

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E
SISTEMAS
NÍVEL MESTRADO

ISMAEL SGARABOTTO

PROPOSIÇÃO DE UM MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO DA MODULARIZAÇÃO DE
PRODUTO EM EMPRESAS DE BAIXA ESCALA E ALTA VARIEDADE

São Leopoldo
2016

ISMAEL SGARABOTTO

PROPOSIÇÃO DE UM MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO DA MODULARIZAÇÃO DE
PRODUTO EM EMPRESAS DE BAIXA ESCALA E ALTA VARIEDADE

Dissertação apresentada à Universidade do
Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, como
requisito parcial para a obtenção título de
Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas

Orientador:

Prof. Dr. José Antonio Valle Antunes Júnior

São Leopoldo

2016

S523p

Sgarabotto, Ismael

Proposição de um método de implantação da modularização de produto em empresas de baixa escala e alta variedade / por Ismael Sgarabotto – 2016.

127 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo, RS, 2016.

“Orientação: Dr. José Antonio Valle Antunes Júnior.”

1. Engenharia de produção. 2. Produto - modularização. 3. Método de modularização. I. Título.

CDU: 658.5

AGRADECIMENTOS

É chegado o momento de agradecer, momento este que sonhei em cada artigo, cada dissertação e tese que li. Foram dois anos de um aprendizado insano. Nunca antes estive tão fora da zona de conforto, e isto me faz lembrar de uma frase do Junico, meu orientador e amigo, que me disse o seguinte “não tenha medo do que tu não conheces”. A partir desta frase encarei os desafios que me foram propostos de outra maneira e pude experimentar os bônus e os ônus de estar em uma “terra” onde não tinha total domínio. Enfim os resultados foram gratificantes e empolgantes, já o processo foi árduo e desafiador. Me sinto um vencedor por ter chegado até aqui e hoje tenho confiança para andar em “terrenos desconhecidos”, talvez esse seja um dos maiores ensinamentos que esse mestrado me trouxe.

Quero agradecer primeiramente a minha esposa Diana, que esteve ao meu lado nesses dois anos, me suportando nos momentos de fraqueza, os teus incentivos foram necessários e só tu me conheces o suficiente para saber como me colocar no caminho, te amo.

Meu filho Arthur que teve que suportar a ausência e sempre apoiou mesmo com quatro anos agiu como um adulto, me apoiando e ajudando em todos os momentos. Arthur, tu és o melhor filho do mundo e com certeza serás um grande homem. Papai te ama.

Ao meu Pai Leodir e minha mãe Dirce, quero pedir desculpas pela ausência nesses dois anos. Não fui um bom filho, mas a causa é nobre e sei que vocês entendem essa situação. Se não fosse pela educação que vocês me deram eu não teria chegado até esse momento e não existiria nem mestrado, nem dissertação e nem esse agradecimento. Obrigado.

Aos meus professores, André Korzenowski, Daniel Lacerda, Luís Henrique Rodrigues, Miguel Selitto, Claudia Viegas e Junico, meu muito obrigado pela experiência que vocês me deram. Eu aprendi a me portar bem sob alta pressão, e vocês tiveram papel fundamental nisso hehe.

Aos meus colegas de mestrado, que foram importantes na divisão da carga de trabalho que o mestrado exigiu. Foram muitas noites sem dormir, provas, artigos, apresentações, angústias e tudo foi mais fácil devido a divisão destas situações entre nós. Aos profissionais que trabalham comigo também por terem suportado a execução da aplicação da minha pesquisa, meu muito obrigado.

Ao Professor Baroni, queria fazer um agradecimento especial, pois me ajudou a enxergar a engenharia de um outro ângulo, e teve paciência, mas não muita hehe, para entender a minha ignorância em alguns momentos. Certamente essa dissertação foi muito enriquecida

com as suas contribuições. E saio deste processo muito mais conhecedor do desenvolvimento de produtos e ainda por cima, “voltando duas casas”, com um grande amigo. Obrigado Baroni.

Aos professores Marco Borges e Selitto eu gostaria de agradecer especialmente pelas contribuições nas bancas, as críticas foram cirúrgicas e engrandeceram o trabalho, obrigado pelo incentivo e pelo apoio neste momento tão importante da minha vida acadêmica.

Junico, “amado mestre”, nesses dois anos fui ao ápice da empolgação em suas aulas, apanhei nas orientações, recebi conselhos pessoais, profissionais e acadêmicos. Entrei em cada situação... que não esperava, e você confiou em mim e no meu potencial. Levarei o senhor, Dr. Junico como um amigo e mais do que isso como um mentor para meus próximos passos, que eu sei que serão cada vez maiores. E agora não tenho mais receio de avançar em assuntos que eu não conheço, muito por causa deste professor que me fez aprender na prática como o conhecimento é construído. Meu muito obrigado Junico.

Por fim eu quero agradecer a Deus por ter me mantido firme no objetivo e não me deixou desistir, mesmo nos momentos em que esse parecia o único caminho.

Obrigado a todos e um abraço.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura modular de uma carroceria de onibus.....	22
Figura 2: Tipos de módulos em um sistema modular de produto	24
Figura 3: a) diferentes opções de montagem de um prisma modular b) três padrões de montagem	24
Figura 4: Arquitetura integral e modular	25
Figura 5: Arquitetura modular	26
Figura 6: Fases do processo de modularização	27
Figura 7: Método <i>Design Structure Matrix</i> Pimmler e Eppinger (1994)	30
Figura 8: Método <i>Modular function deployment</i> Erixon (1998)	31
Figura 9: Fluxo dominante	32
Figura 10: Fluxo dominante	33
Figura 11: Fluxo dominante	33
Figura 12: Método <i>Design for Variety</i> Martin e Ishii (2002).....	34
Figura 13 : Estrutura da Matriz de Informação Modular (MIM)	35
Figura 14: Proposta de fases para a Modularização de Produto.....	40
Figura 15: Modelo de TRM.....	40
Figura 16: Estrutura de <i>work shops</i>	41
Figura 17: Matriz GE Mckinzey.....	44
Figura 18 : Classificação das pesquisas.....	45
Figura 19: Método para condução DSR	49
Figura 20: Método de trabalho	52
Figura 21: Método Proposto (M0).....	54
Figura 22: Padronização Indutiva.....	56
Figura 23: Planejamento Estratégico do Produto - PEP	57
Figura 24: Ciclo 80/20.....	58
Figura 25: 80/20	59
Figura 26: Análise do Portfólio	60
Figura 27: Tendências para futuro.....	61
Figura 28: Implantação da Modularização	63
Figura 29: Decomposição funcional de uma quinta roda	65
Figura 30: Matriz DSM	66
Figura 31: Avaliação dos Resultados	69
Figura 32: Tendência da Aplicação do Método.....	69
Figura 32: Países em que a empresa atua	71
Figura 33: Lista dos participantes.....	72
Figura 34: Avaliação do Evento	73
Figura 35: Matriz de Priorização	74
Figura 36: Padrão de apresentação da Padronização Indutiva	75
Figura 37: Resultado da Padronização Abril/16 à Maio/16	76
Figura 38: Matriz 80/20.....	77
Figura 39: Aplicação dos Produtos.....	78
Figura 40: <i>Technology Road Map</i>	85
Figura 41: QFD – Secagem e Reativação.....	87
Figura 42: Função 1 - Transportar	88
Figura 43: Função 2 – Evaporar solvente	89
Figura 44: Função 3 – Ativar adesivo	89
Figura 45: Função 4 – Prover Eficiência	90
Figura 46: Mapa das Variáveis	90

Figura 47: Produto C	93
Figura 48: Teste funcional - Temperatura	95
Figura 48: Método Ajustado M1	104

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1: Matriz do Portfólio	80
Gráfico 2: Matriz do Portfólio - Prensas	80
Gráfico 3: Matriz do Portfólio - Fornos.....	81
Gráfico 4: Matriz GE Mckinsey adaptada.....	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Definições conceituais.....	23
Quadro 2: Principais Métodos de Modularização de Produto.....	29
Quadro 3: Classificação dos métodos apresentados.....	37
Quadro 4: Decomposição dos métodos em etapas propostas por Holmqvist e Persson (2003)	39
Quadro 5: Classes de problemas x Artefatos.....	47
Quadro 6: Requisitos de mercado.....	86
Quadro 7: Aplicação do DFMA.....	94
Quadro 8: Avaliação do Método quanto ao DSR.....	101
Quadro 9: Melhorias para o Método M0.....	103
Quadro 10: Precisão Conceitual.....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Matriz DSM.....	30
Tabela 2: Análise Geral 80/20.....	78
Tabela 3: DSM – Estrutura Atual.....	91
Tabela 4: DSM – Indicação de Módulos.....	92
Tabela 5: Matriz de estrutura modular conceitual.....	93
Tabela 6: Avaliação de custos.....	96
Tabela 7: Avaliação das Variações.....	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CI	<i>Coupling Index</i>
CNC	Comando Numérico Computadorizado
DFA	<i>Design for Assembly</i>
DFM	<i>Design for Manufacturing</i>
DFMA	<i>Design for Manufacturing and Assembly</i>
DFV	<i>Design For Variety</i>
DSM	<i>Design Sctructure Matrix</i>
DSR	<i>Design Science Research</i>
DS	<i>Design Science</i>
FLB	<i>Fuzzy Logic Based</i>
GVI	<i>Generational Variety Index</i>
HOME	<i>House Of Modular Enhancement</i>
ISO	<i>International Standard Organization</i>
MH	Método Heurístico
MFD	<i>Modular Function Deployment</i>
NIR	<i>Near InfraRed</i>
PCP	Programação e Controle da Produção
PEP	Planejamento Estratégico do Produto
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
TRM	<i>Technology Road Map</i>

RESUMO

O cenário econômico aponta para o acirramento da competição através do aumento da variedade de produtos e da redução do tamanho dos lotes de fabricação. O desenvolvimento de produtos modulares é, de forma geral, um conceito e uma solução aderente a este tipo ambiente. Por exemplo, produtos modulares geram a possibilidade da melhoria da percepção de valor agregado por parte dos clientes através da evolução conceitual e/ou tecnológica de um ou mais módulos especificados do produto. Alterando um módulo a engenharia de produto e a manufatura tendem a sofrer um impacto menor (em relação a produtos com concepção integral) e entregam a variedade que o cliente espera. Esta pesquisa tem por objetivo demonstrar como a modularização pode ser aplicada em empresas caracterizadas por atender a mercados de alta variedade e pequenos lotes. Para isto foi realizada uma análise da literatura de forma exploratória para fundamentação da teoria, e a proposta desta dissertação é a construção de um método geral para a implantação da modularização de produto. Por fim a aplicação do método proposto em uma empresa de médio porte testará os impactos deste conceito no ambiente prático, fornecendo dados reais para validação e ajuste do método de modularização de produto.

Palavras-chave: Modularização de Produto. Produto Modular. Método de Modularização.

ABSTRACT

The economic scenario points to the intensification of competition by increasing the variety of products and reducing the size of manufacturing lots. The development of modular products is, in general, a concept and a solution adherent to this type of environment. For example, modular products generate the possibility of improving the perception of value added by customers through the conceptual and / or technological evolution of one or more specified modules of the product. By changing a module, product engineering and manufacturing tend to have a smaller impact (in relation to fully-conceptualized products) and deliver the variety that the customer expects. This research aims to demonstrate how modularization can be applied in companies characterized by serving high variety markets and small lots. For this, an exploratory literature analysis was carried out to support the theory, and the proposal of this dissertation is the construction of a general method for the implementation of product modularization. Finally, the application of the proposed method in a medium-sized company will test the impacts of this concept in the practical environment, providing real data for validation and adjustment of the product modularization method.

