

IMPLANTAÇÃO DE EXOESQUELETO EM INDÚSTRIAS FRIGORÍFICAS

Hiago B. Boita, Murilo Contini, Tama T. Bruski¹
Anderson Baldissera, Keila D. Ferrari Orso, Ricardo Werlang²

RESUMO

Cada vez mais procuram-se por alternativas capazes de minimizar os efeitos provenientes de trabalhos repetitivos e esforços exagerados dentro das indústrias frigoríficas em nosso país. Logo, soluções robóticas ganham ênfase nesse ramo da indústria, porém, por questões financeiras tanto do país, quanto do próprio segmento, essa tecnologia apresenta dificuldades para se alocar em determinadas funções, surgindo assim, a necessidade de uma tecnologia alternativa inovadora capaz de operar com a inteligência e a adaptação de um humano, juntamente com a força e a tecnologia de um robô. A metodologia utilizada neste estudo é a indutiva, feita por coleta de dados particulares, bem como o nível de pesquisa é exploratório e descritivo. O trabalho em questão, trata do desenvolvimento de um projeto de um exoesqueleto dos membros inferiores, capaz de fornecer apoio e postura adequada ao operador, garantindo consideráveis resultados positivos na queda do número de doenças causadas devido aos esforços repetitivos.

Palavras-chave: Exoesqueleto. Indústria Frigorífica. Segurança e Saúde no Trabalho.

1 INTRODUÇÃO

Um projeto surge da necessidade de um cliente em inovar ou aperfeiçoar algo já existente, dentro de um custo aprovado e um benefício satisfatório. Esse projeto foi desenvolvido com a finalidade de dar uma melhor condição de trabalho para pessoas que desenvolvem atividades em grandes quantidades e velocidades elevadas, dentro dos frigoríficos. Pensando nas doenças causadas por esforços repetitivos e no bem-estar do trabalhador, optou-se por trazer para a prática a ideia do exoesqueleto.

Na atualidade, o exoesqueleto está cada dia mais presente quando o assunto é a evolução da robótica, justamente pelo fato de que esses robôs combinados com sistemas automatizados acabam substituindo o ser humano em uma imensa gama de atividades. Pode-se afirmar, que muitos empregos, especialmente os braçais e repetitivos, podem estar ameaçados com a chegada das máquinas, porém essa nova tecnologia vem para deixar o ser humano mais

¹ Acadêmicos do curso de Engenharia Mecânica da UCEFF Faculdades.

² Docentes do curso de Engenharia Mecânica da UCEFF Faculdades. E-mail: anderson.baldissera@hotmail.com, keilaorso@hotmail.com. ricardowerlang@uceff.edu.br.

competitivo com a robótica, tornando suas habilidades potencializadas e conseguindo deixar o trabalhador numa posição confortável no mercado.

Certamente, essa ideia inovadora está ganhando força a cada dia, pois a mesma máquina que agora trabalha em conjunto com o ser humano, melhorando o seu desempenho e o seu rendimento, ainda o protege de possíveis lesões e contusões, fazendo dessa uma união praticamente perfeita.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 REQUISITOS DO CLIENTE

Um projeto parte da solução para uma determinada necessidade do cliente. Para isso é preciso estar claro todos os objetivos que o cliente necessita, sempre visando atender a estes objetivos, pois é ele quem está convivendo com tais necessidades diariamente.

Para Batista (2003) são necessárias técnicas para a obtenção de requisitos. Essas técnicas quando aplicadas a um indivíduo, grupo de pessoas, documento ou até mesmo a uma observação, geram requisitos.

Na prática, foi desenvolvido através de uma entrevista, onde conversando com o supervisor e com os operadores dos postos onde será implantado o exoesqueleto surgiram os requisitos do cliente. Depois de ter a problemática em mãos, criou-se perguntas estratégicas que foram respondidas pelo cliente, assim elencando parâmetros e necessidades iniciais para poder seguir com o projeto.

Após a definição dos requisitos do usuário, essas necessidades devem ser transformadas em linguagem técnica de uma forma que a equipe de desenvolvimento possa entender melhor os requisitos do projeto, (BACK, 2008).

2.2 REQUISITOS DO PROJETO

A obtenção dos requisitos do projeto a partir dos requisitos dos clientes se constitui na primeira decisão física sobre o produto que está sendo projetado. Através desta ação, são definidos parâmetros mensuráveis associados às características definitivas que terá o produto (AMARAL *et al.*, 2006).

Um cuidado muito grande deve ser tomado com a elaboração desta etapa, pois é através dela que se iniciará o projeto e quando as dúvidas surgirem, são estes requisitos que devem conter as respostas. Portanto, as necessidades do cliente precisam ser traduzidas com clareza e serem diretas, para evitar divergências com o que o cliente necessita.

