

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE METAL-MECÂNICA
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA**

WILLIAN PAULO DA SILVA

**DFM/A APLICADO AO REPROJETO DE UM SISTEMA PARA
COLHEITA MECANIZADA DE MEXILHÕES**

FLORIANÓPOLIS, JULHO DE 2019

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE METAL-MECÂNICA
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA**

WILLIAN PAULO DA SILVA

**DFM/A APLICADO AO REPROJETO DE UM SISTEMA PARA
COLHEITA MECANIZADA DE MEXILHÕES**

Trabalho de conclusão de curso submetido
ao Instituto Federal de Educação, Ciência
e Tecnologia de Santa Catarina como
parte dos requisitos para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Mecatrônica.

Professor Orientador: Raimundo Ricardo
Matos da Cunha, Dr. Eng.

FLORIANÓPOLIS, JULHO DE 2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Silva, Willian Paulo da
**DFM/A aplicado ao reprojeto de um sistema para colheita
mecanizada de mexilhões / Willian Paulo da Silva ; orientação
de Raimundo Ricardo Matos da Cunha.** - Florianópolis,
SC, 2019.
60 p.

**Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado
em Engenharia Mecatrônica. Departamento
Acadêmico de Metal Mecânica.
Inclui Referências.**

1. DFM/A. 2. Projeto de produtos. 3. Sistema CAD
3D. 4. Desenvolvimento de produtos. I. Cunha, Raimundo
Ricardo Matos da. II. Instituto Federal de Santa Catarina.
Departamento Acadêmico de Metal Mecânica. III.
Título.

DFM/A APLICADO AO REPROJETO DE UM SISTEMA PARA COLHEITA MECANIZADA DE MEXILHÕES

WILLIAN PAULO DA SILVA

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecatrônica e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Bacharelado em Engenharia Mecatrônica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 04 de Julho de 2019.

Banca Examinadora:

Raimundo Ricardo Matos da Cunha, Dr. Eng. (Orientador)

André Luís Tortato Novaes, Dr.

Eduardo Yuji Sakurada, Dr. Eng.



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS

DECLARAÇÃO DE FINALIZAÇÃO DE TRABALHO DE CURSO

Declaro que o(a) estudante **Willian Paulo da Silva**, matrícula nº **1510048391**, do Curso de Engenharia Mecatrônica, defendeu o trabalho intitulado ***DFM/A Aplicado ao Reprojetado de um Sistema para Colheita Mecanizada de Mexilhões***, o qual está apto a fazer parte do banco de dados da Biblioteca Hercílio Luz do Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis.

Florianópolis, 25 de Julho de 2019.

Prof. Orientador do TCC: Raimundo Ricardo Matos da Cunha

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus familiares, em especial a minha mãe por todo apoio e incentivo aos estudos, e por sempre me apoiar nas minhas ideias.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus.

Aos meus familiares por todo apoio e incentivo, principalmente a minha mãe que sempre esteve ao meu lado em todas as etapas de minha vida.

A minha noiva que me acompanhou durante todo o processo de formação.

Ao meu orientador Prof. Raimundo Ricardo Matos da Cunha, que me acompanhou durante o curso como professor e também por todo o conhecimento transmitido através da orientação deste trabalho.

Ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, pela oportunidade e por todo conhecimento adquirido nesta instituição, aos colegas e professores que de alguma forma contribuíram para o meu processo de formação.

À empresa Hydreco pelo suporte, e conhecimento adquirido durante todo o processo.

Ao André pela oportunidade de trabalhar em cima deste tema e pelo incentivo em busca de todo o conhecimento com base neste trabalho.

A todos que de certa forma contribuíram para a conclusão deste processo, os meus sinceros agradecimentos.

MUITO OBRIGADO!

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence os obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

José de Alencar

RESUMO

A metodologia de *Design for Manufacturing and Assembly (DFM/A)*, numa tradução direta é conhecido por *Projeto para Manufatura e Montagem*, busca melhorias e simplificações do produto durante a fase conceitual do seu desenvolvimento. A aplicação do DFM/A busca simplificar processos de fabricação, montagem, manutenção, e dessa maneira reduzir custos do produto. Neste trabalho foi descrito o que já se tem relacionado ao DFM/A, aplicando ao reprojeto de um sistema mecanizado para colheita de mexilhões, o qual foi desenvolvido pela EPAGRI-SC. Foi feito um levantamento das máquinas utilizadas no sistema, e dentre estas foram selecionadas algumas para servir de base para a aplicação do DFM/A. No levantamento foi levado em consideração as peças do produto para a implementação do DFM/A, e utilizando como critério de referência a redução no número de peças, e também a simplificação dos processos da manufatura e montagem. Os resultados do estudo foram modelados num sistema CAD 3D, evidenciando as melhorias propostas pela metodologia do DFM/A.

Palavras-chave: DFM/A. Projeto de produtos. Sistema CAD 3D. Desenvolvimento de produto.

ABSTRACT

The Design for Manufacturing and Assembly (DFM/A) methodology seeks product improvements and simplifications during the conceptual phase of its development. The DFM/A application seeks to simplify manufacturing, assembly, maintenance, and thereby reduce product costs. This monograph described what has already been related to DFM/A, applying to the redesign of a mechanized system for harvesting mussels, which was developed by EPAGRI-SC. It was made a survey about which machines were used in the system, and some were selected as the basis for the DFM/A application. This survey was taken into account the product parts to implement the DFM/A, using the reduction of parts quantities as a reference criterion, and also the simplification of the manufacturing and assembly processes. The analysis and results were modeled in a 3D CAD system, evidencing the improvements proposed by the DFM/A methodology.

Keywords: DFM/A. Product design. 3D CAD system. Product development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema mecanizado de colheita de mexilhões cultivados.....	9
Figura 2 - Comparativo de fabricação de uma peça dobrada.....	10
Figura 3 - Custo x Influência.....	12
Figura 4 - Sistema mecanizado de colheita de mexilhões: a- Plataforma; b - Classificadora; c - Lavadora; d - Desagregador; e - Unidade hidráulica; f - Sistema sustentação espinhéis; g - Sistema elevação de carga; h - Extrator de mexilhões; i - Bomba água salgada	13
Figura 5 - Fluxograma dos processos de produção de mexilhões	15
Figura 6 - Processo manual de extração das cordas de cultivo	16
Figura 7 - Extrator de mexilhões	17
Figura 8 - Máquina desagregação de mexilhões Espanha e Nova Zelândia, respectivamente	18
Figura 9 - Máquina de desagregação e limpeza de mexilhões	18
Figura 10 - Mesa classificadora de mexilhões.....	19
Figura 11 - Máquina colheita Marine & general.....	19
Figura 12 - Projeto de Desenvolvimento de Produto.....	20
Figura 13 - Relação tempo de projeto	23
Figura 14 - Exemplo de aplicação de metodologia DFM/A	25
Figura 15 - Resumo etapas DFM/A.....	26
Figura 16 - Desagregadora de mexilhões original.....	31
Figura 17 - Conjunto Silo.....	32
Figura 18 - Corpo silo peça única.....	33
Figura 19 - Chapa frente-lateral	34
Figura 20 - Conjunto silo pós aplicação	35
Figura 21 - Conjunto grade calandrada.....	36
Figura 22 - Tubo corpo desagregadora modificado.....	37
Figura 23 – Desagregadora de mexilhões modificada	40
Figura 24 - Extratora de mexilhões original.....	43
Figura 25 - Conjunto suporte motor/polia	44
Figura 26 - Conjunto suporte motor/polia pós aplicação	45
Figura 27 – Sistema de tracionamento polia-motoredutor.....	46
Figura 28 – Sistema de tracionamento polia-motorreductor pós aplicações.....	47

Figura 29 - Conjunto extratora pós aplicações	50
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa de custo em dólares para fabricação de 100000 peças	11
Tabela 2 - Quantitativo máquina desagregadora original.....	28
Tabela 3 - Quantitativo desagregadora pós aplicação	37
Tabela 4 - Quantitativo máquina extratora original.....	41
Tabela 5 - Quantitativo máquina extratora pós aplicações.....	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Definição do problema	10
1.2 Justificativa e relevância	11
1.3 Objetivo principal	13
1.4 Objetivos específicos	13
 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	 14
2.1 Atividade de produção de mexilhões.....	14
2.2 Máquinas para mecanização do cultivo de mexilhões.....	16
2.3 Etapas de projeto.....	20
2.4 Análise DFM/A.....	21
 3 METODOLOGIA	 27
 4 DESENVOLVIMENTO.....	 28
4.1 Aplicação na máquina desagregadora de mexilhões	28
4.1.1 Conjunto Silo	32
4.1.2 Conjunto grade	35
4.1.3 Máquina desagregadora pós implementações	37
4.2 Aplicação na máquina extratora de mexilhões	40
4.2.1 Conjunto suporte motorreductor e polia	43
4.2.2 Sistema de tracionamento	45
4.2.2 Sistema de tracionamento	47
 5 CONCLUSÕES	 51
 REFERÊNCIAS.....	 53

1 INTRODUÇÃO

O litoral catarinense é conhecido pelo cultivo de mexilhões, e consequentemente relacionado ao cultivo, está associada a mão de obra. A colheita é a etapa do processo de produção que compreende as operações mais árduas e exigentes de mão de obra (NOVAES, 2015).

Devido a isso a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI-SC), desenvolveu um sistema mecanizado para colheita de mexilhões cultivados. Este sistema foi produzido na empresa Hydreco, com o intuito de facilitar o processo de colheita, aumentar a produção, e melhorar as condições de trabalho da mão de obra, que na maioria das vezes é feita de forma manual, gerando grande esforço físico e trazendo riscos posturais aos trabalhadores.

Tendo em vista as necessidades de aumentar a produção e tornar um processo que ofereça menos riscos posturais aos trabalhadores, o processo de colheita dos mexilhões cultivados foram desenvolvidas máquinas cujas funções são de tirá-los do mar, extraí-los das cordas de cultivos, desagregá-los e posteriormente classificar por tamanhos. A Figura 1 mostra a balsa com as máquinas do sistema mecanizado.

Figura 1 - Sistema mecanizado de colheita de mexilhões cultivados.



Fonte: Elaboração própria.

A partir da necessidade de fabricação dos produtos, foram levantadas as concepções dos projetos que foram desenvolvidas pela EPAGRI-SC. Destas concepções, consegue-se buscar as devidas melhorias nos projetos e processos, facilitando a manufatura e montagem dos componentes.

Estas etapas de melhorias são conhecidas por Projeto para Manufatura e Montagem (*Design for Manufacturing and Assembly - DFM/A*), que é uma metodologia de projeto utilizada durante o processo de desenvolvimento, e tem como objetivo proporcionar melhorias e facilidade na manufatura (BARBOSA, 2007).

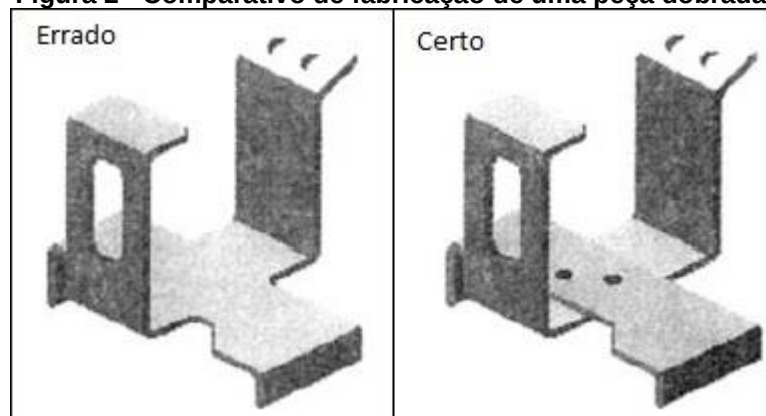
1.1 Definição do problema

Neste trabalho de conclusão de curso (TCC), será apresentada a aplicação do DFM/A no reprojeto do sistema mecanizado de colheita de mexilhões, enfatizando as melhorias tanto no âmbito de fabricação quanto de montagem. Muitas soluções concebidas por engenheiros e projetistas durante o desenvolvimento de um produto, podem dar origem a soluções mais simples.

Como é visto na Figura 2, Boothroyd *et al.* (2011) apresentam um estudo realizado em 1971. Na época, havia muita conversa sobre diretrizes de desenvolvimento.

Na diretriz em exemplo, que foi publicada em 1971 os autores enfatizavam a simplificação individual das peças. Neste caso exemplo, os autores erroneamente assumiram que um produto fabricado com a junção de diversas peças simples seria mais barato sua fabricação do que um produto que é composto por uma única peça, porém com a geometria mais complexa.

Figura 2 - Comparativo de fabricação de uma peça dobrada.



Fonte: Adaptado de Boothroyd *et al.* (2011).

Como Boothroyd *et al* (2011) comenta, essa nem sempre é a melhor solução. Neste caso, a individualização das peças acaba encarecendo o produto como mostra a Tabela 1. Mesmo exigindo um processo de dobramento mais complexo no primeiro caso, o resultado se torna aproximadamente 50% barato, do que a fabricação e união de mais de uma peça diferente.

Tabela 1 - Estimativa de custo em dólares para fabricação de 100000 peças

	Errado	Certo
Configuração	0.015	0.023
Processo	0.535	0.683
Material	0.036	0.025
Parte da peça	0.586	0.731
Ferramental	0.092	0.119
Fabricação total	0.678	0.850
Montagem	0.000	0.200
Total	0.678	1.050

Fonte: Adaptado de Boothroyd *et al.* (2011).

O sistema de colheita de mexilhões em estudo conta com máquinas que tem como funcionalidade desde a remoção do mexilhão do mar, até a classificação por tamanho das conchas. O projeto ao ser desenvolvido contou com o levantamento de requisitos fundamentais dos produtos, para que pudessem ser produzidos de maneira a atender todas as suas funcionalidades. Sendo assim o estudo de DFM/A para aplicação nas máquinas contará com o levantamento das melhorias através da quantidade de peças e facilidade de fabricação e montagem dos componentes.

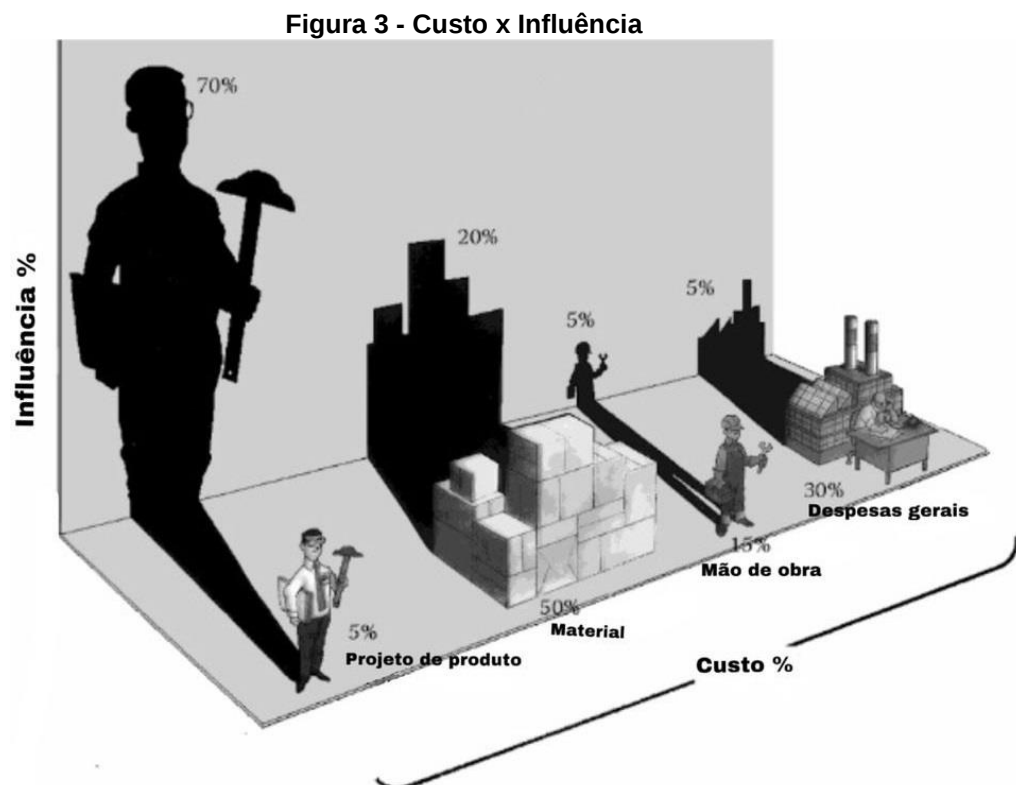
1.2 Justificativa e relevância

Durante o projeto de produto são seguidas etapas/fases até a concepção final da proposta, e sua fabricação, segundo Pahl & Beitz (2007), para a definição de um projeto são seguidas etapas de:

- a) Planejamento e esclarecimento das tarefas: especificação das informações;
- b) Projeto conceitual: concepção da solução principal;
- c) Projeto preliminar: especificação de construções;
- d) Projeto detalhado: documentação para fabricação.

