

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

CRISTIAN MARTINS

**ESTUDO DE PADRONIZAÇÃO DE PARTES DE PRODUTOS EM UMA FAMÍLIA
DE MÁQUINAS DE ENVASE**

BENTO GONÇALVES

2019

CRISTIAN MARTINS

**ESTUDO DE PADRONIZAÇÃO DE PARTES DE PRODUTOS EM UMA FAMÍLIA
DE MÁQUINAS DE ENVASE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador Prof. Dr. Gabriel Vidor

BENTO GONÇALVES

2019

CRISTIAN MARTINS

**ESTUDO DE PADRONIZAÇÃO DE PARTES DE PRODUTOS EM UMA FAMÍLIA
DE MÁQUINAS DE ENVASE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em

Banca Examinadora

Prof. + grau + Nome do Professor
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. + grau + Nome do Professor
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. + grau + Nome do Professor
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. + grau + Nome do Professor/Convidado Externo
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Dedico este trabalho a minha esposa Diane Peruzzo, por estar sempre ao meu lado nos momentos difíceis e por ser minha maior incentivadora. Muito obrigado.

AGRADECIMENTOS

Foi uma longa caminhada até chegar a este momento, onde muitas coisas aconteceram, incontáveis obstáculos e dificuldades surgiram no meio do caminho, mas nada que me fizesse desistir dos meus sonhos e objetivos.

Portanto agradeço primeiramente a Deus por me guiar nesta jornada e me permitir chegar até aqui com saúde.

Um agradecimento especial à mulher que sempre me apoiou ao longo desta jornada, minha esposa Diane Peruzzo. Obrigado por todo amor e carinho e por acreditar em mim, você sempre será minha maior inspiração.

Ao meu orientador, o professor Dr. Gabriel Vidor, pelo apoio e pelas horas dedicadas a este trabalho. Quero deixar também um agradecimento ao corpo docente da UCS pela dedicação ao longo dos anos.

Aos amigos pelo companheirismo e pelos momentos compartilhados. Aos colegas que ao longo dos anos através dos trabalhos e horas de estudos acabaram se tornando grandes amigos que vou levar para sempre.

Por fim agradeço a todos que de alguma forma contribuíram com este projeto. O meu obrigado a todos.

"Chega uma hora em que a mente alcança um plano mais alto de conhecimento, mas nunca consegue demonstrar como chegou lá."

Albert Einstein

RESUMO

Esse trabalho de conclusão de curso de Engenharia de Produção teve como objetivo realizar um estudo de padronização de partes de produtos em uma família de máquinas de envase. Para tanto, focou o referencial em ferramentas e técnicas DFX, dando ênfase ao DFMA, que auxilia os projetistas no desenvolvimento de produtos. O objetivo geral foi organizado por meio de quatro objetivos específicos, sendo assim realizado em quatro etapas. Na primeira revisaram-se as bibliotecas de projeto da empresa em estudo. Na segunda etapa foi definido o produto alvo para o estudo e dando sequência a terceira etapa onde foram analisadas as estruturas de produto e as possibilidades de padronização. Por fim na última etapa simulou-se o uso da padronização e mediram-se os impactos financeiros da adoção. Desta forma foi proposto um produto modelo para que fossem analisados os resultados da aplicação do DFMA, onde através do confronto com os modelos identificados no estudo e da simulação de um cenário ideal, pode-se notar uma redução considerável do número de componentes, tanto os fabricados pela empresa, quanto os comprados como os acessórios e fixadores em geral e por consequência, tivemos a redução do custo do produto. Como estudo futuros destaca-se a ampliação das áreas e produtos de estudo, a integração dos times de projeto e estudos para automatização do projeto de produtos.

Palavras-chave: Padronização. DFX. DFMA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da aplicação do DFMA no processo de projeto	22
Figura 2 - Redução de tempo quando aplicado no início do projeto	23
Figura 3 - Peças padronizadas	26
Figura 4 - Métodos comuns de fixação	27
Figura 5 - Montagem empilhada ou unidirecional	28
Figura 6 - Peças com características de auto-localização.....	29
Figura 7 - Peças muito pequenas, escorregadias, pontiagudas e flexíveis	30
Figura 8 - Peças simétricas em relação as suas possibilidades de montagem	31
Figura 9 - Peças possíveis de ficar presas ou emaranhadas.....	31
Figura 10 - Organização dos pedidos de venda e séries de equipamentos	35
Figura 11 - Agenda da intranet com as tarefas alocadas ao recurso.....	36
Figura 12 - Relatório de dados de máquina.....	37
Figura 13 - Etapas do Trabalho	39
Figura 14 - Máquina de envase gravidade.....	42
Figura 15 - Representatividade dos modelos produzidos 2018/2019.....	43
Figura 16 - Confronto de estruturas de tanques MEG 20V produzidos 2018/2019	45
Figura 17 - Tanque reservatório gravidade Mesal de forma construtiva cilíndrica.....	46
Figura 18 - Tanque reservatório gravidade Mesal de forma construtiva anelar	47
Figura 19 - Tanque reservatório modelo MEG 20V proposto.....	49
Figura 20 - Confronto estruturas com o tanque reservatório modelo.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modelos de tanques produzidos 2018/2019	43
Tabela 2 - Relação de tanques produzidos modelo MEG 20V	44
Tabela 3 - Relação de itens produzidos e comprados dos tanques modelo MEG 20V	45
Tabela 4 - Relação de itens produzidos e comprados dos tanques modelo MEG 20V	50
Tabela 5 - Custo total dos tanques modelo MEG 20V	51
Tabela 6 - Análise da simulação do cenário ideal	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CCAA	Código de Catalogação Anglo-Americano
CM	Customização em Massa
DFA	<i>Design for Assembly</i>
DFM	<i>Design for Manufacturing</i>
DFMA	<i>Design for Manufacturing and Assembly</i>
DFX	<i>Design for X</i>
DSM	<i>Design Structure Matrix</i>
EPDM	<i>Enterprise Product Data Management</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
MFD	<i>Modular Function Deployment</i>
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PDM	<i>Product Data Management</i>
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produtos
PV	Pedido de Venda
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
TCC	Trabalho de Conclusão do Curso
TGI	Trabalho de Graduação Interdisciplinar
UCS	Universidade de Caxias do Sul
Vol.	Volume
2D	Bidimensional
3D	Tridimensional

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVOS	17
1.2.1	Objetivo geral.....	17
1.2.2	Objetivos específicos	17
1.3	ABORDAGEM E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	METODOLOGIA <i>DESIGN FOR X (DFX)</i>	20
2.2	DFMA – DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY	20
2.3	PRINCÍPIOS E REGRAS DO DFMA	23
2.3.1	Minimização do número de peças	24
2.3.2	Montagem modular ou com componente-base	24
2.3.3	Padronização de componentes.....	25
2.3.4	Projeto de peças com características auto-fixadoras.....	26
2.3.5	Montagem empilhada ou unidirecional	27
2.3.6	Projetar peças com características de auto-localização	28
2.3.7	Minimização de níveis de montagem	29
2.3.8	Facilidade de manipulação de peças	30
2.3.9	Projeto para estabilidade	32
2.3.10	Minimização da necessidade de ajustes	32
2.3.11	Otimização da sequência de montagem.....	32
3	PROPOSTA DE TRABALHO	34
3.1	CENÁRIO ATUAL	34
3.2	CENÁRIO PROPOSTO	39
4	RESULTADOS	41
4.1	DESCRIÇÃO E ANÁLISE DO CASO.....	41
4.1.1	Revisão das atuais bibliotecas de projeto	41
4.1.2	Definição do produto alvo para o estudo	42
4.1.3	Verificação da estrutura de produto e suas possibilidades de padronização	44
4.1.4	Simular o uso da padronização e medir o impacto financeiro	48
4.2	IMPLICAÇÕES GERENCIAIS	52
5	CONCLUSÃO.....	53

REFERÊNCIAS	56
--------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) é definido como um conjunto de atividades que busca através das necessidades do mercado e das possibilidades, das restrições tecnológicas, e considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção para que a manufatura seja capaz de produzi-lo (ROZENFELD et al., 2006). Num mundo cada vez mais competitivo e globalizado exige das empresas agilidade, produtividade e alta qualidade, que dependem necessariamente da eficiência e eficácia do PDP, sendo que um desempenho superior deste processo se torna essencial, garantindo assim linhas de produtos atualizadas tecnologicamente e com características de desempenho, custo e distribuição condizentes com o atual nível de exigência dos consumidores (BROWN; EISENHARDT, 1995).

Para Rozenfeld et al. (2006), a fase do projeto conceitual é onde ocorre a concepção do produto, por meio da busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema do projeto. Segundo Baxter (2000), está é a fase com maior potencial de otimização de retorno do investimento, representando baixo custo e alto benefício, sendo situada num contexto subjetivo, dependendo do forte uso do conhecimento e da criatividade. A fase do projeto detalhado dá prosseguimento à fase anterior, sendo responsável por desenvolver e finalizar todas as especificações do produto para então serem encaminhados para a manufatura e às outras fases do desenvolvimento (ROZENFELD et al., 2006). Na fase de detalhamento do projeto, diferentemente da fase do projeto conceitual, não é necessário aplicar métodos especiais para cada passo individualmente (PAHL; BEITZ, 1996).

Existem métodos que podem auxiliar no PDP, como a Padronização, a Customização em Massa (CM) e a Configuração de Produtos.

A sobrevivência humana depende a milhares de anos da padronização, no começo os processos não eram registrados, pois o conhecimento se dava através da observação e a memória era responsável por gravá-los, nos dias atuais os procedimentos são documentados através de papel ou eletronicamente (VIEIRA, 2004). Na maioria das empresas, principalmente nas pequenas e médias, os processos não estão padronizados. A execução dos processos só está clara, se estiver, para quem o faz e só está registrada na memória das pessoas. Sendo assim, se várias pessoas executam o mesmo trabalho, normalmente cada uma faz de um jeito diferente (MYRRHA, 2004). Para Meegen (2002), a padronização é o caminho mais seguro para a produtividade e competitividade, servindo de base para o moderno gerenciamento e é obtida, na maioria das vezes, de forma voluntária, consistindo de uma atividade sistemática de

estabelecer através de discussões entre pessoas, o procedimento mais adequado, definindo-o como padrão a ser cumprido.

Para Rozenfeld et al., (2006), é importante que a empresa realize atividades de padronização de projeto, diminuindo assim a quantidade de alternativas e aumentando o reuso dos seus itens, por consequência diminuindo os custos e variações no estoque e processo de fabricação. Algumas técnicas auxiliam na definição de padrões na empresa, dentre as quais o projeto modular, que permite criar sistemas padronizados (os módulos) que podem ser compartilhados entre as linhas de produtos, auxiliando na redução da variedade, na intercambiabilidade do produto e até mesmo em sua disponibilidade.

Segundo Pine (1993), customização em massa é definida como uma habilidade para fornecer produtos projetados individualmente para cada cliente a partir de processos ágeis, flexíveis, adaptáveis e integrados. Para Jiao et al. (2003) as empresas que implementam a CM têm aumento da lucratividade em consequência da sinergia entre o valor percebido pelo cliente e a redução ou manutenção do custo de produção e logística. Além de uma demanda de produtos customizados, Duray et al. (2000) destaca a necessidade de que esta customização tenha custos próximos ou iguais à produção em massa. Nesse sentido, vários autores salientam que o conceito de modularidade dispõe as bases para impedir grandes desequilíbrios em relação à economia de escala (BALDWIN e CLARK, 1997; MCCUTCHEON et al. 1994; PINE, 1993; ULRICH e TUNG, 1991).

Conforme Rozenfeld et al. (2006), configuração de produto é o conjunto de todas as informações relacionadas ao produto, sendo que ao final do projeto detalhado ela recebe a denominação de configuração de como foi projetada e equivalem as especificações finais. Segundo Chiavanato (2005), quando há uma quantidade significativa de itens, se torna complicado e confuso identificá-los. A classificação é um processo de catalogação, simplificação, especificação, normalização e padronização de todos os materiais de estoque.

Dessa forma, ficam evidenciadas que, a utilização da padronização, da customização e configuração de produto traz diversas vantagens para a empresa, como por exemplo, a recuperação de informações de projeto e a padronização de itens, e por consequência a redução da proliferação desnecessária de novo itens, trazendo ganhos de eficiência à manufatura através da redução dos tempos de *setup*, programação em sequência de peças de uma mesma família, melhoria no controle de processo, planos de processo e instruções padronizadas, além do aumento da qualidade e confiabilidade (ROZENFELD et al., 2006).

Estruturalmente, o estudo apresentado é composto por cinco capítulos. O Capítulo 1 apresenta a introdução ao tema proposto, bem como a justificativa para realização do estudo,

os objetivos gerais e específicos do trabalho proposto e também a abordagem utilizada e as delimitações. No Capítulo 2 o referencial teórico acerca dos conceitos e estudos relevantes a este tema é apresentado. As metodologias propostas para o desenvolvimento do trabalho, incluindo todas as etapas necessárias para realização do mesmo, estão presentes no Capítulo 3. O Capítulo 4 apresenta o cenário no qual a metodologia previamente definida foi aplicada e descreve os resultados obtidos após a aplicação dos métodos propostos em um cenário real. O Capítulo 5 encerra o trabalho com as conclusões obtidas neste estudo.

1.1 JUSTIFICATIVA

Processos, produtos e serviços têm como elemento fundamental para competitividade à qualidade. As empresas devem buscar atender as expectativas e necessidades consideradas importantes pelos clientes, garantindo conformidade com suas operações (JURAN, 1991; TINOCO; RIBEIRO, 2008; SHARMA; GADENNE, 2008). A padronização desempenha papel importante no controle e melhoria da qualidade nas organizações, pelo fato de contribuir para a diminuição da variabilidade dos processos de produção (POLO-REDONDO; CAMBRA-FIERRO, 2008).

Para Davis (1987), "customização em massa refere-se a uma estratégia de negócio para proporcionar aos clientes o que eles querem, no tempo e na forma desejados". A CM contribui em termos operacionais e de gestão para as empresas (ABDELKAFI et al., 2010), conceitualmente a CM é tida como uma estratégia de negócios que diferencia as organizações em ambientes de alta competitividade e torna mais qualificada a segmentação de mercado (HELO et al., 2010). Mas para que a CM seja alcançada, a padronização desempenha papel fundamental, servindo de base para as possíveis customizações do produto.

No estudo de Brustolin et al. (2016), o objetivo do trabalho foi realizar a avaliação de características em um processo de desenvolvimento customizado de chicotes elétricos, buscando identificar características de chicotes padronizáveis e customizáveis. O trabalho foi realizado em cinco etapas, sendo que primeiramente foi realizada uma avaliação na estrutura de produto definida pela empresa em estudo, identificando quais as características de produto influenciavam no projeto elétrico de ônibus. Em seguida, com a aplicação do método QFD foram identificadas as fases mais importantes para o projeto do produto em questão. Após foi realizada a aplicação da forma reversa do QFD, a fim de identificar quais as características de produto são mais importantes, utilizando as fases de desenvolvimento de produto e os habilitadores de customização. Na etapa seguinte foram reclassificados os chicotes em padrão

e opcional, de acordo com os resultados obtidos no QFD reverso. Por fim, foi realizado o comparativo dos custos da classificação atual utilizada pela empresa e da nova obtida pelo método utilizado. Os resultados indicaram que alguns chicotes que antes eram classificados como opcionais, poderiam fazer parte do chicote padrão, trazendo benefícios financeiros e ao processo produtivo da empresa. Além de identificar a oportunidade de aplicação do método para outras famílias de produtos que ainda não foram avaliados sob essa ótica.