2.3 *QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT* (QFD)

O *Quality Function Deployment* (QFD), é uma técnica que pode ser empregada durante todo o processo de desenvolvimento de um produto, tendo por objetivo auxiliar o time de desenvolvimento a incorporar no projeto as reais necessidades do cliente (NORTON, 2004).

Basicamente, é a conversão dos requisitos do consumidor em características de qualidade do produto e o desenvolvimento da qualidade de projeto para o produto acabado através de desdobramentos sistemáticos das relações entre os requisitos do consumidor e as características do produto (NORTON, 2004).

Para a equipe de desenvolvimento esta ferramenta é de suma importância, pois sua resultante é a organização por grau de importância dos requisitos, tanto do cliente quanto do projeto.

Nesse ponto do projeto já é possível ter ideia do que será projetado, pois já se tem todas as necessidades organizadas e com elas pode-se saber exatamente quais linhas de raciocínio poderão ser seguidas, quais materiais serão usados, dimensões do protótipo, entre outros.

Segundo Back (2008), o relacionamento dos requisitos na casa da qualidade, deve ser consistente para que não afete as decisões tomadas, podendo até comprometer a própria qualidade do produto.

2.4 ESTRUTURA FUNCIONAL

Após definição dos requisitos de projeto através da casa da qualidade, deve-se especificar de forma mais detalhada tais requisitos. Para cada requisito devem ser atribuídas grandezas mensuráveis e o melhor método ou solução que atenderá esta função (BACK, 2008).

A estrutura funcional do produto é gerada a partir do levantamento das necessidades do cliente e estabelecimento dos requisitos do projeto, gerando as principais alternativas na solução para a concepção e seleção de meios viáveis (PAHL e BEITZ 1996).

Pahl (2005), afirma que a estrutura funcional busca elaborar a melhor solução para cada requisito de projeto, através da função global e um diagrama de blocos. Após a definição da função global, ocorre o desdobramento da mesma em sub funções.

Portanto, com a função global estabelecida e gerando as sub funções, torna-se possível uma solução para o produto, ficando assim mais simples a escolha das peças e materiais que se adaptam melhor a necessidade do projeto em questão.

A estrutura funcional é bem importante para o projeto, pois nela estão as soluções para o projeto, e caso alguma entre em conflito, ela mesma irá fornecer outra para continuar com a sequência.

2.5 MATRIZ MORFOLÓGICA E MATRIZ PASSA NÃO PASSA

A matriz morfológica é responsável por encontrar as melhores soluções para cada requisito estabelecido, através de diferentes combinações e parâmetros. O exame atende/não atende, matriz passa não passa, cada concepção é válida de acordo com a função que deve exercer. A concepção que obtiver maior pontuação terá a prioridade no desenvolvimento do projeto (CORAL, 2013).

2.6 PROJETO BÁSICO

Esta fase do projeto, se faz através dos resultados obtidos pelos requisitos do clientes, duas estimativas de projeto, ou seja, com base na matriz passa não passa, elencam-se as duas melhores propostas de projeto. As duas propostas passarão por uma análise com base nos critérios de projeto. Para Coral (2013), a proposta que se mostra mais eficaz à necessidade será submetida a análises mais aprofundadas, que darão origem ao protótipo a ser executado.

Através da elaboração da modelagem geométrica virtual dos componentes, pode-se dimensionar o produto, as informações sobre uso, vida útil, esforços submetidos, trazem uma definição de como cada componente deve ser, respeitando os parâmetros pré-estabelecidos (CORAL, 2013).

2.7 CRONOGRAMA

Segundo Mattos (2010), os projetos geralmente são extensos e possuem diversas atividades, dependendo diversos recursos e especialidades, consumindo uma quantia de dinheiro, portanto, se faz necessário o gerente de projetos acompanhar o andamento da obra como um todo.

Para a elaboração do cronograma deve ser utilizada datas de folgas positivas, para que não ocorram atrasos no andamento do projeto. Alguns *softwares* podem auxiliar a elaboração e gerenciamento do cronograma, podendo efetuar simulações através de variações nos dados de cada atividade (BACK, 2008).

2.8 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

Para Mel (2014), a especificação técnica é um texto onde se fixam todas as regras e condições que se devem ser seguidas, caracterizando os materiais, equipamentos, sistemas construtivos a serem aplicados, elementos e o modo como serão executados.

Uma especificação técnica é um documento que define um conjunto de exigências que um produto deve atender. Especificações são usadas quando um contrato para produtos ou serviços técnicos é emitido. As especificações técnicas definem as exigências para atender ao contrato.