Sendo assim, dentre estas etapas busca-se ainda por um produto competitivo no mercado, a aplicação da metodologia DFM/A tem por objetivo a simplificação do projeto para a fabricação e para a montagem, implicando assim por consequência, na redução de custos.

Essas melhorias, na fase de projeto, têm um custo menor, e geram grande influência com base ao produto final, como apresenta a Figura 3.



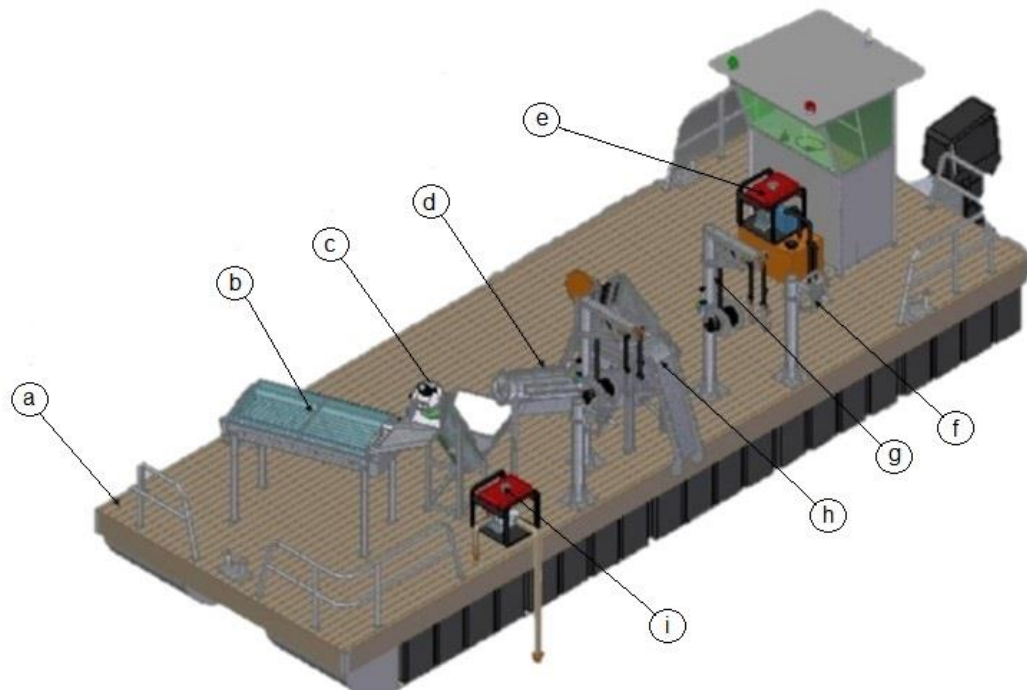
Fonte: Adaptado de Boothroyd *et al.* (2011).

Sendo assim, é de grande valia que se utilizem metodologias que busquem melhorias, redução de peças, redução de processos.

É muito mais conveniente que a metodologia DFM/A seja implementada durante a fase de projeto, pois nesta etapa não se tem envolvido custos de material, mão-de-obra, dentre outros fatores que são agregados a um produto depois que seu projeto está definido.

O sistema mecanizado de colheita de mexilhões representado na Figura 4, será analisado e estruturado dentro dessas metodologias que o DFM/A emprega, buscando-se a redução dos processos, e ao ser analisado e aplicado ao reprojeto pode-se avaliar e validar as vantagens destas aplicações em um sistema conhecido.

Figura 4 - Sistema mecanizado de colheita de mexilhões: a - Plataforma; b - Classificadora; c - Lavadora; d - Desagregador; e - Unidade hidráulica; f - Sistema sustentação espinhéis; g - Sistema elevação de carga; h - Extrator de mexilhões; i - Bomba água salgada



Fonte: Novaes (2015).

1.3 Objetivo principal

- Aplicar a metodologia DFM/A utilizando como base o reprojeto de duas máquinas que integram o sistema de colheita mecanizada de mexilhões.

1.4 Objetivos específicos

- Analisar metodologias já utilizadas no processo de DFM/A;
- Analisar produtos similares relacionados a colheita de mexilhões;
- Propor as melhorias nos produtos dentro do que foi levantado garantindo a melhoria e cumprindo os requisitos do cliente;
- Projetar as melhorias em sistema CAD 3D;
- Comparar o resultado da aplicação do DFM/A com o produto de referência.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Atividade de produção de mexilhões

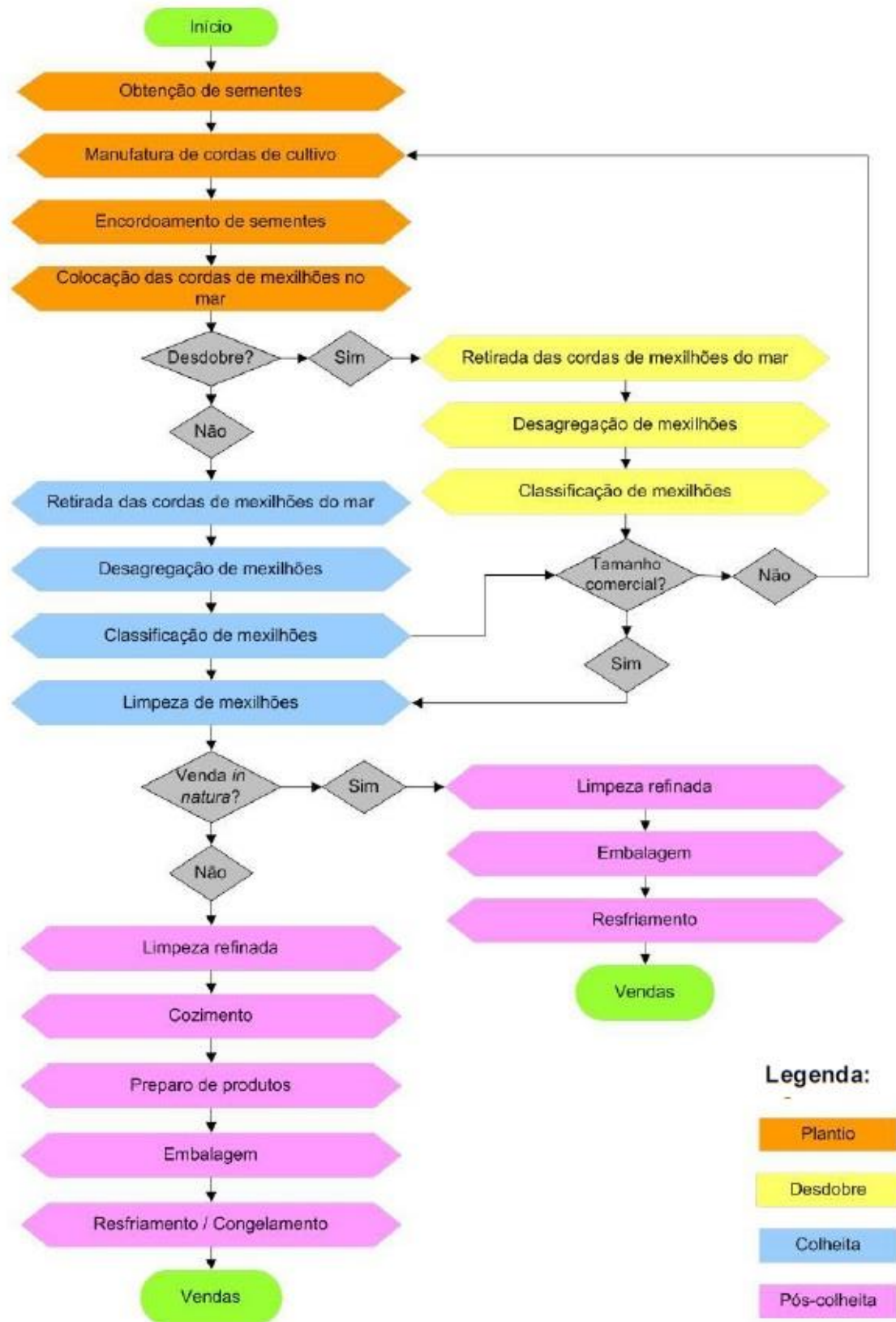
O estado de Santa Catarina ocupa a liderança nacional na produção de ostras e mexilhões, estando entre os maiores produtores do país (DUTRA, 2008). Por outro lado, as técnicas de cultivo de mexilhão empregadas no Brasil são relativamente rudimentares. (SUPLICY, 2001)

O processamento dos mexilhões é realizado de forma artesanal, normalmente em ranchos, com estruturas improvisadas, sem condições ideais de higiene que permitam assegurar qualidade ao produto. (SCALICE, 2003)

A Figura 5 apresenta um dos processos de produção de mexilhões, onde os mexilhões são encordoados e colocados no mar para se desenvolverem. Após cerca de 6 (seis) meses, os mexilhões passam pelo processo de extração do ambiente marítimo, desagregação das cordas de cultivo, e classificação por tamanho, sendo colocados novamente ao mar separando-os de forma mais homogênea devido ao seu tamanho.

Posteriormente, o mexilhão é retirado para a colheita final, onde o mexilhão passa novamente pelos processos de colheita. E então quando estão em tamanho comercial é encaminhado para o mercado, caso contrário é feita a classificação das sementes e retorna ao mar. (NOVAES, 2015)

Figura 5 - Fluxograma dos processos de produção de mexilhões



Fonte: Novaes (2015).

De certa forma, a utilização intensa de mão de obra nos cultivos interfere negativamente nos custos de produção, afetando o desempenho econômico da atividade (NOVAES, 2015). Por exemplo, para a extração das cordas de cultivo normalmente é segurado a corda e empurrado o mexilhão com as botas até se desprenderem dos cabos (SCALICE, 2003), como mostra a Figura 6.

Figura 6 - Processo manual de extração das cordas de cultivo



Fonte: Suplicy (2001).

A atividade de cultivo carece de sistemas de mecanização que permita a diminuição do ciclo de produção, garantia de qualidade, e que reduza o esforço físico dos maricultores e as lesões decorrentes da atividade. O desenvolvimento de equipamentos para a mecanização dos processos torna-se uma necessidade. (Dutra *et al.*, 2011)

Tem-se buscado desenvolver soluções mecanizadas do cultivo, principalmente durante o processo de colheita, que é onde se concentra a maior demanda por mão de obra e esforço físico. (NOVAES, 2015)

2.2 Máquinas para mecanização do cultivo de mexilhões

Devido ao fato da grande utilização de mão de obra, dificilmente o produtor brasileiro conseguirá atingir níveis produtivos semelhantes a outros países como, Espanha, Holanda e Itália. Dentre alguns fatores para a superioridade na produção de

mexilhões destes países, está a mecanização de processos de cultivo. (SCALICE, 2003)

Para dar início ao processo de mecanização, alguns esforços foram dirigidos no sentido de importar máquinas já utilizadas no cultivo espanhol e francês, porém o alto custo de importação acaba tornando o custo proibitivo para os produtores. (SCALICE, 2003)

Pode-se listar algumas máquinas de referência para o reprojeto do sistema mecanizados.

Na Figura 8, é apresentada uma máquina extratora de mexilhões, que realiza o processo com o auxílio de um conjunto de dois pares de cilindros, que permitem a remoção dos mexilhões das cordas de cultivo (SCALICE, 2003). Em Santa Catarina o processo é normalmente feito de forma manual, conforme já apresentado na Figura 7.

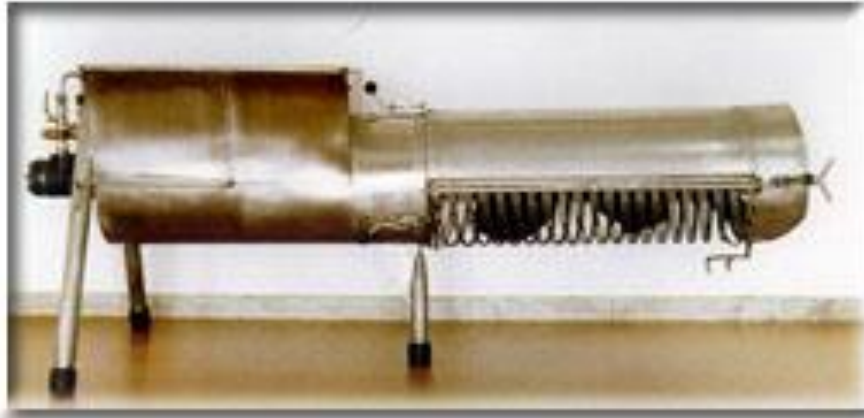
Figura 7 - Extrator de mexilhões



Fonte: Scalice (2003).

As Figuras 8 e 9 ilustram modelos de máquinas de desagregação de mexilhões. Estas máquinas têm por objetivo promover a individualização dos mexilhões que se encontram unidos uns aos outros, os separando para que posteriormente avancem para processos de classificação dentre outros. (NOVAES et al., 2011)

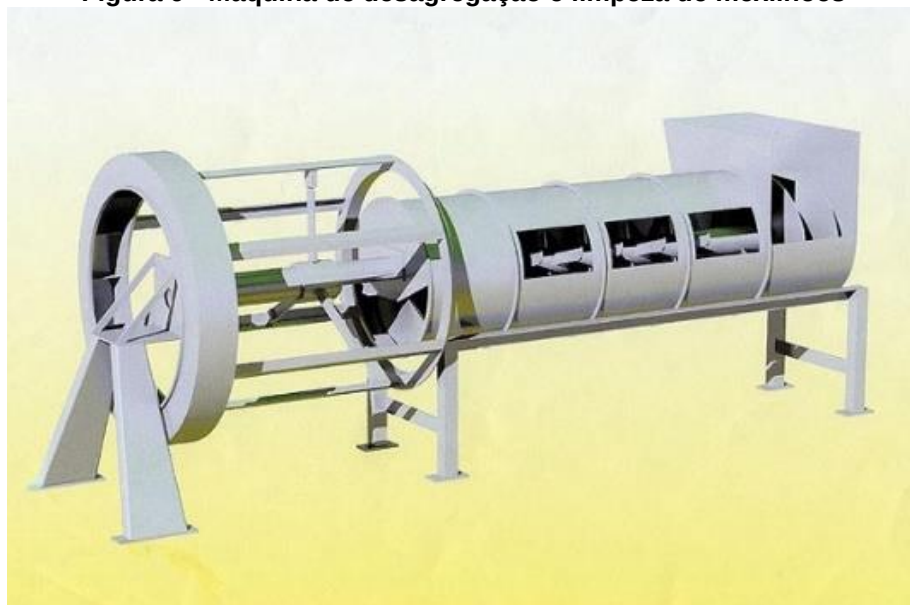
Figura 8 - Máquina desagregação de mexilhões Espanha e Nova Zelândia, respectivamente



Fonte: Talleres Aguin.

Na Figura 9, o modelo de projeto apresentado conta com um sistema de lavagem dos mexilhões separado do processo de desagregação, sendo assim após ser desagregado ele já segue para uma “gaiola” de limpeza, e posteriormente para as outras operações da colheita.

Figura 9 - Máquina de desagregação e limpeza de mexilhões



Fonte: Harmag Marine & General.

A mesa classificadora, como mostra a Figura 10, tem a função de classificar as sementes obtidas pelo critério de tamanho. Este processo é normalmente utilizado com sementes nos casos de desdobre ou com as sementes de costões, com o objetivo de deixar o conteúdo das cordas de cultivo mais homogêneos. (SCALICE, 2003)

Figura 10 - Mesa classificadora de mexilhões



Fonte: Talleres Aguin.