Bagni (2017) realizou estudo tendo como objetivo propor a construção de árvores de diversificação para cada família de produtos, reduzindo assim o portfólio de produtos por meio da descontinuação e padronização de itens, visando incrementar a margem de contribuição e os lucros das organizações. Para o trabalho foi aplicado o método de pesquisa-ação, onde primeiramente foi realizada a revisão da literatura, com ênfase em portfólio de produtos e métodos para sua avaliação, estrutura de produto e árvore de diferenciação. Após foram definidas duas fases, sendo que a primeira fase tratou das regras de descontinuação, tendo como primeira etapa a proposta de cenários de descontinuação de itens e na segunda etapa a definição do critério de descontinuação. A segunda fase ordenou as oportunidades de padronização, partindo da terceira etapa que tratava da classificação dos itens em famílias de produtos, a quarta etapa identificava as características de cada produto, já a quinta etapa tinha como premissa a construção da árvore de diversificação de cada família, a sexta etapa analisava as oportunidades de padronização, a sétima etapa lidava com a comunicação das alterações de portfólio aos clientes envolvidos, e a oitava e última etapa levantava a estimativa do impacto financeiro. Os resultados mais importantes como a aplicação das duas fases foram à redução de 48% no número de produtos acabados do portfólio de um dos itens, perda de 0,8% no volume de vendas e na receita líquida, aumento de 90% no volume médio de vendas por item no ano, aumento de 75% na margem de contribuição média por item e aumento de 1,6% na média de contribuição total da empresa.

Em outro estudo, Machado et al. (2008), identifica os elementos que corroboram a implementação de motores customizados em uma empresa líder de mercado na fabricação de motores elétricos, tanto padronizados quanto customizados. A estratégia da pesquisa foi a de estudo de casos (YIN, 2001), onde para obtenção dos dados necessários, os sujeitos-alvos foram os executivos da empresa selecionada, ocupando os cargos de diretor de engenharia, gerente de engenharia industrial e gerente de engenharia de motores industriais. Para a coleta dos dados primários foram observados documentos, registros e entrevistas semiestruturadas, estas seguindo um roteiro de tópicos relativos ao problema, contendo 25 questões abertas que buscavam investigar de forma ampla, motivação, critérios para seleção de componentes

customizáveis, características do processo e a extensão da customização, além de diagnosticar as práticas, métodos e ferramentas para habilitar a empresa e executar a CM. Como resultado por meio do levantamento de dados, foi possível identificar seis práticas que habilitadoras a CM: manufatura baseada no tempo, cadeia de suprimentos, flexibilidade do sistema produtivo, projeto do produto, aspectos organizacionais e tecnologia da informação. Ainda em cima dos dados levantados, foi observado que em relação às práticas adotadas pela manufatura destacam-se: utilização tanto do *layout* celular quanto do funcional, participação dos empregados e estoques de componentes acabados. Em termos de projeto do produto, a adoção de componentes modulares na configuração dos modelos reduz tempo e custos, somados ao alinhamento entre estrutura do projeto e a do processo, contribui para o sucesso da estratégia.

Piran (2015) realizou um estudo em uma empresa fabricante de ônibus, com o objetivo de avaliar os efeitos que a implementação da modularização de produto produz sobre a eficiência da engenharia de produtos e do processo produtivo. Para o estudo de caso em questão, foram avaliados longitudinalmente utilizando a combinação da análise envoltória de dados, a análise de variância e a avaliação de impacto causal em séries temporais. Ficou evidenciado que os resultados sobre os efeitos da modularização sobre a eficiência são positivos e significativos, além de observar diferenças significativas entre projetos e produtos modularizados e não modularizados.

O estudo realizado por Archer et al. (2010), contempla a aplicação e análise do uso de três metodologias de projeto de produtos modulares em um projeto de uma nova máquina de lavar ambientalmente amigável. Para o projeto estudou-se o *Modular Function Deployment* (MFD), o método heurístico e o *Design Structure Matrix* (DSM), métodos difundidos para a aplicação de uma arquitetura modular. Com a análise dos métodos apresentados, pode-se notar que as aplicações dos três métodos tiveram resultados similares, ao contrário do que era esperado. O DSM tratou-se de uma proposta conservadora e de fácil usabilidade, sendo o mais adequado à solução computacional. O MFD tratou-se de uma alternativa relevante para o mercado, enquanto o método heurístico assemelhou-se à tecnologia atual.

As exemplificações acima citadas tratam de problemas vivenciados constantemente pelas empresas, onde os autores defendem o emprego de algumas ferramentas que atuam como facilitadoras para o desenvolvimento e organização do projeto de produtos. A aplicação destas ferramentas depende muito do grau de maturidade das organizações, pois como podemos observar nos estudos descritos, há um movimento em relação à mudança de comportamento do consumidor, que busca por produtos que tenham cada vez mais características específicas a suas

necessidades. Esse movimento apesar de tímido é muito importante para a consolidação e sucesso das empresas.

A explicação das exemplificações é necessária para vínculo com o ambiente em análise. O estudo será realizado no setor de engenharia de produto, na empresa Mesal Máquinas e Tecnologia Ltda., localizada no bairro Licorsul, na cidade de Bento Gonçalves, onde atualmente são desenvolvidos um grande número de novos equipamentos, além de adequações de projetos antigos às atuais tecnologias, normas de segurança e *design*. A quantidade crescente de novas máquinas, traz consigo a criação de novos conjuntos e novos itens desenvolvidos pelos projetistas, além dos itens adquiridos de terceiros para compor os equipamentos. Tudo isso gera problemas organizacionais, falta de padronização na descrição e criação dos itens, perda de qualidade, além de perda referente ao tempo de desenvolvimento do projeto de produtos.

Verifica-se então que a aplicação de ferramentas de padronização no ambiente de desenvolvimento de produtos, traria diversos benefícios à engenharia de produto, auxiliando na estruturação da biblioteca de projetos, através da identificação dos itens padrões, trazendo mais agilidade na busca de informações pertinentes aos projetos, além de elevar os índices de confiabilidade dos produtos desenvolvidos pela engenharia de produto.

Com a criação de módulos intercambiáveis, pode-se ainda reduzir o tempo de entrega e planejamento dos itens para a manufatura. Além de auxiliar na criação de itens customizáveis, partindo do pressuposto que todo equipamento utiliza de conjuntos e itens padrões, facilitar a oferta de opções de customizações através de módulos pré-definidos. Logo, pelos dados apresentados justifica-se a execução deste trabalho.

1.2 OBJETIVOS

Na sequência vem apresentado o objetivo geral e específicos do trabalho.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo do trabalho é realizar um estudo de padronização de partes de produtos em uma família de máquinas de envase.

1.2.2 Objetivos específicos

Do objetivo geral derivam-se os específicos como sendo:

- a) revisar o uso das atuais bibliotecas de produtos;
- b) definir um produto alvo para estudo;
- c) verificar a estrutura do produto e definir possibilidades de padronização;
- d) simular o uso da padronização e medir o impacto financeiro da adoção.

1.3 ABORDAGEM E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho tem uma abordagem qualitativa, visto que aplica técnicas ligadas a lógica para elaboração de padronização de produtos por meio de ferramentas estruturadas. Além disso, pode ser classificada como uma pesquisa de natureza causal, visto que pretende verificar o impacto da criação de padrões sobre qualidade e valores monetários dos produtos com a adoção das ferramentas de padronização.

Com isso, o presente trabalho utiliza o método de estudo de caso para concluir seu desenvolvimento. Para Yin (2015), o estudo de caso pode ser classificado tanto por seu conteúdo quanto pelo propósito final ou ainda pela quantidade de casos (caso único – holístico ou incorporado ou casos múltiplos – também categorizados em holísticos ou incorporados). Existe uma predisposição destes tipos de estudo para que eles justifiquem o motivo pelos quais as decisões foram tomadas, bem como os parâmetros de implementação e o resultado.

Para atender a forma de pesquisa, o estudo foi estruturado em quatro etapas. Na primeira, serão avaliados os dados sobre o uso das atuais bibliotecas de projeto, onde serão levantados os métodos utilizados pela empresa para organização dos itens padrões.

Após essa análise, será definido um produto alvo para o estudo, utilizando os dados coletados junto ao *software* ERP da empresa, elencando os itens prioritários levando em consideração as máquinas de envase que mais foram demandadas em um espaço de tempo definido pela empresa.

Com o levantamento dessas informações, serão analisadas a estrutura do produto e o diagnóstico da possibilidade de implantação de métodos de padronização. Através de revisão bibliográfica e de estudos com a mesma aplicabilidade, serão definidas as metodologias específicas a serem utilizadas.

Em seguida, após o levantamento dos métodos apropriados, será simulado o uso da padronização em partes de produtos em uma família de máquinas de envase, podendo assim medir o impacto financeiro que tal ferramenta representa com sua adoção.

O trabalho em questão não tem como o objetivo a implementação dos métodos de padronização, mas sim identificar e simular a aplicação das ferramentas de padronização através da revisão bibliográfica.

O estudo será realizado na engenharia de produto, mais precisamente no setor intitulado Engenharia Mecânica Úmida, este responsável pelas máquinas de envase. Dentro desse equipamento, o foco do trabalho se dará na árvore de enchimento gravimétrico, por se tratar de uma das partes de produto que mais influencia o sucesso do equipamento. Os resultados obtidos através da aplicação da proposta do trabalho, poderão ser utilizados para auxiliar na implantação da padronização em outras partes de produto de diferentes famílias de produto da empresa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são abordados e destacados os principais conceitos para o completo desenvolvimento do trabalho, utilizando ferramentas e métodos relacionados à padronização de produto, desenvolvidos por diversos autores presentes na literatura.

2.1 METODOLOGIA *DESIGN FOR X (DFX)*

Na obra de Rozenfeld (2006), citam-se as dificuldades para a equipe de desenvolvimento do produto em criar projetos superiores com alta eficiência e desempenho satisfatório em todos os aspectos. Essas dificuldades nas primeiras fases do ciclo de vida de projeto de produto vão desde o nível de abstração do produto, até a complexidade e quantidade desses aspectos. Segundo Ogliari et al. (2010), apesar das diversas técnicas de otimização de projeto, os projetistas deparam-se com problemas mais complexos durante o processo de desenvolvimento de produtos como problemas multivariáveis, multicritérios e multidisciplinares. Para Bralla (1996), existem técnicas que auxiliam a melhorar determinada habilidade, dentre as quais se destaca o DFX, que tem por foco projetar em características otimizadas.

No *Design for X*, ou "Projeto para X" como foi traduzido para o português, o "X" equivale a habilidades ou características, como: meio ambiente, desmontagem, ergonomia, confiabilidade, montagem, custo, estética, reciclagem, dentre outros (HUANG, 1996). Back et al. (2008) apresentou um levantamento inicial de 18 habilidades citadas na literatura, enquanto Rozenfeld et al (2006) listou 25 tipos de DFXs encontrados na literatura e utilizados em empresas. Melo (2016) destaca que se devem utilizar métodos ou ferramentas de seleção da melhor X-bilidade (junção de X com habilidade, aplicada por autores) em função da necessidade especificada pelos projetistas, pois a melhoria de uma característica pode influenciar positiva ou negativamente em outra.

2.2 DFMA – DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY

Segundo Boothroyd (1994) o *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA) é uma técnica empregada durante o desenvolvimento e melhoria de produtos, tendo como objetivo proporcionar a facilidade da manufatura e redução de custos.

Para Barbosa (2012), o objetivo do *Design for Manufacturing (DFM)* é desenvolver um produto funcional, com processos envolvidos na manufatura do produto simplificados, visando à redução dos custos de produção. Esta técnica guia o projetista para o desenvolvimento do melhor produto do ponto de vista de sua manufatura, sendo composta de vários princípios, conceitos e regras.

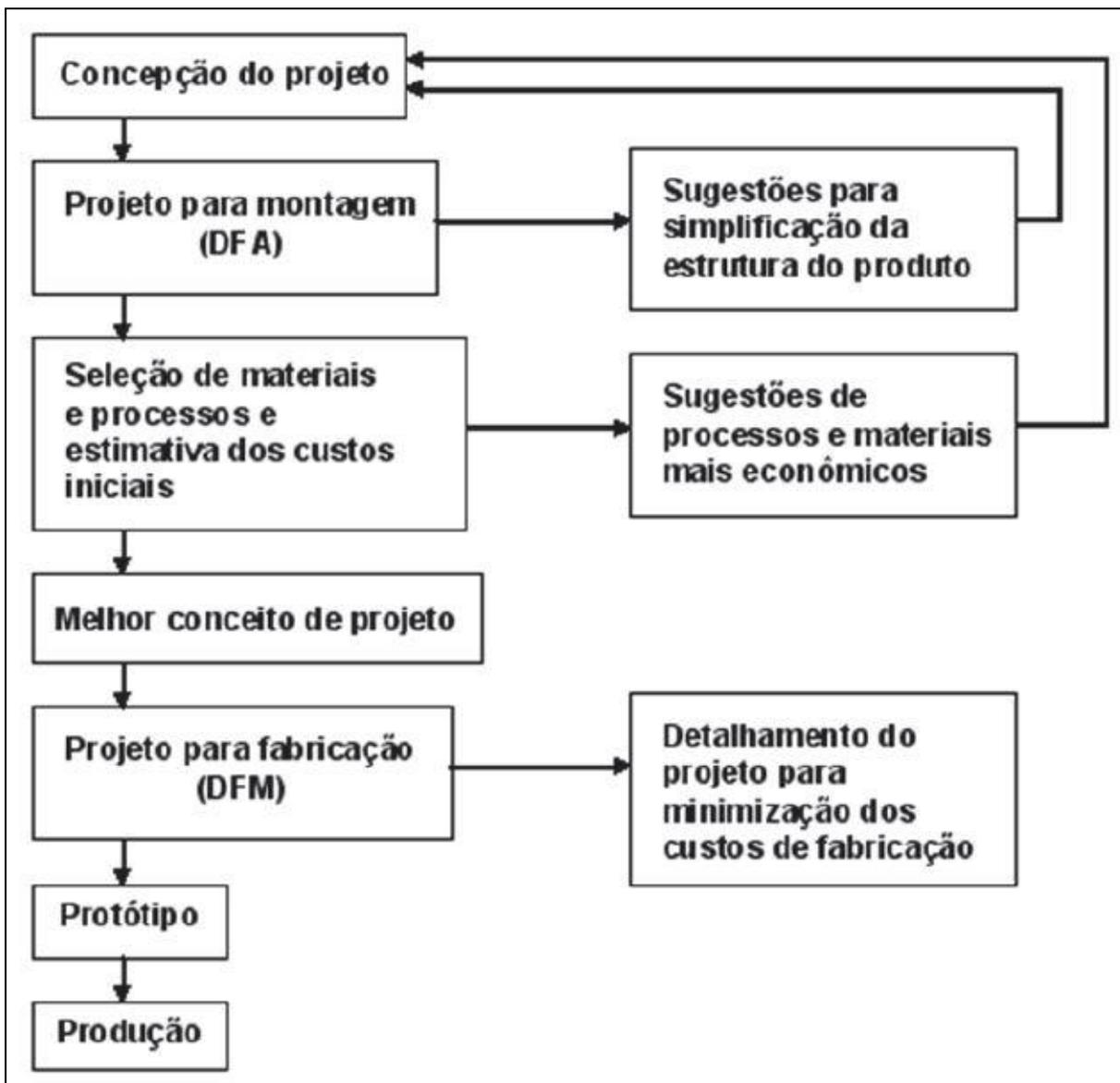
Design for Assembly (DFA) tem como objetivo desenvolver um produto simples e funcional para a etapa de montagem, reduzindo o número de peças, analisando separadamente a função, forma, material e montagem de cada uma das peças (BARBOSA 2012),

Pela obra de Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994), "*Manufacturing*" é a operação de fabricar um componente individual, enquanto "*Assembly*" é a simples montagem de um componente para formar o produto final. Sendo assim, DFM e DFA devem ser compreendidos e aplicados de maneira distinta, mas sempre que possível de maneira simultânea, para que a complexidade e número de peças sejam reduzidos na fabricação e montagem final do produto, evitando também que as modificações indicadas pelo DFM dificultem o processo de montagem, impedindo que o DFA seja aplicado em sua íntegra.