Keywords: *Modularization of Product. Modular Product. Method of Modularization.*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Considerações iniciais	15
1.2	Justificativa da pesquisa	16
1.2.1	Justificativa Acadêmica	16
1.2.2	Justificativa Empresarial	17
1.3	Problema de pesquisa	18
1.4	Objetivos.....	18
1.4.1	Objetivo geral.....	18
1.4.2	Objetivos específicos.....	18
1.5	Delimitação do estudo	18
1.6	Estrutura do trabalho	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	Modularização	21
2.2	Terminologias associadas a modularização.....	22
2.3	Modularidade de Produto	26
2.4	Modularidade de produção	27
2.5	Modularidade de Uso	28
2.6	Métodos de Modularização de Produto.....	28
2.7	DSM – Design Structure Matrix.....	29
2.8	MFD – Modular Function Deployment.....	31
2.9	MH – Método Heurístico.....	32
2.10	DFV – Design For Variety	34
2.11	HOME - House Of Modular Enhancement.....	35
2.12	FLB – Fuzzy Logic Based.....	36
2.13	Avaliação crítica dos métodos de modularização de produto	36
2.14	Análise de Mercado.....	40
2.14.1	Matriz 80/20	41
2.14.2	Gestão do Portfólio de Produtos	42
2.14.3	Matriz GE Mckinsey	43
3	METODOLOGIA.....	45
3.1	Pesquisa: Aspectos Gerais.....	45
3.2	Design Science a Ciência do Artificial.....	46
3.3	O Método Design Science Research - DSR	48
3.4	Método de Trabalho.....	52
4	SUGESTÃO: PROPOSTA DO MÉTODO (M0).....	54
4.1	ETAPA I – Análise do mercado e portfólio	55
4.1.1	Nivelamento conceitual.....	55
4.1.2	Padronização Indutiva	55
4.1.3	Planejamento Estratégico dos Produtos - PEP.....	56
4.1.4	Ciclo 80/20	58
4.1.5	Análise do Portfólio	59
4.1.6	Tendências para futuro	60
4.1.7	Mapa Estratégico.....	62
4.2	ETAPA II – MODULARIZAÇÃO	62
4.2.1	Definição do Produto a ser modularizado	62
4.2.2	Implantação da modularização.....	62
4.3	ETAPA III – AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	68
5	APLICAÇÃO DO MÉTODO EM AMBIENTE EMPRESARIAL	70

5.1	Apresentação da Empresa.....	70
5.2	Aplicação do Método (M0)	72
5.3	APLICAÇÃO ETAPA I – Análise de Mercado.....	72
5.3.1	Nivelamento conceitual.....	72
5.3.2	Padronização Indutiva.....	73
5.3.3	Planejamento Estratégico do Produto (PEP).....	76
5.3.3.1	Análise do Passado - 80/20.....	76
5.3.3.2	Análise do Presente – Gestão do Portfólio	79
5.3.3.3	Tendências para Futuro – GE Mckinsey.....	81
5.3.3.4	Construção do Mapa do PEP	83
5.4	APLICAÇÃO ETAPA II – Modularização.....	85
5.4.1	Definição do Produto a ser modularizado.....	85
5.4.2	Desdobramento da Função Qualidade - QFD	85
5.4.3	Identificar e Projetar os módulos	88
5.4.4	Aplicação do DFMA	94
5.5	APLICAÇÃO ETAPA III – Avaliação dos resultados	95
6	AVALIAÇÃO DO MÉTODO E PROPOSTA DO (M1)	98
6.1	Avaliação do Método de trabalho.....	98
6.2	Avaliação quanto ao DSR	100
6.3	Avaliação geral do método	101
6.4	Proposta do Método (M1).....	103
7	CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	105
7.1	Conclusões.....	105
7.2	Limitações da pesquisa.....	107
7.3	Sugestões e recomendações para trabalhos futuros.....	107
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
	ANEXOS	114

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Considerando que os ciclos de vida dos produtos são cada vez mais curtos e a necessidade de aumento da variedade exigida pelo mercado, torna-se imperativa a melhoria da concepção dos produtos para a sobrevivência das organizações (ALIZON; SHOOTER; SIMPSON, 2007). Neste contexto a modularização, conectada com a customização em massa, vem ganhando aceitação, isto devido a possibilidade de redução do *time-to-market* dos produtos (BI; ZHANG, 2001).

Através da decomposição de produtos complexos em partes mais simples (módulos) a estratégia de modularização permite o desenvolvimento independente nas partes do produto. Com a adoção deste tipo de tecnologia é possível obter a economia de escala devido ao compartilhamento de módulos semelhantes entre os produtos do portfólio da empresa (BÖRJESSON, 2012).

A modularização ganhou maior atenção na literatura de gestão de operações a partir de 1990 com as aplicações industriais no ramo dos computadores. A partir daí vem sendo utilizada fortemente pela indústria automobilística, como exemplo Ford, Fiat, Volvo, Scania entre outras (SALVADOR, 2007), ainda existe certa carência de aplicações em cenários de alta variedade e baixa escala como o caso da Comil apresentado por (VIEIRO, 2013). Porém, este é um conceito que foi desenvolvido na década de 1960 e que tem como objetivo desenvolver arquiteturas de produto destacáveis, que possibilitem que essas partes sejam utilizadas em produtos ou famílias diferentes (STARR, 1965).

Segundo Starr (1965) a modularização do produto é uma forma relevante de alterar a competitividade da empresa, pois possibilita uma flexibilidade no produto no que tange a utilização da economia de escala. Erixon (1998) postula que os benefícios da modularização não se resumem a variedade, estando relacionados com toda a cadeia de valor do produto.

Diferentes técnicas e metodologias já foram propostas na literatura para ajudar as empresas a desenvolver produtos modulares (BORJESSON; HÖLTTÄ-OTTO, 2014). Segundo Piran et al., (2015) a modularização do produto é o tema mais apresentado na literatura.

Todos os métodos para a aplicação da modularização possuem o objetivo de agrupar produtos em módulos. Porém, esses métodos são desenvolvidos a partir de visões diferentes em ambientes diferentes (DANIILIDIS et al., 2011). Por exemplo Schuh et al., (2014) defendem que os métodos em geral não apresentam uma visão de mercado no desenvolvimento de

produtos modulares, estando baseados apenas na parte interna a empresa para o desenvolvimento dos módulos e interfaces.

Sonego e Soares (2015) acrescentam que esses métodos, embora utilizem diferentes ferramentas, seguem passos gerais bem definidos que podem ser decompostos em três macro fases: i) decomposição em partes, ii) agrupamento e análise das interfaces, iii) avaliação e testes do projeto resultante. A escolha do método que será utilizado pela empresa é influenciada pelo tipo de dados necessários para aplicação do mesmo pois todos requerem uma grande quantidade de informações de entrada, sendo que a manipulação destes dados tem impacto significativo nos resultados obtidos (ZHANG; TOR; BRITTON, 2006).

É importante considerar que a economia gaúcha possui excelência em indústrias caracterizadas pela baixa escala de produção associada com uma considerável variedade de produtos, entre os quais é possível destacar, ônibus, carretas, máquinas agrícolas, e também a produção de máquinas para a indústria calçadista. Neste contexto, um desafio importante consiste em tratar da possibilidade de racionalizar os produtos de forma a possibilitar o atendimento de um mercado de variedade com uma menor complexidade fabril, estas são características aderentes ao conceito da modularização de produto.

1.2 Justificativa da pesquisa

São as seguintes justificativa acadêmica e empresarial da presente pesquisa:

1.2.1 Justificativa Acadêmica

O interesse do meio acadêmico sobre o tema da modularização teve um amplo crescimento sendo que a modularidade de produto é a área de maior interesse (PIRAN et al., 2015). Em relação a modularização, diversos são os benefícios citados pela literatura em geral. Conforme (BÖRJESSON, 2012) a redução do *time-to-market* e a redução da variedade são os principais benefícios, tendo impactos sistêmicos nas organizações.

Segundo Starr (2011) não existe consenso a respeito dos métodos a serem utilizados para aplicação desta estratégia. Ainda Daniilidis et al., (2011) expõe que existe uma carência de estudos detalhados na literatura acerca da aplicação da estratégia de modularização, que auxilie a adoção das práticas de *design* modular.

Apesar das diversas evidências dos benefícios da aplicação de métodos de modularização no desenvolvimento de produto, os mesmos não são incorporados nos processos de desenvolvimento de produtos na maioria das empresas (SONEGO, 2013). A dificuldade de aplicação dos métodos existentes parece ser o motivo deste desalinhamento, e isto deve-se a

necessidade de entendimento das variações e profundo conhecimento das necessidades de clientes (KAHN et al., 2012).

Neste contexto parece relevante desenvolver este estudo no intuito de contribuir com uma proposição de um método robusto, com passos que vão do mercado ao projeto de modularização do produto e que tenha capacidade de ser generalizado para um considerável leque de aplicações.

1.2.2 Justificativa Empresarial

A globalização da economia ampliou a complexidade da competição intercapitalista. De um lado, observa-se, a facilidade e velocidade de comunicação, permitindo que novos competidores internacionais entrem nos mercados internos. De outro, há, uma facilidade e velocidade de acesso à informação, acarretando uma tendência ao nivelamento técnico entre os concorrentes (KLIPPEL et al., 2005). Assim, mostra-se ainda intrigante e inovador o debate proposto por Skinner (2000) quando o autor propõe que a questão a ser analisada pelas empresas deve ser ‘como competir’ e não ‘como ser mais produtivo que o concorrente’.

Com o mercado brasileiro perdendo produtividade e com o custo das pessoas deixando de ser uma vantagem perante seus competidores, o desenvolvimento de produtos torna-se um ponto de alavancagem importantíssimo para a sobrevivência das empresas no mercado tanto nacional quanto internacional. A aplicação da estratégia de modularização ganha importância em mercados de baixo lote e alta variedade que são características que elevam em muito a complexidade do projeto de sistemas de produção e manufatura.

Neste contexto a empresa onde o método foi aplicado apresenta um portfólio de mais de 80 produtos disponíveis para a venda, com uma média de lançamentos de 8 produtos novos por ano, isto acarreta em mais de 8000 códigos ativos de produção que precisam ser controlados e gerenciados em todas as etapas do fluxo de valor da empresa. A complexidade de produção é refletida nos indicadores operacionais, nos custos de estoques, na baixa capacidade de negociação de compra com os fornecedores devido à alta diversidade e nos baixos lotes de fabricação.

Por fim, entende-se que a aplicação do método tornando os produtos modulares pode levar a empresa a reduzir seus custos por complexidade e atender a seus mercados através a aplicação de estratégias de produção distintas conforme as características específicas de cada mercado. Dessa forma, faz sentido utilizar informações mercadológicas e econômico-financeiras dos mercados, além das informações produtivas, na concepção da estratégia de desenvolvimento de produtos. Este tema é, portanto, relevante do ponto de vista das empresas.

1.3 Problema de pesquisa

O presente trabalho busca responder à seguinte questão: ‘Como a estratégia de modularização de produto pode ser aplicada em empresas caracterizadas pela alta variedade de produtos e pequenos lotes?’

1.4 Objetivos

São os seguintes o objetivo geral e os objetivos específicos do presente trabalho.

1.4.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta dissertação consiste em propor um método para a implantação da estratégia de modularização de produto em empresas com alta variedade e pequenos lotes.

1.4.2 Objetivos específicos

Para atender ao objetivo geral, os seguintes objetivos específicos serão perseguidos:

- Identificar uma sequência de passos embasados em referenciais teóricos e experiências práticas, estruturados de tal forma que, quando executados, constituam um método para aplicação da estratégia de modularização;
- Aplicar o método proposto em um ambiente real visando ilustrar a aplicação do método sugerido;
- Avaliar criticamente o método proposto e testado, para verificar a aplicabilidade do mesmo;

1.5 Delimitação do estudo

São as seguintes as principais delimitações do presente trabalho:

Em primeiro lugar não faz parte do escopo deste trabalho discutir níveis de eficácia da estratégia de modularização, uma vez que este monitoramento necessita de análises profundas em ambientes maduros em termos de utilização da modularização.

Este trabalho é focado em aplicações para portfólios existentes de produto, sendo que os métodos estudados, bem como o método proposto foi avaliado com base neste tipo de aplicação. Não será abordado aqui, portanto, o assunto de desenvolvimento de novos produtos já modularizados.

Outra delimitação do trabalho está associada a aplicação do método proposto onde não se objetiva dentro do escopo do trabalho discutir profundamente os motivos que levam as empresas a utilizar a modularização como estratégia, mas sim propor uma alternativa de implantação desta estratégia. No entanto, a partir da aplicação do método, podem surgir *insights*, tendo em vista as observações realizadas na empresa a serem considerados em novas aplicações.

Ainda, o tema da modularização é amplo e pode ser tratado em vários pontos da cadeia de valor das empresas, devido a esta amplitude uma delimitação importante é que o tema desta dissertação será a modularização de produto, por isto os demais enfoques não são tratados com profundidade, apenas apresentados de forma sucinta.

1.6 Estrutura do trabalho

O trabalho está estruturado em sete capítulos; cada um deles com assuntos, sucintamente descritos, a seguir:

No Capítulo 1 são apresentadas as considerações iniciais, as justificativas acadêmica e empresarial, o problema de pesquisa, os objetivos do estudo, as delimitações deste estudo e a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 trata do Referencial Teórico. Esse capítulo apresenta, os principais conceitos utilizados para construir o método proposto pelo trabalho. Esse referencial é composto de: i) conceitos já existentes na literatura: modularização, tipos de modularização; ii) proposições teóricas de métodos de implantação da modularização analisados a partir de literatura analisada; iii) avaliação crítica dos métodos apresentados.

O Capítulo 3 trata do método utilizado para conduzir o trabalho; apresenta a revisão bibliográfica do método de condução da pesquisa – *Design Science Research*, a justificativa da sua adoção e o método de trabalho – passos lógicos utilizados para a elaboração da pesquisa.