Na Figura 11 tem-se uma máquina da Marine & General, a máquina em relação abrange as principais operações do sistemas de colheita, contando com sistema de extração das cordas de cultivo, processo de desagregação das conchas e possui também um sistema de lavagem das conchas, contando assim com quase todas as operações da colheita de mexilhões.

Figura 11 - Máquina colheita Marine & general

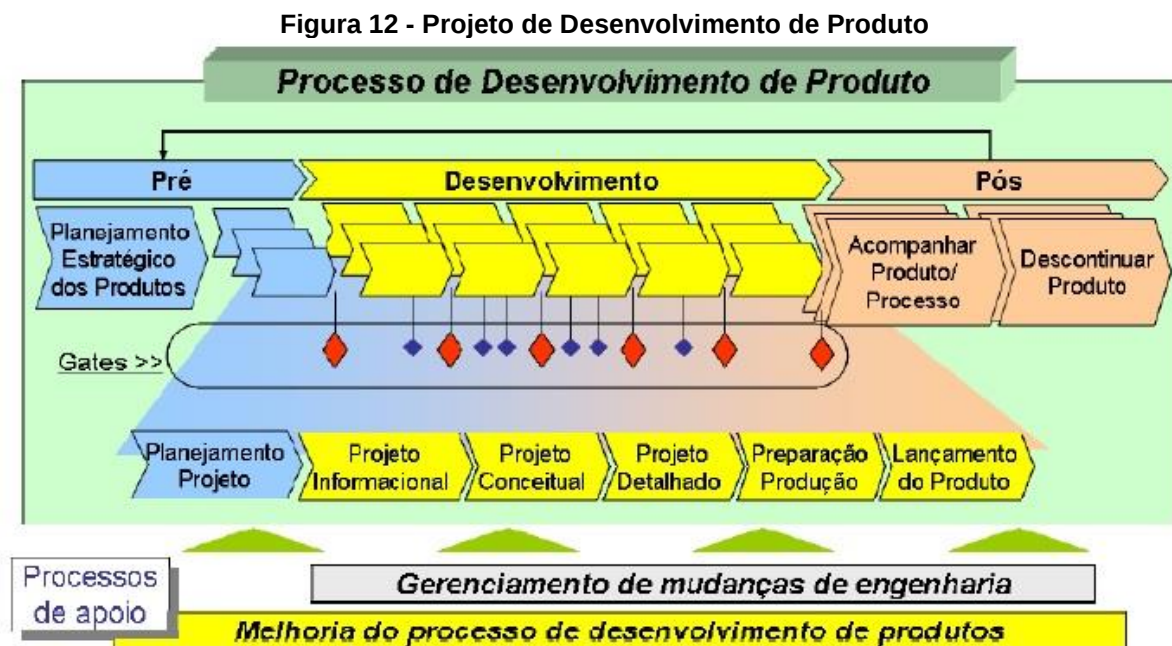


Fonte: Elaboração própria.

2.3 Etapas de projeto

Para o desenvolvimento de um projeto, os projetistas lidam com uma grande variedade de tarefas e precisam adotar uma ampla gama de habilidades e ferramentas, ter conhecimento do projeto e consultar especialistas em problemas específicos. (PAHL et al., 2007)

Rozenfeld *et al.* (2006), propõem um modelo unificado baseado nos conceitos e nas melhores práticas de desenvolvimento de produto. A Figura 12 ilustra o modelo proposto por Rozenfeld, formado por macrofases de pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento. Cada fase é o conjunto de atividades que leva o projeto a um novo patamar.



Fonte: Rozenfeld et al. (2006 apud COSTA, 2010).

A fase de pré-desenvolvimento é composto do plano estratégico do produto e da fase de planejamento do projeto. O plano estratégico é responsável pelo portfólio de produtos que a empresa desenvolve, respeitando estratégias e restrições da empresa. A fase de planejamento do projeto contém as informações de execução, a intenção do projeto, orçamento, duração, pessoal e recursos necessários. Este inicia quando a data prevista se aproxima e finaliza quando, depois de planejado, é considerado viável. (COSTA, 2010)

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), as etapas do desenvolvimento do produto consistem em:

a) projeto informacional:

- é a etapa do projeto onde são levantadas as informações e especificações do produto, isto é, as características técnicas que o produto deve possuir para atender a necessidade do consumidor;

b) projeto conceitual:

- É a busca, a criação, representação e seleção de informações baseado nas especificações. A busca relaciona-se com pesquisas de produtos de concorrentes e similares. O processo de criação é baseado pelas necessidades e requisitos do produto. A criação é representada por meio de desenhos e modelagens, tanto manuais, quanto através de softwares. A seleção de informações que tem como base as necessidades e requisitos definidos previamente;

c) projeto detalhado:

- É onde se desenvolvem todas as especificações do produto, para dar sequência a fabricação. Nesta etapa são definidos os desenhos, tolerâncias, materiais, processos de fabricação. O desenvolvimento do protótipo é parte da fase de projeto detalhado e preparação;

d) projeto produção:

- Esta etapa envolve a obtenção de recursos para fabricação, produção do protótipo, otimização da produção, especificação de processos e manutenção, e capacitação de pessoal;

e) lançamento produto:

- O produto é lançado no mercado, com os suportes de serviços de atendimento ao cliente e assistência técnica.

Ao término destas duas macrofases, pré-desenvolvimento e desenvolvimento, inicia-se a fase de pós-desenvolvimento, onde a empresa busca alcançar suas metas de desenvolvimento.

2.4 Análise DFM/A

O Projeto para Manufatura e Montagem (DFM/A) é a junção de dois conceitos, o Projeto para Manufatura (DFM), que significa o projeto para facilidade de

fabricação da coleção de peças que formam o produto, e o Projeto para Montagem (DFA), refere-se ao projeto do produto para facilitar a montagem, sendo assim o DFM/A é a combinação destes dois conceitos. (BOOTHROYD; DEWHURST; KNIGHT, 2011)

Desta forma, o DFM/A é uma técnica utilizada durante o desenvolvimento e melhoria de produtos, onde busca-se proporcionar a facilidade de fabricação e redução de custos. (BARBOSA, 2007)

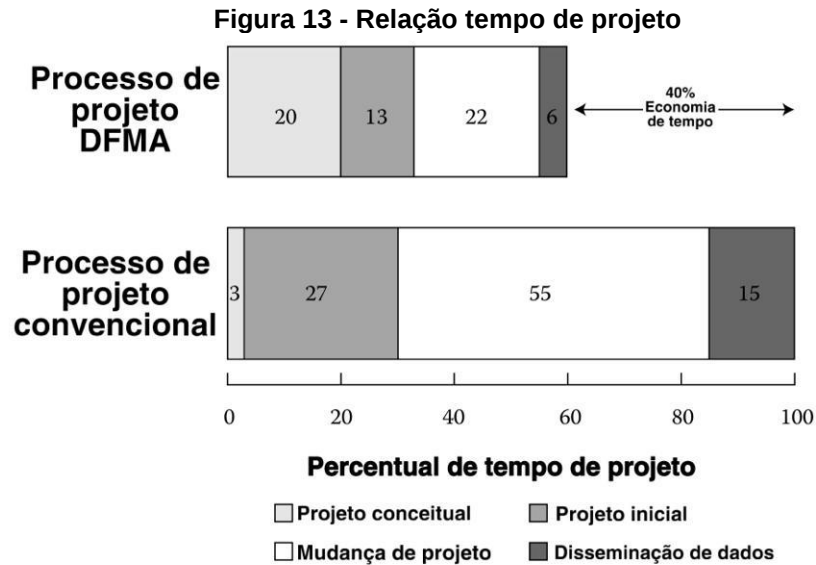
Boothroyd, Dewhurst e Knight (2011), sugerem que o DFM/A seja implementado no início da fase de projeto conceitual, nesta etapa os custos em relação aos projetos são mais baixos e o tempo de duração do projeto é reduzido, assim o produto é lançado ao mercado mais rápido e com preço mais baixo. Contando também com mais qualidade na fase do projeto, visando que implementar o DFM/A em um produto já desenvolvido se torna muito mais complicado.

Segundo Boothroyd, Dewhurst e Knight (2011), a equipe de projeto deve ser familiarizada com processos de fabricação, para evitar acrescentar desnecessariamente custos de fabricação durante o projeto. Muitas vezes graduados em engenharia têm pouco conhecimento dos processos de fabricação.

O projeto de produto, é a atividade que começa com os esboços de partes e montagens de um produto, avançando para o detalhamento, onde desenhos de peças e desenhos de montagens são produzidos para fabricação.

Frequentemente no processo de detalhamento para produzir o produto final é onde encontra-se problemas de fabricação e montagem, sendo assim necessário fazer alterações no projeto. Muitas vezes as mudanças são em grande número e resultam em um considerável atraso para o lançamento final do produto. Essas considerações devem ocorrer o mais cedo possível no ciclo de projeto. (BOOTHROYD; DEWHURST; KNIGHT, 2011)

Na Figura 13 o autor ilustra qualitativamente o tempo de projeto, mostrando que o tempo gasto no início do processo de projeto é compensado pela economia de tempo quando é necessário alterações, sendo assim, além de reduzir os custos do produto, a aplicação do DFM/A diminui o tempo para levar o produto ao mercado.



Fonte: Adaptado de Boothroyd et al. (2011).

Boothroyd, para orientar os projetistas na redução de peças, sugere três critérios na metodologia DFM/A, em relação ao qual cada peça deve ser examinada à medida que é adicionada a montagem:

- durante a operação do produto, a peça se move em relação a todas as outras peças já montadas. Somente movimentos brutos devem ser considerados – pequenos movimentos que podem ser acomodados por elementos elásticos integrais, por exemplo, não são suficientes para uma resposta positiva;
- a peça deve ser de um material diferente ou ser isolada de todas as outras peças já montadas? Apenas as razões fundamentais relacionadas com as propriedades do material são aceitáveis;
- a peça deve ser separada de todas as outras peças já montadas, porque caso contrário, se necessário montagem ou desmontagem de outras partes separadas seria impossível.

Ainda segundo Boothroyd, Dewhurst e Knight (2011), para o processo de montagem manual existem cinco diretrizes no auxílio da aplicação do DFM/A, sendo estas:

- peças devem ser as mais simétricas possíveis;
- projetar peças que nas instâncias onde as peças não podem ser simétricas, sejam obviamente assimétricas;

- c) fornecer recursos que evitem o bloqueio de peças que tendem a se empilhar quando armazenados em massa;
- d) evitar recursos que permitam o emaranhamento das peças;
- e) evitar peças que grudem ou sejam escorregadias, muito pequenas e delicadas, ou peças que sejam afiadas e causem perigo ao manipulador.

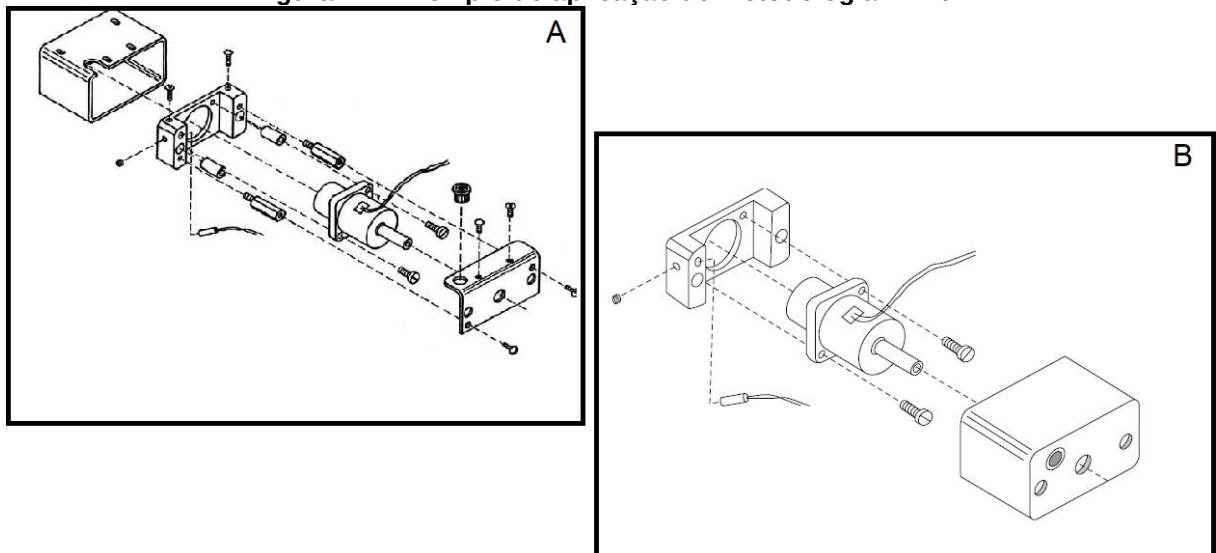
De acordo com Carvalho *et al.* (2013), a metodologia DFM/A segue alguns princípios, dos quais são destacados os mais importantes:

- a) projetar para o menor número de componentes possíveis: com a redução no número de peças, há consequentemente a redução no custo do produto, da montagem e do tempo de montagem;
- b) montagem unidirecional: a montagem unidirecional deve seguir a lei da gravidade, agindo de cima para baixo, uma vez que reduz as reorientações, facilitando o processo de fabricação;
- c) padronização de processos e componentes: a padronização reduz a variação de peças, tempo de desenvolvimento, ferramentas, equipamentos, treinamento de pessoal, custo, além de aumentar a qualidade;
- d) montagem modular ou com componente-base: visa o uso de apenas uma base para a produção de produtos diferentes, permitindo também a incorporação de componentes de fixação. Esta técnica tem como objetivo a diversificação de produtos a partir da combinação de módulos funcionalmente independentes, como o componente-base. Além de promover maior agilidade a montagem, também reduz os custos do produto;
- e) facilitar alinhamento e inserção de todos os componentes: desenvolvimento de componentes com características de auto localização, possibilitando uma montagem mais precisa, fácil e rápida. Desta forma a montagem poderia ser feita automaticamente por um equipamento;
- f) facilidade de manipulação de peças: deve-se projetar componentes de fácil manipulação e transporte, aspecto que influencia no peso do mesmo;

- g) projeto para estabilidade: deve-se evitar projetar peças que possam se movimentar durante a montagem, as peças devem permanecer estáticas durante a operação;
- h) redução de ajustes: a redução de ajustes otimiza o tempo de montagem, além de facilitar a manufatura e aumentar a confiabilidade e qualidade do produto.

No exemplo apresentado na Figura 14, Boothroyd, Dewhurst e Knight (2011), apresentam a aplicação de DFM/A onde no Quadro 'A' apresenta a proposta original e no Quadro 'B' após a aplicação. A Figura 15 mostra o projeto de um conjunto de acionamento motorizado, o motor deve estar totalmente fechado, e deve ter uma tampa para fornecer acesso ao ajuste do sensor de posição. Existem dois subconjuntos que são necessários, o motor e o sensor, e no projeto original tem-se oito partes principais e 9 parafusos, formando um total de 19 itens a serem montados. A partir da análise de DFM/A pode-se ver que o motor e o sensor podem ser acoplados a base e para o fechamento poderia ser considerado uma tampa projetada para encaixar, simplificando e reduzindo de 19 para apenas 4 peças.