2.9 PROPOSTA COMERCIAL

A proposta comercial é uma forma técnica de mostrar ao cliente a solução para o seu problema. Nela deve conter de forma clara a maneira em que as necessidades existentes estão sendo resolvidas. É necessário que a proposta comercial esteja muito bem elaborada, pois se trata de um documento, e a falta ou a inverdade de informações nela pode trazer problemas para a empresa (CORAL, 2013).

2.10 PROJETO EXECUTIVO

De acordo com Madureira (2010), o projeto executivo é a parte que define todos os componentes do projeto conceitual. Neste momento o produto terá todas as funções necessárias para a fabricação, devido ao sucessivo desdobramento dos conjuntos em componentes e peças.

Para o projeto executivo, existem programas computacionais que devem ser usados, eles auxiliam em várias situações, como testes, cronogramas, e se existir alterações é possível facilmente reorganizá-lo.

Também sistemas como *Computer Aided Design* (CAD) devem ser usados na elaboração do projeto, eles têm a função de definir peças e componentes além de estruturar o funcionamento do produto.

No projeto em questão, a ferramenta escolhida para a elaboração do projeto 3D foi o *SolidWorks*, nele foram desenvolvidas e desenhadas todas as peças e conjuntos do projeto.

2.10.1 Memorial de Cálculo

O cálculo na engenharia de um projeto tem por finalidade transformar ideias em fatores mensuráveis. Com o auxílio das ferramentas citadas anteriormente, é possível saber onde os esforços serão aplicados e onde existirão tensões e forças, por isso essas informações no memorial de cálculo serão calculadas, para comprovar a resistência e os limites. Os cálculos para serem coerentes precisam ser realizados de forma precisa, pois necessitam representar a realidade, e conseqüentemente, o sucesso do projeto (MADUREIRA, 2010).

2.10.2 Manual de Montagem e Operação/Lista de Peças

No sistema de lista de peças, a composição é modificada de acordo com os requisitos do equipamento e do programa utilizado. A lista de peças apresenta todos os componentes de um produto em forma de listagem, com seus números e quantidades. Dessa forma a lista pode ser elaborada para o produto final ou até mesmo para itens avulsos. Uma lista estruturada traz a vantagem de identificar a estrutura completa de um produto ou conjunto (MADUREIRA, 2005).

Ademais, Madureira (2005) destaca que nos manuais devem conter a descrição detalhada de todos os itens, componentes e acessórios, o tipo do modelo e o tipo do equipamento, normas de segurança e operação do equipamento, procedimentos de inspeção, manutenção e lubrificação, como também a codificação das peças de reposição para facilitar na hora da manutenção.

3 METODOLOGIA

Partindo do alto índice de afastamentos por doenças ocupacionais dentro das indústrias frigoríficas, surgiu a ideia de aprofundar um estudo para poder minimizar essas consequências de uma forma que possa ser viável tanto para os operadores, quanto para a empresa. Através de pesquisas e conversas com trabalhadores e supervisores de frigoríficos, juntamente com o tema proposto na disciplina de projeto de máquinas, surgiu então a ideia de juntar a teoria com a prática e elaborar um esboço das partes inferiores para auxílio de operadores dentro dos frigoríficos.

A metodologia utilizada neste estudo é a indutiva, feita por coleta de dados particulares. O nível de pesquisa é exploratório e descritivo, visto que, nesses estudos respectivamente são feitas pesquisas de hipóteses (por meio de entrevistas com questionário) e formalmente descritas. Tendo como alvo o projeto de máquinas, as técnicas de análise caracterizam como qualitativas, pois dispõem de pesquisa de campo (GIL, 2008).

O projeto teve início quando uma entrevista formal foi feita com o cliente, para poder ter de forma objetiva quais são os reais problemas que precisam ser resolvidos. Um questionário foi criado e apresentado para o cliente, onde foi respondido pelo mesmo, com isso obtivemos os requisitos do cliente.

Após transformar os requisitos do cliente em requisitos do projeto, aplicou-se esses requisitos na ferramenta de suporte QFD, com os dados inseridos corretamente esta ferramenta nos apresentou todos os itens de modo hierárquico de acordo com sua prioridade. Com isso foi possível idealizar a execução do projeto.

Na matriz morfológica foi inserido para cada necessidade quatro componentes (peças e materiais), que foram confrontados entre eles visando sempre a melhor aplicação. Posteriormente estes componentes foram inseridos na matriz para que pudéssemos obter com clareza as duas melhores configurações de protótipo, configurações as

quais foram avaliadas para decidir qual seria a melhor opção para atender o cliente, seguindo assim com o projeto.