No Capítulo 4, está sugerida a proposta preliminar de método (M0) para implantação de estratégia de modularização, sendo apresentados, de forma detalhada, os passos lógicos que constituem o mesmo.

No Capítulo 5, o método preliminar (M0) é aplicado na organização objeto do trabalho. Será descrito o contexto no qual a empresa escolhida para o estudo está inserida. Serão apresentados aspectos técnicos, socioeconômicos e culturais desse segmento industrial e da organização em particular. Ainda; serão descritos o processo de aplicação do método e os

respectivos resultados, com ênfase nas modificações e inclusões necessárias de serem feitas para aprimorar o método M0.

No Capítulo 6, o método originalmente proposto (M0) será avaliado. O resultado dessa avaliação será a proposição do método M1 como resultado final da presente pesquisa.

No Capítulo 7 serão apresentadas as principais conclusões e limitações do trabalho, bem como são sugeridas recomendações para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir, são apresentados os principais conceitos associados à construção do artefato (método) proposto neste trabalho. Este referencial parte da teoria utilizada para realização da pesquisa, envolvendo: i) modularização; ii) tipos de modularização. Na sequência trata dos métodos propostos para implantação da modularização de produto, e finalmente uma avaliação destes métodos.

2.1 Modularização

O aumento da variedade de produtos oferecidos ao mercado tem se tornado uma situação comum dentro das empresas. Nesse contexto, a busca da racionalização dos produtos visando manter essa variedade com o mínimo de componentes e subsistemas constitui-se em um caminho usual que essas mesmas empresas estão utilizando para mitigar este problema (BI; ZHANG, 2001). Com isto o desenvolvimento de produto aumenta sua complexidade, pois neste novo contexto não basta apenas desenvolver bons produtos para o usuário, também é necessário tornar esses produtos competitivos em seus sistemas de produção (DANIILIDIS; BAUER; LINDEMANN, 2012).

A estratégia da modularização que foi apresentada de maneira seminal na década de 1960 por Starr (1965), vem tomando importância, tanto no mundo acadêmico quanto empresarial. Entre os benefícios atribuídos a modularização pode-se citar; i) redução do custo de desenvolvimento de novos produtos, ii) aumento da velocidade de desenvolvimento de produtos (BÖRJESSON, 2012), iii) utilização do mesmo módulo em vários produtos, facilitando a produção em escala sem perder a variedade (HOLTTA-OTTO; DE WECK, 2007). Outros ganhos também são citados, como; i) economia de custos com estoque, ii) logística, iii) facilidade de montagem, iv) facilidade de manutenção devido a troca ou reparo dos módulos (BI; ZHANG, 2001). Além destes benefícios, cabe destacar que a possibilidade de inserção de novas tecnologias também é facilitada, pois a inserção se dá apenas em módulos específicos do produto, permitindo assim a atualização tecnológica do produto e da família como um todo (ZHANG; TOR; BRITTON, 2006). O alto valor de investimento inicial bem como a complexidade de implantação da estratégia são citadas como as principais desvantagens. Segundo Holmqvist e Persson (2003) o processo de modularização é benéfico as organizações, porém não é uma atividade fácil nem rápida de ser realizada.

O desenvolvimento de métodos e ferramentas que auxiliem as organizações na implantação e utilização da modularização tem sido o tema mais estudado pelos pesquisadores

(ZHANG; TOR; BRITTON, 2006). O impacto da forma como os produtos são divididos em módulos e, também, quão bem desenvolvidas estão suas interfaces, são pontos cruciais para definir o nível de benefício que será alcançado (HOLMQVIST; PERSSON, 2003).

Diversos são os exemplos de aplicação da estratégia de modularização encontrados na literatura. Alizon et al., (2007) apresentam o conceito para refrigeradores. Borjesson e Hölttä-Otto (2014) apresentam a aplicação em aspiradores de pó. Vieiro (2013) apresenta a aplicação em carrocerias de ônibus Figura 1. Fredriksson (2006) cita as aplicações da Volvo em caminhões. Cardoso (2008) cita o caso da Volkswagen do Brasil. Portanto, é possível verificar a ampla gama de aplicabilidade da modularização em um amplo conjunto de empresas.

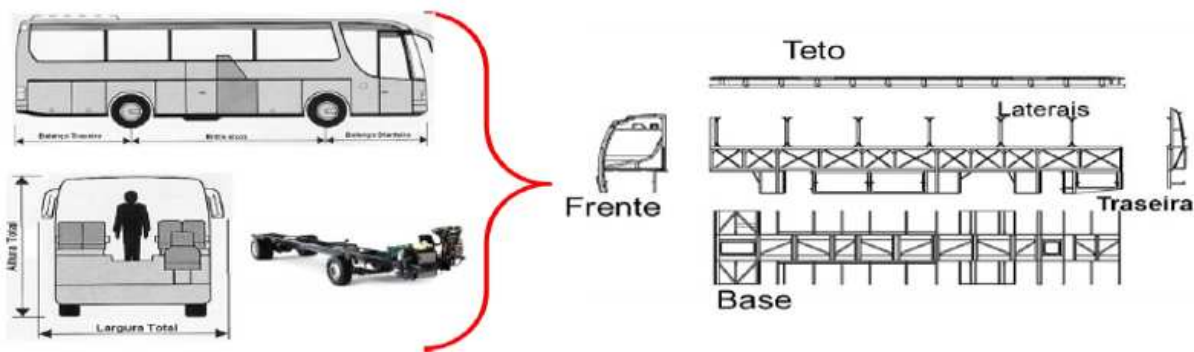


Figura 1: Estrutura modular de uma carroceria de ônibus

Fonte: (VIEIRO, 2013)

2.2 Terminologias associadas a modularização

A modularização é uma estratégia heterogênea e por isso não existe um consenso geral a respeito da definição dos termos utilizados (STARR, 2011). Diversos são os termos chave encontrados na literatura necessários para o entendimento da modularização, dentre eles: arquitetura modular, módulo, arquitetura integral, interfaces, plataformas de produtos, customização em massa, modularidade. Piran (2015) propõe no Quadro 1 os principais conceitos em relação ao tema em questão.

Termo	Definição
Modularização	É uma estratégia para gestão da variedade de produtos e variabilidade dos processos que pode ser implantada nas organizações
Módulo	É a unidade funcional com interfaces padronizadas que permitem ser combinadas para compor produtos
Interfaces	São as conexões que permitem que os módulos se conectem, se ajustem e se comuniquem
Arquitetura Modular	É a estrutura em que os componentes funcionais do produto são dispostos em partes físicas, de modo a ocorrerem as interações entre as partes através das interfaces
Modularidade	São as abordagens referentes à fragmentação da estratégia de modularização

Quadro 1: Definições conceituais

Fonte: adaptado de Piran (2015)

O termo módulo é utilizado em várias áreas de estudo de maneira diferente. Na área de *design* de produto não existe um consenso quanto definição do mesmo (BI; ZHANG, 2001). Neste trabalho será utilizado o conceito apresentado por Miller (1998) segundo o qual o módulo é uma unidade funcional, com interfaces padronizadas que permitem interações com outros módulos formando o produto final. Os módulos permitem que as engenharias de produto trabalhem de forma simultânea e, até mesmo, em organizações diferentes para a evolução tecnológica, desde que as interfaces sejam mantidas padronizadas (SALVADOR, 2007). A definição dos módulos deve ser baseada em funcionalidades dos produtos. A Figura 2, adaptada de Miller (1998) define os tipos de módulos que compõem um sistema modular de produto. A proposta de Miller (1998) é que as funcionalidades comuns em produtos ou famílias de produtos, geram módulos comuns, as funcionalidades secundárias geram os módulos auxiliares, as funcionalidades especiais geram os módulos especiais, as funcionalidades adaptativas geram os módulos adaptativos e as funcionalidades específicas de um cliente não serão módulos e serão tratadas como personalização para o cliente específico. Em outras palavras os módulos são a tradução física das funcionalidades do produto ou família de produtos.

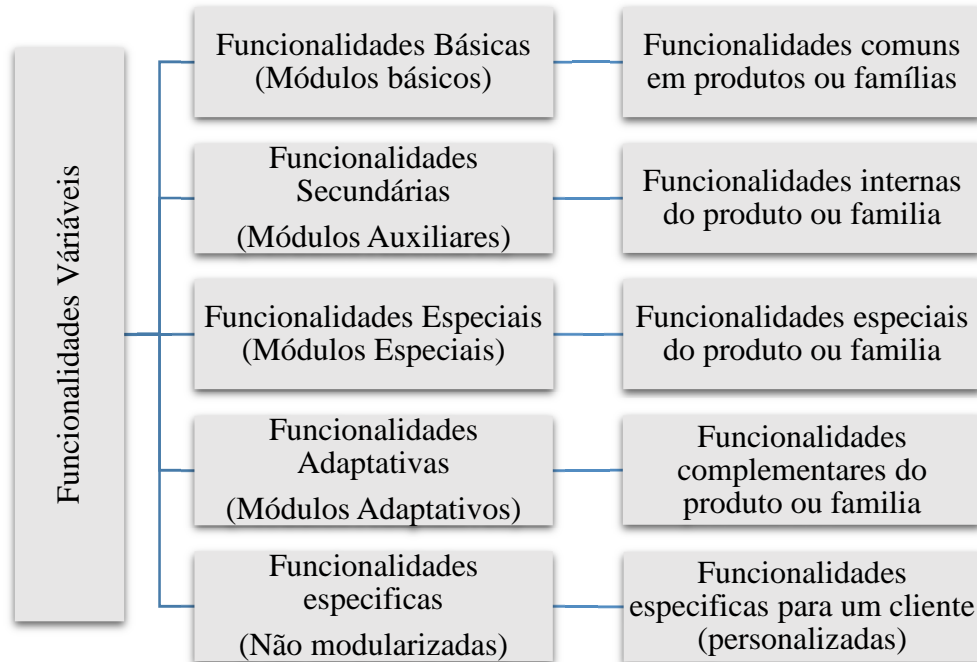


Figura 2: Tipos de módulos em um sistema modular de produto

Fonte: Adaptado de Miller (1998)

Já as interfaces são consideradas a parte crucial de um sistema modular, pois depende da racionalidade das mesmas, o nível de variedade que poderá ser alcançado no produto modular (SCALICE; ANDRADE; FORCELLINI, 2015). As interfaces são elementos que permitem o acoplamento dos módulos para a construção do produto. Estas superfícies de contato entre os módulos podem ser funcionais, mecânicas, e elétricas (MILLER, 1998). A Figura 3 apresenta de maneira simplificada que um módulo com interfaces definidas e padronizadas possibilita diversas conexões diferentes, formando assim produtos variados com módulos idênticos (BI; ZHANG, 2001). Na Figura 3 em 'a' está o módulo básico, que juntamente com os pinos de interface apresentados em 'b' possibilitam a formação de variações de produto final.

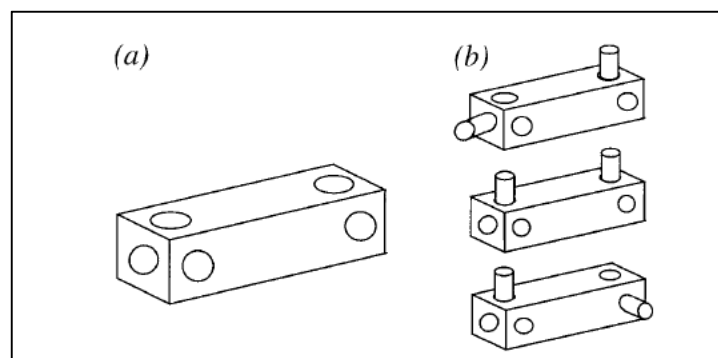


Figura 3: a) diferentes opções de montagem de um prisma modular b) três padrões de montagem

Fonte: Bi e Zhang (2001)

As arquiteturas de produtos podem ser divididas em modular ou integral. Nepal et al., (2005) consideram que arquitetura modular tem como característica a definição de produtos com partes destacáveis através do projeto das interfaces. A arquitetura modular de produto também pode ser entendida como a estruturação entre as funcionalidades do produto alocadas fisicamente através da definição dos módulos e da conexão dos mesmos através das interfaces (CHENG et al., 2012). Para Ulrich (1995) na arquitetura integral, tem-se um mapeamento complexo das funções do produto. Neste tipo de estruturação de produto as interfaces são criadas de forma independente sem preocupação com a flexibilidade de conexão. Na Figura 4 apresenta-se, através do exemplo do computador a diferenciação entre arquitetura modular e integral (ULRICH, 1995).