Barbosa (2012), cita que o uso do DFMA traz significativos benefícios ao produto, como: qualidade, diminuição do número de peças, simplificação do processo de montagem e do produto, padronização, modularização, confiabilidade, grande redução de custos de produção e incentivo ao trabalho em equipes multidisciplinares (Engenharia Simultânea). Para Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994), o DFMA deve ser aplicado com maior ênfase no início da fase conceitual do projeto, sendo que nesta fase os custos provenientes de modificações são baixos e o tempo do projeto pode ser reduzido, agilizando a disponibilidade do produto ao mercado, com o preço mais competitivo. Salienta-se ainda a relevância dos aspectos da qualidade nesta fase do projeto, visto que há uma dificuldade muito maior em aplicar em produto já desenvolvido.

A Figura 1 demonstra o ciclo de aplicação do DFMA no processo de projeto. Demonstrando que a aplicação do método se justifica na fase do projeto conceitual, com o objetivo de reduzir o tempo e o custo. Sendo que quando aplicada a fase de concepção e detalhamento, fazem com que o ciclo retorne à fase do projeto conceitual, com a simplificação da estrutura do produto, materiais e processos econômicos mais simples.

Figura 1 - Estrutura da aplicação do DFMA no processo de projeto

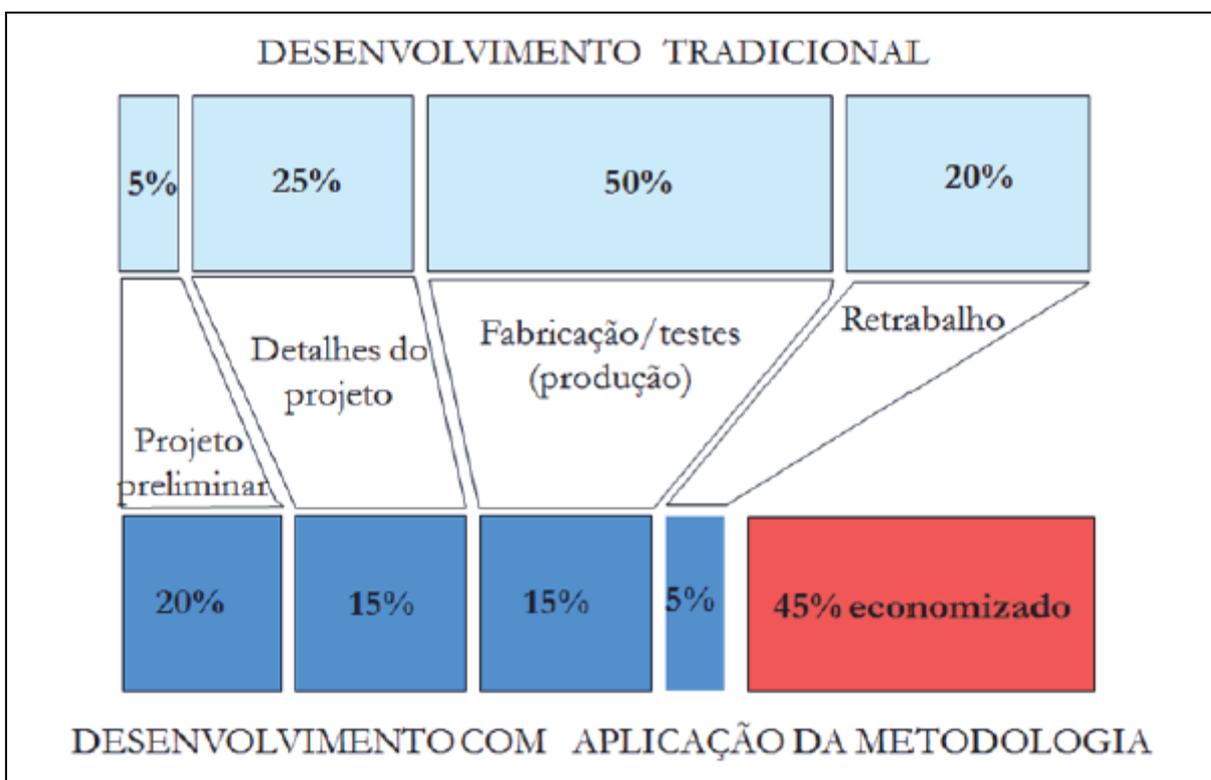


Fonte: Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994)

Souza (1998) apresenta 04 técnicas que podem ser usadas: julgamento de praticabilidade (bom senso da equipe), disponibilidade tecnológica (analisa a existência de tecnologia para se projetar o produto), avaliação baseada no passa/ não passa (as alternativas devem atender os requisitos dos clientes internos e externos) e a matriz de decisão (determina a melhor alternativa de concepção, aquela que mais se adéqua aos requisitos dos clientes e condição de montagem)". Nesta fase do projeto, requisitos de funcionalidade do produto e requisitos de manufatura e montagem, são analisados com base nas alternativas propostas até o momento (BARBOSA, 2012).

Na Figura 2, o desenvolvimento do produto com e sem aplicação do DFMA são comparados, o que confirma que o DFMA quando aplicado no início do projeto reduz o tempo total de desenvolvimento.

Figura 2 - Redução de tempo quando aplicado no início do projeto



Fonte: Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994)

Ainda conforme Barbosa (2012) nota-se uma redução considerável no tempo total do desenvolvimento de projeto, aplicando o DFMA na fase conceitual do projeto, que apesar de aumentar o tempo inicial da etapa, em comparação ao modelo de desenvolvimento tradicional, reduz consideravelmente o tempo gasto com outras etapas, de detalhamento do projeto e nas modificações e prototipagem.

2.3 PRINCÍPIOS E REGRAS DO DFMA

Bralla (1996) descreve o DFMA como um sistema em contínuo desenvolvimento, sendo composto de diversos conceitos, ferramentas, métodos e técnicas para facilitar e aperfeiçoar a fabricação de componentes ou simplificar a montagem de produtos. Para Barbosa (2012), o DFMA tem como objetivo desenvolver um produto simples e funcional, reduzindo o

custo do produto e da montagem, levando em consideração a função, material, forma e montagem de cada peça.

Para auxiliar os projetistas no desenvolvimento de produtos, foram criados vários princípios que atendem aos requisitos básicos da metodologia DFMA. Estes princípios utilizados são encontrados na literatura. Visando conseguir um produto que atenda todas as necessidades do cliente, estão elencadas as principais regras que devem ser aplicadas (BARBOSA, 2012).

2.3.1 Minimização do número de peças

Segundo Barbosa (2012), este é um dos princípios de maior impacto, pois simplifica o produto final e reduz custo e tempo de montagem e custo do produto com a redução do número de peças. Boothroyd; Dewhurst; Knight (1994) sugerem que uma série de perguntas deve ser respondida para averiguar se o componente realmente é necessário ao produto, sendo que se alguma resposta for afirmativa, a peça deve ser mantida separada das demais e não poderá ser descartada:

- a) O componente tem movimento relativo ao conjunto?
- b) O material do componente deve ser diferente do material do conjunto?
- c) O componente deve ser separado para permitir a desmontagem e remontagem do conjunto?

Bralla (1996) cita em sua obra um trecho do texto de Stoll que diz: "Menor número de peças significa menos tudo que é necessário para manufaturar um produto. Isto inclui tempo de engenharia, desenhos e números de peças, controle de produção e inventário; número de pedidos de compra, vendedores, etc.; número de caixas, *containers*, armazém, *buffers* etc.; número de equipamentos de manuseio, número de movimentos etc."

2.3.2 Montagem modular ou com componente-base

Para Barbosa (2012), a montagem com componente-base é uma técnica utilizada para montar produtos diferentes usando apenas uma base. Para facilitar a montagem e reduzir o custo do produto, características de alinhamento e componentes de fixação são anexadas ao projeto. Fazendo uso da montagem modular tem-se mais agilidade e flexibilidade ao processo, além de

diversificar a gama de produtos com a combinação de módulos funcionalmente independentes e intercambiáveis.

Rozenfeld (2006) define que para ser considerado um produto modular, seus módulos podem ser testados independentemente, enquanto suas interfaces de montagem são projetadas de forma padronizadas.

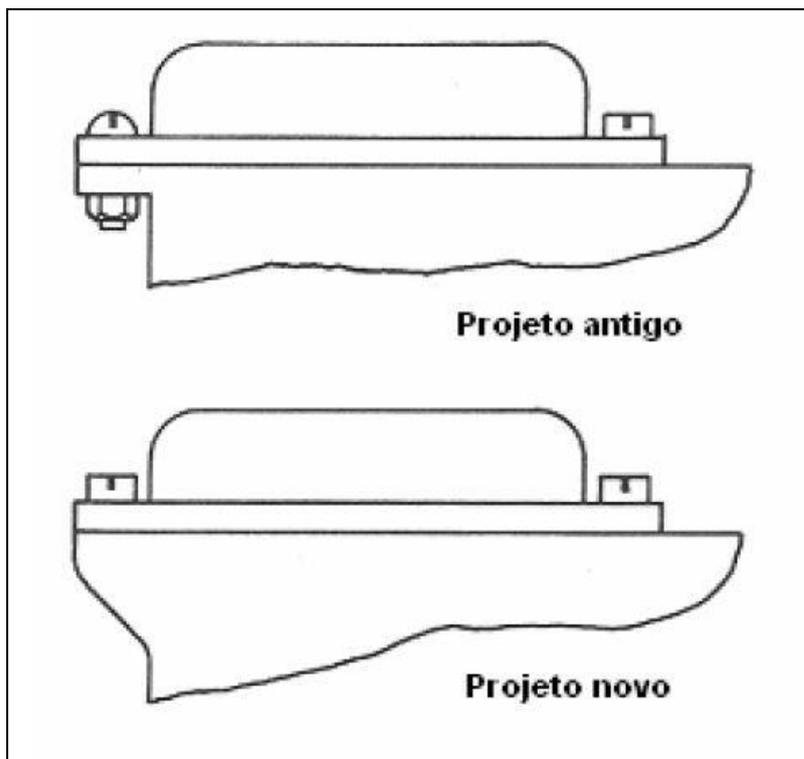
2.3.3 Padronização de componentes

A padronização de modo geral melhora a qualidade, aumenta a confiabilidade, possibilita maior intercambiabilidade, disponibilidade, reduz a variedade e traz vantagens econômicas para a empresa (ROZENFELD, 2006). Barbosa (2012) cita que: A padronização de componentes implica na redução da variação de peças em uma linha de montagem, redução de tempo com engenharia no desenvolvimento de novos componentes, redução no manuseio, otimização da montagem, padronização de ferramentas, redução de treinamento de pessoal e aumento da qualidade e confiabilidade do produto, etc.

Barbosa (2007) afirma que sempre que possível deve se utilizar o conceito de padronização de componentes, facilitando a montagem e por consequência diminuindo os custos com peças estocadas, equipamentos e do produto final. Ainda segundo o autor, este conceito tem alta aplicabilidade aos componentes de fixação, diminuindo a variação na linha de montagem, treinamento e número de ferramentas.

A Figura 3 exemplifica a aplicação da padronização, ela demonstra através de uma revisão de um projeto antigo, concebido com dois tipos de parafusos diferentes que fixavam os componentes em um lado com porca fixa e no outro com porca solta. Após a padronização dos prendedores, passou a ter o mesmo parafuso e porca fixa.

Figura 3 - Peças padronizadas



Fonte: Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994)

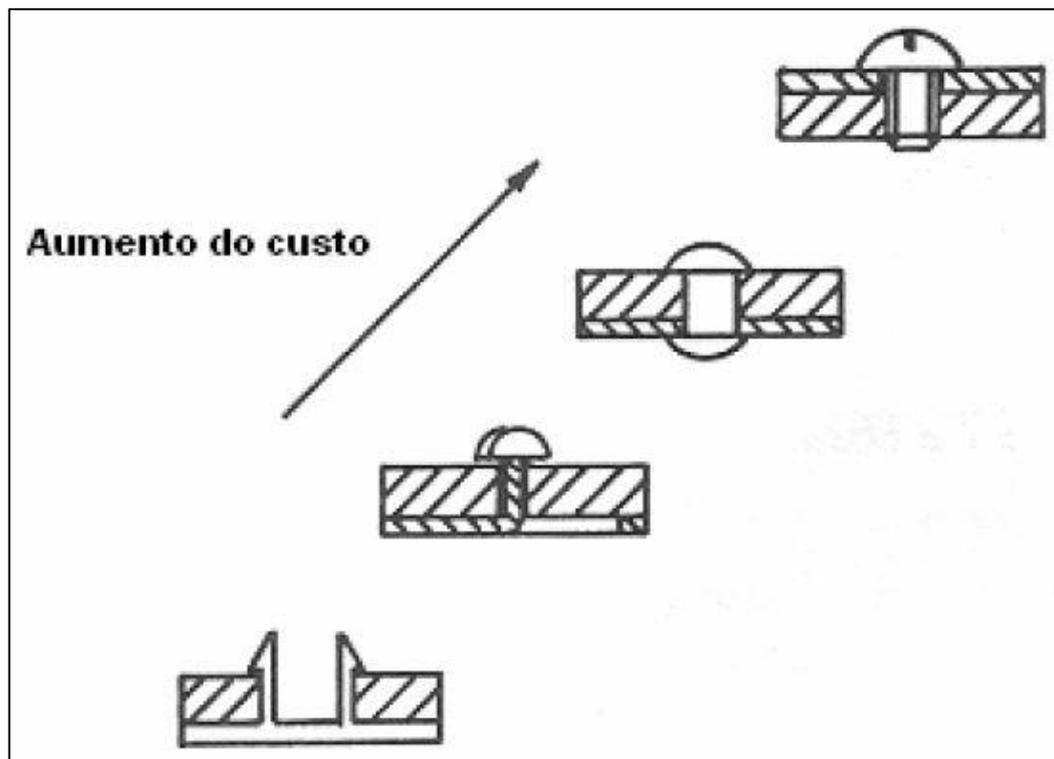
2.3.4 Projeto de peças com características auto-fixadoras

Barbosa (2012) sugere que para facilitar a montagem e desmontagem sempre que possível deve-se projetar peças com características auto-fixadoras, eliminando e, ou reduzindo, o uso de componentes de fixação como, por exemplo, parafusos, arruelas e porcas.