Figura 14 - Exemplo de aplicação de metodologia DFM/A

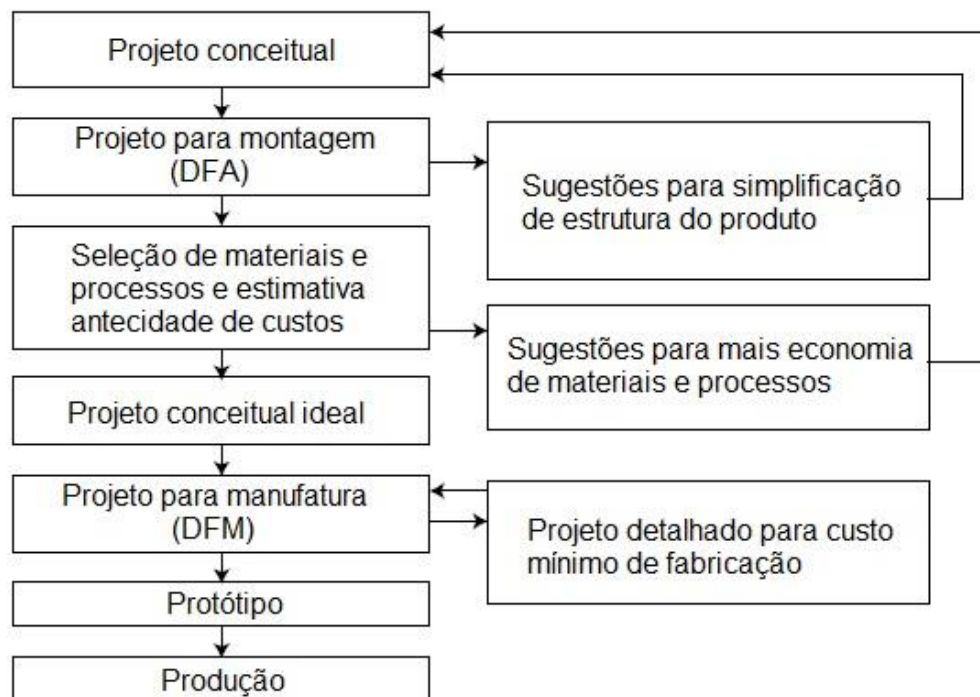


Fonte: Adaptado de Boothroyd; Dewhurst (2011).

Conforme Boothroyd, Dewhurst e Knight (2011), o processo de DFM/A inicia logo após a definição do projeto conceitual, sendo assim é feita a análise de DFA, buscando sugestões de melhorias e simplificações para o produto, após estas sugestões é retomado o conceito do produto, avançando para seleção de materiais e

processos, onde já é possível obter um custo inicial do produto. Nesta etapa podem ocorrer também sugestões para a simplificação e barateio dos processos e materiais, após a definição é alcançado um projeto ideal, então entra-se na etapa de projeto para manufatura (DFM) avaliando o detalhamento para se obter um custo mínimo de fabricação e iniciar a construção do protótipo, sendo assim após aprovação do protótipo pode-se dar início a produção do produto, na Figura 15 tem-se um resumo apresentado por Boothroyd, das etapas realizadas ao usar o DFM/A durante o desenvolvimento do projeto.

Figura 15 - Resumo etapas DFM/A



Fonte: Adaptado de Boothroyd *et al.* (2011).

O DFM/A fornece um procedimento sistemático para analisar o projeto proposto pelo ponto de vista de montagem e manufatura. Sendo assim, busca-se por produtos mais simples e confiáveis. As reduções nos números de peças implicam em um efeito de bola de neve nas reduções de custo, pois desta forma é possível eliminar especificações, desenhos, fornecedores, materiais que não são mais necessários ao produto proposto. As ferramentas do DFM/A incentivam o diálogo entre profissionais de projeto e produção, para que juntos determinem o que pode ser simplificado em relação ao produto a ser analisado. (BOOTHROYD; DEWHURST; KNIGHT, 2011)

3 METODOLOGIA

Neste trabalho onde foi inicialmente definido o problema, levantados os objetivos principais e específicos, após essas definições pode-se fazer uma pesquisa aprofundada onde será abordado sobre o cultivo de mexilhões e o processo de colheita, para conhecer melhor os processos onde as máquinas do sistema mecanizado é utilizada. Sendo assim, baseada nos métodos e aplicação do *Design for Manufacturing and Assembly*, busca-se um embasamento teórico das aplicações ao reprojeto do produto.

Conhecendo melhor as metodologias abordadas serão aplicadas a execução com base no sistema de colheita mecanizada, e posteriormente comparado o resultado das aplicações com o produto de referência.

O resultado da aplicação desses conceitos serão modelados no sistema CAD 3D SolidWorks®, para que possam ser analisados e comparados, e posteriormente validados.

4 DESENVOLVIMENTO

Durante o processo de projeto e também de fabricação, os problemas são identificados, sejam eles de usinagem, ou de montagem. E na sequência, todos os problemas são listados e analisados, conforme é sugerido na aplicação do DFM/A.

Os requisitos iniciais para a produção das máquinas tem como base realizar as operações de colheita diretamente no mar, a saber: ter bom desempenho operacional e ergonômico, e buscar por um produto com um custo mais baixo possível.

As máquinas referidas do processo de colheita de mexilhões foram avaliadas, e encontradas modificações que influenciam de modo positivo no processo de desenvolvimento. Assim, foi feito o levantamento das máquinas e seus devidos problemas, que foram analisadas e reportadas as melhorias para cada processo específico.

Para a aplicação das melhorias buscou-se como base o que já foi levantado na análise do DFM/A, e desta forma será levado como critério principal a facilidade tanto de fabricação, quanto de montagem e também a relação da redução do número de peças.

4.1 Aplicação na máquina desagregadora de mexilhões

Na Tabela 2, foi realizado o levantamento das peças da máquina desagregadora de mexilhões, onde foi levantado suas devidas quantidades e peso das peças, isto para que possa ter uma base de tudo o que envolve o conjunto.

Tabela 2 - Quantitativo máquina desagregadora original

Desagregadora					Legenda Conjuntos Subconjuntos Itens base aplicação
Item	Peça	QTD	Peso por peça (g)	Peso total peças (g)	
1	Base pé traseiro	2	419,18	838,36	
2	Parafuso M12x40	2	56,85	113,7	
3	Motor hidráulico	1	-	-	
4	Arruela M12	2	4,68	9,36	
5	Porca autotravante M12	2	21,44	42,88	
6	Acoplamento flexível	1	-	-	
7	Bucha eixo	1	182,24	182,24	

8	Estrutura Desagregadora	1	59476,32	59476,32
	Estrutura pés	1	11523,77	11523,77
	Barra horizontal	1	6638,93	6638,93
	Apoio vertical	2	2387,65	4775,3
	Arruela trava base	2	54,77	109,54
	Conjunto silo	1	23288,61	23288,61
	Chapa frontal	1	1750,66	1750,66
	Chapa traseira	1	7494,7	7494,7
	Chapa lateral direita	1	5806,21	5806,21
	Chapa lateral esquerda	1	5806,21	5806,21
	Anel eixo	1	92,48	92,48
	Chapa fixação motor	1	2338,35	2338,35
	Conjunto tubo guia	1	19010,36	19010,36
	Corpo tubo guia	1	11181,64	11181,64
	Chapa irrigação central	1	1492,86	1492,86
	Chapa ligação irrigação	2	91,12	182,24
	Chapa irrigação lateral	1	1223,08	1223,08
	Tampa irrigação	3	19,66	58,98
	Chapa apoio lateral	2	2097,83	4195,66
	Olhal dobradiça	10	20,55	205,5
	Chapa reforço	6	78,4	470,4
	Estrutura pé frontal	1	5653,58	5653,58
	Anel estrutura frontal	1	2174,18	2174,18
	Tubo suporte pés	2	1483,84	2967,68
	Chapa fixação suporte	1	411,96	411,96
	Chapa apoio	2	49,88	99,76
9	Conjunto tampa inspeção	1	2988,84	2988,84
	Chapa tampa	1	2791,35	2791,35
	olhal dobradiça	2	20,55	41,1
	Chapa maçaneta	1	111,8	111,8
	Bucha nylon maçaneta	1	2,47	2,47
	Espaçador maçaneta	1	25,95	25,95
	Chapa trava maçaneta	1	6,63	6,63
	Bucha maçaneta	1	9,54	9,54
10	Tubulação	1	4928,78	4928,78
	Entrada irrigação	1	189,16	189,16
	tubo 50mm	2	205,69	411,38
	Tubo Te	2	215,26	430,52
	Tubo 115mm	1	332,62	332,62
	Tubo joelho	2	171,34	342,68
	Tubo 200mm	1	617,06	617,06

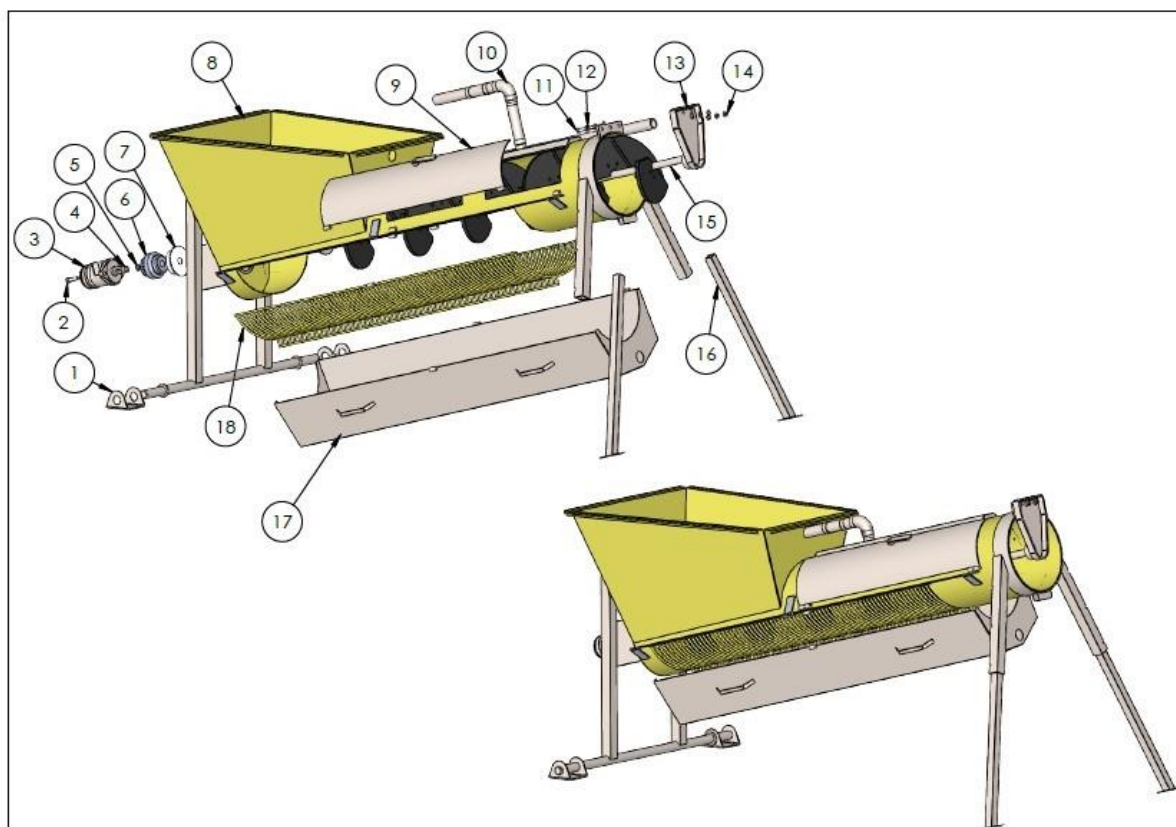
	Tubo 170mm	1	582,78	582,78
	tubo 580mm	1	2022,58	2022,58
11	Arruela M10	6	4,16	24,96
12	Parafuso M10x35	3	34,48	103,44
13	Porca autotravante M10	3	12,52	37,56
14	Suporte eixo frontal	1	2264,15	2264,15
	Base suporte	1	1289,91	1289,91
	Parte inferior	1	118,02	118,02
	Acoplamento	1	311,02	311,02
	Bucha acoplamento	1	20,82	20,82
	Reforço suporte eixo	2	262,19	524,38
15	Conjunto eixo	1	20932,34	20932,34
	Eixo	1	7617,41	7617,41
	Suporte	34	170,89	5810,26
	Disco	1	360,42	360,42
	Pás borracha	17	420,25	7144,25
16	Apoio pé regulável	2	1785,34	3570,68
17	Conjunto calha	1	18270,81	18270,81
	Chapa traseira	1	541,77	541,77
	Chapa lateral	2	4896	9792
	Chapa inferior	1	6921,12	6921,12
	Tubo saída	1	218,4	218,4
	Olhal dobradiça	4	20,55	82,2
	Pega mão	2	48,2	96,4
	Chapa frontal	1	618,92	618,92
18	Conjunto grade calandrada	1	9022,64	9022,64
	Barra estrutura	2	340,76	681,52
	Barra calandrada	76	97,26	7391,76
	Olhal dobradiça	4	20,55	82,2
	Pega mão	1	48,2	48,2
	Barra inferior	76	6,33	481,08
	Barra apoio	1	337,88	337,88
Quantidade total de peças		318		
Peso total peças do equipamento (kgf)				122,81

Fonte: Elaboração própria.

A máquina desagregadora de mexilhões tem por função desagregar os animais de forma a separá-los um a um. A máquina possui também um sistema de irrigação que serve para auxiliar na limpeza das conchas e retirada das impurezas, estas que são liberadas pela grade que fica no fundo da máquina.

Na Figura 16 pode-se compreender melhor a ideia original do projeto e a disposição de seus componentes. A partir da ideia inicial do conceito definido nas etapas de projeto chegou-se a esse modelo apresentado, o qual foi modelado no SolidWorks®, respeitando todos os requisitos levantados durante a etapa de desenvolvimento.

Figura 16 - Desagregadora de mexilhões original



Fonte: Elaboração própria.

Seguindo as orientações apresentadas pelos autores Boothroyd, Dewhurst e Knight, e também Carvalho já apresentados na análise de DFM/A, é notório que alguns componentes podem ser modificados ou até mesmo eliminados do projeto.

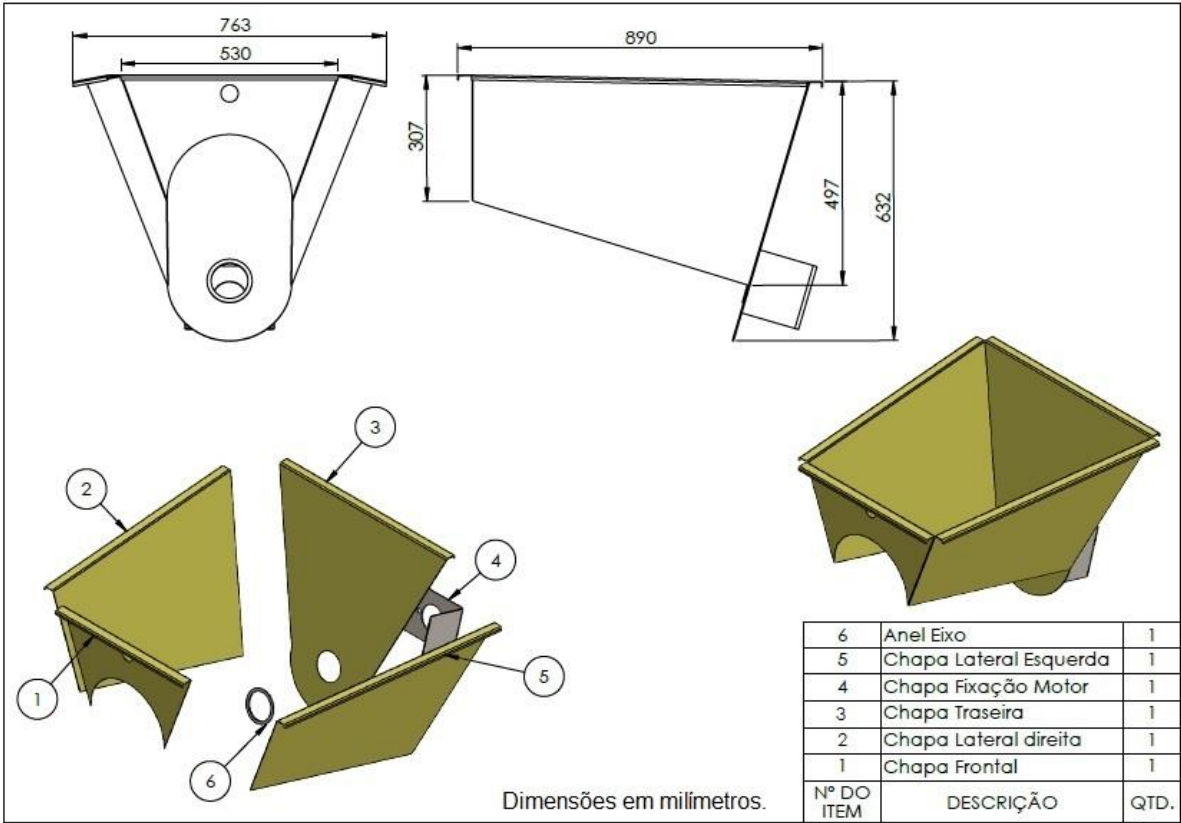
Nesta máquina em específico tem-se o conjunto silo (pertence ao item 8), que é onde o mexilhão entra no sistema de desagregamento.