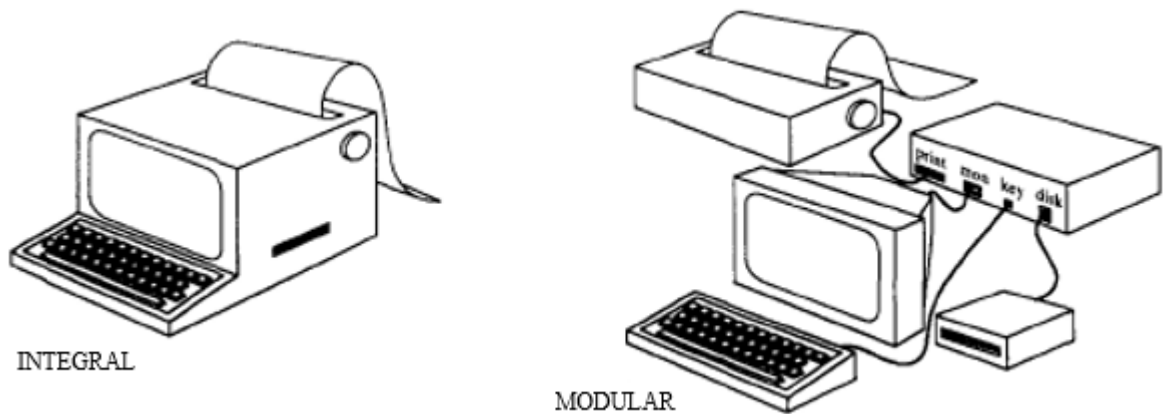


Figura 4: Arquitetura integral e modular

Fonte: (ULRICH, 1995)

Pimmler e Eppinger (1994) sugere que a definição da arquitetura dos produtos tem implicações estratégicas, no desempenho da engenharia e manufatura, na variedade de produtos ofertados e, também, na evolução tecnológica dos produtos. Ainda para Ulrich (1995) a escolha da arquitetura dos produtos é uma importante decisão gerencial devido a estes impactos.

Outro termo comum acerca do tema da modularização é plataforma de produtos, onde um conjunto de módulos compartilhados por diversos produtos formam as plataformas (ZHA; SRIRAM, 2006). Os autores acrescentam, ainda que uma família de produtos é composta por diversos produtos que compartilham plataformas gerando variedade para o mercado com o mínimo de variedade interna. Segundo Duray (2002) a chamada customização em massa é um dos objetivos da modularização, alcançado através do desenvolvimento de plataformas modulares de produtos.

A Figura 5 traz uma configuração das terminologias discutidas nesta seção, onde com a analogia do quebra cabeça Sonego (2013) apresenta que os módulos são uma peça, que através da sua união com outros módulos formam o produto. Uma família de produtos é formada por produtos que tem em sua composição módulos que se repetem, e estes são as plataformas.

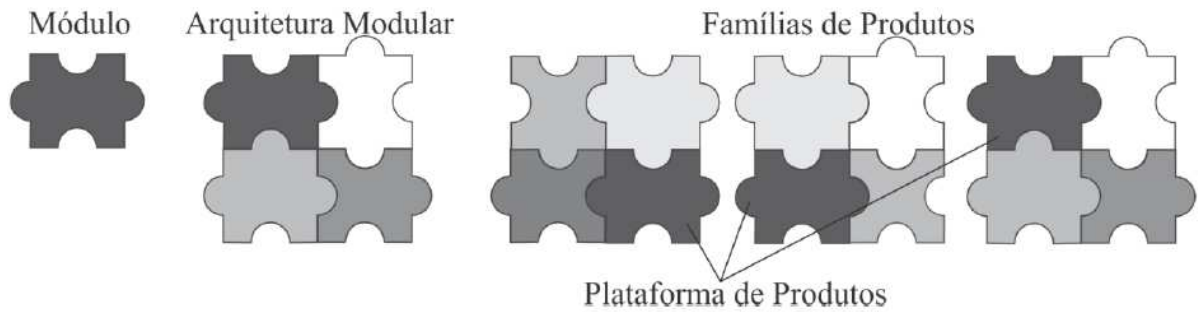


Figura 5: Arquitetura modular

Fonte: (SONEGO, 2013)

Nas próximas seções será feito o detalhamento dos tipos de modularização propostos por Pandremenos et al. (2009) que são: i) modularização de produto; ii) modularização de produção; iii) modularização de uso. Embora o tema da pesquisa seja amplo o foco desta dissertação é a modularização de produto.

2.3 Modularidade de Produto

A modularidade de produto é tida como a maneira que o *design* do produto é decomposto em partes ou módulos (PIRAN et al., 2015). Neste processo as funcionalidades são atribuídas a estes módulos, podendo existir módulos que contemplam uma ou mais funções, bem como funções que são exercidas por um conjunto de módulos (HOLMQVIST; PERSSON, 2003).

Schuh et al., (2014) apresentam a modularidade de produto dividida em três fases essenciais conforme apresentado na Figura 6. Na Fase 1 propõe um estudo do mercado atual e futuro, buscando identificar produtos potenciais para a modularização e, também, definindo os requisitos funcionais, técnicos e comerciais associados. Na Fase 2 utiliza-se da memória criada na Fase 1 para identificar as características críticas para o produto. Essas características são críticas internamente, mas não são necessariamente influenciadas pelo cliente. O objetivo desta fase é variar estas características de forma padronizada. Já na Fase 3 o produto é modularizado com base nas informações levantadas nas Fases 1 e 2.

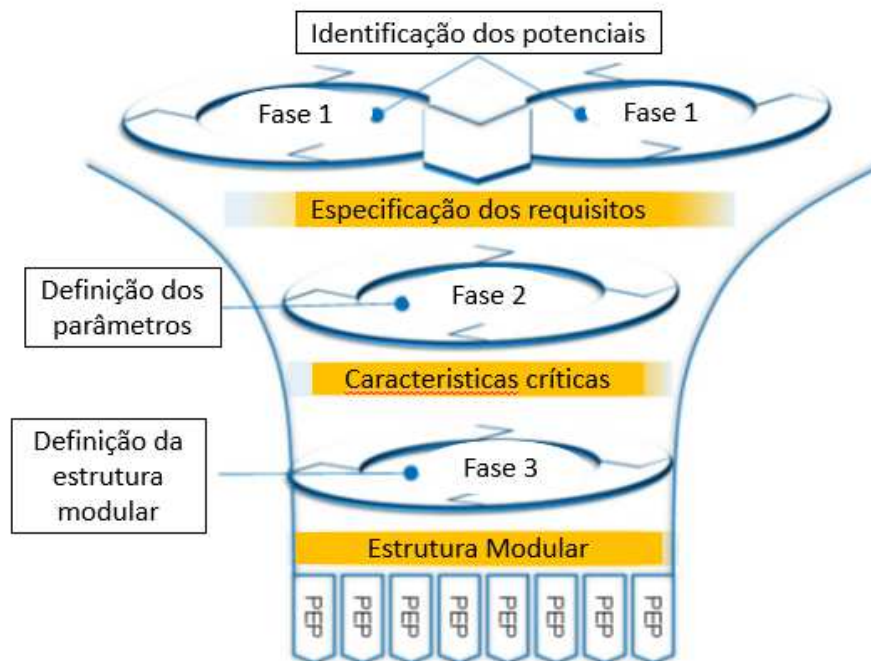


Figura 6: Fases do processo de modularização

Fonte: traduzido de Schuh et al., (2014)

Para Campagnolo e Camuffo (2010) o início da utilização da estratégia de modularização nas empresas deve ser no projeto dos produtos, pois isto trará impactos sistêmicos nas demais áreas da organização. Neste sentido Piran et al., (2015) apresentam uma lista de benefícios atrelados a modularização de produto, a saber; i) redução do número de componentes do produto; ii) redução dos custos gerais de projeto; iii) maior flexibilidade de projeto; iv) possibilidade de atualização tecnológica dos módulos; v) redução do *lead time* de projeto.

Conforme Schuh et al., (2014) existem diversos métodos para desenvolvimento de produtos modulares, sendo que os mesmos estão detalhados na seção 2.6 deste trabalho.

2.4 Modularidade de produção

A modularidade de produção é a capacidade de agrupar componentes em módulos, tornando possível a montagem desses módulos de maneira *off-line*, inserindo os mesmos na linha de montagem final (PANDREMENOS et al., 2009). Estes módulos podem ser montados pela própria empresa ou por fornecedores externos e entregues diretamente na linha de montagem, como por exemplo é aplicado no sistema *Just In Sequence (JIS)* na Hyundai (NUNES, 2015). Através desta abordagem da modularização o sistema de produção é impactado no que se refere a estoques, linhas e operações e fornecedores onde possivelmente ocorrerá uma reconfiguração da cadeia de suprimentos (SALVADOR, 2007).

Segundo Salvador (2007) a modularidade de produto tem impacto na produção e suporta a modularidade da produção, mas não necessariamente as duas precisam conviver. O autor cita o exemplo da Alemanha na segunda guerra mundial, que produziu seus navios em ‘fatias’ (módulos) transversais que eram montadas fora da linha final e após integrados na linha de montagem final, mesmo sem terem sido planejados desta forma enquanto eram projetados.

Para Ulrich (1995) a produção modular proporciona o atendimento da variedade de produtos com a manutenção da estabilidade do processo de produção. PIRAN et al., (2015) apresentam os benefícios encontrados na literatura referentes a modularização de produção, são eles i) redução do *lead time* de produção, ii) facilidade de manutenção através da substituição de módulos, iii) redução dos custos de fabricação, iv) facilidades no processo de compra, armazenamento e distribuição de materiais.

2.5 Modularidade de Uso

A modularidade de uso consiste na decomposição das funcionalidades voltadas para o consumidor. Os consumidores passam a ter a possibilidade de escolha das características que vão compor seu produto de acordo com suas necessidades. Assim a modularidade de uso é tida como a base para a chamada customização em massa (PANDREMENOS et al., 2009).

Esta abordagem permite a discussão dos objetivos dos módulos a serem aplicados (performance, manutenção). Sendo esta decisão tomada com o foco no usuário, Piran et al., (2015) cita diversos benefícios desta abordagem; i) desenvolvimento com foco no cliente; ii) produtos atualizáveis conforme necessidade; iii) diferenciação através da customização; iv) estímulo a inovação no *design* dos produtos; v) facilidade de atendimento a normas.

2.6 Métodos de Modularização de Produto

A busca pela redução e pelo gerenciamento da variedade fez com que a padronização e a decomposição dos mesmos em módulos fossem reforçadas. Para isto nos últimos anos foram apresentados na literatura diversos métodos para implantar a modularização no Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) (DANIILIDIS et al., 2011). No entanto, a maioria das empresas não tem uma abordagem sistemática para a implantação da modularização, e acabam por alterar seus produtos de forma não ordenada sendo a economia de escala perdida (SCHUH; RUDOLF; VOGELS, 2014).

Sonego e Soares (2015) apresentam uma lista de seis métodos para modularização de produto, seus objetivos e os seus autores seminais, Quadro 2.

MÉTODO	OBJETIVOS	AUTOR SEMINAL
<i>Design Structure Matrix - DSM</i>	Documentar as interações entre os elementos de um produto, que podem ser espaciais, de energia, de informação ou de material, e identificar potenciais agrupamentos com base em critérios pré-estabelecidos pela equipe	Pimmler e Eppinger (1994)
<i>Modular Function Deployment - MFD</i>	Modularizar com vista a objetivos estratégicos da empresa	Erixon (1998)
Método Heurístico - HM	Identificar módulos de acordo com fluxos importantes em uma estrutura funcional	Stone, Wood, Crawford (2000)
<i>Design for Variety - DFV</i>	Incorporar padronização e modularização para redução de custos futuros e de esforços de projeto.	Martine e Ishii (2002)
<i>House of Modular Enhancement - HOME</i>	Adicionar questões relacionadas ao ciclo de vida do produto ainda na fase de projeto, através do reprojeto de produtos	Sand, Gu, Watson (2002)
<i>Fuzzy Logic Based - FLB</i>	Otimizar a arquitetura do produto com vista aos custos, mas também com relação a qualidade, confiabilidade e manufaturabilidade.	Nepal, Monplaisir e Singh (2005)

Quadro 2: Principais Métodos de Modularização de Produto

Fonte: adaptado de Sonogo e Soares (2015)

Nas próximas seções serão apresentados os métodos de modularização citados nesta seção, bem como suas principais características e benefícios.

2.7 DSM – *Design Structure Matrix*

É prática comum dos engenheiros para a solução de problemas complexos primeiro dividi-los em um conjunto de problemas menores. Esta é a base do DSM. Este conceito é atraente pois: i) os problemas menores são mais facilmente resolvidos, ii) a velocidade de resolução pode aumentar pois os problemas menores podem ser resolvidos de forma paralela. Porém, existem riscos nesta abordagem dado que encontrar o conjunto de problemas menores é uma atividade complexa. E, também, combinar as soluções menores em uma solução geral não é uma atividade trivial (PIMMLER; EPPINGER, 1994).

O DSM inicia pelo conceito do produto resultando na arquitetura modular para posteriormente ocorrer a alocação dos módulos. As etapas do método são apresentadas na Figura 7.