Segundo Sousa (1998), pode-se usar a auto-fixação projetando encaixes em peças plásticas (exemplo: *snaps*) e criando em peças de chapas metálicas características do tipo *tab-in-slot*, visando reduzir o número de fixadores.

A Figura 4 representa o aumento do custo do projeto em função da complexidade dos fixadores na montagem, sendo que quanto mais componentes de fixação forem usados, maior será o custo final do produto.

Figura 4 - Métodos comuns de fixação



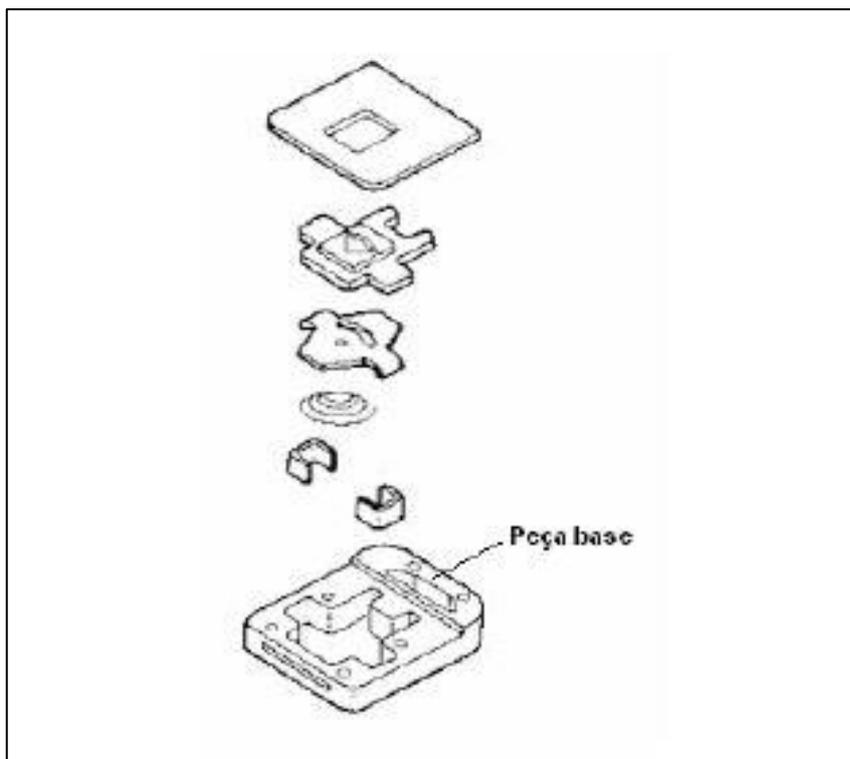
Fonte: Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994)

2.3.5 Montagem empilhada ou unidirecional

Para reduzir a quantidade de reorientações do componente durante a sua montagem, deve-se utilizar no projeto de um produto o conceito de montagem empilhada ou unidirecional, que consiste na montagem no sentido de cima para baixo, utilizando sempre a lei da gravidade, tendo por objetivo facilitar o processo de fabricação (BARBOSA, 2007).

Na Figura 5 tem-se o exemplo de uma montagem unidirecional, partindo da componente base os demais componentes são anexados de cima para baixo de forma sequencial, dessa forma tem-se mais facilidade no processo e menor índice de erros.

Figura 5 - Montagem empilhada ou unidirecional



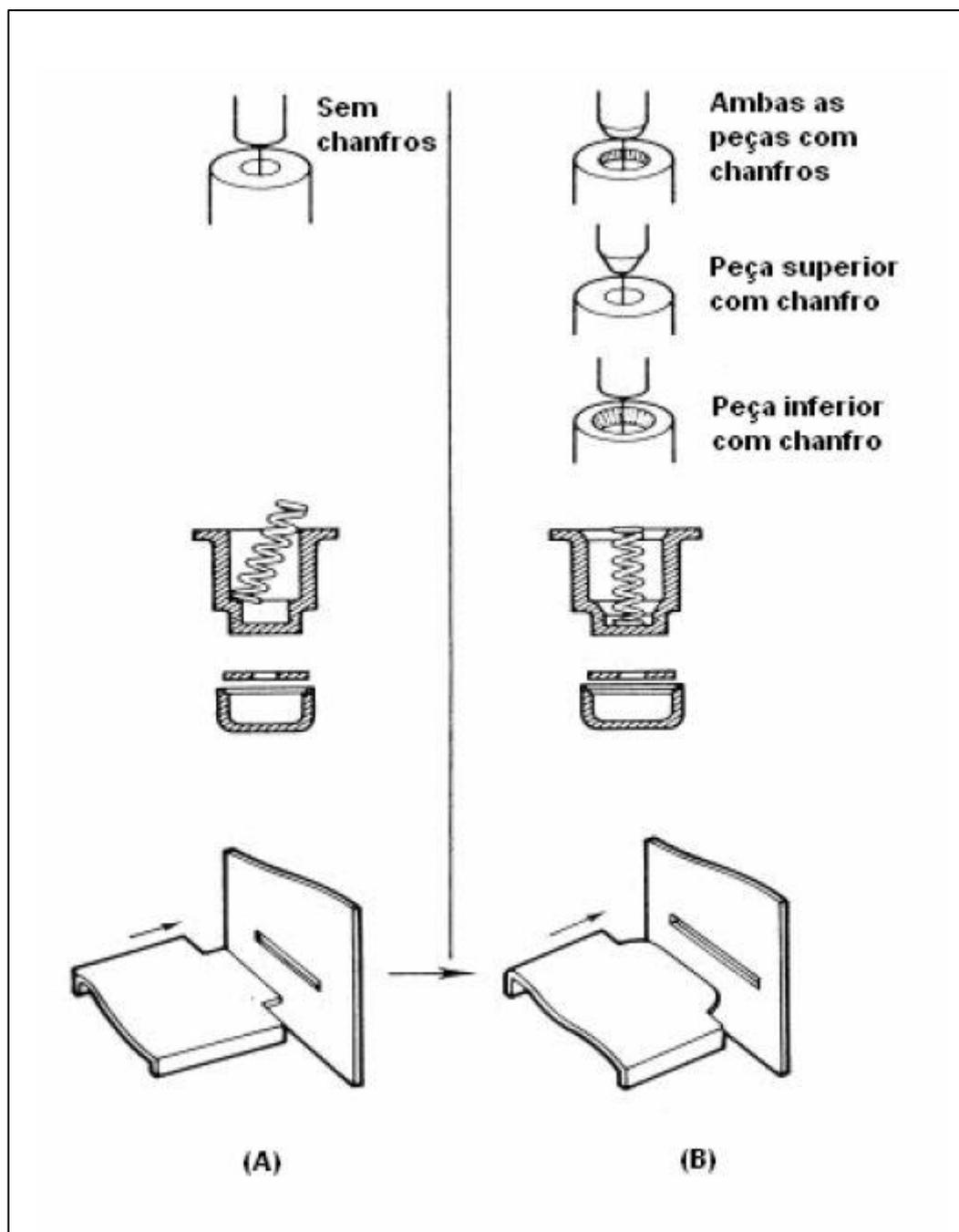
Fonte: Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994)

2.3.6 Projetar peças com características de auto-localização

Segundo Barbosa (2007), para que se tenha uma montagem precisa, fácil, rápida e sem ajustes os projetistas devem pensar em desenvolver produtos com características auto-localizadoras. Estas características podem ser conseguidas através de chanfros, rebaxos etc., permitindo que a montagem possa ser realizada automaticamente por um equipamento, aumentando a qualidade e reduzindo o tempo do processo.

A Figura 6 ilustra dois exemplos, o projeto A não utiliza dessas características e o projeto B demonstra toda a facilidade de montagem de componentes com características auto-localizadoras.

Figura 6 - Peças com características de auto-localização



Fonte: Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994)

2.3.7 Minimização de níveis de montagem

Para Barbosa (2007), os projetistas devem prever a possibilidade de fracionar a montagem final de um produto em submontagens, facilitando dessa forma a manufatura, a documentação e todo o processo de fabricação. Com a aplicação desta técnica, tem-se inúmeros benefícios, tanto para empresa que tem maior flexibilidade na programação de seu processo,

quanto para o cliente, sendo que através deste método tem-se maior confiabilidade, qualidade, simplicidade e facilidade de manutenção.

2.3.8 Facilidade de manipulação de peças

Segundo Souza (1998), o projeto deve contemplar itens de fácil manipulação e peso reduzido. Para o autor, a manipulação é afetada pelos fatores enumerados a seguir:

- a) Geometria: simplificada pelo emprego de formas regulares;
- b) Rigidez: evitar materiais moles, macios, frágeis e pontiagudos;
- c) Peso: evitar componentes pesados;
- d) Peças muito pequenas, muito grandes ou escorregadias devem ser evitadas para facilitar o manuseio;

A Figura 7 demonstra os fatores que afetam a manipulação.

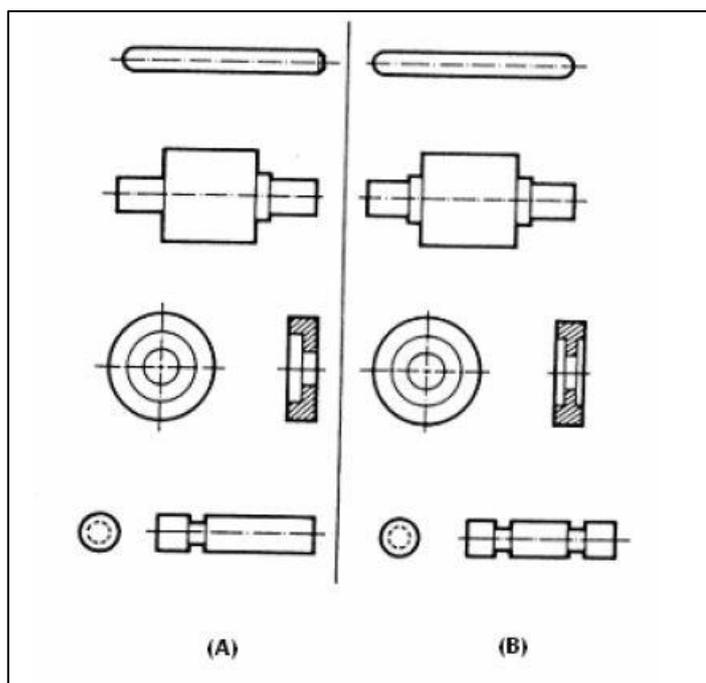
Figura 7 - Peças muito pequenas, escorregadias, pontiagudas e flexíveis



Fonte: Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994)

- e) O uso de peças simétricas sempre que possível facilita a orientação e reduz a ocorrência de falhas durante a montagem. A figura 8 exemplifica a característica de simetria;

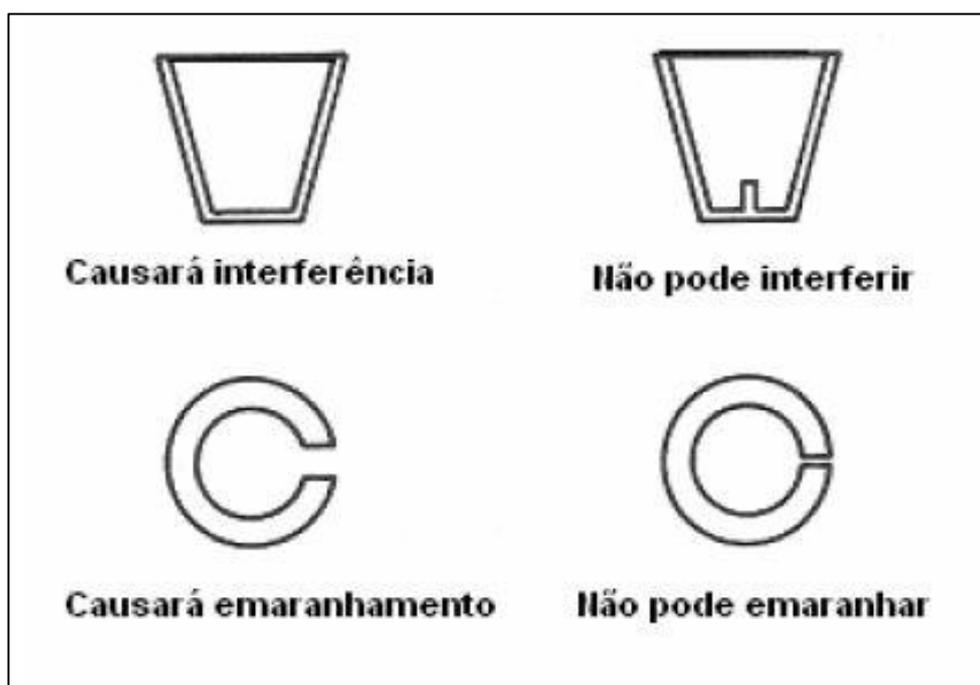
Figura 8 - Peças simétricas em relação às suas possibilidades de montagem



Fonte: Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994)

f) Evitar a utilização de peças emaranhadas e que possam ficar presas (Figura 9);

Figura 9 - Peças possíveis de ficar presas ou emaranhadas



Fonte: Boothroyd, Dewhurst e Knight (1994)

- g) O empacotamento individual de peças deve ser considerado;
- h) Usar furos ovais (oblongos) para evitar ajustes;
- i) As propriedades elásticas dos materiais devem ser utilizadas como vantagem;
- j) Facilitar o acesso ao componente, maximizando o espaço disponível;
- k) Evitar peças que necessitam ser manipuladas por duas ou mais mãos;

2.3.9 Projeto para estabilidade

No projeto de componentes, deve-se priorizar os componentes que ficam estáticos ao invés de peças que se movimentam durante o processo de montagem, pois dessa forma evita-se o operador perder tempo e preocupar-se com o processo, além de evitar perdas (BARBOSA, 2007)

2.3.10 Minimização da necessidade de ajustes

Para Barbosa (2007), eliminar ou reduzir ajustes durante a montagem traz enormes benefícios para o processo. Para tal deve-se definir as tolerâncias geométricas corretamente, criando assim componentes ideais e livres da necessidade de ajustes durante a montagem, possibilitando montagens fáceis, o que impacta diretamente na confiabilidade e no aumento da qualidade do produto.

2.3.11 Otimização da sequência de montagem

A coerência na montagem do produto determina a sequência de montagem. Para facilitar e reduzir tempo neste processo, quanto mais otimizado melhor para a manufatura do produto (BARBOSA, 2007).