O conjunto conta também com o conjunto grade calandrada (item 18), este serve para que as algas, e outras impurezas, que ficam acumuladas nas pencas e conchas de mexilhão, ao serem desagregados e simultaneamente lavados com o jato de água do sistema de irrigação, sejam eliminadas pelos vãos da grade.

4.1.1 Conjunto Silo

O conjunto silo representado na Figura 17, é feito por chapas cortadas com uma dobra nas pontas e posteriormente gabaritadas para solda, formando uma “caixa”, esta que é soldada junto ao corpo do tubo guia.

Figura 17 - Conjunto Silo

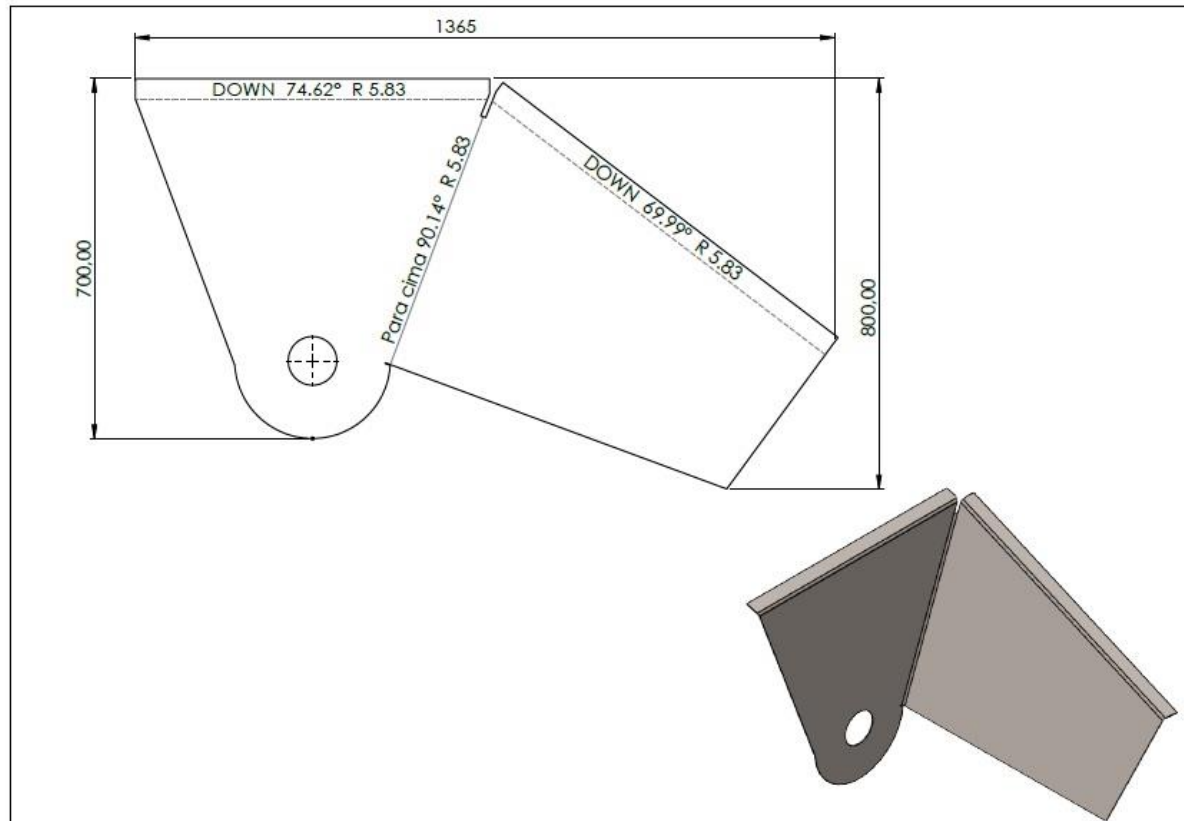


Fonte: Elaboração própria.

Na parte do conjunto silo pode-se alterar o processo de fabricação da maneira que foi utilizado, para uma chapa que contemple duas peças, formando a traseira e a uma lateral e outra formando a frente e uma lateral, desta maneira é possível reduzir o número de peças do conjunto e conseqüentemente diminuirá o processo de solda do conjunto.

A Figura 18 representa a peça que foi modelada de forma que a traseira e a lateral sejam formadas por uma única peça, assim a partir do corte da mesma a peça é posteriormente dobrada, formando o que anteriormente era composto por duas peças diferentes.

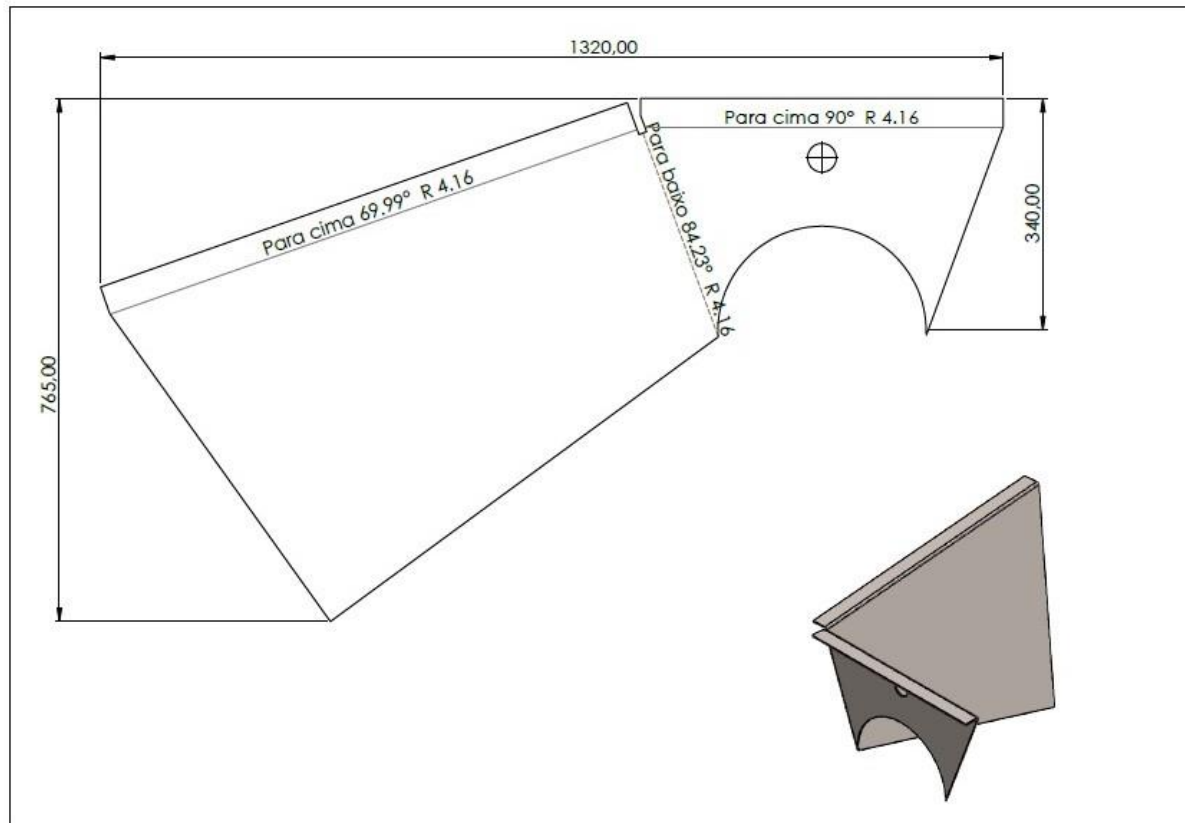
Figura 18 - Corpo silo peça única



Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 19 tem-se a chapa que reproduz a frente e a lateral do conjunto, está que após o processo de corte deve ser dobrada, formando também uma peça que contemple dois faces do silo. Assim reduziu-se o número de peças que compõem o conjunto.

Figura 19 - Chapa frente-lateral

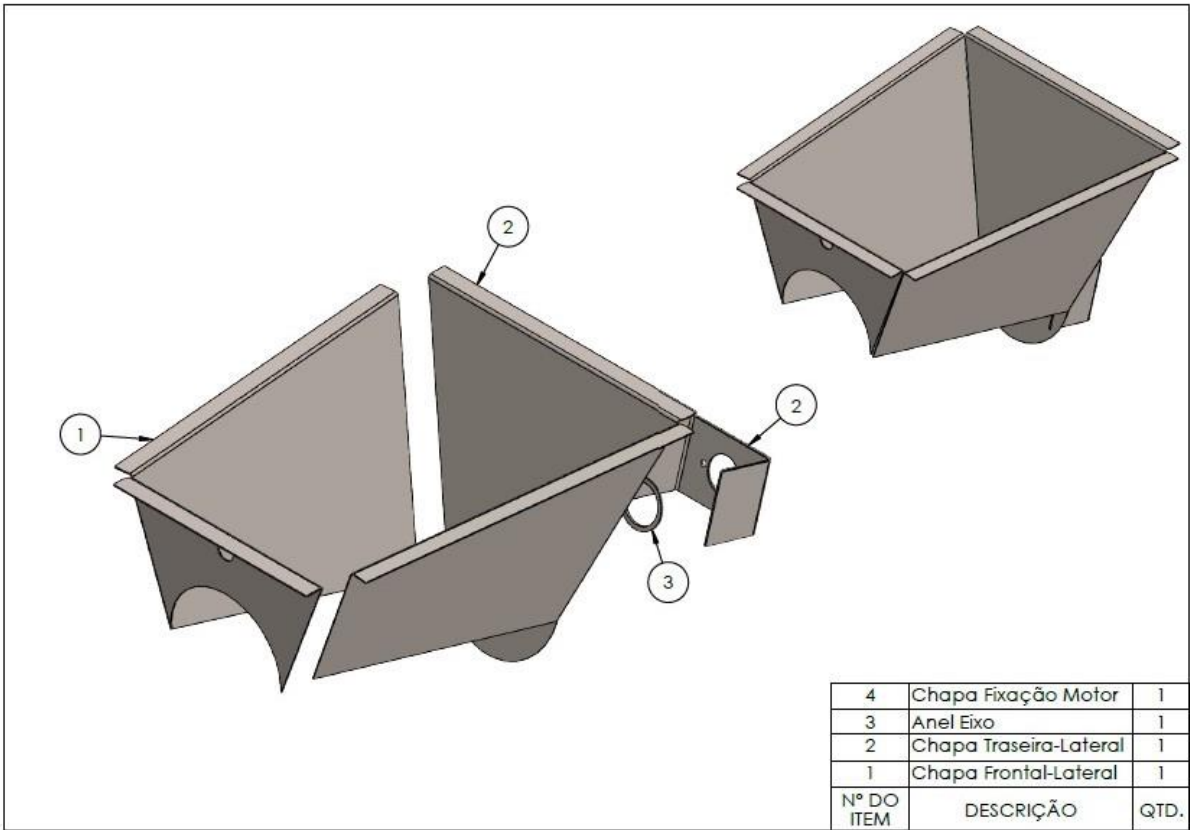


Fonte: Elaboração própria.

Desta maneira o processo de solda envolvido nesta etapa é reduzido, isto implica também na redução de recursos de fixação e gabaritos que são utilizados para o processo de solda dos componentes, garantindo assim a redução do número de peças diferentes para fabricação do conjunto.

Por fim, o conjunto silo após a aplicação é reduzido em termos de quantidade de peças passando de 6 peças para a fabricação do conjunto para um total de 4 (quatro) peças, conforme apresenta a Figura 20.

Figura 20 - Conjunto silo pós aplicação



Fonte: Elaboração própria.

4.1.2 Conjunto grade

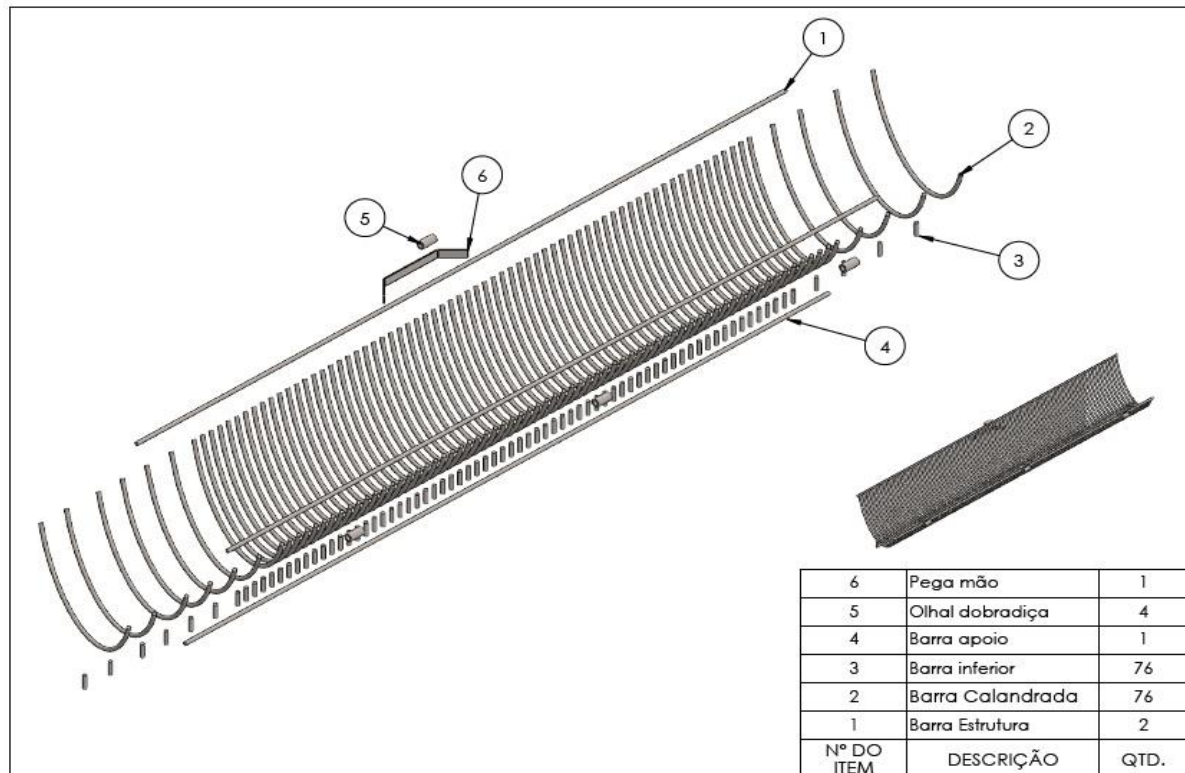
O sistema de grade ilustrado na Figura 21, consiste em duas barras maciças que vão na lateral do conjunto fazendo a base de ligação. Nestas são soldadas 76 barras calandradas para que siga o mesmo formato do corpo do tubo guia da desagregadora, estas barras são cortadas, calandradas e posteriormente soldadas na posição determinada para manter o formato circular do tubo mantendo os espaçamentos determinados.

Após isto são soldadas uma barra de ligação para auxiliar na estrutura e manter o afastamento de cada barra calandrada.

Para o processo de solda é utilizado um gabarito de posicionamento garantindo assim que as peças permaneçam nas posições pré-definidas para o processo de solda, após o posicionamento os componentes são inteiramente soldados.

Este gabarito mantém o posicionamento angulado e circular do conjunto formando a mesma geometria do corpo do tubo, onde o conjunto grade é fixado posteriormente na montagem final do produto.

