área da saúde, de onde foram retiradas todas as informações necessárias para o andamento e conclusão do projeto. Com o estudo deste processo ficou definido que as principais funções do cicloergômetro são o exercício ativo-assistido e o passivo, estes que contribuem para a reabilitação de pacientes internados.

Considerando ser de baixo custo e de tecnologia nacional, o desenvolvimento do cicloergômetro para membros inferiores se torna viável comercialmente, os

conceitos antropométricos de *DfErg* foram aplicados sendo adaptável ao tamanho dos membros do paciente e promovendo o seu bem-estar sem comprometer os benefícios do tratamento.

No estudo foram trabalhados os objetivos específicos utilizados como base para a pesquisa. A coleta de dados da situação atual dos processos utilizados para tratamento de paciente acamados foi imprescindível para a conclusão deste trabalho. Através da aplicação das ferramentas apresentadas o objetivo geral deste trabalho foi alcançado, sendo que a proposta do conceito do equipamento foi desenvolvida e se mostrou viável para um posterior projeto detalhado.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, J. et al. **Introdução à Ergonomia da prática à teoria**. São Paulo: Blucher, 2009.
- BURTIN, C; CLERCKX, B; ROBBEETS, C; FERDINANDE, P; LANGER, D; TROOSTERS, T; HERMANS, G; DECRAMER, M; GOSSELINK, R. Early Exercise in Critically Ill Patients Enhances Short-Term Functional Recovery. **Crit Care Med**, v. 37, n. 9, P. 2499-2505, 2009.
- CAJUMORO. **Cicloergômetro**. Disponível em: <<http://www.cajumoro.com.br/cicloergometro-fisioterapia#group1-1>>. Acesso em: 14 de set. 2018.
- DUL, Jan; WEERDMEESTER, Bernard. **Ergonomia prática**. 2.ed. rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª Ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GRIFFITHS, R.D. et al. Effect of passive stretching on the wasting of muscle in the critically ill. **Nutrition**, v.11, n.5, p. 428-32, 1995.
- IEA. **Apresenta informações sobre ergonomia**. Disponível em: <<http://www.iea.cc/whats/index.html>> Acesso em 05 set. 2019.
- IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2005.
- LIZARDO, J. H. F. et al. **Hipotensão pós-exercício: comparação entre diferentes intensidades de exercício em esteira ergométrica e cicloergômetro**. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**.

Disponível em: < <http://twingo.ucb.br/jspui/handle/123456789/174>>. Acesso em: 02 set. 2018.

- MORAES, A. **Ergonomia e projeto de produtos, informações, interfaces da interação homem-computador e espaços arquiteturais**: ensino e pesquisa. XXIII Enegep - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto, 2003. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGETP2003_TR0402_0592.pdf> Acesso em: 18 set. 201.
- MOUTINHO, D. A. **Manual de Pesquisa de Mercado**. Rio de Janeiro: CNI-SESI/DN, 1997.
- PAHL, G. et al. **Projeto na engenharia: Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2013.
- PEREIRA RMC, MONTEIRO I. Reabilitação profissional e retorno ao trabalho: uma revisão integrativa. **Rev Bras Med Trab**. V. 17, n. 3, P. 441-455, 2019. doi: <<https://doi.org/10.5327/Z1679443520190350>>
- PINHEIRO, A.R. e CHRISTOFOLETTI G. **Fisioterapia motora em pacientes internados na unidade de terapia intensiva: uma revisão sistemática**. Rev Bras Ter Intensiva, Maracaju, 24(2): 188-196, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbti/v24n2/16.pdf>> Acesso em: 13 set. 2019.
- PUGH, S. **Total Design Integrated Methods For Successful Product Engineering**. Adison Wesley Publishing Company, 1991.
- ROZENFELD, Henrique et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.
- SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Traduzido por Maria Teresa Corrêa de Oliveira. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- VIDAL, M.C.R & SETTI, M.E.C. Ergonomia e segurança do trabalho. Uma radiografia da pesquisa no brasil. **Ação Ergonômica**. Vol.1, nº 2. 2001. Disponível em: <<http://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/7/5>> Acesso em: 08 dez. 2019.