Para Souza (1998) a determinação da sequência pode ser feita pela sequência de desmontagem. Ainda segundo o autor, duas suposições podem ser feitas: Desmontagem é um processo no qual cada peça pode ser retirada da estrutura, sem prejudicar a estrutura da submontagem e a sequência de montagem é o inverso da sequência de desmontagem.

Conforme Souza (1998), deve-se evitar posições inseguras e instáveis para o produto, equipamentos ou operários. O autor complementa que uma sequência eficiente é aquela que possui o menor número de passos e evita o risco de danificar peças.

3 PROPOSTA DE TRABALHO

Neste capítulo são apresentadas o cenário atual da Engenharia de Produto da empresa Mesal Máquinas e Tecnologia Ltda., assim como uma proposta das etapas a serem desenvolvidas para possibilitar a simulação da aplicação das ferramentas de padronização.

3.1 CENÁRIO ATUAL

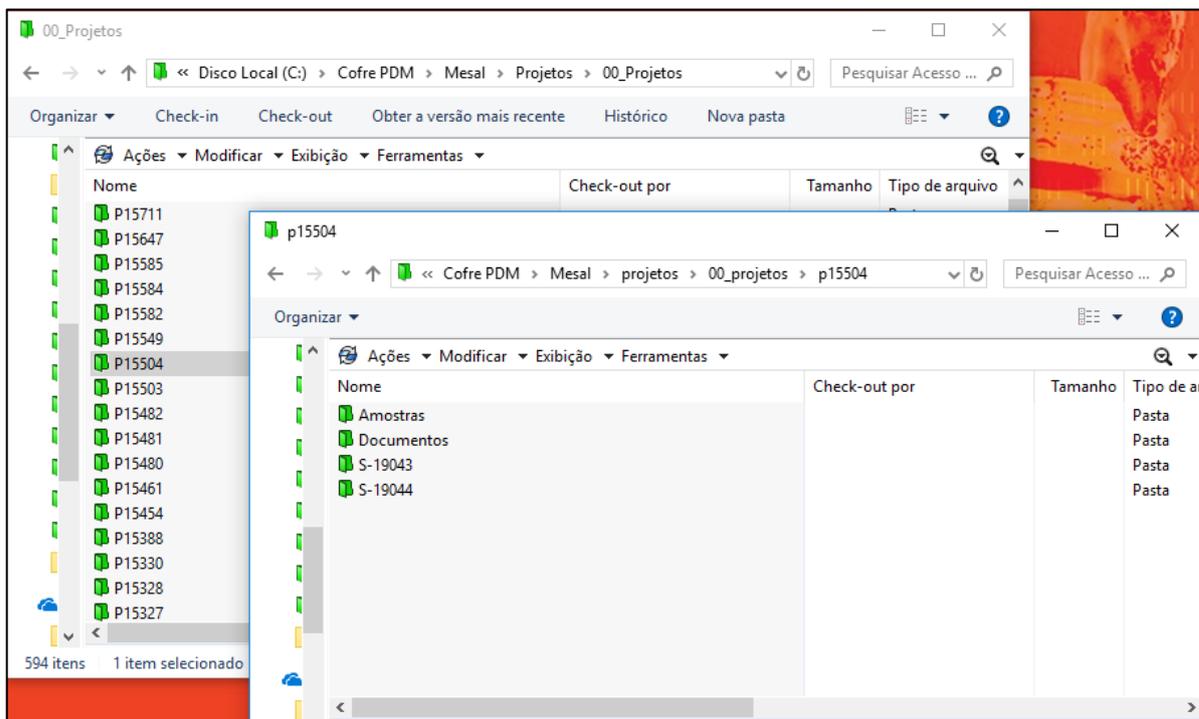
A Mesal é uma empresa que oferece soluções completas para linhas de envase e paletização. Fundada em 1980, em 1995 passou a receber a atual denominação Mesal Máquinas e Tecnologia Ltda. Atualmente a empresa fornece soluções para as famílias de embalagem, envase, movimentação, paletização, processamento e rotulagem, além ainda de fornecer venda de serviços de corte e usinagem.

O setor de Engenharia de Produto da empresa é dividido em Engenharia Mecânica e Engenharia Elétrica, sendo o primeiro responsável pelo projeto das máquinas e equipamentos, e o segundo responsável pela automação e instalação elétrica. Ainda, o setor de Engenharia Mecânica é dividido em dois centros de trabalho, denominados Engenharia Mecânica Úmida, este responsável pelo projeto de máquinas de envase, e a Engenharia Mecânica Seca que desenvolve projetos de movimentação e paletização.

A Engenharia Mecânica Úmida atualmente é composta por sete desenhistas projetistas, e é liderada por um coordenador que tem dentre suas atribuições a divisão das tarefas, o gerenciamento dos recursos disponíveis do time de projeto, o acompanhamento do desenvolvimento do projeto e além de uma revisão macro do projeto liberado para sua próxima etapa do processo.

Após a consolidação da venda de um equipamento pelo setor Comercial da empresa, é gerado o Pedido de Venda (PV). O PV é composto por Séries que identificam cada equipamento que foi vendido junto ao cliente, sendo estas séries compostas de cinco números, sendo que os dois primeiros representam o ano da venda e os outros três números são sequenciais. Os projetos são organizados levando em consideração estas informações dentro do sistema *Product Data Management* (PDM) da empresa, onde eles são alocados em pastas dentro do cofre de arquivos. A Figura 10 ilustra a organização adotada pela empresa.

Figura 10 - Organização dos pedidos de venda e séries de equipamentos



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Ainda com a confirmação da venda, o setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP) ao receber as informações pertinentes aos equipamentos a serem produzidos e tendo por base os prazos de entrega determinados no PV, organiza dentro da intranet da empresa as tarefas e os prazos para entrega das mesmas para que o produto chegue ao cliente no prazo determinado. Como apresentado na Figura 11, as séries que representam o equipamento são divididas em tarefas que representam os níveis de entrega do projeto.

Figura 11 - Agenda da intranet com as tarefas alocadas ao recurso

Editar	Pedido	Divisão de Venda	Prioridade	Série	Cliente	Título	Modelo	Tipo de Projeto	Status	Atribuído a	Entrega Eng. Aplicação	Início Planejamento	Entrega Nota Fiscal	Conclusão Engenharia
		15794	NORMAL	NORMAL	19072	REBICA INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	GERAL CLIENTE	MEG 8/10/4	APERFEIÇADO	Não Iniciada	Cristian Martins	17/05/2019 00:00	21/05/2019	05/07/2019
		15794	NORMAL	NORMAL	19072	REBICA INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	GERAL MAQUINA	MEG 8/10/4	APERFEIÇADO	Não Iniciada	Cristian Martins	17/05/2019 00:00	21/05/2019	05/07/2019
		15794	NORMAL	NORMAL	19072	REBICA INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	MOTOREDUTOR	MEG 8/10/4	APERFEIÇADO	Não Iniciada	Cristian Martins	17/05/2019 00:00	21/05/2019	05/07/2019
		15794	NORMAL	NORMAL	19072	REBICA INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	REPOSICAO	MEG 8/10/4	APERFEIÇADO	Não Iniciada	Cristian Martins	17/05/2019 00:00	21/05/2019	05/07/2019
		15794	NORMAL	NORMAL	19072	REBICA INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	PNEUMATICOS	MEG 8/10/4	APERFEIÇADO	Não Iniciada	Cristian Martins	19/06/2019 00:00	25/06/2019	05/07/2019

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

As tarefas alocadas primeiramente ao coordenador de cada time, são divididas e realocadas entre os recursos do time de projeto, onde em geral, cada projetista fica encarregado pelas tarefas de sua *expertise*.

O projetista tendo em mãos as tarefas atribuídas a ele, busca informações sobre o equipamento de duas formas, dentro do sistema *Enterprise Resource Planning* (ERP) ou dentro do próprio sistema PDM onde ficam armazenadas ao PV todos os documentos e amostras catalogadas que são exportadas manualmente pela Engenharia de Processo. A Engenharia de Vendas, setor responsável pela transição das informações entre o Comercial e a Engenharia de Produto, faz o preenchimento de um relatório denominado Relatório de Dados de Máquina, onde são completadas as informações pertinentes ao equipamento a ser produzido, a Figura 12 demonstra como são registradas as informações dentro do ERP.

Figura 12 - Relatório de dados de máquina

NÚMERO DE SÉRIE: 19072				
II EQUIPAMENTO:1030 - EQUIPAMENTO ENCHEDORA - ID: (240097)				
III PEDIDO: 15794 DATA ENTREGA: 28/06/2019 - SITUACAO: LIB - CANC: 0				
IV CLIENTE: 7701 - REBICA INDUSTRIA E COMERCIO LTDA				
OBS ITEM				
Seq	Característica	Resposta	Opção	ID
6	MODELO DA ENCHEDORA	MEG 8/10/4		240097
7	SISTEMA DE TRANSFERENCIA MAQUINA	BASE - KIT		240097
8	SENTIDO DE ROTACAO	ESQUERDA - HORARIO		240097
10	SISTEMA DE ENXAGUE	SIMPLES		240097
12	TECNOLOGIA DE ENVASE	GRAVIDADE		240097
13	SISTEMA DE TAPAMENTO	ROSCA		240097
15	RETORNO DE PRODUTO	NAO		240097
17	POSSUI CIP	SIM		240097
19	TIPO DE CIP	CIP MANUAL		240097
22	AREA CLASSIFICADA	NAO		240097
24	REGULAGEM DE ALTURA DO ENXAGUADOR	MANUAL		240097
26	REGULAGEM DE ALTURA DA ENCHEDORA	MANUAL		240097
28	REGULAGEM DE ALTURA DO TAPADOR	MANUAL		240097
29	QUANTIDADE DE SELECIONADORES	1		240097
30	TIPO DE SELECIONADOR 1	AGITADOR		240097
46	MARCA DOS COMPONENTES PENUMATICOS	MESAL		240097
47	MARCA DE COMPONENTES ELETRICOS	MESAL		240097
48	MARCA DOS COMPONENTES DO TRANSPORTE	MESAL		240097
49	IDIOMA DOS ADESIVOS/MANUAL	PORTUGUES		240097
50	FRASCO PRINCIPAL (ML)	5000		240097
60	MATERIAL DO FRASCO	PET		240097
62	TRANSLUCENCIA DO FRASCO 1	TRANSLUCIDO		240097
64	PESO DO FRASCO 1 (GRAMAS)	0		240097
66	DIAMETRO INTERNO DO GARGALO 1 (MM)	0		240097
70	TIPO DE PRODUTO FRASCO PRINCIPAL	AGUA S/ GAS		240097
80	TIPO DA TAMPA FRASCO PRINCIPAL	PCO 48		240097
85	PRODUCAO FRASCO PRINCIPAL	24000 F/H		240097
90	FRASCO 2 (ML)	6000		240097
100	MATERIAL DO FRASCO	PET		240097
102	TRANSLUCENCIA DO FRASCO 2	TRANSLUCIDO		240097

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Geralmente antes de começar o desenvolvimento do projeto, é organizada uma reunião de abertura de projeto com um representante da Engenharia de Vendas, um representante da Engenharia Elétrica e o coordenador do time de projeto. Esta reunião tem como premissa o levantamento e possível esclarecimento de dúvidas pertinentes aos equipamentos, sendo a mesma registrada em ata e anexada aos documentos dentro do PDM.

A Mesal apesar dos quase 40 anos de existência, implementou em 2007 o sistema atual de ERP e a menos que uma década iniciou a transição do *software* CAD 2D, para o *software* CAD 3D, evolução esta que possibilitou agilizar e melhorar os processos produtivos num todo. Ao mesmo tempo em que este avanço possibilitou evoluir o planejamento e a visualização dos processos, trouxe consigo a necessidade de uma nova organização ao projeto de produtos, o que ainda no cenário atual encontra se em constante mudança devido às trocas de gerenciamento e metodologias.

Com a evolução dos *softwares* de projeto, os códigos dos itens que antes eram gerados manualmente, passaram a ser gerados automaticamente e sequencialmente pelo sistema. Antes

os códigos também tinham a função de identificar as famílias de produto dos itens o que com a nova configuração deixou de ser pertinente. Em contrapartida, num primeiro momento ficou definido que a descrição dos itens seria fundamental para organização da estrutura de produto, e partindo disso foram criados dentro do PDM modificadores pré-configurados, limitando e direcionando a escolha dos projetistas no momento do cadastro dos itens novos, o que facilitaria a posterior pesquisa e reaproveitamento dos itens.

Esta metodologia vigorou até o ponto em que foi feita a troca da gestão da engenharia de produto, com isso também foi alterada a metodologia de organização e cadastro dos itens, não sendo mais limitada a escolha dos configuradores da descrição dos itens, pois julgava-se que a organização em pastas seria muito mais efetiva, abrindo assim a possibilidade de criação de descrições diferentes das previstas, acrescentando apenas um ponto antes da descrição, abrisse a opção para inúmeras descrições de itens.

Uma nova mudança da gestão, deixou as duas metodologias inacabadas e ineficientes, pois não foram organizados parcialmente em pastas os arquivos e as descrições foram direcionados para a não utilização de modificadores. Com isso, a organização, criação e cadastro dos novos itens ficou a cargo dos projetistas e de seus conhecimentos, o que gerou diversas formas de organização, itens duplicados, falta de padrões de projeto e de uma biblioteca de projeto.

O que acontece rotineiramente, quando há a entrada de um pedido de uma máquina de envase, num primeiro momento são avaliados os equipamentos existentes no histórico, para tal, busca-se informações em uma planilha eletrônica organizada pela coordenação, com os equipamentos liberados parcialmente organizados e algumas particularidades do mesmo, pois apesar dos equipamentos terem o mesmo modelo, eles apresentam diferentes configurações ou customizações que suprem as necessidades dos clientes. Quando não são encontradas todas as informações necessárias, busca-se entre os projetistas o conhecimento de equipamentos e componentes específicos para o projeto do equipamento. Por último é feita a tentativa de encontrar dentro do sistema ERP os dados de equipamentos e componentes similares para o projeto, mas devido à falta de padronização torna-se imprecisa e na maioria das vezes nula a busca.

A Mesal dispõe de uma biblioteca de projetos dentro do Cofre PDM, entretanto grande parte das pastas que a organizam estão vazias, pois este sistema de organização foi adotado pela gestão anterior da Engenharia de Produto e apenas alguns poucos itens compõem este acervo. Existe ainda uma planilha alocada dentro do sistema onde estão listados os itens considerados padrões para os equipamentos de envase, mas as atualizações são imprecisas e podem gerar

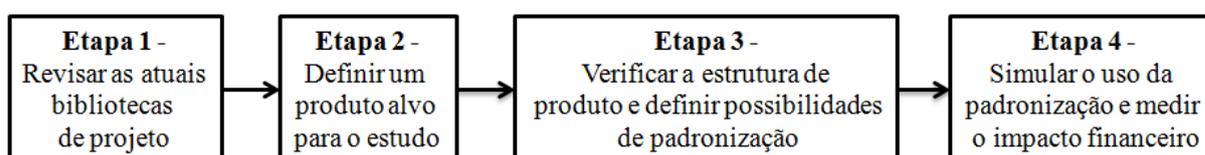
dúvidas, necessita-se uma avaliação mais criteriosa para a aplicabilidade dos componentes ali listados.