Com o protótipo já definido e desenvolvido, foi possível obter todas as informações para seguir com o projeto, onde então foram elaboradas as especificações técnicas e a proposta comercial, listando materiais, preços, quantidades e, formalizando tudo para apresentar ao cliente o método e os valores nos quais suas necessidades estão sendo resolvidas.

Na última etapa, foi desenvolvido o projeto executivo, no qual está presente o memorial de cálculo, que é a forma matemática de comprovar os esforços e tensões do estudo, cálculos que mostrarão a vida útil e a resistência do equipamento. Após a conclusão destes itens, foram feitos os manuais, apresentando como o exoesqueleto foi montado e como deverá ser o seu manuseio pelo operador, tendo como algumas informações básicas os cuidados, peças de reposição e sua manutenção.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

4.1 REQUISITOS DO CLIENTE E REQUISITOS DO PROJETO

Tendo definido o cliente e depois de entender um pouco sobre sua problemática, aplicou-se um breve questionário para poder direcionar e formalizar realmente a necessidade do cliente. Logo, este questionário se tornou a necessidade do cliente, passando a ser os requisitos do projeto, conforme demonstra o Quadro 1.

Quadro 1 – Requisitos do Projeto e Requisitos do Cliente

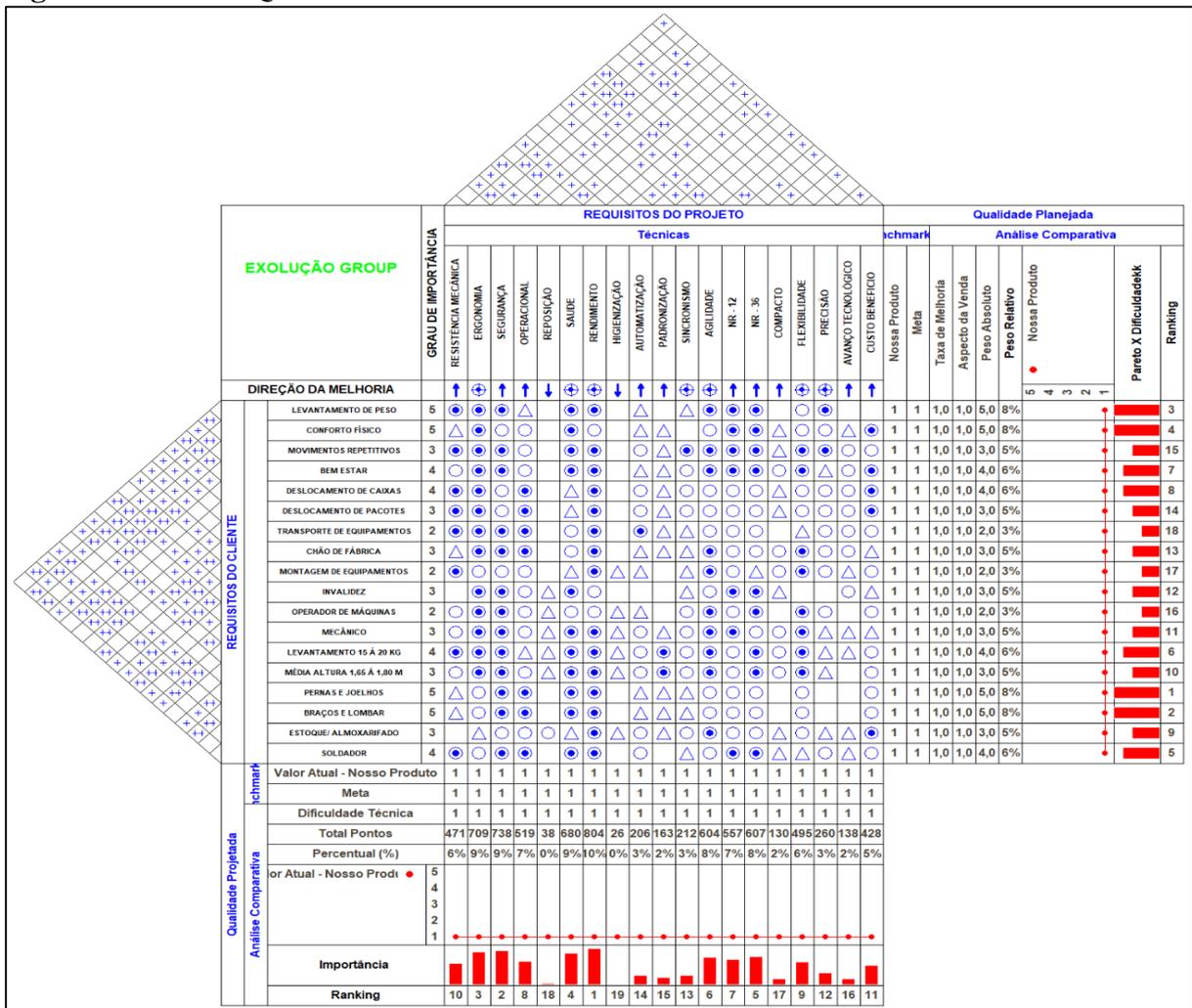
REQUISITOS DO CLIENTE (HIERÁRQUICOS)	REQUISITOS DO PROJETO (HIERÁRQUICOS)
01 – Pernas e joelhos;	01 – Rendimento;
02 – Braços e lombar;	02 – Segurança;
03 – Levantamento de peso;	03 – Ergonomia;
04 – Conforto físico;	04 – Saúde;
05 – Soldador;	05 – Nr-36;
06 – Levantamento de 15 à 20Kg;	06 – Agilidade;
07 – Bem-estar;	07 – Nr-12;
08 – Deslocamento de caixas;	08 – Operacional;
09 – Estoque / almoxarifado;	09 – Flexibilidade;
10 – Altura média de 1,65 à 1,80;	10 – Resistência mecânica;
11 – Mecânico;	11 – Custo benefício;
12 – Invalidez;	12 – Precisão;
13 – Chão de fábrica;	13 – Sincronismo;
14 – Deslocamento de pacotes;	14 – Automatização;
15 – Movimentos repetitivos;	15 – Padronização;
16 – Operador de máquinas;	16 – Avanço tecnológico;
17 – Montagem de equipamentos;	17 – Compacto;
18 – Transporte de equipamentos.	18 – Reposição;
	19 – Higienização.

Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

4.2 MATRIZ QFD

Após todos os requisitos estabelecidos, estes foram aplicados na matriz QFD para assim gerando uma forma hierárquica das necessidades (Figura 1).

Figura 1 – Matriz QFD



Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

4.3 ESTRUTURA FUNCIONAL

A estrutura funcional possibilitou montar a estrutura morfológica, seguindo todos os métodos apresentados, obteve-se a descrição dos materiais, dos componentes e dos modelos que melhor atendem a necessidade em questão. O Quadro 2 apresenta esses dados.

Quadro 2 - Estrutura Funcional

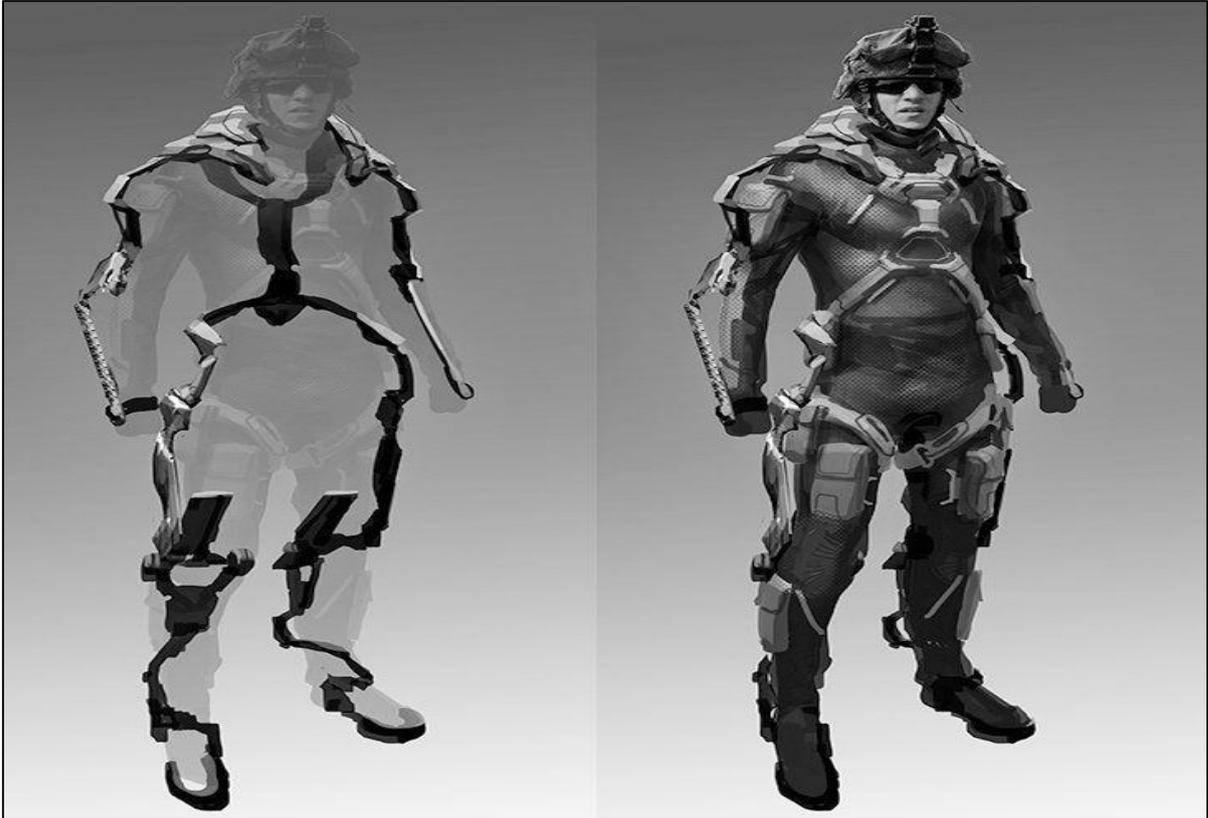
Função geral	Função parcial	Função elementar	Descrição
Rendimento	Aumento da produtividade	Flexibilidade	Amplificar os movimentos
		Baixo peso	Estrutura leve
	Capacidade de carga	Resistência mecânica	Força
Segurança	Aumento de proteção	Suprir produção	Demanda
		EP	Individual
		EPC	Coletivo
Ergonomia	Otimização do trabalho	Rendimento	Sensores
	Postura adequada	Produtividade	Mini motores elétricos
Saúde	Bem estar	Conforto	Estofamento
		Baixo esforço físico	Sensores Precisos
	Qualidade de vida	Conforto muscular	Sistemas hidráulicos
		Sistema inteligente sem erros	Atuadores precisos
NR-36	Conforto físico	Postura correta	Molde de encaixe
	Segurança	Apoios	Estrutura para encosto
		NR-12	Segurança Física
Operacional	Produtividade	NR-36	Sistema de emergência
		Sincronismo	Engrenagens com precisão
	Resultado pretendido	Precisão	
		Agilidade	evitar paradas (equi qualidade)
Flexibilidade	Prático	desperdício de tempo	
		facil de colocar	velcro
	Fácil manuseio	facil de prender	engate rapido