Figura 21 - Conjunto grade calandrada

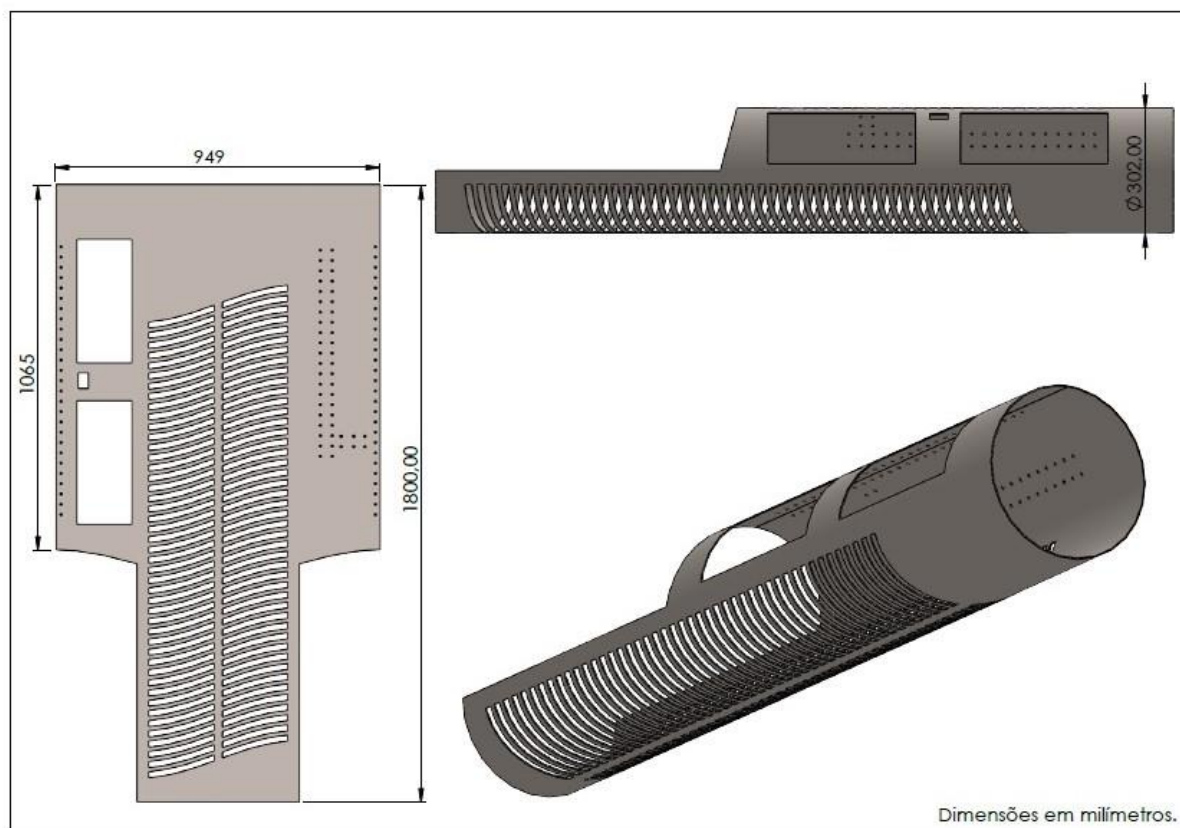


Fonte: Elaboração própria.

O conjunto grade calandrada pode ser removido do equipamento, assim é eliminado toda a matéria prima para sua fabricação e todo o processo do qual está envolvido.

Este conjunto pode ser substituído, fazendo-o diretamente no tubo do corpo da máquina. Sendo assim a fabricação do tubo pode ser modificado, no processo de corte da chapa, pode ser acrescentado o corte dos vãos inferiores onde havia o vazado para o conjunto de grade, conforme representa a Figura 22.

Figura 22 - Tubo corpo desagregadora modificado



Fonte: Elaboração própria.

4.1.3 Máquina desagregadora pós implementações

Nestas implementações foi removido um conjunto da máquina com diversos processos envolvidos, por uma única peça que é a base do projeto como um todo, que seria o seu “corpo”.

Foi possível simplificar o conjunto silo, onde reduziu-se o número de peças, e conseqüentemente, a diminuição dos processos envolvidos.

A máquina desagregadora após estas aplicações tem um ganho evidente tanto nos processos reduzidos devido as modificações que simplificaram o conjunto como um todo, quanto ao número total de peças. Obteve-se uma redução de 318 peças para 156 peças, conforme tabela 3.

Tabela 3 - Quantitativo desagregadora pós aplicação
Desagregadora pós aplicação

Item	Peça	QTD	Peso por peça (g)	Peso total peças (g)
1	Base pé traseiro	2	419,18	838,36

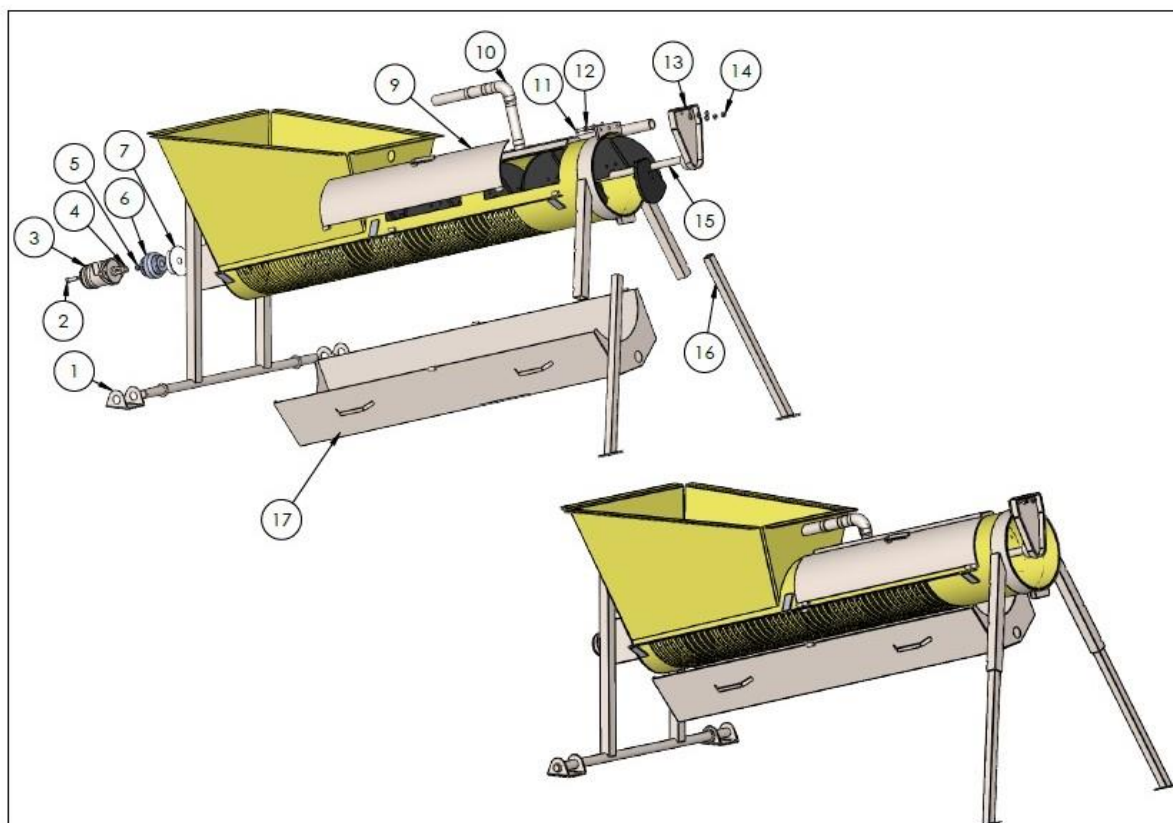
2	Parafuso M12x40	2	56,85	113,7	Legenda
3	Motor hidráulico	1	-		Conjuntos
4	Arruela M12	2	4,68	9,36	Subconjuntos
5	Porca autotravante M12	2	21,44	42,88	Itens base aplicação
6	Acoplamento flexível	1	-		
7	Bucha eixo	1	182,24	182,24	
8	Estrutura Desagregadora	1	61073,42	61073,42	
	Estrutura pés	1	11523,77	11523,77	
	Barra horizontal	1	6638,93	6638,93	
	Apoio vertical	2	2387,65	4775,3	
	Arruela trava base	2	54,77	109,54	
	Conjunto silo	1	20832,47	20832,47	
	Chapa corpo silo	1	16650,98	16650,98	
	Chapa frontal	1	1750,66	1750,66	
	Anel eixo	1	92,48	92,48	
	Chapa fixação motor	1	2338,35	2338,35	
	Conjunto tubo guia	1	23063,6	23063,6	
	Corpo tubo guia	1	15317,08	15317,08	
	Chapa irrigação central	1	1492,86	1492,86	
	Chapa ligação irrigação	2	91,12	182,24	
	Chapa irrigação lateral	1	1223,08	1223,08	
	Tampa irrigação	3	19,66	58,98	
	Chapa apoio lateral	2	2097,83	4195,66	
	Olhal dobradiça	6	20,55	123,3	
	Chapa reforço	6	78,4	470,4	
	Estrutura pé frontal	1	5653,58	5653,58	
	Anel estrutura frontal	1	2174,18	2174,18	
	Tubo suporte pés	2	1483,84	2967,68	
	Chapa fixação suporte	1	411,96	411,96	
	Chapa apoio	2	49,88	99,76	
9	Conjunto tampa inspeção	1	2988,84	2988,84	
	Chapa tampa	1	2791,35	2791,35	
	olhal dobradiça	2	20,55	41,1	
	Chapa maçaneta	1	111,8	111,8	
	Bucha nylon maçaneta	1	2,47	2,47	
	Espaçador maçaneta	1	25,95	25,95	
	Chapa trava maçaneta	1	6,63	6,63	
	Bucha maçaneta	1	9,54	9,54	
10	Tubulação	1	4928,78	4928,78	

	Entrada irrigação	1	189,16	189,16
	tubo 50mm	2	205,69	411,38
	Tubo Te	2	215,26	430,52
	Tubo 115mm	1	332,62	332,62
	Tubo joelho	2	171,34	342,68
	Tubo 200mm	1	617,06	617,06
	Tubo 170mm	1	582,78	582,78
	tubo 580mm	1	2022,58	2022,58
11	Arruela M10	6	4,16	24,96
12	Parafuso M10x35	3	34,48	103,44
13	Porca autotravante M10	3	12,52	37,56
14	Suporte eixo frontal	1	2264,15	2264,15
	Base suporte	1	1289,91	1289,91
	Parte inferior	1	118,02	118,02
	Acoplamento	1	311,02	311,02
	Bucha acoplamento	1	20,82	20,82
	Reforço suporte eixo	2	262,19	524,38
15	Conjunto eixo	1	20932,34	20932,34
	Eixo	1	7617,41	7617,41
	Suporte	34	170,89	5810,26
	Disco	1	360,42	360,42
	Pás borracha	17	420,25	7144,25
16	Apoio pé regulável	2	1785,34	3570,68
17	Conjunto calha	1	18270,81	18270,81
	Chapa traseira	1	541,77	541,77
	Chapa lateral	2	4896	9792
	Chapa inferior	1	6921,12	6921,12
	Tubo saída	1	218,4	218,4
	Olhal dobradiça	4	20,55	82,2
	Pega mão	2	48,2	96,4
	Chapa frontal	1	618,92	618,92
Quantidade total de peças		152		
Peso total peças do equipamento (kgf)				115,38

Fonte: Elaboração própria.

Deste modo, a versão final da proposta de projeto da máquina, após as modificações necessárias para simplificação do conjunto, é representado na Figura 23, onde pode-se notar as melhorias e a redução do conjunto de grade que deixou de existir no item e passou a estar integrado diretamente no corpo do produto.

Figura 23 – Desagregadora de mexilhões modificada



Fonte: Elaboração própria.

4.2 Aplicação na máquina extratora de mexilhões

A extratora de mexilhões pode ter melhorias e simplificações em seus processos, esta máquina que tem por objetivo tracionar as cordas de cultivo de mexilhões do mar e extrair os animais, desprendendo-os da corda. A seguir na Tabela 4, pode-se ver suas peças, quantidades e peso de cada item.

Tem-se na tabela os itens em destaque, estes itens são a base para o processo de aplicação, é nesta parte da máquina onde as melhorias tem influência para que possa ser feita a simplificação do sistema de extração.

Tabela 4 - Quantitativo máquina extratora original

Extrator					Legenda
Item	Peça	QTD	Peso por peça (g)	Peso total peças (g)	
1	Conjunto Base	1	49309,52	49309,52	Subconjuntos
	Tubo estrutura	2	2983,57	5967,14	
	Tubo estrutura lateral	2	3942,58	7885,16	
	Chapa inclinada	2	1413,01	2826,02	Itens base aplicação
	Orelha fixação borrachas	2	72,13	144,26	
	Chapa Lateral	2	2443,52	4887,04	
	Suporte comando hidráulico	1	1886,75	1886,75	
	Base polia	1	2195,05	2195,05	
	Fechamento lateral	2	207,92	415,84	
	Tubo 1090mm	2	3714,49	7428,98	
	Tubo 520mm	4	931,84	3727,36	
	Chapa base pés	4	228,35	913,4	
	Tubo 735mm	2	1308,41	2616,82	
	Tubo 1160mm	2	3952,73	7905,46	
	Orelha Estrutura borrachas	6	85,04	510,24	
2	Rampa	1	11679,31	11679,31	
	Chapa rampa	1	6842,25	6842,25	
	Lateral Rampa	2	1940,27	3880,54	
	Barra 6mm	2	385,72	771,44	
	Chapa fixação rampa	2	92,54	185,08	
3	Parafuso M8x20	6	16,56	99,36	
4	Porca autotravante M8	8	8,23	65,84	
5	Chapa travamento Regulagem	2	562,36	1124,72	
6	Porca autotravante M10	20	12,52	250,4	
7	Chapa fixação borrachas	2	1066,5	2133	
8	Placas de Borracha	2	2792,33	5584,66	
9	Estrutura fixar borrachas	2	4895,54	9791,08	
	Travessa U 500mm	1	2468,72	2468,72	
	Cantoneira lateral	1	1027,88	1027,88	
	Cantoneira superior	1	397,22	397,22	
	Cantoneira inferior	1	404,08	404,08	
	Chapa estrutura	1	245,81	245,81	
	Chapa lateral	1	351,83	351,83	
10	Parafuso M10x60	6	50,18	301,08	
11	Arruela M8	4	3,63	14,52	
12	Parafuso M8x90	2	44,71	89,42	
13	Parafuso M10x30	4	31,33	125,32	