Sendo assim, no atual cenário a dificuldade de pesquisa por itens, a inexperiência por parte dos projetistas, a falta de treinamento adequado para tal, além da falta de um método consistente de organização e padronização, faz com que decisões sejam tomadas erroneamente, que itens e equipamentos sejam projetados de forma incoerente, partindo de versões antigas de projeto e fazendo com que um mesmo equipamento possa ser produzido de diferentes maneiras, gerando custos indesejados, perdas de tempo de processos, falta de qualidade e confiabilidade.

3.2 CENÁRIO PROPOSTO

A proposta deste trabalho é realizar um estudo de padronização de partes de produtos em uma família de máquinas de envase. Para que seja atendido o objetivo geral do trabalho foi definido um método de trabalho, dividido em quatro etapas alinhadas com os objetivos específicos. A Figura 13 ilustra as etapas para realização do trabalho.

Figura 13 - Etapas do Trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Na Etapa 1 serão revisadas as bibliotecas de projeto existentes, mapeando a biblioteca projetos CAD 3D e a planilha onde estão listados os itens considerados padrões para as máquinas de envase, sendo que eles se localizam dentro do Cofre PDM. Confrontando os dados do mapeamento, pode se ter uma noção precisa da situação atual. O objetivo desta primeira etapa é ter uma visão macro do problema de estruturação e organização dos itens base para o desenvolvimento das máquinas de envase. Esta análise servirá de suporte para o desenvolvimento da etapa seguinte.

A Etapa 2 contempla a definição de um produto alvo. Em conjunto com a Gerência da Engenharia, ficou determinado que o produto alvo fosse o tanque reservatório das máquinas de envase gravimétrico, pois o mesmo não tem definido parâmetros de projeto e, portanto, este seria um produto com ótimas oportunidades de melhoria.

Para obtenção dos dados desta segunda etapa, serão consultados os equipamentos de envase gravimétrico desenvolvidos ou demandados à Engenharia Úmida no ano de 2018 e no primeiro semestre de 2019, período este definido também em conjunto com a gerência. Através da busca pelas tarefas referentes a estes equipamentos na intranet da empresa, aplicando-se filtros de pesquisa é possível fazer o levantamento do código de todos os modelos projetados e produzidos neste período e embasara a próxima etapa do trabalho.

Em seguida, na Etapa 3 será analisada a estrutura de produto dos itens alvo. Com os códigos dos reservatórios obtidos na etapa anterior, através do sistema PDM é possível realizar a exportação da estrutura de produtos dos reservatórios das máquinas de envase para uma planilha eletrônica e assim confrontar as estruturas. Com a planificação da estrutura de produto e a comparação entre os modelos desenvolvidos, pode se iniciar a segunda fase desta etapa onde poderão ser visualizadas as possibilidades de padronização por meio da aplicação dos princípios e regras do DFMA o que permitirá dar sequência à última etapa definida.

Por último, na Etapa 4 será realizada a simulação do uso da padronização no produto alvo definido, fazendo uso da literatura revisada e aplicando os princípios e regras do DFMA que teriam melhor *performance* junto ao produto alvo do estudo. Aplicando-se estes princípios e regras pode-se realizar a comparação das estruturas de produto dos modelos convencionais com a estrutura de produto do modelo ótimo proposto e assim avaliar o impacto financeiro por meio do levantamento dos tempos de produção e do consumo de insumos. Estes dados podem ser obtidos com o auxílio da Engenharia de Processo e do PCP da empresa.

Colocar em prática as etapas indicadas acima é indispensável para o êxito do trabalho, as mesmas estão embasadas na pesquisa bibliográfica e experiência do autor do trabalho. Assim sendo, é possível avaliar se a problemática tratada nesse trabalho pode ser solucionada de maneira eficiente através da aplicação das etapas propostas.

4 RESULTADOS

Neste capítulo é apresentado o desenvolvimento da proposta de trabalho, utilizando as etapas citadas na sessão 3.2 onde são descritos todos os passos para realização das etapas da proposta, os resultados obtidos, as análises do estudo de caso e as propostas de melhoria sugeridas.

4.1 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DO CASO

Nesta sessão as etapas do método de trabalho são aplicadas a empresa em estudo para que ao final todos os objetivos sejam atendidos.

No cenário atual, a empresa atua com duas formas distintas de organização dos componentes padrões: uma planilha eletrônica e uma estrutura de pastas onde cada família de produto de itens padrões deveriam ser alocada. As mesmas devem ser alimentadas manualmente pelos projetistas ou pela coordenação.

Outro ponto a ser destacado é que a empresa já faz uso de algumas ferramentas do DFMA, a principal delas é a montagem empilhada, ou seja, o time de projeto conhecido como Engenharia Úmida elabora o projeto do produto pensando na montagem e fabricação dos equipamentos e com isso os projetistas vão projetando os níveis do equipamento de cima para baixo como é descrito na ferramenta.

4.1.1 Revisão das atuais bibliotecas de projeto

A primeira etapa do trabalho busca levantar a situação atual da biblioteca de projetos da Mesal. Para tal, através da análise da estrutura organizacional da empresa, onde os componentes considerados padrões devem ser alocados dentro de pastas identificadas com a família de produto a que se destinam ou alocados dentro da planilha eletrônica. Uma breve revisão apontou que os esforços iniciais de organização em uma arquitetura de pastas praticamente ficaram nulos, as pastas a que deveriam ser alocados os componentes padrões estão em grande maioria vazias e os poucos itens que se encontram alocados em algumas delas, necessitam passar por uma revisão para que realmente possam ser validados como padrão ou que mesmo ainda possa ser utilizado em equipamentos futuros, isso devido a não terem acompanhado a evolução dos equipamentos desde sua criação.

A organização na planilha eletrônica ao contrário da arquitetura em pastas está bem estruturada, isso devido a sua constante atualização, o que leva a crer que devido as diferentes metodologias aplicadas as gestões da engenharia de produto em algum momento conflitaram e a gestão atual junto com os projetistas optaram por esse modelo de organização.

4.1.2 Definição do produto alvo para o estudo

Como foi citado na sessão 3.2, o produto alvo do estudo são os tanques reservatórios das máquinas de envase gravidade, equipamento esse ilustrado na Figura 14. Partindo dessa família de produtos definido junto à gerência da engenharia, foram levantados os dados dos equipamentos produzidos em 2018 e no primeiro semestre de 2019, utilizando os filtros do sistema de intranet da empresa conseguiram-se os dados de todas as máquinas de envase gravidade e na sequência foram exportados para uma planilha eletrônica de modo a organizá-los, como pode ser observado na Tabela 1.

Figura 14 - Máquina de envase gravidade



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

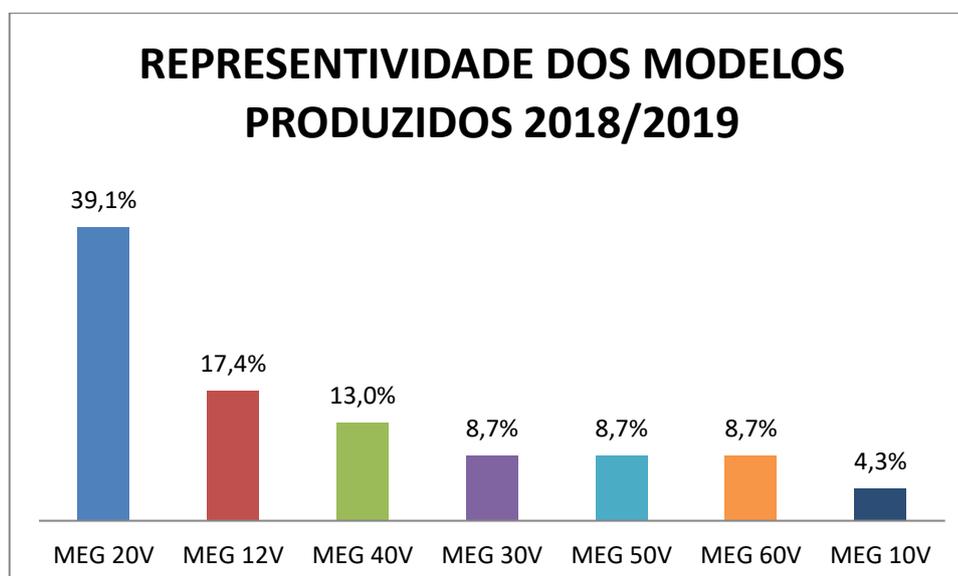
Tabela 1 - Modelos de tanques produzidos 2018/2019

Modelos	Quantidade
MEG 20V	9
MEG 12V	4
MEG 40V	3
MEG 30V	2
MEG 50V	2
MEG 60V	2
MEG 10V	1
TOTAL	23

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

Analisando os dados obtidos pode-se observar que um modelo de tanque se sobressai em relação aos outros e com isso oferece uma oportunidade de justificar a escolha do modelo ao estudo proposto. Como pode ser observado no gráfico da Figura 15, fica ainda mais evidente o motivo pela escolha do Modelo MEG 20V ao estudo, pois somente este modelo representou 39,1% das demandas atendidas pela engenharia de produto da Mesal.

Figura 15 - Representatividade dos modelos produzidos 2018/2019



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

4.1.3 Verificação da estrutura de produto e suas possibilidades de padronização

Definido o produto alvo deu-se sequência a próxima etapa do estudo e fazendo uso dos dados coletados na intranet chegaram-se as variações do modelo de tanque MEG 20V, seus códigos de item, suas descrições e as quantidades de itens produzidos de cada. Os dados foram organizados na Tabela 2.

Tabela 2 - Relação de tanques produzidos modelo MEG 20V

Código	Descrição	Quantidade
566656	C.M. ARVORE ENCHEDORA C/ REGULAGEM 20V	1
563031	C.M. COLUNA ENCHEDORA MEG 20	1
544573	C.M. COLUNA ENCHEDORA MEG 20	1
547725	C.M. TANQUE GRAVIDADE P157 20V	3
562005	C.M. TANQUE GRAVIDADE P157 20V	3

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Com os códigos dos tanques produzidos, através do software PDM, pode ser exportada a estrutura de produto de cada um deles para uma planilha eletrônica, onde os mesmos foram analisados quanto à quantidade de itens produzidos pela Mesal e itens comprados (acessórios, vedações, fixadores, etc.), assim como o total geral de itens que compõe cada tanque, além da representação percentual dos tipos de itens ao projeto dos tanques. A identificação da classificação destes itens é possível graças ao sistema de geração de códigos adotados pela empresa, onde códigos até 499999 identificam os materiais e componentes adquiridos, enquanto códigos acima de 500000 identificam itens manufaturados pela empresa. A Tabela 3 mostra os dados elaborados em relação à estrutura de produto de cada item.

Tabela 3 - Relação de itens produzidos e comprados dos tanques modelo MEG 20V

Código	Itens produzidos		Itens comprados		Total
	Unidades	%	Unidades	%	
566656	120	21,4%	441	78,6%	561
563031	107	20,5%	414	79,5%	521
544573	107	20,6%	412	79,4%	519
547725	79	22,5%	272	77,5%	351
562005	52	17,9%	239	82,1%	291

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

Ainda com base nas estruturas de produto dos tanques MEG 20V, confrontou-se uma com a outra buscando estabelecer os índices de reaproveitamento de projeto entre os tanques produzidos, sendo os resultados expostos graficamente na Figura 16. Vale ressaltar que todos os códigos confrontados são de tanques idênticos em função e formato, apesar disto exibem variações significativas quanto a sua estrutura de produto.

Figura 16 - Confronto de estruturas de tanques MEG 20V produzidos 2018/2019

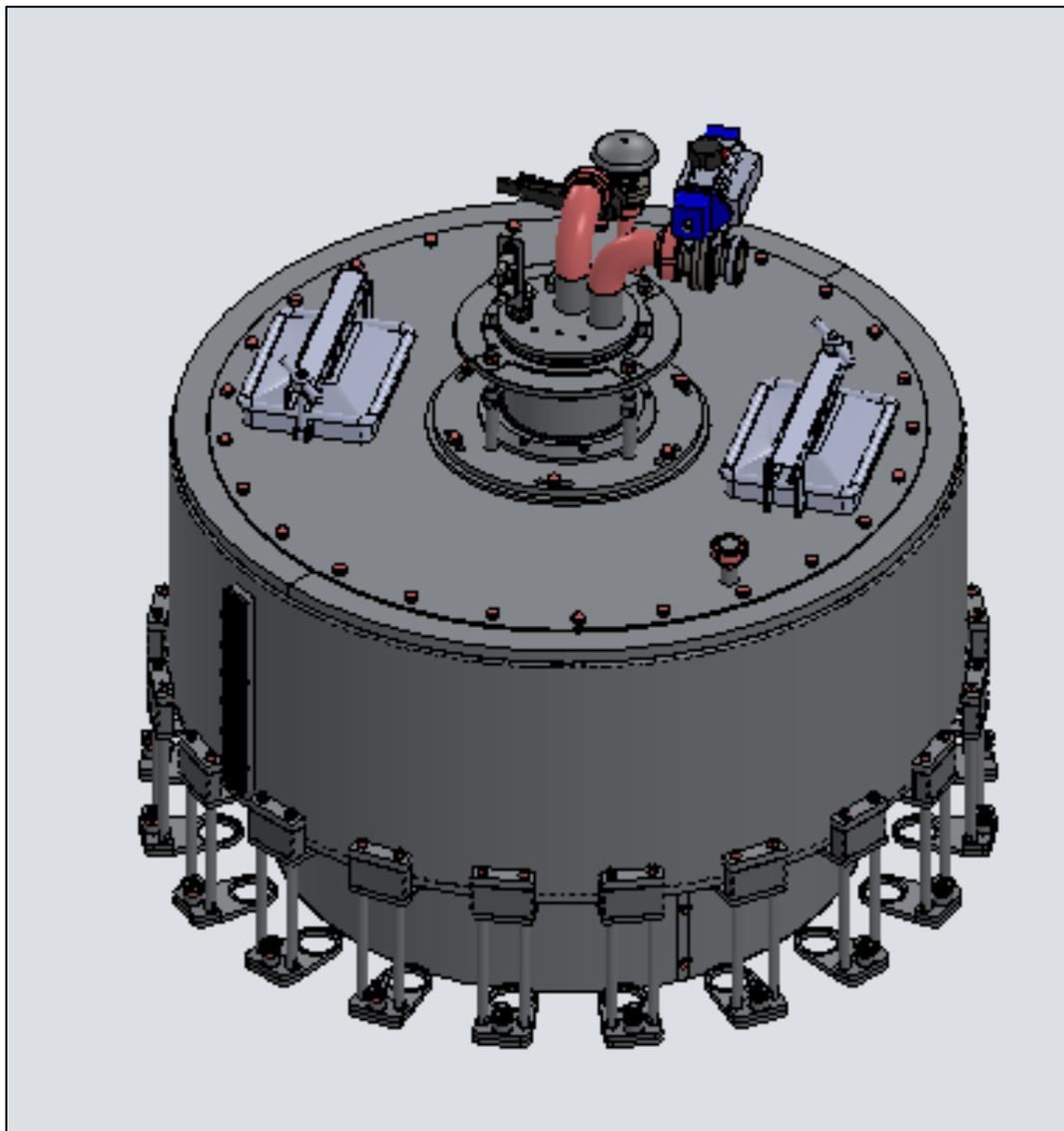


Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Buscando analisar as possibilidades de padronização, levantaram-se as possíveis formas construtivas a serem empregadas nos tanques MEG 20V, baseado nas formas construtivas adotadas pela Mesal nos tanques reservatórios gravidade produzidos no período indicado no estudo de caso. A análise visual apontou duas formas construtivas, o tanque de forma cilíndrica e o tanque de forma anelar.