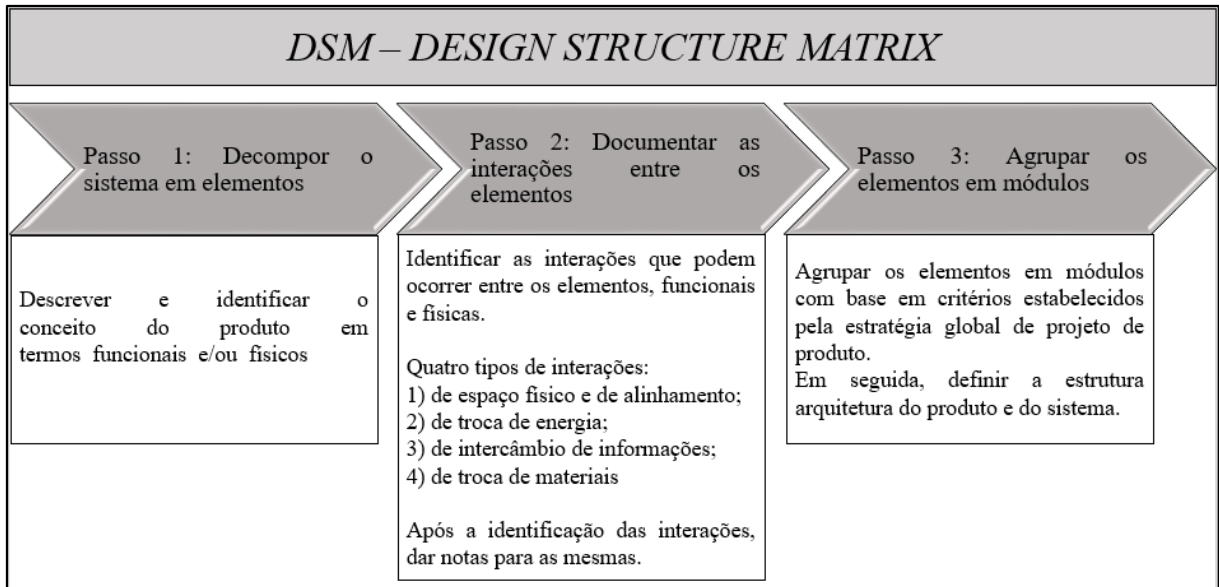


Figura 7: Método *Design Structure Matrix* Pimmler e Eppinger (1994)

Fonte: Elaborado pelo autor

O Passo 1 costuma ser o passo mais simples. Porém, o desafio é que o nível de decomposição do produto que deve ser utilizado nem sempre é facilmente encontrado. No Passo 2 objetiva-se encontrar variáveis quantitativas para as interações através dos *scores* atribuídos as mesmas em suas categorias. Finalmente no Passo 3 através da análise da matriz gerada a partir do Passo 2 são definidos os possíveis módulos e a arquitetura futura (PIMMLER; EPPINGER, 1994).

Por fim o produto do DSM é uma matriz como a apresentada na Tabela 1, na qual os componentes são posicionados nas linhas e colunas e a equipe assinala os cruzamentos onde um componente é conectado a outro. Os componentes que possuem interações são marcados e são os possíveis módulos a serem considerados (ALIZON; SHOOTER; SIMPSON, 2007).

Tabela 1: Matriz DSM

	COMPONENTE 1	COMPONENTE 2	COMPONENTE 3	COMPONENTE 4	COMPONENTE 5
COMPONENTE 1		X	X		
COMPONENTE 2	X		X		
COMPONENTE 3	X	X			
COMPONENTE 4					
COMPONENTE 5					

Fonte: Elaborado pelo autor

2.8 MFD – *Modular Function Deployment*

O MFD é um método de suporte ao desenvolvimento de produtos da empresa, que visa alcançar uma modularização que não só cumpre a melhorias esperadas pela empresa, mas fortalece a capacidade da empresa de enfrentar o futuro, através da inserção de percepções estratégicas no processo de desenvolvimento de produtos (ERIXON, 1998).

Este método é composto por cinco etapas (ERIXON, 1998) conforme apresentado na Figura 8. Inicialmente busca-se o entendimento dos requisitos do mercado para identificar os direcionadores do projeto do produto. No segundo passo as soluções técnicas são selecionadas. No terceiro passo são gerados os conceitos modulares, sendo utilizada a matriz de possíveis módulos que avalia as soluções técnicas, as interfaces e os direcionadores do projeto. No quarto passo esses módulos conceituais são avaliados. Finalmente no quinto passo é feita a melhoria dos mesmos.

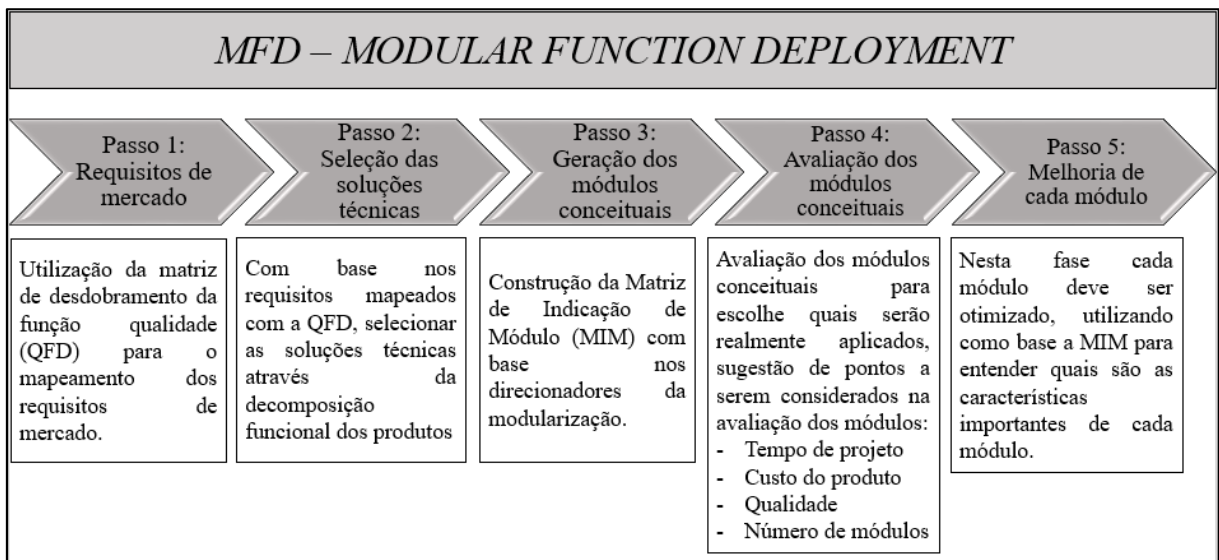


Figura 8: Método *Modular function deployment* Erixon (1998)

Fonte: Elaborado pelo autor

Segundo Sonogo (2013) a matriz MIM é o coração do método. Nesta matriz, quando existem fortes motivos para que uma solução técnica se transforme em um módulo é dado uma nota 9, já quando o motivo tem força média a nota é 6. Já motivos com baixa força recebem nota 3. Nesse contexto ocorre a priorização de quais módulos serão desenvolvidos.

2.9 MH – Método Heurístico

Com base em três heurísticas: i) fluxo dominante, ii) fluxo ramificado e iii) fluxo de conversão-transmissão Stone et al., (2000) propõe a estruturação de um método para a identificação de módulos de produtos.

Na heurística do fluxo dominante as funções do produto são analisadas de forma a não considerar as ramificações e são acompanhadas até que se tornem outros fluxos. Isto define um módulo, como ilustrado na Figura 9.

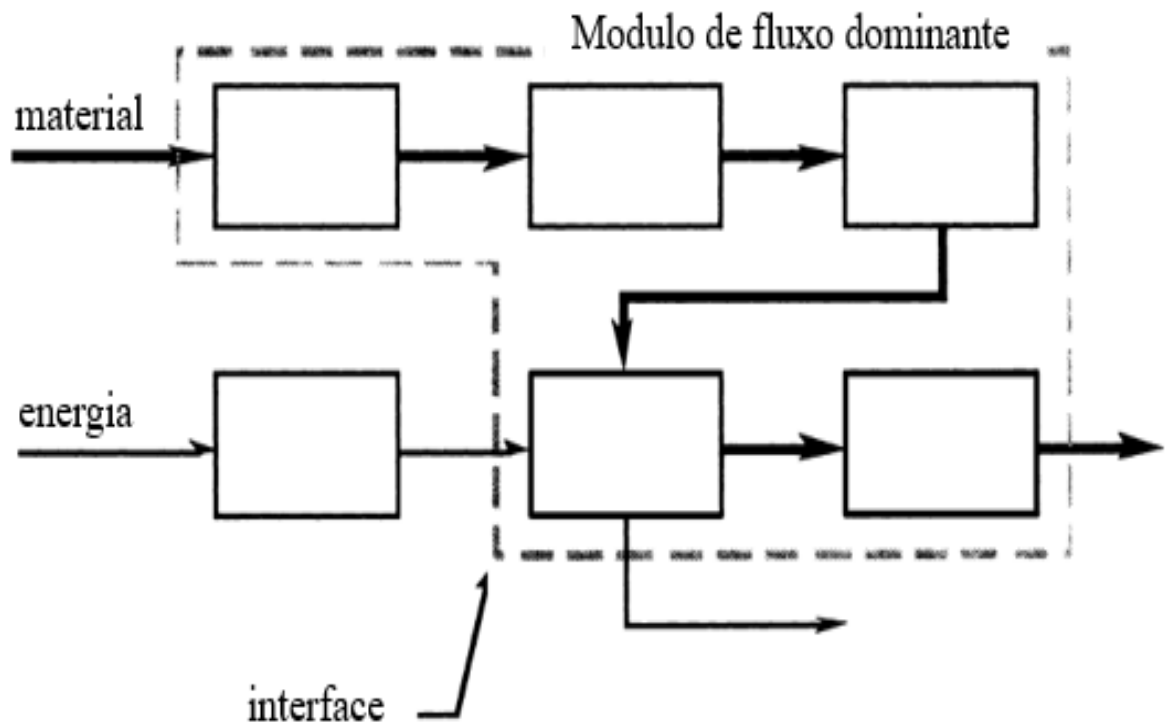


Figura 9: Fluxo dominante

Fonte: traduzido de Stone et al., (2000)

Na heurística do fluxo ramificado as cadeias paralelas de funções associadas a um fluxo compõem os módulos. Um fluxo pode se ramificar formando cadeias de funções e cada ramo de uma função paralela define um módulo potencial conforme apresentado na Figura 10. (SONEGO, 2013).

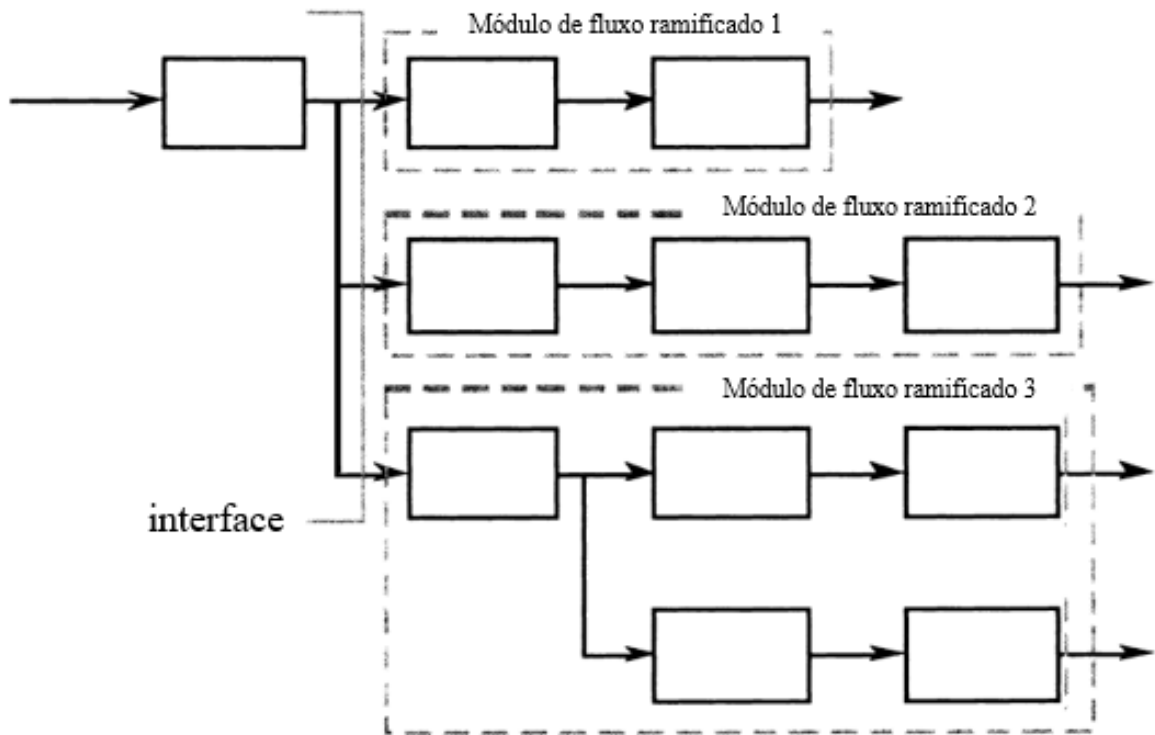


Figura 10: Fluxo dominante

Fonte: adaptado de (STONE; WOOD; CRAWFORD, 2000)

Na heurística do fluxo de conversão-transmissão onde as subfunções são convertidas ou transmitidas geram os módulos conforme apresentado na Figura 11 (STONE; WOOD; CRAWFORD, 2000).