Resistencia mecânica	Sem deformações	leve	materiais alternativos
		flexível	peças encaixadas
	Materiais	robusto	resistencia mecanica
baixa manutenção		precisão	
Custo/beneficio	Menos gastos	baixo desgaste	polimeros
		fibra de carbono	peso leve
	Relação entre investimentos	materias padrão	peças padrão
Precisão	Exatidão	materia prima em abundancia	peças baratas
		funcionalidade	
	Tolerância	simplicidade	montagem e desmontagem
		sem folga	evitar desgaste durante trabalho
Sincronismo	Combinar	Precisão	facilidade de operação
		usinagem	qualidade
	Corresponder	ajuste	tecnologia
		Harmonizar	discrição
Automatização	Mecanismo	compatibilidade	fácil adaptação
		Cumprir	expectativas
	Utilização de tecnologias	recompensar	custos
		engrenamento	engrenagens
Padronização	Avaliação	juntas	articulação
		avanço	desempenho
	Especificações	modernização	progresso
Avanco tecnologico	Desenvolvimento	qualidade	satisfação
		analisar manual	examinar
	Conhecimento	classificação	praticidade
detalhado		catalogar	
Compacto	concentrado	pratico	projeto
		percepção	usabilidade
	Melhor utilização de espaço	discernimento	fácil entendimento
Reposicao	Fácil manutenção	dirigido	pratico
		aplicado	
	Padronização componentes	compacto	simples
		preciso	exato
Higienizacao	Contaminação	Despesa	custos
		tempo	desperdício
	Fácil limpeza	Igualar	peças
Higienizacao	Contaminação	Praticidade	manutenção
		Higiene	Limpeza
	Fácil limpeza	Fluidos	estanques
		Higienização	praticidade
		Periodicamente	higienização

Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

4.5 PROJETO BÁSICO

Tendo definido a melhor configuração, dá-se início ao projeto básico (Figura 2).