Um tanque de forma construtiva cilíndrica consiste basicamente em um tanque composto por um disco inferior, uma capa calandrada externa, um flange superior externo e tampa. Lembra a forma geométrica de um cilindro e está representado pela Figura 17.

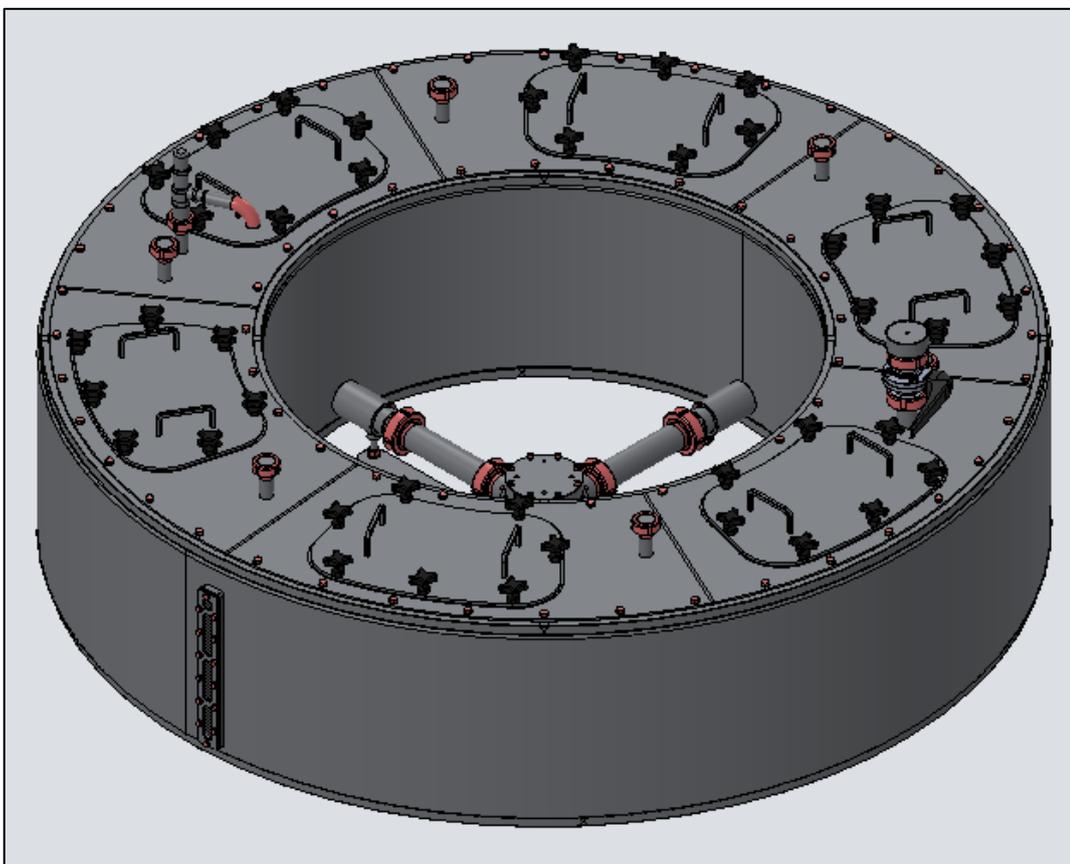
Figura 17 - Tanque reservatório gravidade Mesal de forma construtiva cilíndrica



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Um tanque de forma construtiva anelar por sua vez consiste basicamente em um tanque composto por um flange inferior, uma capa calandrada externa, uma capa calandrada interna, um flange superior externo, um flange superior interno e tampa. Lembra a forma geométrica de um anel e está representado pela Figura 18.

Figura 18 - Tanque reservatório gravidade Mesal de forma construtiva anelar



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A escolha entre uma opção de forma construtiva ou outra se dá principalmente pelo volume de líquido que o equipamento exige para sua eficiente operação e também pelas limitações de produção que a empresa em estudo apresenta. Para uma melhor explanação sobre as limitações da confecção de um modelo ou outro, atualmente é inviável a produção de um tanque de formato anelar com diâmetro interno menor que 500 mm, tendo em vista que a empresa não dispõe de equipamentos de calandra que produzam peças com qualidade nas medidas menores que a indicada.

Expostos e analisados os dados exigidos para esta etapa do trabalho tornaram possível definir as possibilidades de padronização para o produto alvo do estudo, onde as mesmas acabam complementando umas às outras. Sendo as mesmas listadas abaixo.

- a) Padronização da forma construtiva: Através dos parâmetros necessários para a produção de um tanque reservatório, será proposto o projeto de um tanque anelar para análise;

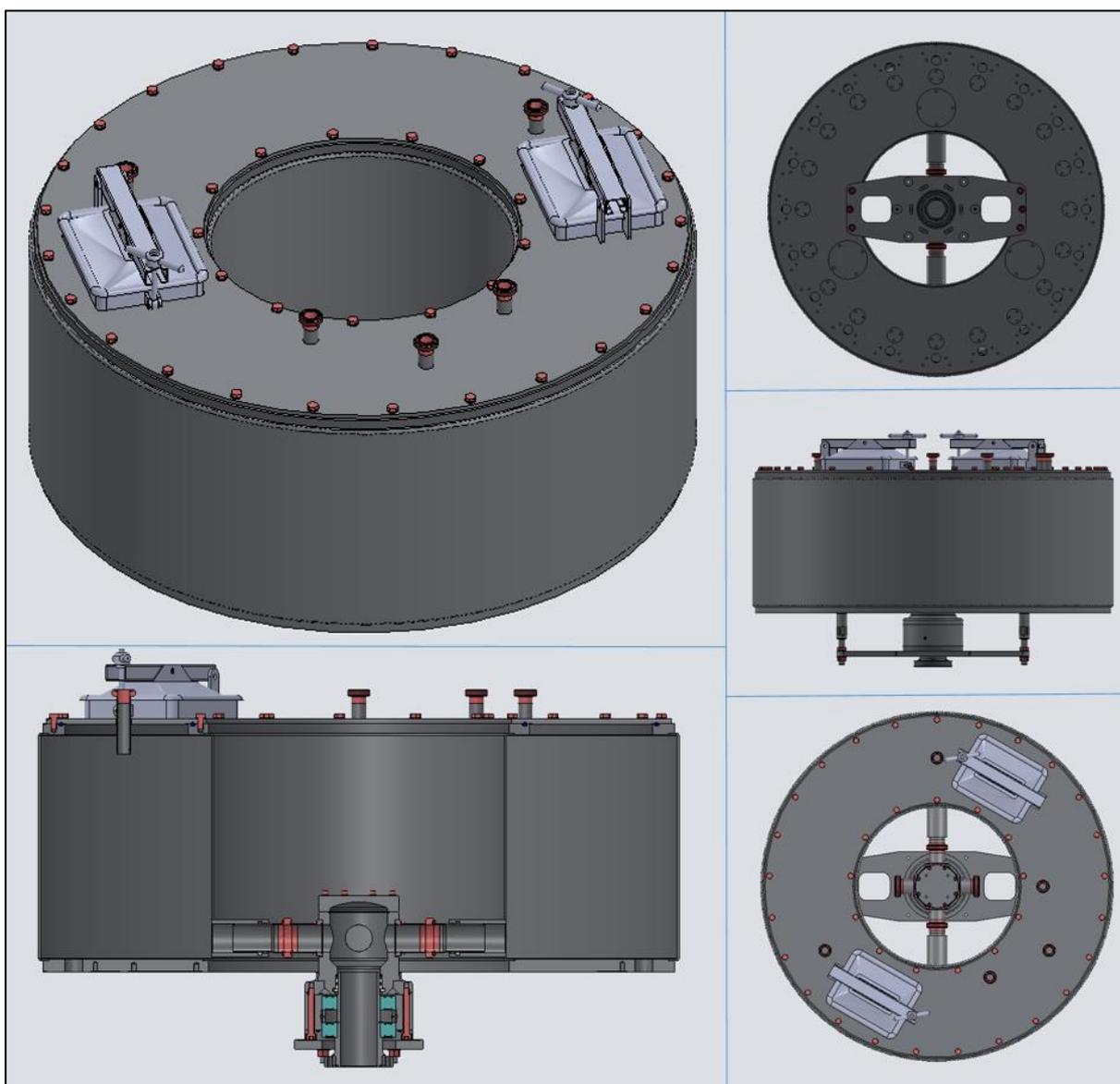
- b) Minimização do número de peças: Com base nas estruturas de produto dos tanques analisados, notou-se a grande variação na quantidade de componentes, tanto os produzidos, quanto os comprados, oportunizando assim a redução de suas quantidades a fim de estabelecer-se um projeto de um tanque ideal;
- c) Padronização de componentes: Através da análise das estruturas, ficou destacada principalmente a variação de componentes de fixação, sendo assim proposta para o projeto uma redução do número dessas variações, afetando também o item b citado acima;
- d) Produto de forma modular ou por componente-base: Analisando as estruturas de produto dos itens produzidos pela empresa em estudo, notou-se grande número de customizações aos tanques estudados, gerando assim novos itens o que afeta todo o projeto de um equipamento de envase. Para tal será proposta para a análise o projeto de um tanque base, onde possam ser anexados módulos que serão demandados por requisitos identificados junto aos clientes;

Como já havia sido citada anteriormente a equipe da Engenharia Úmida da Mesal já faz uso de alguns princípios e regras que compõe o DFMA, auxiliando na justificativa da escolha dos itens listados acima e facilitando um pouco a visão do ambiente onde o trabalho está sendo executado. O time de projeto dos equipamentos de envase, trabalha buscando satisfazer níveis de montagem do equipamento, sendo o nível Geral Máquina considerado um item base que teoricamente deveria atender a todos os equipamentos de mesmo modelo, e o nível Geral Cliente que é onde são anexados ao nível Geral Máquina todas as particularidades exigidas pelo cliente.

4.1.4 Simular o uso da padronização e medir o impacto financeiro

Com base nas possibilidades de padronização citadas na etapa anterior desenvolveu-se, através do *software* CAD 3D utilizado pela empresa em estudo, um tanque reservatório modelo que está demonstrado na Figura 19. Primeiramente foi gerado um projeto conceitual em CAD 3D e posteriormente foi desenvolvido o projeto detalhado deste tanque. Seguindo o fluxo do processo de desenvolvimento de produtos da Mesal, os itens criados foram cadastrados dentro do sistema ERP e através do sistema integrador EPDM x ERP foram gerados os códigos sequências dos quais identificam os mesmos, onde o tanque modelo recebeu o código 577274.

Figura 19 - Tanque reservatório modelo MEG 20V proposto



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Partindo do código definido pelo sistema para o tanque reservatório modelo e através do sistema PDM, exportou-se a estrutura de produto deste item para uma planilha eletrônica, utilizando o mesmo método aplicado aos outros tanques analisados e citados nas etapas anteriores, obtendo-se a quantidade de itens produzidos pela Mesal e a quantidade de itens comprados pela empresa, assim como a quantidade total de itens que compõe este projeto modelo. Os dados obtidos estão alocados na Tabela 4, que complementa a Tabela 3 de modo a fornecer um comparativo com os dados levantados anteriormente.

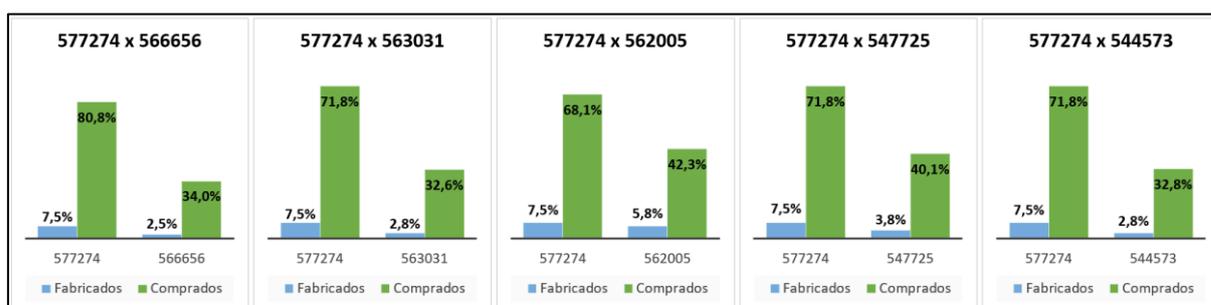
Tabela 4 - Relação de itens produzidos e comprados dos tanques modelo MEG 20V

Código	Itens produzidos		Itens comprados		Total
	Unidades	%	Unidades	%	
566656	120	21,4%	441	78,6%	561
563031	107	20,5%	414	79,5%	521
544573	107	20,6%	412	79,4%	519
547725	79	22,5%	272	77,5%	351
562005	52	17,9%	239	82,1%	291
577274	40	15,8%	213	84,2%	253

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

Ainda analisando as estruturas de produto, confrontaram-se as estruturas dos tanques MEG 20V demandados a engenharia de produto com a estrutura de produto do tanque MEG 20V proposto, buscando analisar os índices de reaproveitamento de entre os projetos, assim como apresentar os índices de inovação necessários para conceber o item modelo. A Figura 20, apresenta os gráficos do confronto dessas estruturas.

Figura 20 - Confronto estruturas com o tanque reservatório modelo



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Com o auxílio da Engenharia de Processos realizou-se o cadastro dos roteiros de fabricação dos itens desenvolvidos, onde através da experiência dos Processistas foram indicados os métodos e processos envolvidos na fabricação, assim como os tempos médios de fabricação destes itens. Concluída está etapa, torna-se possível o levantamento dos custos de fabricação do tanque modelo e em paralelo o levantamento de custos dos cinco modelos de tanque produzidos no período em que se aplicou o estudo, através do sistema ERP onde, partindo do código do item, o sistema gera um arquivo contendo o custo total deste item.

Entende-se por custo total, os valores de produção, aquisição de matéria-prima e componentes, sendo os valores de custo total de cada item expostos na Tabela 5.

Tabela 5 - Custo total dos tanques modelo MEG 20V

Código	Custo total	
566656	R\$	30.023,82
563031	R\$	27.955,91
544573	R\$	27.850,10
547725	R\$	21.680,46
562005	R\$	17.689,02
577274	R\$	20.228,62

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

Evoluindo a análise e com base nos valores dos itens, simulou-se um cenário onde ao invés de terem sido produzidos os tanques que foram demandados a engenharia no período indicado no estudo, seriam produzidos a mesma quantidade do item proposto. Partindo disso foi elaborada a Tabela 6 com a quantidade total dos itens produzidos, dos itens comprados e os custos individuais, custos totais dos modelos demandados e do modelo proposto, assim como a análise percentual a qual objetiva o estudo e onde fica explícito os benefícios da aplicação da padronização.