Figura 11: Fluxo dominante

Fonte: traduzido de Stone et al., (2000)

Para Liu et al., (2010) a utilização de heurísticas para a definição de módulos depende do contexto e da estratégia de desenvolvimento de produtos utilizada pela empresa, mas parecem se constituir em boas ferramentas para alcançar a arquitetura modular.

2.10 DFV – Design For Variety

O método DFV proposto por Martin e Ishii (2002) é baseado na construção de dois indicadores que serão base para a construção da padronização e da modularização dos produtos, são eles:

- a. GVI (*Generational Variety Index*) ou Índice de Geração de Variedade (IGV), que mede a quantidade de reprojatos necessária para que um produto se mantenha atualizado. Este indicador é atribuído pela equipe com base em características como, necessidade dos consumidores, custos, confiabilidade e qualidade dos componentes (MARTIN; ISHII, 2002).
- b. CI (*Coupling Index*) ou Índice de Acoplamento (IA), que mede a probabilidade de que a alteração de um componente gere a necessidade de alteração em outro. (SONEGO, 2013).

Neste método são aplicados quatro passos. No primeiro passo são gerados os dois indicadores citados acima. No segundo os componentes são classificados em ordem decrescente conforme o seu GVI, e com base no CI, são analisados quais os componentes e qual o impacto da alteração dos mesmos na arquitetura do produto. No terceiro passo decide-se quais os componentes do produto serão modularizados. Finalmente, no quarto passo são trabalhadas as interfaces e melhorias dos módulos. A Figura 12 explicita os quatro passos citados acima.

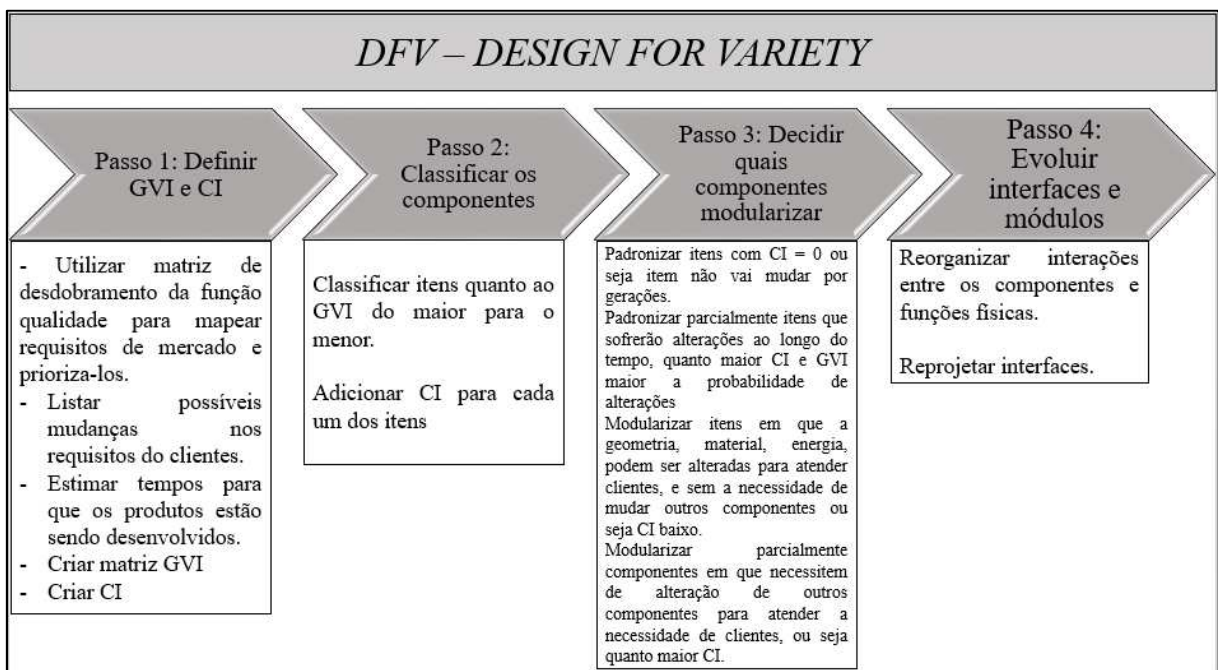


Figura 12: Método Design for Variety Martin e Ishii (2002)

Fonte: elaborado pelo autor

2.11 HOME - House Of Modular Enhancement

O método HOME é aplicado através de um conjunto de matrizes e visa inserir no desenvolvimento de produtos informações sobre o ciclo de vida, como manutenção e descarte. Por isso, é considerado um método para melhorar produtos existentes (SAND; GU; WATSON, 2002).

O método é baseado em três fases gerais. A primeira é a geração das matrizes. A segunda é a criação dos módulos. A terceira é avaliação e melhoria dos módulos. A matriz construída no Passo 1 é chamada de Matriz de Informação Modular (MIM) e contém três tipos principais de informação, a saber: i) objetivos do ciclo de vida, ii) informações de arquitetura do produto e iii) requisitos funcionais (SAND; GU; WATSON, 2002). Na Figura 12 apresenta-se a estrutura desta matriz.

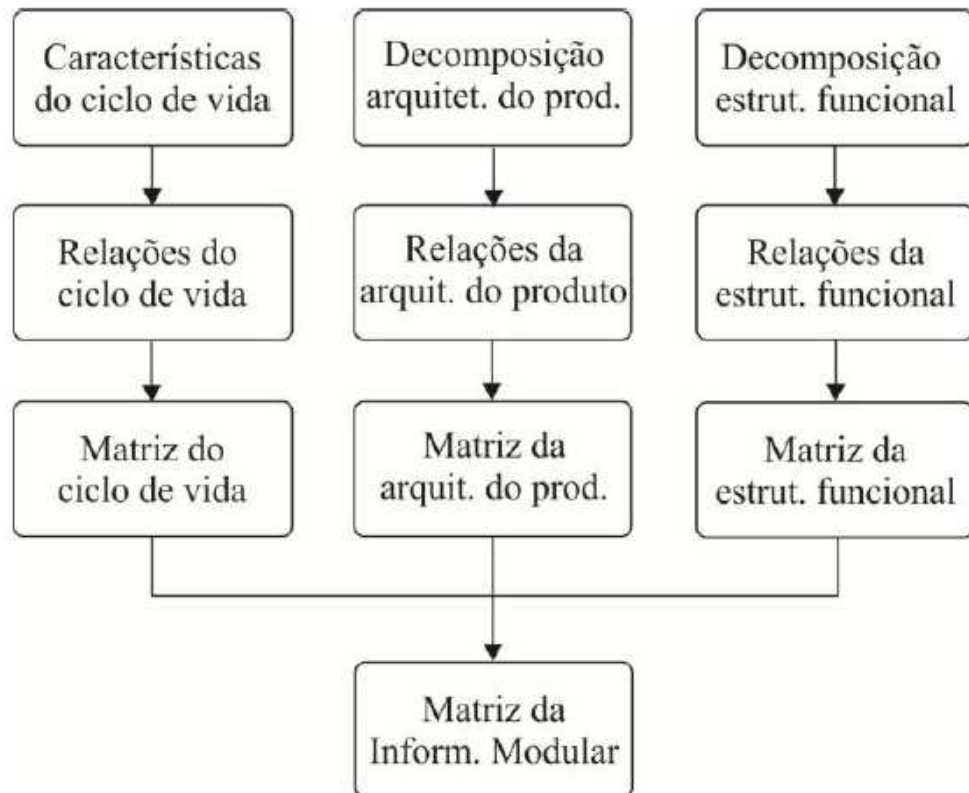


Figura 13 : Estrutura da Matriz de Informação Modular (MIM)

Fonte: Sonogo (2013)

Após a sua construção a Matriz MIM é transformada através do método de eixo radial (RAM) e então é tida a matriz de informação modular melhorada (EMIM). A aplicação de um algoritmo de grupo na matriz EMIM agrupa os componentes em módulos. Para auxiliar a

aplicação do método foi desenvolvido um *software* para realizar as operações entre as matrizes (SAND; GU; WATSON, 2002).

2.12 FLB – Fuzzy Logic Based

Nepal et al., (2005) apresentam uma metodologia baseada na lógica *Fuzzy* para melhorar o processo de desenvolvimento de produtos modulares, através da busca pelo aumento de informações nas fases iniciais do projeto onde normalmente as mesmas são escassas. O método é composto de três fases; i) aquisição de conhecimento; ii) *inferência fuzzy*; e iii) processo de modularização.

Na fase de aquisição de conhecimento, busca-se o conhecimento das pessoas mais experientes, históricos de produtos similares e demais bancos de dados sobre o produto, esta fase pode ser dividida em três etapas; i) análise geral do produto; ii) identificação de variáveis difusas; iii) desenvolvimento de regras do tipo se-então (SONEGO, 2013). Após isto é realizada a *inferência fuzzy*.

Para a modularização são analisadas as saídas da lógica *fuzzy*, que são os custos dos possíveis módulos. Portanto, para o processo de modularização estes módulos devem ser melhorados e suas interfaces projetadas (NEPAL, et al., 2005).

2.13 Avaliação crítica dos métodos de modularização de produto

A avaliação dos métodos pode ser realizada quanto à perspectiva das fases dos métodos. Holmqvist e Persson (2003) citam que os diversos métodos trazem características internas diferentes, porém podem ser identificadas três fases (etapas) básicas de aplicação, a saber; i) decomposição do produto; ii) agrupamento em módulos e iii) avaliação do resultado.

Os métodos iniciam diretamente na fase de decomposição, ficando limitados a analisar o produto da perspectiva de função e similaridade física (HOLMQVIST; PERSSON, 2003). Isto pode trazer dificuldades para esta fase uma vez que não sejam aplicadas visões de mercado (SCHUH; RUDOLF; VOGELS, 2014). O impacto desta dificuldade acarretará em dificuldades nas próximas etapas do método. Daniilidis et al., (2012) afirmam que a complexidade e a variedade são originadas pela relação produtos/mercado, e, portanto, não podem ser isoladas do sistema no momento da decisão de decomposição do produto.

Para Daniilidis et al., (2011) um aspecto importante é que as diferentes áreas da empresa apresentam opiniões diferentes quanto a decomposição do produto, e a aplicação dos métodos

pode não levar a resultados eficazes se não houver o tratamento prévio destas divergências legítimas de opinião.

Ainda na fase de decomposição Bi e Zhang (2001) sugerem que devem ser realizadas análises em quatro diferentes perspectivas: função, flexibilidade, custos, complexidade. Porém, os métodos acabam se limitando as análises físicas e de funções (BORJESSON; HÖLTTÄ-OTTO, 2014).

Para o agrupamento em módulos duas abordagens diferentes são utilizadas pelos métodos: i) por matrizes e ii) por fluxo funcional (BORJESSON; HÖLTTÄ-OTTO, 2014). Na abordagem por matrizes o foco está, principalmente, nos subsistemas de um produto. Em função disso, a aplicação do mesmo é mais comum quando se busca modularizar um produto. Já na abordagem por fluxo funcional pode-se mais facilmente atingir a construção de subsistemas que serão utilizados em diversos produtos de uma família de produtos (DANIILIDIS; BAUER; LINDEMANN, 2012). No Quadro 3 é apresentada a classificação dos métodos quanto ao tipo de dados utilizados.

	Baseado em matrizes	Baseado em modelo de fluxo funcional
Baseado em acoplamento	DSM DFV	HM
Baseado em similaridade	MFD	HOME FLB

Quadro 3: Classificação dos métodos apresentados

Fonte: Adaptado de Borjesson e Hölttä-otto (2014)

A fase de agrupamento em módulos depende da qualidade dos dados de entrada advindos da fase de decomposição (HOLMQVIST; PERSSON, 2003). Na fase de agrupamento, as ferramentas utilizadas apenas sugerem que componentes devem formar os módulos (CAMPAGNOLO; CAMUFFO, 2010). Porém, a integração física dos componentes não é apoiada por ferramentas e por isto depende totalmente da habilidade do projetista (HOLMQVIST; PERSSON, 2003). Por isso o resultado desta fase depende do conhecimento do projetista acerca do tema da modularização.