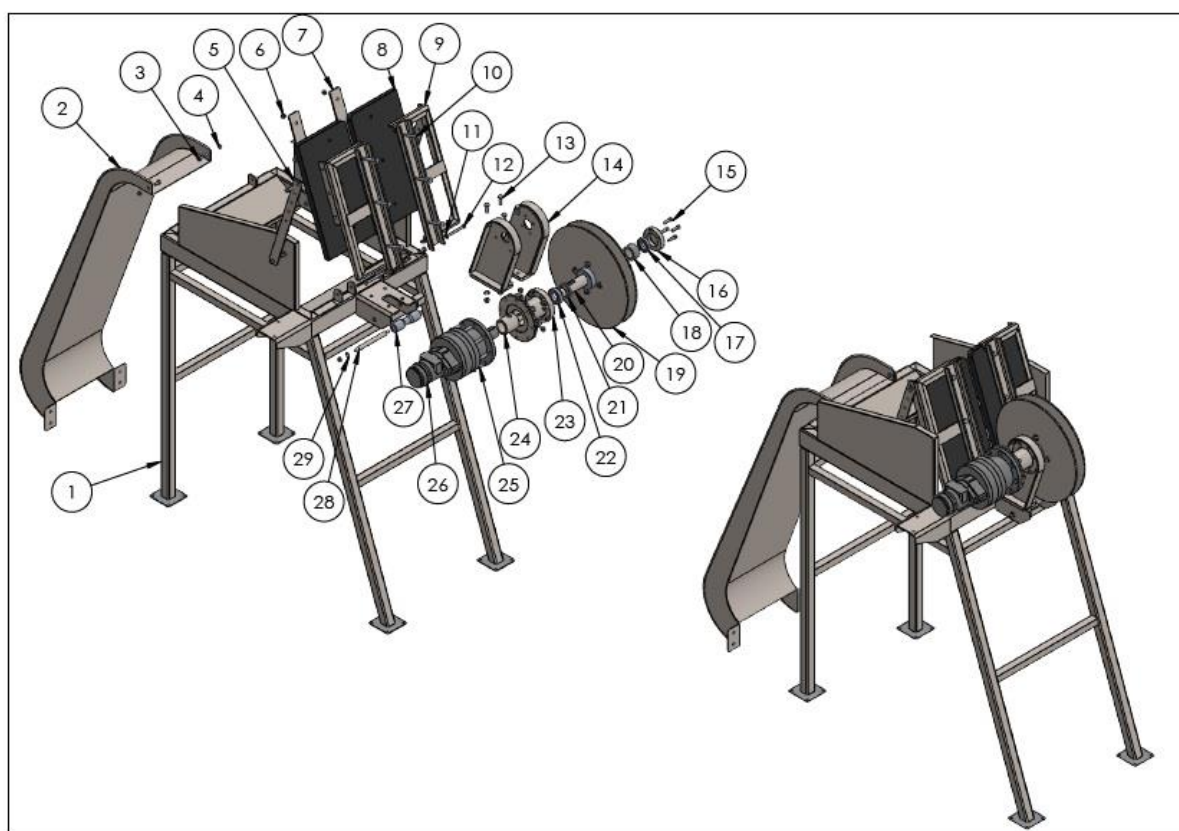
14	Conjunto suporte motor/polia	1	8585,02	8585,02
	Chapa fixação base suporte	1	2454,88	2454,88
	Chapa suporte lateral livre	1	2028,41	2028,41
	Chapa suporte lateral motor	1	2028,41	2028,41
	Chapa contorno estrutura	2	878,19	1756,38
	Chapa expulsão corda	1	196,98	196,98
	Mão francesa	1	119,96	119,96
15	Parafuso Allen M8x30	8	19,15	153,2
16	Mancal Rolamento	1	569,94	569,94
17	Rolamento 6006Z	1	-	-
18	Espaçador polia	1	28,56	28,56
19	Conjunto polia	1	32747,99	32747,99
	Polia Lado mancal	1	15879,33	15879,33
	Polia lado livre	1	15949,07	15949,07
	Cabeça polia	1	622,91	622,91
	Arruela M10	8	4,16	33,28
	Parafuso M10x65	4	53,33	213,32
	Porca Autotravante M10	4	12,52	50,08
20	Eixo polia	1	1227,29	1227,29
21	Espaçador menor polia	1	8,37	8,37
22	Rolamento 6007ZZ	1	-	-
23	Flange adaptação	1	4354,14	4354,14
	Corpo ligação	1	879,29	879,29
	Mancal rolamento	1	1589,27	1589,27
	Chapa fixação redutor	1	1099,6	1099,6
	Disco espaçamento redutor	1	785,98	785,98
24	Luva Redutor	1	1038,93	1038,93
25	Parafuso M10x40	8	37,62	300,96
26	Motorredutor	1	-	-
27	Roleta corda	1	113,24	113,24
28	Pino rolete	1	218,69	218,69
29	Arruela M10	14	4,16	58,24
Quantidade total de peças		173		
Peso total peças do equipamento (kgf)				129,97

Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 24 tem-se a representação do projeto original da extratora de mexilhões, designando todas as suas peças e conjuntos. As definições deste projeto foram tomadas com base na necessidade de remover e “soltar” os mexilhões, conforme já mencionado anteriormente.

Sendo assim é notório que pode ser implementada melhorias no processo de fabricação deste equipamento, garantindo o seu conceito já definido, buscando a simplificação e a redução de componentes.

Figura 24 - Extratora de mexilhões original



Fonte: Elaboração própria.

As melhorias baseadas no que Carvalho *et al.* (2013), apresenta na análise de DFM/A, buscando a simplificação do conjunto, tanto para fabricação quanto para montagem, e também a redução no número de peças, dentre outros pontos do qual se apoia o DFM/A.

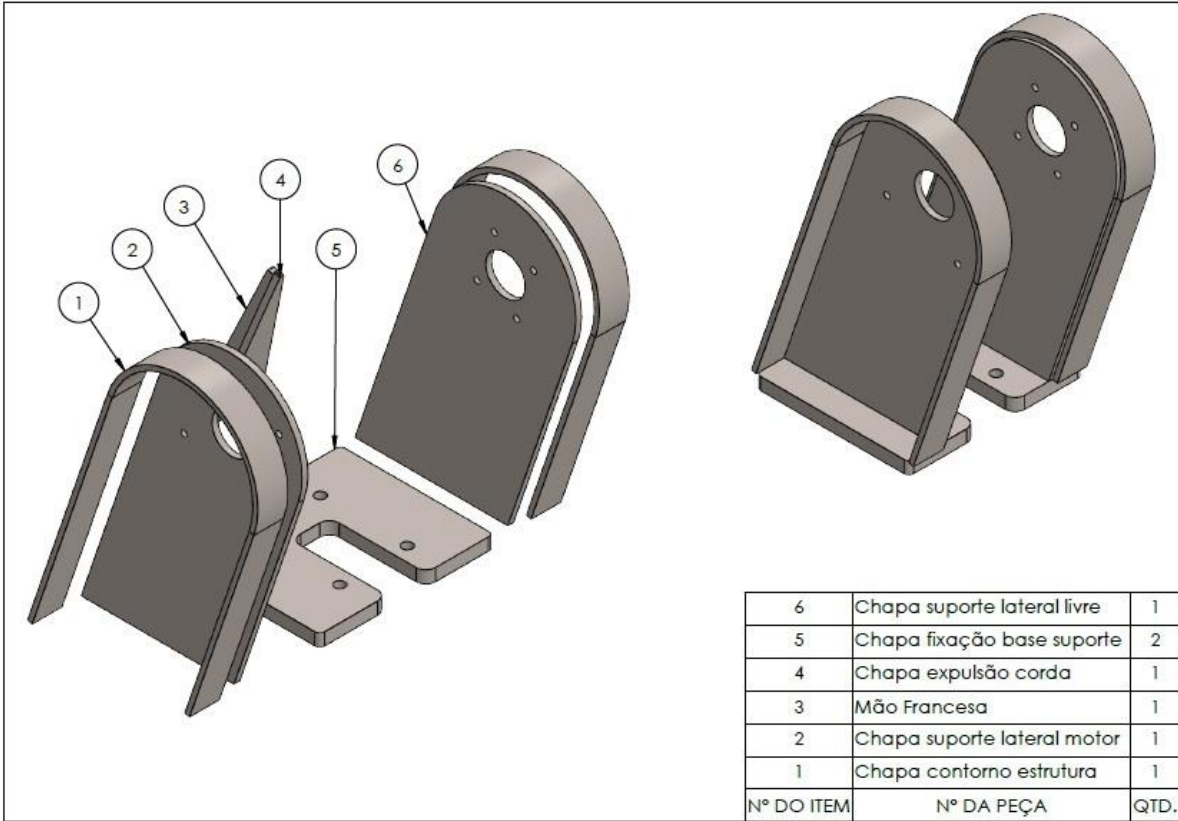
4.2.1 Conjunto suporte motorreductor e polia

Como pode-se notar na Figura 25, o conjunto suporte motor/polia é composto por: uma base, que é o apoio da estrutura, duas chapas laterais, que servem

de base para o eixo da polia e fixações de mancais e flange. São compostas também por um contorno de acabamento e duas chapas que formam um conjunto para a expulsão da corda dos mexilhões.

As peças do conjunto são posicionadas e fixadas com um gabarito para iniciar o processo de solda, formando o suporte.

Figura 25 - Conjunto suporte motor/polia



Fonte: Elaboração própria.

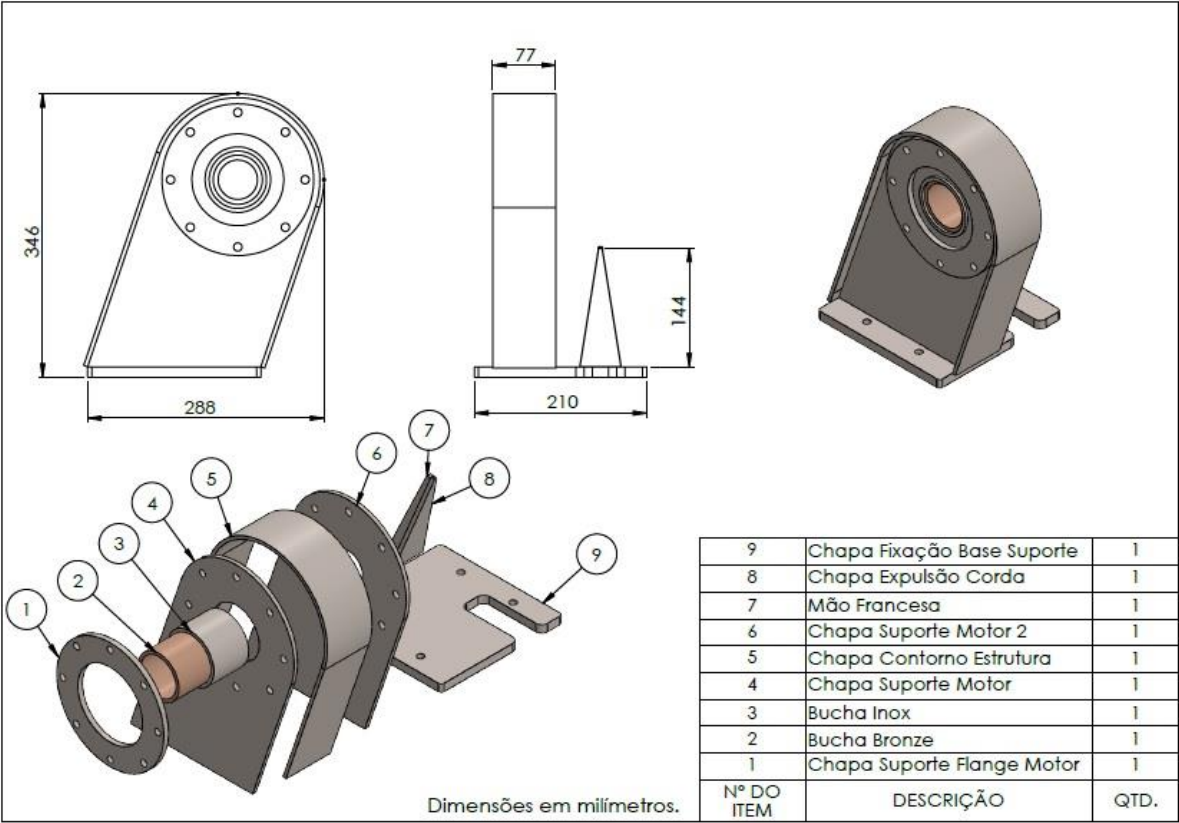
Com base na simplificação do conjunto pode-se tomar como referência a máquina apresentada pelo fabricante Marine & General, onde a estrutura para fixação do conjunto polia é apoiado em apenas um lado, deste modo podem ser retirados mancais de rolamentos do conjunto, e assim eliminar também soldas envolvidas no conjunto de suporte motor/polia.

O DFM/A é empregado também na simplificação dos componentes para a montagem, neste caso a busca pela simplificação para o conjunto extrator é para o produto como um todo e não apenas na redução do número de peças, visto que o conjunto originário do sistema de tracionamento é composto por muitas peças desnecessárias ao conjunto. Apesar da análise ser baseada no conjunto suporte

motor/polia, pode-se notar que neste caso não foi obtido uma redução no número de peças como apresenta a Figura 26.

Esta adaptação é importante, pois a partir disto pode-se implementar simplificações no processo de montagem do sistema de tracionamento.

Figura 26 - Conjunto suporte motor/polia pós aplicação



Fonte: Elaboração própria.

4.2.2 Sistema de tracionamento

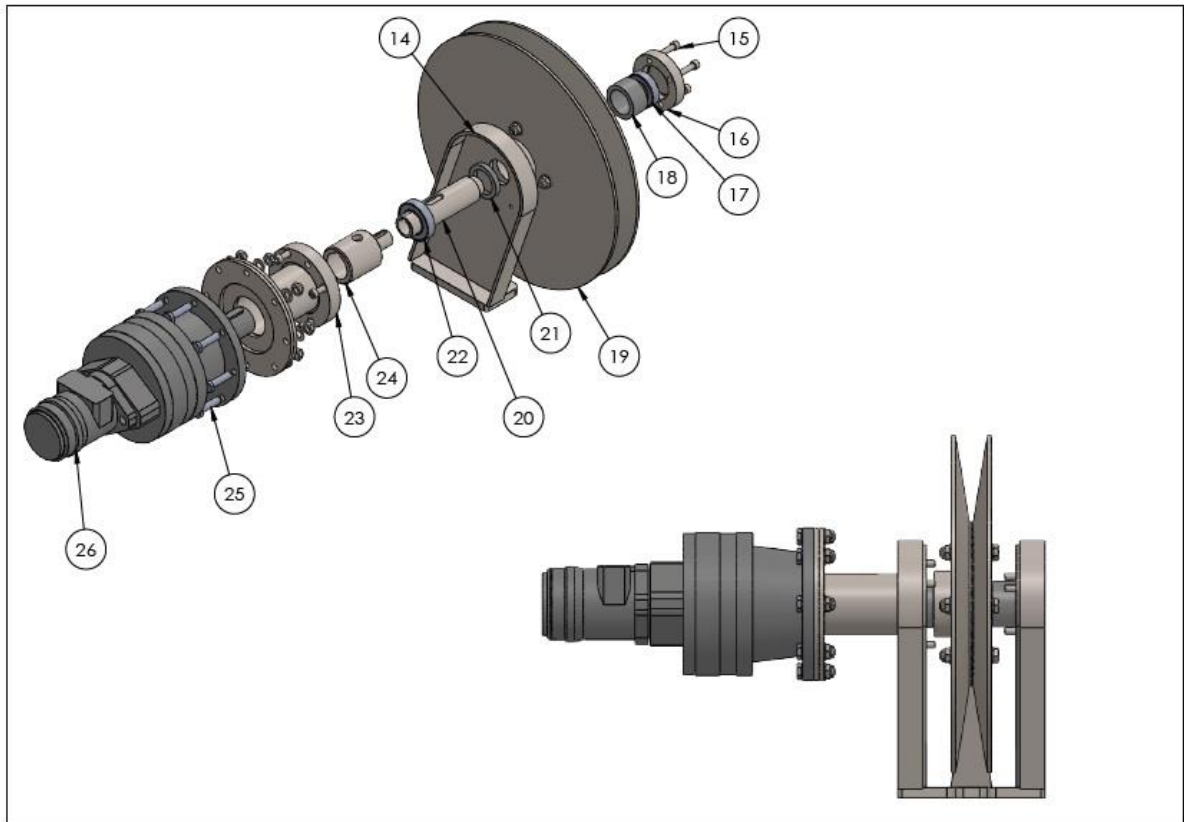
Na Figura 27 tem-se o conjunto de suporte para motorreductor e polia, na qual está concentrada a parte do sistema de tracionamento, e é neste ponto onde a corda é tracionada do mar para a retirada e extração das conchas.

O conjunto é composto por 13 (treze) componentes para a montagem completa do sistema de acionamento, dentre estes componentes tem-se: motorreductor, flange de adaptação, parafusos de fixação, rolamentos, espaçadores, eixo, dentre outros.

O conjunto é complexo, principalmente com relação a montagem, pois este envolve diversos componentes sendo que alguns desses são até mesmo

desnecessários. Como por exemplo o eixo que é ligado a uma luva, e esta luva conectada ao eixo do motor.