Figura 2– Projeto básico

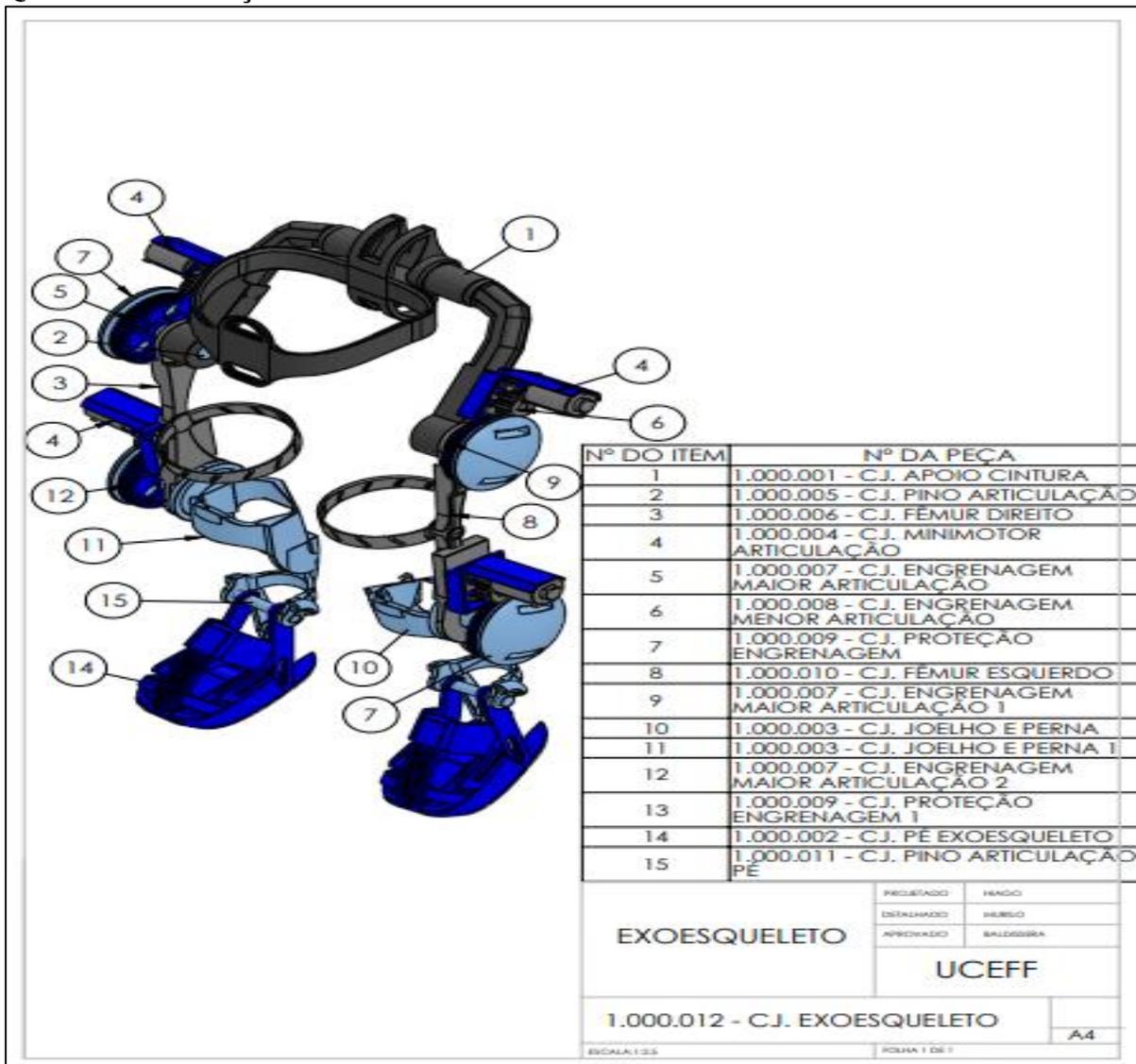


Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

4.6 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA E PROPOSTA COMERCIAL

Na especificação técnica estão todos os dados da responsabilidade tanto do contratado como do contratante, bem como orientações, métodos de instalação e também toda a documentação fornecida ao longo do projeto (Quadro 4).