Ao contrário das duas primeiras fases, a fase de avaliação não está presente em todos os métodos. Para Sonogo (2013) o método MFD proposto por Erixon (1998) é dentre os métodos apresentados, o que melhor estrutura a fase de avaliação do projeto resultante. Já os demais métodos citam essa fase, mas não apresentam a forma de realizar esta análise.

No Quadro 4, Sonogo e Soares (2015) apresentam a decomposição dos métodos nas três etapas, bem como as características principais dos métodos em cada fase. O nível de cada fase foi inserido para classificar os métodos em: i) Forte; ii) Médio; iii) Fraco.

Na Fase de Decomposição do produto apenas o método MFD foi considerado forte, pois é o único que apresenta um mapeamento dos requisitos do cliente como característica básica. Os demais métodos são considerados médios nessa fase pois apresentam apenas avaliações quanto a função e similaridade física.

Na Fase de Agrupamento em módulos, todos os métodos foram considerados fortes, pois apresentam lógicas que auxiliam os projetistas a definir quais itens podem ser agrupados em módulos, com base nas informações da Fase de Decomposição.

Já na Fase de Avaliação do Produto, os métodos são considerados fracos, pois apenas citam a fase, mas não apresentam passos ou ferramentas estruturadas para que se considere o nível de modularização do produto resultante. O método MFD foi considerado médio nesta fase pois apresenta características básicas de como avaliar o produto modularizado.

MÉTODO	FASE I		FASE II		FASE III	
	DECOMPOSIÇÃO DO PRODUTO	NÍVEL DA FASE I	AGRUPAMENTO EM MÓDULOS	NÍVEL DA FASE II	AValiaÇÃO DO PRODUTO	NÍVEL DA FASE III
DSM	Decomposição do sistema em elementos	MÉDIO	i) Documentação das interações entre elementos. ii) Agrupamento dos elementos em núcleos de arquitetura e equipe	FORTE		FRACO
MFD	i) Definição dos requisitos dos clientes ii) Seleção das soluções técnicas	FORTE	Geração de conceitos	FORTE	i) Avaliação dos conceitos. ii) Aprimoramento dos módulos.	MÉDIO
MH	Decomposição funcional	MÉDIO	Aplicação de heurísticas: i) fluxo dominante ii) fluxo ramificado iii) fluxo de conversão-transmissão	FORTE		FRACO
DFV	i) Indicador de tempo de redesenho para que um componente seja reprojatado. ii) Indicador de força de acoplamento	MÉDIO	i) Ordenar componentes ii) Determinar onde modularizar iii) Desenvolver nova arquitetura	FORTE		FRACO
HOME	i) Matriz de informação do design modular. ii) Ciclo de vida, arquitetura e requisitos funcionais	MÉDIO	Geração de algoritmo de agrupamento	FORTE	Análise do design modular	FRACO
FLB	Processo de conhecimento (análise do produto, identificação de variáveis)	MÉDIO	Inferencia Fuzzy Modelo matemático baseado em algoritmo de tecnologia de grupo	FORTE		FRACO

Quadro 4: Decomposição dos métodos em etapas propostas por Holmqvist e Persson (2003)

Fonte: adaptado de Sonogo e Soares (2015)

Borjesson e Hölltä-otto (2014) defendem que a integração dos métodos pode ser uma estratégia interessante para que o projeto modular contemple os direcionadores de mercado, as funcionalidades do produto e as características funcionais técnicas do produto.

Com base nas lacunas citadas na literatura, sugere-se a inserção de uma fase anterior a decomposição dos produtos conforme apresentado na Figura 14, onde o foco é o mapeamento da situação de mercado, bem como o posicionamento da empresa perante a seus concorrentes, avaliando aspectos como tecnologia, *market share*, nível de variação dos produtos e posicionamento dos produtos no portfólio da empresa. Para a operacionalização desta fase

algumas ferramentas são necessárias e as mesmas serão apresentadas nas próximas seções deste trabalho.



Figura 14: Proposta de fases para a Modularização de Produto

Fonte: elaborado pelo autor

2.14 Análise de Mercado

Na etapa de análise de mercado, o conceito de *Technology Road Map* (TRM), é sugerido pois tem como objetivo fornecer uma direção para o futuro dos produtos, auxiliando no mapeamento de barreiras que possam existir no caminho do desenvolvimento de produtos da empresa (MARTIN; DAIM, 2012). O TRM possibilita a avaliação do passado, do presente e do futuro dos produtos da empresa. Não existe um consenso de metodologia para a construção do TRM. Ainda, cabe ressaltar que a vantagem é a aprendizagem alcançada no caminho da sua construção (LEE; PARK, 2005).

O produto do TRM, é um mapa que une em camadas a visão de mercado com a visão de tecnologia conforme apresentado na Figura 15. Este mapa possibilita a visualização do comportamento ao longo do tempo em relação a três perspectivas; i) mercado; ii) tecnologia; iii) produtos (PHAAL, 2004).

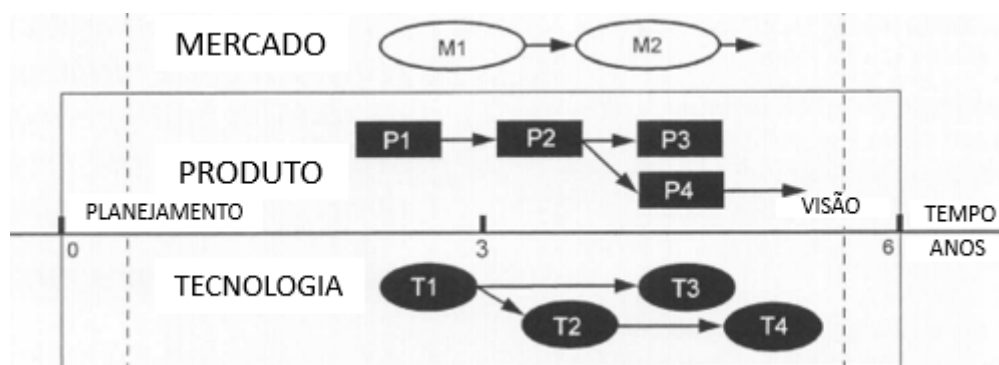


Figura 15: Modelo de TRM

Fonte: traduzido de Phaal (2004)

Para a construção do TRM, é necessária a construção de um time multifuncional com representantes das seguintes áreas; i) comercial e *marketing*; ii) gestão de engenharia; iii)

engenheiros. Dentro deste time ainda deve ser incluído uma pessoa que será responsável pela atualização do TRM. O processo de construção é realizado através de *workshops* conforme apresentado na Figura 16. Estes *workshops* devem ser suportados por ferramentas adequadas a empresa e sua cultura (PHAAL; MULLER, 2009).

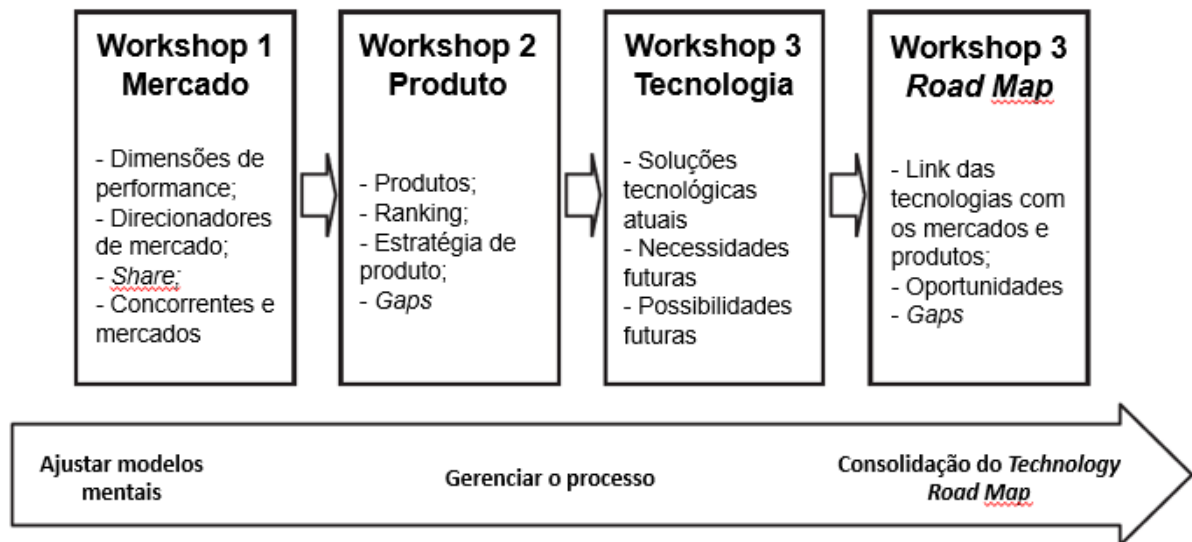


Figura 16: Estrutura de *work shops*

Fonte: Traduzido de Phaal (2004)

Para a construção do TRM, sugere-se a utilização das seguintes técnicas: i) matriz 80/20 (visão do passado); ii) Gestão do portfólio de produtos (visão do passado/presente), iii) Matriz GE Mckinsey (visão do futuro). Com cada uma destas técnicas objetiva-se construir o conhecimento necessário sobre os produtos da organização para, posteriormente, iniciar o processo de modularização. Cada uma das técnicas será abordada nas próximas seções deste trabalho.

2.14.1 Matriz 80/20

A regra 80/20 é amplamente utilizada hoje nas empresas. Em 1941 o consultor Joseph Juran reconheceu-a como uma poderosa ferramenta para direcionar esforços de solução de problemas. Em poucas palavras, neste conceito 80% dos efeitos são gerados por 20% das causas (FERRO, 2015). Existem muitas áreas da empresa onde essa regra pode ser utilizada, como por exemplo:

- 80 por cento da receita de vendas vem de 20 por cento dos clientes;
- 80 por cento dos lucros vêm de 20 por cento de produtos;
- 80 por cento das vendas são geradas por 20 por cento da equipe de vendas;

- 80 por cento das compras de materiais provenientes de 20 por cento dos fornecedores;
- 80 por cento de defeitos de qualidade são provenientes de 20 por cento das causas;

O ciclo para implantação é o seguinte: i) Analisar, ii) Simplificar, iii) Focar, iv) Crescer. Na etapa de análise é construída a matriz 80/20, para que os dados possam ser organizados de forma a ser possível evidenciar as complexidades ocultas, a ferramenta utilizada nesta fase é a matriz que cruza Clientes e Produtos. Após esta etapa já é possível fazer a simplificação, onde são excluídos os produtos com baixo impacto na receita, com isto a complexidade do portfólio é reduzida. Após esta simplificação é possível fazer a segmentação dos produtos restantes para focar esforços. Finalmente com o foco definido é possível crescer os negócios nos itens de maior representatividade (FERRO, 2015).

2.14.2 Gestão do Portfólio de Produtos

O gerenciamento do portfólio de produtos de uma empresa tem como objetivo identificar quais são os produtos chaves que devem ser priorizados quanto a disponibilização de recursos de engenharia, *marketing* e manufatura (CLOSS et al., 2008). Para Jacobs e Swink (2011) os gestores de portfólio de produtos precisam tomar decisões de redução da complexidade do portfólio baseados em critérios pré-estabelecidos, como, *share*, tecnologia, variedade, margem de contribuição, entre outras.

Ross e Shaltry (2006) apresentam as etapas da gestão do portfólio que conduzem ao atingimento dos objetivos de priorização de recursos e redução da complexidade do portfólio. São elas:

- i. Identificação: Nesta etapa listam-se todos os produtos disponíveis na organização;
- ii. Categorização: Definir os critérios que serão avaliados;
- iii. Avaliação: Avaliar o portfólio de produtos afim de identificar produtos a serem priorizados e identificar *gaps* existentes;
- iv. Seleção: Selecionar produto ou grupo de produtos e recomendações para cada um deles;
- v. Priorização: Com base na seleção priorizar produtos;
- vi. Equilíbrio do Portfólio: Identificar possibilidade de agrupamento de produtos para simplificação do portfólio;
- vii. Autorização: Validar o aporte de recursos nos produtos priorizados;
- viii. Revisão do portfólio: Realizar a listagem atualizada do portfólio;

- ix. Mudança estratégica: Realizar análise da estratégia a ser adotada para os produtos do portfólio;

Como saída da gestão do portfólio de produto tem-se o mapeamento do estado atual dos produtos com relação aos critérios pré-estabelecidos. Com isto é possível a tomada de decisão racional quanto as estratégias a serem utilizadas, além de aumentar a assertividade de disponibilização de recursos para os produtos (MARTINSUO, 2013).

2.14.3 Matriz *GE Mckinsey*

As empresas diferem na forma como atuam estrategicamente na inovação de seus produtos. As decisões de entrada em um mercado, manutenção do produto ou retirada do mesmo devem estar baseadas em parâmetros alinhados com a necessidade de mercado (CANTAMESSA; MONTAGNA, 2015).