Figura 27 – Sistema de tracionamento polia-motoredutor



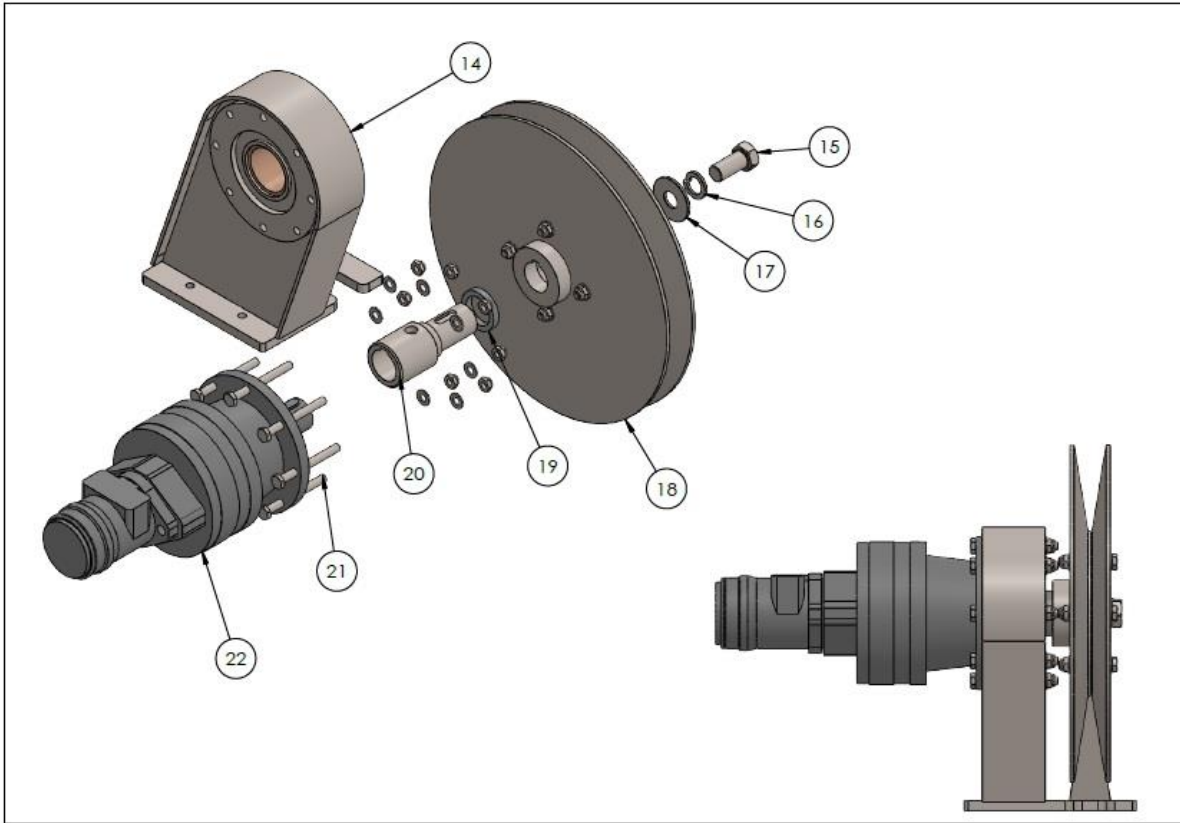
Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 28, tem-se o esquema completo do sistema de tracionamento de corda. Pode-se notar que para o processo de montagem o conjunto acaba se tornando otimizado e simples após as aplicações.

Neste caso o conjunto passou de 13 (treze) componentes diferentes para 9 (nove), impactando diretamente na redução dos itens de montagem. Neste formato de aplicação foram removidos também componentes de mancais de fixação e rolamentos, itens que agregam valor ao produto e que agora são desnecessários para a montagem do sistema.

Sendo assim, a modificação do conjunto suporte onde o eixo ficava apoiado por rolamentos para um conjunto suporte com apoio único, contribui para que o processo de montagem do conjunto seja facilitado.

Figura 28 – Sistema de tracionamento polia-motorreductor pós aplicações



Fonte: Elaboração própria.

4.2.2 Sistema de tracionamento

Na Tabela 5 pode-se notar que a modificação do sistema de tracionamento impacta diretamente na estrutura do conjunto. O sistema de tracionamento que tinha sua montagem composta por flanges, luvas e eixos, estes que eram desnecessários, com a remoção destes itens o processo de montagem se torna mais simples.

Tabela 5 - Quantitativo máquina extratora pós aplicações

Extratora pós aplicações					
Item	Peça	QTD	Peso por peça (g)	Peso total peças (g)	
1	Conjunto Base	1	49309,52	49309,52	Legenda Subconjuntos Peças base aplicação
	Tubo estrutura	2	2983,57	5967,14	
	Tubo estrutura lateral	2	3942,58	7885,16	
	Chapa inclinada	2	1413,01	2826,02	
	Orelha fixação borrachas	2	72,13	144,26	
	Chapa Lateral	2	2443,52	4887,04	
	Suporte comando hidráulico	1	1886,75	1886,75	

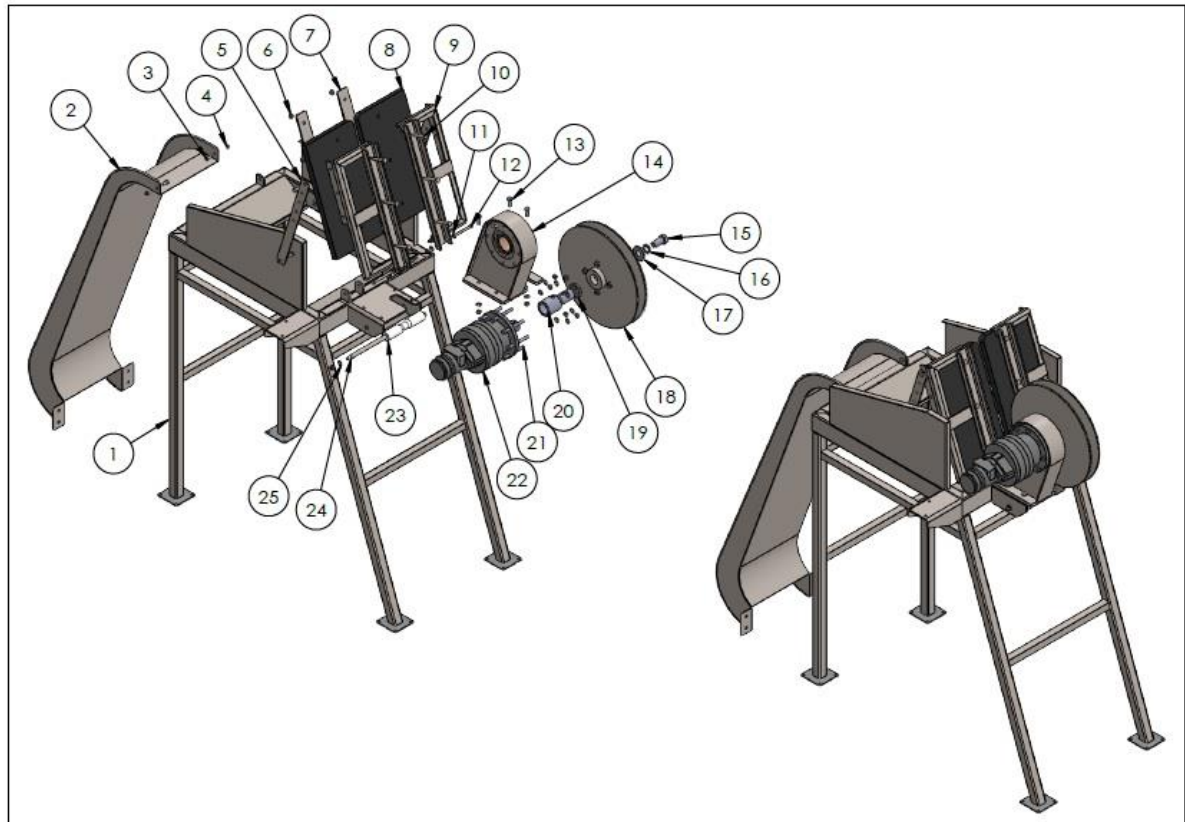
	Base polia	1	2195,05	2195,05
	Fechamento lateral	2	207,92	415,84
	Tubo 1090mm	2	3714,49	7428,98
	Tubo 520mm	4	931,84	3727,36
	Chapa base pés	4	228,35	913,4
	Tubo 735mm	2	1308,41	2616,82
	Tubo 1160mm	2	3952,73	7905,46
	Orelha Estrutura borrachas	6	85,04	510,24
2	Rampa	1	11679,31	11679,31
	Chapa rampa	1	6842,25	6842,25
	Lateral Rampa	2	1940,27	3880,54
	Barra 6mm	2	385,72	771,44
	Chapa fixação rampa	2	92,54	185,08
3	Parafuso M8x20	6	16,56	99,36
4	Porca autotravante M8	8	8,23	65,84
5	Chapa travamento Regulagem	2	562,36	1124,72
6	Porca autotravante M10	20	12,52	250,4
7	Chapa fixação borrachas	2	1066,5	2133
8	Placas de Borracha	2	2792,33	5584,66
9	Estrutura fixar borrachas	2	4895,54	9791,08
	Travessa U 500mm	1	2468,72	2468,72
	Cantoneira lateral	1	1027,88	1027,88
	Cantoneira superior	1	397,22	397,22
	Cantoneira inferior	1	404,08	404,08
	Chapa estrutura	1	245,81	245,81
	Chapa lateral	1	351,83	351,83
10	Parafuso M10x60	6	50,18	301,08
11	Arruela M8	4	3,63	14,52
12	Parafuso M8x90	2	44,71	89,42
13	Parafuso M10x30	4	31,33	125,32
14	Conjunto suporte motor/polia	1	14756,47	14756,47
	Chapa suporte flange motor	1	1047,97	1047,97
	Bucha bronze	1	547,94	547,94
	Bucha Inox	1	565,49	565,49
	Chapa suporte motor	1	2792,79	2792,79
	Chapa contorno estrutura	1	2475,6	2475,6
	Chapa suporte motor 2	1	2946,28	2946,28
	Chapa expulsão corda	1	196,98	196,98
	Mão francesa	1	119,96	119,96
	Chapa fixação base suporte	1	4063,46	4063,46

15	Parafuso sextavado M22	1	234,89	234,89
16	Arruela pressão	1	19,51	19,51
17	Arruela larga	1	77,57	77,57
18	Conjunto polia	1	32583,32	32583,32
	Polia lateral 1	1	15879,33	15879,33
	Polia lateral 2	1	15784,4	15784,4
	Cabeça polia	1	622,91	622,91
	Arruela M10	8	4,16	33,28
	Parafuso M10x65	4	53,33	213,32
	Porca Autotravante M10	4	12,52	50,08
19	Espaçador menor polia	1	8,86	8,86
20	Eixo polia	1	1600,28	1600,28
21	Parafuso M10x100	8	75,32	602,56
22	Motorreductor	1	-	-
23	Rolete corda	1	182,81	182,81
24	Pino rolete	1	303,51	303,51
25	Arruela M10	14	4,16	58,24
Quantidade total de peças		167		
Peso total peças do equipamento (kgf)				131,10

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 29 mostra a representação da máquina extratora de mexilhões, a qual se obteve ganhos tanto na quantidade do número de peças, quanto na simplificação para montagem.

Figura 29 - Conjunto extratora pós aplicações



Fonte: Elaboração própria.

As aplicações no conjunto extratora impactam diretamente na manufatura do conjunto, após as aplicações a luva que era utilizada para a ligação do eixo do motor, com o eixo da polia, pode ser eliminado do conjunto.

O flange de adaptação que era a junção entre o motorreductor e o suporte de polias. Assim como os parafusos e elemento de fixação que eram utilizados no conjunto, todos estes são removidos do sistema.

A simplificação no processo de montagem do produto impacta também na facilidade para manutenção, um ponto que é de extrema importância para que um produto seja competitivo.

Após as adaptações o conjunto continua atendendo aos requisitos fundamentais para o seu funcionamento, sendo este o item fundamental das aplicações.

5 CONCLUSÕES

Com base nos estudos apresentados, pôde ser visto que o DFM/A é de fundamental importância para a determinação e definição de um produto. Por meio de alguns pontos básicos que foram levantados, pode-se obter um ganho interessante na definição de um projeto.

Dentre as etapas de projeto e desenvolvimento de produto o estudo apresenta que o DFM/A deve estar associado sempre que possível a etapa de projeto conceitual, pois é durante esta etapa onde as aplicações tem mais relevância, e também é onde impactariam em menos custos ao produto, já que nesta etapa ainda não estão relacionados custos com mão de obra, materiais, dentre outros.

A implementação do DFM/A implica na extensão na fase de projeto conceitual. Todavia, como foi apresentado nos estudos, esta extensão é compensada durante o processo de produção. Isso se explica, pois com o DFM/A o produto é fabricado de maneira que se mantenha o menor número de peças possíveis, e fabricado de maneira mais simples, para o seu completo funcionamento.

O DFM/A está diretamente ligado à redução dos custos dos produtos, e na maioria dos casos essa redução dos custos é perceptível através da redução do número de peças e simplificação de fabricação e montagem de componentes associados ao produto.

Vale ressaltar que o estudo aqui apresentado tem como ponto fundamental a redução do número de peças do componente, e a simplificação para fabricação e montagem do produto. Seria inviável para o trabalho em questão, fazer o levantamento de custos para fabricação sistema mecanizado de mexilhões por completo. Mesmo o DFM/A estando diretamente ligado ao custo, é notório que muitos fatores influenciariam no levantamento de custo final de um produto, dentre eles o aproveitamento de recursos e materiais.

Este trabalho de conclusão de curso tem por objetivo apresentar essas implementações e designar uma linha de metodologia baseada na redução dos números de peças e simplificação dos componentes, que auxilie profissionais da área, ainda na fase de projeto a buscarem melhorias para os conceitos dos produtos em análise, tanto para o processo de manufatura, quanto de montagem.

E esses conceitos são validados na aplicação prática, na implementação em um sistema real de colheita de mexilhões. Neste sistema pode-se executar diversas melhorias que contribuem para um produto funcional e simplificado.

O resultado da comparação dos resultados aponta uma redução no número de peças da máquina desagregadora e da extratora, respectivamente de, 52% e 4%, valores que apontam que a redução dos componentes é possível, trazendo benefícios aos produtos.

As aplicações aqui abordadas podem se estender para as outras máquinas do sistema, o que implicaria em mais tempo para relacionar a aplicação, já que o sistema de colheita mecanizada de mexilhões é composto por diversas máquinas. Sendo assim, buscou-se a implementação em duas máquinas, que para o processo de colheita são praticamente as mais significativas.

Apesar de, na maioria das vezes, não ser tão explorado, o DFM/A deve estar alinhado a ideias dos profissionais do setor de projetos. Durante o processo de desenvolvimento de produto, conforme apresentado nesse trabalho, a aplicação da metodologia de DFM/A vai trazer benefícios de redução de custos.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Gustavo F.. **Aplicação da metodologia DFMA: Design for Manufacturing and Assembly no projeto e fabricação de aeronaves.** 2007. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

BOOTHROYD, Geoffrey *et al.*. **Product Design for Manufacture and Assembly.** Boca Raton, Flórida, USA: Taylor & Francis Group, (2011).

CARVALHO, Natalha Gabrieli Moreira; FERNANDES, Luiz Fernando; BORGES, Maria Carolina; RIBEIRO, Rosinei Batista; MATIAS, Nelson Tavares. **DFMA: Metodologia para Desenvolvimento em Projetos Industriais.** In: X ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, VIII MOSTRA DE PÓS GRADUAÇÃO. São Paulo: UNIFATEA, 2013.

COSTA, Marcela A.. **Análise das práticas da gestão do processo de desenvolvimento de produtos em empresas de revestimento cerâmico do pólo de Santa Gertrudes – SP.** 2010. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2010.

DUTRA, Ana Regina de Aguiar. **Estudo ergonômico da produção de ostras e mexilhões no estado de Santa Catarina: As atividades das mulheres.** In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2008, Rio de Janeiro: UNISUL, 2008.

HARMAG MARINE & GENERAL. Disponível em: <<http://www.marineandgeneral.co.nz/images/declumper-2.html>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

NOVAES, André L. T.. **Colheita de mexilhões cultivados em Santa Catarina: Desempenho operacional, ergonomia e prototipagem de um sistema mecanizado.** 2015. 127 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2015.

NOVAES, André Luís Tortato; SANTOS, Alex Alves dos; SILVA, Fabiano Muller; SOUZA, Robson Ventura de; BANNWART, Janaína Patrícia. **Desempenho de uma máquina francesa desagregadora de mexilhões nas condições de cultivo do estado de Santa Catarina.** Florianópolis: Revista Agropecuária Catarinense, 2011.

PAHL, G. *et al.*. **Engineering design: A systematic approach**. Berlim: Springer, 2007.

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

SCALICE, Régis K.. **Desenvolvimento de uma família de produtos modulares para o cultivo e beneficiamento de mexilhões**. 2003. 274 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2003.

SCUR, Álvaro R.. **Aplicação do design for assembly (DFA) no desenvolvimento do projeto conceitual de um dispositivo funcional**. 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SOUSA, Adriano G.. **Estudo e análise dos métodos de avaliação da montabilidade de produtos industriais no processo de projeto**. 1998. 260 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 1998.

TALLERES AGUIN. Disponível em: <<http://www.aguin.com/catalogo/indexi.html>>. Acesso em: 21 abr. 2019.