Tabela 6 - Análise da simulação do cenário ideal

	Código	Custo unitário	Unidades	Custo Total	Itens produzidos	Itens comprados	Total de itens	Custo total
Cenário atual	566656	R\$ 30.023,82	1	R\$ 30.023,82	727	2800	3527	R\$ 203.938,28
	563031	R\$ 27.955,91	1	R\$ 27.955,91				
	544573	R\$ 27.850,10	1	R\$ 27.850,10				
	547725	R\$ 21.680,46	3	R\$ 65.041,39				
	562005	R\$ 17.689,02	3	R\$ 53.067,06				
Cenário proposto	577274	R\$ 20.228,62	9	R\$ 182.057,58	360	883	1250	R\$ 182.057,58
	Redução unitária obtida através da simulação do modelo proposto				367	1917	2277	R\$ 21.880,70
	Redução percentual obtida através da simulação do modelo proposto				50,50%	68,50%	64,60%	10,70%

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

4.2 IMPLICAÇÕES GERENCIAIS

A aplicação da padronização aos processos traz consigo inúmeros benefícios às organizações, tanto qualitativos, quanto quantitativos. Através da padronização, definindo um determinado modelo ou método é possível organizar os processos de trabalho a fim de aumentar a produtividade e conseqüentemente os lucros.

A empresa estudada necessita estar constantemente evoluindo a maneira de planejar e produzir equipamentos devido ao ambiente altamente competitivo ao qual está inserida. Perdas geradas pela falta de padronização de processos e produtos podem representar fator de insucesso à organização.

A implementação da padronização permite a empresa utilizar os recursos disponíveis adequadamente, facilitando a percepção de onde os recursos são aplicados e como podem ser utilizados para serem mais efetivos ao processo produtivo.

Um dos setores de grande impacto quanto ao uso da padronização é o setor de PCP, que ganha em *performance* pela definição de processos e produtos padronizados, melhorando os índices da produção pela repetitividade das operações, reduzindo o consumo e o desperdício de materiais e ganhando em autonomia e segurança para a tomada de decisões.

Ao passo que fica mais fácil planejar e controlar a produção, o aperfeiçoamento da produção fica mais evidente pela melhora da qualidade dos itens produzidos, trazendo mais satisfação ao cliente final e também para o cliente interno como é o caso do setor de montagem, que consegue reduzir o tempo de entrega dos equipamentos através da redução das não-conformidades.

Um dos setores que se destaca a aplicação da padronização é o setor de Engenharia de Produto, que ao contrário do que se imagina, a padronização não bloqueia o potencial criativo do setor, apenas direciona os esforços para atividades que venham a agregar valor ao produto. Um produto base bem definido possibilita ao projetista desenvolver soluções customizadas a necessidade do cliente e os resultados obtidos no estudo desenvolvido estão aí para confirmar esta afirmação.

Como um todo a organização é beneficiada pela padronização, o aumento da qualidade dos equipamentos, o correto direcionamento dos esforços, assim como o uso eficiente dos recursos e materiais, possibilita a empresa investir em tecnologia, buscando a melhoria contínua dos processos. Oferecendo ao mercado soluções que venham a agregar ao cliente e assim garantindo o sucesso a todos os atores envolvidos.

5 CONCLUSÃO

O objetivo desse trabalho foi realizar um estudo de padronização de partes de produtos em uma família de máquinas de envase, para tanto o método foi organizado em quatro fases atreladas aos objetivos específicos, sendo elas: revisar as atuais bibliotecas de projeto, definir um produto alvo para o estudo, verificar a estrutura de produto e definir as possibilidades de padronização e por fim simular o uso da padronização e medir o seu impacto financeiro. Os principais resultados obtidos foram à redução do número de componentes, tanto os fabricados quanto os comprados e por consequência a redução dos custos de produção do produto alvo.

Para atender esse objetivo geral o trabalho foi organizado por meio de quatro objetivos específicos. O primeiro de “revisar o uso das atuais bibliotecas de produtos” pode-se dizer que foi cumprido na sua totalidade, visto que se podem revisar os dois modelos de organização adotados pela a empresa e identificar o método melhor estruturado, onde através da planilha eletrônica a engenharia mantém uma lista de códigos dos itens considerados padrões para as máquinas de envase.

O segundo de "definir um produto alvo para o estudo" também foi cumprido totalmente. Partindo da indicação da gerência da empresa, mapearam-se através do sistema intranet os tanques reservatórios gravidade das máquinas de envase demandados a engenharia no ano de 2018 e no primeiro semestre de 2019. Através desse mapeamento identificou-se o modelo alvo do estudo entre os sete modelos disponíveis, sendo o mais representativo o modelo MEG 20V com nove unidades produzidas dentre os 23 totais.

O terceiro de "verificar a estrutura do produto e definir possibilidades de padronização", foi cumprido através do levantamento das variações do modelo alvo, sendo um total de cinco variações, onde as mesmas tiveram exportadas as suas estruturas de produto através do *software* PDM utilizado na empresa para uma planilha eletrônica, tornando possível identificar as quantidades de itens produzidos e comprados de cada modelo. Ainda com base na estrutura de produto, confrontou-se uma a outra a fim de levantar os índices de reaproveitamento de projeto e juntamente com a análise visual dos modelos de tanques reservatórios gravidade produzidos pela empresa foi possível identificar as duas formas construtivas adotadas.

Embasado pelos dados expostos e analisados, torna-se possível definir as possibilidades de padronização, sendo elas: padronização da forma construtiva, minimização do número de peças, padronização de componentes e produto de forma modular ou por componente-base.

O quarto objetivo específico de "simular o uso da padronização e medir o impacto financeiro da adoção" também foi concluído em sua totalidade, através da modelagem em CAD 3D do projeto conceitual de um tanque reservatório modelo utilizando das possibilidades de padronização identificadas. Posteriormente foi desenvolvido o projeto detalhado do tanque reservatório modelo e cadastrado os itens no sistema ERP e através do integrador EPDM x ERP gerados os códigos dos componentes.

Com o auxílio da engenharia de processo, tornou-se possível cadastrar os roteiros de produção e auxiliado pelo sistema ERP levantar os custos deste item e dos demais identificados anteriormente. Por fim, através da análise da simulação do cenário ideal do Quadro 1, foi constatado o sucesso do estudo, obtendo-se redução significativa de itens, assim como redução do custo total do produto.

Dessa forma, observa-se que as técnicas DFMA são boas quando de aplicadas principalmente na fase do projeto conceitual, onde fica evidente que apesar de aumentar o tempo de planejamento inicial, reduz consideravelmente o tempo total de projeto, gerando um produto enxuto, de custo reduzido, com maior qualidade e sustentabilidade, menor tempo de montagem, maior confiabilidade, segurança e passível de customizações.

Ao contrário do que foi apontado acima, o emprego tardio do DFMA acaba de certa forma por trazer desvantagens, como os retrabalhos, refugos e aumento do custo do produto final, cabendo assim uma análise mais criteriosa do emprego desta ferramenta na situação mensurada.

Através das informações extraídas e análise dos resultados obtidos, o trabalho permite opções para estudos futuros, como a ampliação do emprego das técnicas do DFMA para outros produtos, como os desenvolvidos pelo Setor de Engenharia Seca, trazendo as mesmas vantagens e benefícios que o produto alvo. Ainda através dessa maior abrangência do estudo, pode-se propor um estudo de integração dos setores de projeto, que atuam distintamente, criando um banco de dados comum, unificando os times de projeto, reduzindo os tempos de projeto de ambos, além da diminuição da geração de componentes duplicados ou semelhantes, trazendo consigo todas as vantagens que um sistema integrado é capaz de oferecer.

Outro tópico que pode ser analisado, através das definições dos componentes-base, é um estudo de automatização de projeto, partindo do pressuposto que o setor de projetos tem identificados o maior número possível de componentes padrões, esta automatização se justifica e permite aos projetistas focarem no desenvolvimento de novos produtos e customizações que permitem agregar valor junto aos clientes.

REFERÊNCIAS

- ABDELKAFI, N.; PERO, M.; BLECKER, T.; SIANESI, A. **NPD-SCM Alignment in Mass Customization**. In.: FOGLIATTO, F. S.; DA SILVEIRA, G. Mass Customization: Engineering and Managing Global Operations. Springer Velag, 2010.
- ANCHER, J. A.; SCALICE, R.K. Aplicação e análise de uso de três metodologias de projeto de produtos modulares. Encontro Nacional em Engenharia de Produção. **Anais... XXX ENEGEP 2010**.
- BACK, N.; OLIGARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. **Projeto integrado de produtos: Planejamento, concepção e modelagem**. 1ª. ed. Barueri, SP: Manole, 2008. 601 p.
- BAGNI, G.; MARCOLA, J. A.; ROMANO, A. L. Publicação de artigo - Aplicação da árvore de diferenciação na gestão do portfólio de produtos: uma pesquisa-ação. In: **Anais... XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2017, Joinville. A Engenharia de Produção e as novas tecnologias produtivas: indústria 4.0, manufatura aditiva...**, 2017.
- BALDWIN, C. Y.; CLARK, K. B. Managing in an age of modularity. **Harvard Business Review**, v. 75, p. 84-93, 1997.
- BARBOSA, G. F. **Aplicação da Metodologia DFMA – Design for Manufacturing and Assembly no projeto e fabricação de aeronaves**. Dissertação de Mestrado, SP, 2007
- BARBOSA, Gustavo Franco. **Desenvolvimento de um modelo de análise para implantação de automação na manufatura aeronáutica, orientado pelos requisitos das metodologias de Projeto para Excelência (DFX - Design for Excellence) e Produção Enxuta (Lean Manufacturing)**. 2012. Tese (Doutorado em Manufatura) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. doi:10.11606/T.18.2012.tde-17052013-142409. Acesso em: 2019-05-24.
- BAXTER, M. **Projeto de Produto – Guia prático para o design de novos produtos**. Edgard Blücher, São Paulo, 2000.
- BOOTHROYD, G., DEWHURST, P., KNIGHT, W. **Product Design for Manufacture and Assembly**. New York: Marcel Dekker Inc, 1994.
- BRALLA, J.G. **Design for Excellence**. New York: McGraw-Hill, 1996. 327p.
- BROWN, S. L.; EISENHARDT, K. M. (1995). **Product development: Past research, present findings, and future directions**. The Academy of Management Review, 20(2), 343-378.
- BRUSTOLIN, M. D.; PAGLIARI, S.; VIDOR, G.; Medeiros, Janine Fleith de. Avaliação de características em um processo de desenvolvimento de produto customizado de chicotes elétricos. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016, João Pessoa. **Anais... XXXVI ENEGEP, 2016**.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão de Pessoas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2005.
- DAVIS, Stanley M. **Future Perfect**. Reading, MA: Addison-Wesley, 1987.

DURAY, R. et al. Approaches to mass customization: configurations and empirical validation. **Journal of Operations Management**, v.18, p.605-625, nov. 2000.

HELO, P. T.; XU, Q. L.; KYLLÖNEM, S. J.; JIAO, R. J. **Integrated Vehicle Configuration System – Connecting the domains of mass customization**, v. 61, p. 44-52, 2010.

HUANG, G. Q. **Design for X: Concurrent engineering imperatives**. 1^a. ed. London: Chapman & hall, 1996.

JIAO, J.; MA, Q.; TSENG, M. M. Towards high value-added products and services: mass customization and beyond. **Technovation**, v. 23, n.10, p.809-821, Oct. 2003.

JURAN, J. M. **A função qualidade**. In: JURAN, J. M.; GRYNA, F. M. Controle da Qualidade: conceitos, políticas e filosofia da qualidade. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991. v. 1, p. 10-31.

MACHADO, A. G. C.; MORAES, Walter Fernando Araújo de. Da produção em massa a customização em massa: o caso WEG. In: SIMPOI, 2008, São Paulo. XI Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 2008.

McCUTCHEON, David M.; RATURI, Amitabh; MEREDITH, Jack R. The customization responsiveness squeeze. **Sloan Management Review**. Cambridge, v. 35, n. 2, p. 89-99, Winter 1994.

MEEGEN, Rene Alberto Van. **Análise crítica da utilização da padronização no sistema de melhoria dos centros de distribuição domiciliar dos correios**. Qualit@s - Revista Eletrônica - ISSN 1677- 4280 - Volume 3 - 2004 / número 115 2002. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, UFRGS. Porto Alegre, 2002.

MELO, L. M.; MERINO, E. A. D.; MERINO, J. S. A. D. Uma Revisão Sistemática Sobre Desing F or X. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 12, nº 4, out-dez /2017, p. 78-99

MYRRHA, Rubem. **Padronização: A chave para a previsibilidade de uma organização**. Disponível: < <http://www.indg.com.br/info/artigos/artigos.asp?5>>. Acesso em: 16 jul. 2004.

OGLIARI, A. **Introdução a otimização integrada do processo de projeto do produto**: Florianópolis: Slides, 2010. 123 slides, color.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach**, Springer-Verlag, London, 1996.

PINE, B. J. **Mass customization: The new frontier in business competition**. Boston: Harvard Business School Press, 1993.

PIRAN, F. S.; LACERDA, D. P.; CAMARGO, L. F.; VIERO, C. F.; DRESCH, A. Modularização e os efeitos no Processo Produtivo: uma avaliação em uma fabricante de ônibus. In: Enegep, 2015, Fortaleza. **Anais... XXXV ENEGEP**, 2015. v. 1. p. 1-15.

POLO-REDONDO Y.; CAMBRA-FIERRO J. Influence of the standardization of a firm's productive process on the long-term orientation of its supply relationships: An empirical study. **Industrial Marketing Management**, v. 37, n. 4, p. 407-420, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indmarman.2007.03.004>.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; ALLIPRANDINI, D. H.; SACLICE, R. K.; SILVA, S. L. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SHARMA, B.; GADENNE, D. An empirical investigation of the relationship between quality management factors and customer satisfaction, improved competitive position and overall business performance. **Journal of Strategic Marketing**, v. 16, n. 4, p. 301-14, 2008. <http://dx.doi.org/10.1080/0965254080226418>.

SOUSA, A.G. **Estudo e Análise dos Métodos de Avaliação da Montabilidade de Produtos Industriais no Processo de Projeto**. Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis): 1998. 238p.

TINOCO, M. A. C.; RIBEIRO, J. L. D. Estudo qualitativo dos principais atributos que determinam a percepção de qualidade e de preço dos consumidores de restaurantes à la carte. **Gestão & Produção**, v. 15, n. 1, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2008000100008>

ULRICH, K.; TUNG, K. **Fundamentals of product modularity**. In: ASME winter anual meeting symposium on issues in design/manufacturin integration, 1991, Atlanta. Proceedings... Atlanta: [s.n.], 1991.

VIDOR, G.; MEDEIROS, J. F.; FOGLIATTO, F. S. **Definição de características críticas na implementação de serviços customizados em massa**. Revista Produção, v. 1, n. 1, p.1-16, 2014.

VIEIRA, Luís Renato. **Padronização, base da qualidade**. Disponível em: <<http://www.milenio.com.br/qualidadereal>>. Acesso em: 16/07/2004.

YIN, Robert K. **Estudos de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