Quadro 4 – Descrição de Materiais



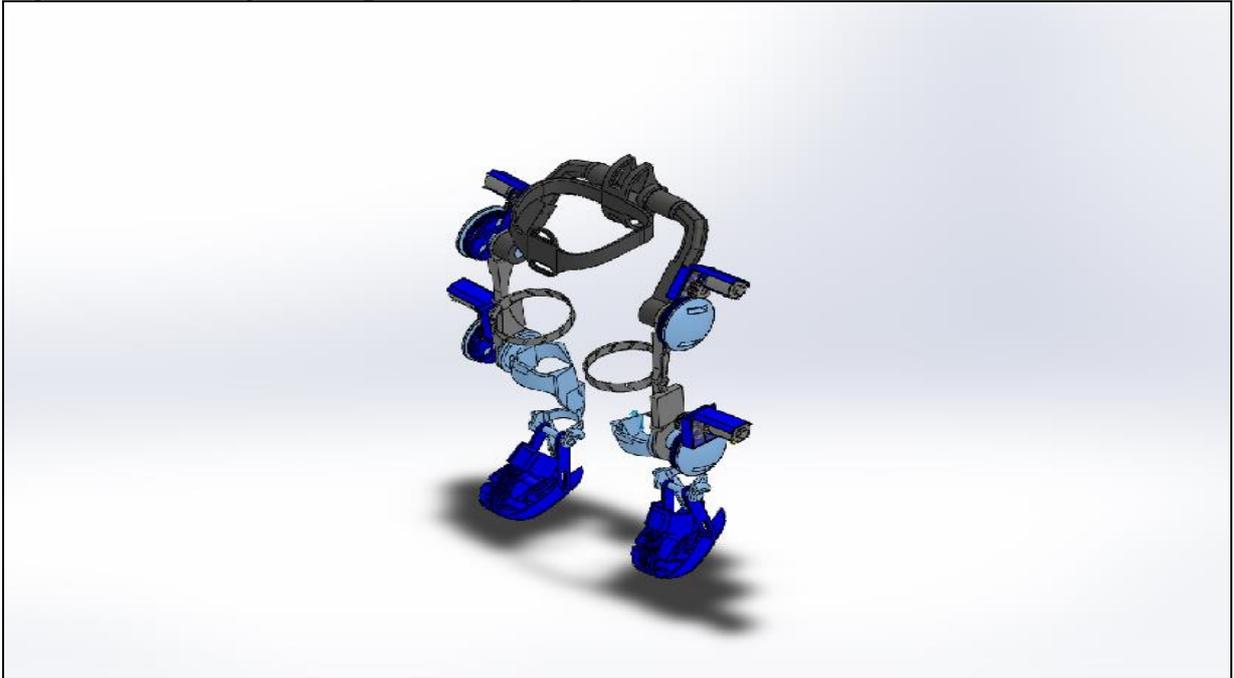
Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

4.7 PROJETO EXECUTIVO

O protótipo realizado do exoesqueleto se mostra apto a auxiliar seu operador nas tarefas designadas assim como planejado.

O projeto mecânico ainda está em processo de fabricação, porém pode ser visualizado através do *software* CAD *SOLIDWORKS*. Nele foram desenvolvidas todas as peças e conjuntos que compõem a estrutura do projeto (Figura 3).

Figura 3 – Montagem completa do Exoesqueleto



Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a pesquisa feita com o cliente, foi possível chegar ao ponto chave do problema que depois de um estudo aprofundado, ficou nítido que com um produto inovador e relativamente simples, a necessidade seria atendida. Todas as ferramentas citadas foram fundamentais para o sucesso do projeto, pois elas proporcionaram uma visão abrangente do projeto, e confrontando as informações, novas respostas surgiram referente ao projeto.

O projeto do exoesqueleto se mostrou bastante viável, atendendo as necessidades exigidas pelo cliente e ainda podendo ser implantado em vários setores dentro do próprio frigorífico. Com os conhecimentos teóricos colocados em prática, foi elaborado um produto a partir de uma necessidade. Isso demonstra a importância da disciplina e da integração da teoria com a prática, que precisam trabalhar sempre em conjunto.

Com pouco tempo hábil para tal execução, o exoesqueleto não foi produzido, sendo que, algumas interferências e ajustes ainda poderão aparecer, porém, com a intenção de minimizar as lesões dos operadores, tudo o que foi construído até agora tornou-se motivo para seguir em frente com o projeto, descobrindo novos materiais, novas juntas articuláveis, novas

necessidades, entre outros, para que assim este projeto possa ser útil para o maior número de pessoas possíveis.

REFERÊNCIAS

AMARAL D. C. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: Uma referência para a melhoria do processo.** São Paulo: Editora Saraiva, 2006

BACK, Nelson; **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem.** Barueri, SP: Manole, 2008.

BATISTA, Edinelson Aparecido. **Uma taxonomia facetada para técnicas de licitação de requisitos.** 2003. 164 f. Tese (Mestrado) - Curso de Engenharia de Software, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003. Disponível em:
http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/276373/1/Batista_EdinelsonAparecido_M.pdf. Acesso em: 27 maio 2018.

CORAL, E. *et al.* **Gestão integrada da inovação: estratégia, organização e desenvolvimento de produtos.** São Paulo, SP: Atlas, 2013.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MADUREIRA, Omar Moore de. **Metodologia do projeto: planejamento, execução e gerenciamento.** São Paulo, SP: Blucher, 2010.

MATTOS, A.D. **Planejamento e controle.** São Paulo: Pini, 2010.

MEL, Rogério V. A. **Formação de Projeto Básico/Executivo.** Acre: 1. ed, 2014.

NORTON, Robert L. **Projeto de Máquinas.** 1. Ed. Bookman, 2004.

PAHL, G and BEITZ, W. **Engineering Design: A Systematic Approach.** Springer Verlag. Berlin, 1988.