Para o projeto da estratégia (futuro), duas variáveis são analisadas: i) atratividade dos produtos: esta informação está além dos domínios da empresa e deve ser retirada do mercado onde a empresa atua; ii) força de atuação da empresa: isto está sob o controle da empresa e deve ser gerenciado de forma que os esforços sejam direcionados para as frações de mercado mais rentáveis (LOYARTE et al., 2015).

Um dos modelos de planejamento do portfólio de produtos mais divulgados no mundo é a Matriz *GE Mckinsey*, que surgiu nos anos 70 através de uma parceria entre a GE e a consultoria Mckinsey. O modelo recorre a duas variáveis: i) atratividade da indústria, ii) posição competitiva da empresa (JANG et al., 2012). O objetivo deste modelo é auxiliar na tomada de decisões do portfólio de produtos, estando adequada para ambientes em fase de maturidade e, também, para ambientes em fase de crescimento (RUDNICKI; VAGNER, 2014).

O método para construção da matriz está estruturado com passos para determinação de cada eixo como segue:

- Determinar eixo de atratividade do portfólio:
 - i. Definir os fatores de atratividade;
 - ii. Classificar os fatores;
 - iii. Atribuir valores para os fatores de atratividade;
- Determinar o eixo de força do portfólio:
 - i. Definir os fatores de força;
 - ii. Classificar os fatores;
 - iii. Atribuir valores para os fatores de força;

Após a definição das variáveis, faz-se a integração dos dados na matriz que apresentará orientações particulares para os produtos conforme seu quadrante de posicionamento (COYNE, 2014), um exemplo genérico é apresentado na Figura 17.

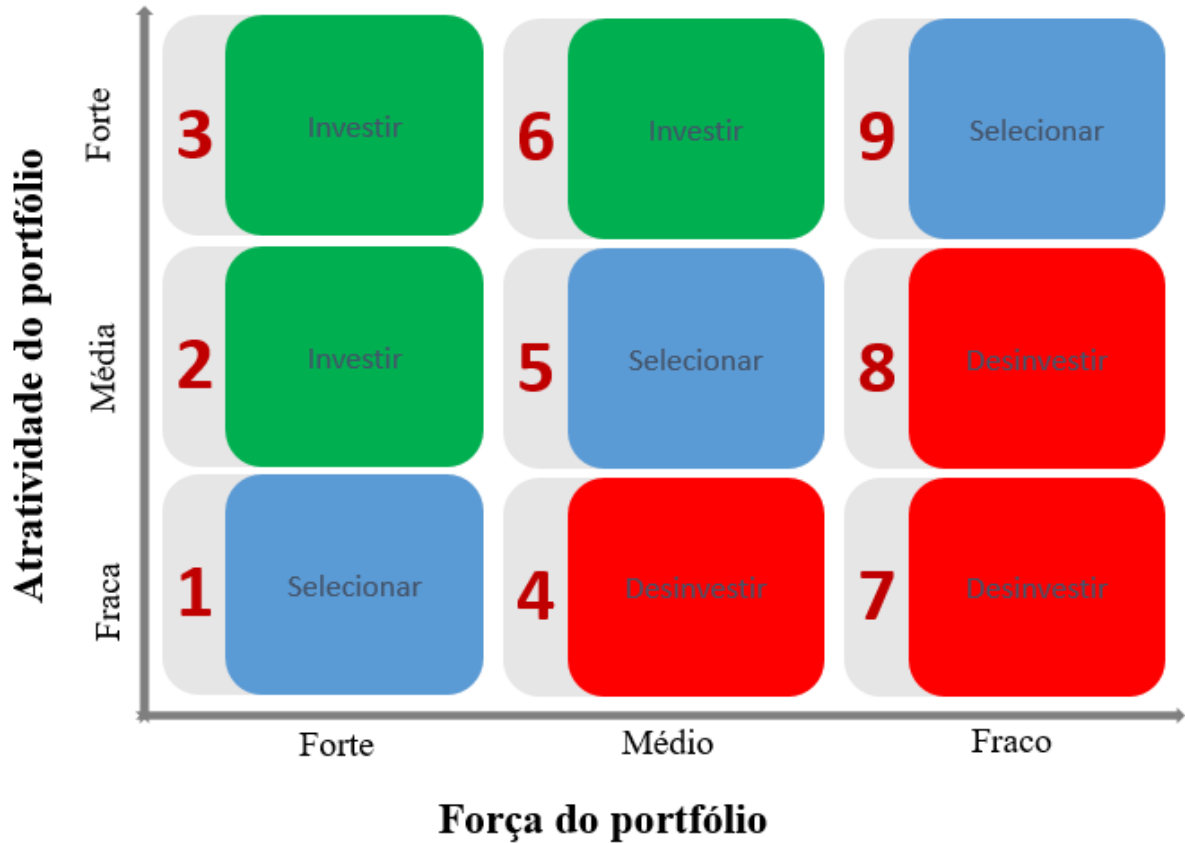


Figura 17: Matriz GE Mckinze

Fonte: traduzido de Coyne (2014)

Com a construção da matriz, pode-se aprofundar as análises nos quadrantes com a finalidade de qualificar ainda mais as decisões que serão tomadas quanto ao portfólio isto porque esta matriz não responde algumas perguntas como por exemplo:

- Quanto investir em cada produto?
- Em que investir, tecnologia, adequação de custos?

Ainda com essas dificuldades esta matriz é considerada uma das ferramentas mais poderosas para auxílio na tomada de decisão do portfólio de produtos, pois apresenta um olhar do mercado e com isso se aproxima da visão do futuro dos produtos (CANTAMESSA; MONTAGNA, 2015)

Após o referencial teórico desta dissertação no capítulo 3 está descrito o procedimento metodológico utilizado para o atendimento dos objetivos citados no capítulo 1.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a abordagem metodológica utilizada para o desenvolvimento desta dissertação. Inicialmente apresenta uma conceituação sobre a pesquisa científica. Na sequência é apresentado o método de pesquisa DSR – *Design Science Research*. Finalmente, é apresentado o método de trabalho utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa.

3.1 Pesquisa: Aspectos Gerais

Para GIL (2002) pesquisa é o procedimento proposto através de investigações de trabalhos científicos ou práticos, que tem como objetivo responder questões propostas em busca de novos conhecimentos. A pesquisa deve buscar a aproximação da prática com a teoria, e deve permitir sua repetibilidade e possibilitar o debate em torno da questão pesquisada (LACERDA et al., 2013).

As pesquisas podem ser classificadas quanto a três principais contextos: i) quanto a natureza, ii) quanto aos objetivos e iii) quanto ao procedimento. Na Figura 18 apresenta-se a estrutura desta classificação.

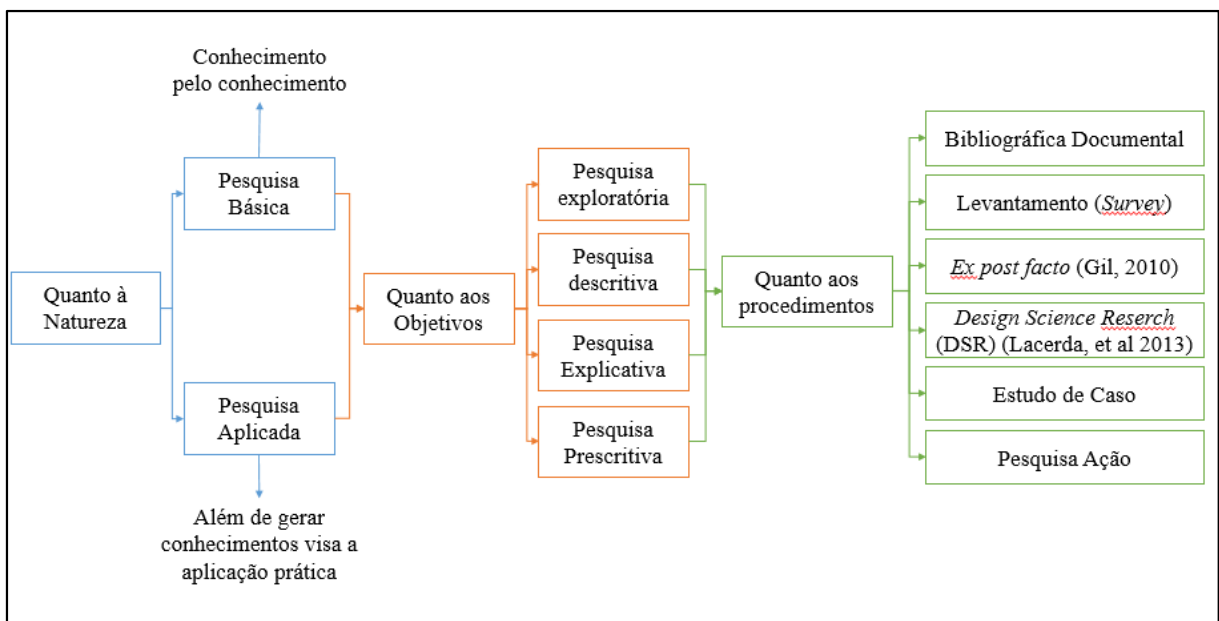


Figura 18 : Classificação das pesquisas

Fonte: Adaptado de (PROVDANOV; FREITAS, 2013)

Quanto a natureza:

- a) Pesquisa básica: visa a geração de conhecimento pelo conhecimento, sem aplicação prática, normalmente este tipo de pesquisa é motivada pela curiosidade do pesquisador e é executada de forma exploratória;

- b) Pesquisa aplicada: está voltada para gerar conhecimento aplicado praticamente e é utilizada para solucionar problemas específicos.

Sob o ponto de vista da abordagem as pesquisas são: i) quantitativa, onde considera-se tudo quantificável, transformando em números as opiniões e informações para avaliá-los, esta abordagem requer o uso de ferramental estatístico para o tratamento dos dados. ii) qualitativa: considera que existe uma relação dinâmica entre o mundo e o sujeito, ou seja, considera-se que não existe como dissociar o evento do sujeito e não é possível traduzir as percepções em números. Tal pesquisa é descritiva e o pesquisador é instrumento chave para a interpretação dos dados. Essas abordagens não são excludentes e é comum a utilização das duas de forma concomitante (PROVDANOV; FREITAS, 2013).

A pesquisa exploratória tem como base a investigação, sendo bem flexível em seu modelo de planejamento, pode-se realizar pesquisas bibliográficas, entrevistas ou análise de exemplos que estimulem a compreensão. Já a pesquisa descritiva é aplicada quando o objetivo é descrever uma situação, e o pesquisador não infere na mesma. Finalmente, uma pesquisa explicativa o pesquisador visa explicar os porquês das coisas e as suas causas (MARCONI; LAKATOS, 2003). Para (DRESCH, 2013) uma pesquisa prescritiva tem foco na solução de um problema através da participação e tem como produto normalmente, regras tecnológicas testadas e fundamentadas.

Para que uma pesquisa seja realizada com sucesso, a escolha do método deve ser feita através de uma análise das características da mesma, para Marconi e Lakatos (2003) a seleção do método está diretamente relacionada ao problema a ser estudado e dependerá de diversos fatores, como, a natureza dos fenômenos, o problema de pesquisa, os recursos financeiros, o tempo de pesquisa, a equipe, e outros fatores que possam surgir no ambiente de pesquisa.

Esta pesquisa é de natureza aplicada, pois trata da resolução de um problema específico e de aprender através da aplicação da solução projetada, além disso, o objetivo desta dissertação é classificado como prescritivo pois como resultado objetiva-se a proposição de um método para a solução do problema, devido a estes pontos o procedimento metodológico aplicado foi o *Design Science Research* (DSR) que será apresentado nas próximas seções.

3.2 *Design Science* a Ciência do Artificial

A discussão apresentada por Simon (1996) tendo como foco a ideia de como os mesmos devem ser projetados para proporcionarem resultados satisfatórios de acordo com as

necessidades observadas. Dresch (2013) apresenta os conceitos fundamentais dessa ciência, que são: artefato, soluções satisfatórias, classes de problemas, validade pragmáticas.

Artefato é o termo utilizado para descrever algo construído pelo homem, de forma artificial, isto em oposição a algo que ocorra naturalmente (SIMON, 1996). O artefato é a interface entre um ambiente externo e um ambiente interno (DRESCH, 2013). Normalmente os artefatos são vistos como coisas físicas. Porém, segundo Manson (2006) podem ser as coisas mais abstratas, como, constructos (vocabulários e símbolos), modelos (abstrações e representações), métodos (algoritmos e práticas) e instanciações (protótipos ou aplicações). Tal tipo de interpretação é compatível com as necessidades observadas na disciplina de Engenharia de Produção.

A *Design Science* visa o desenvolvimento de artefatos que solucionem problemas existentes, e ainda, é reconhecido que existem soluções específicas para cada situação, porém é necessário a generalização da prescrição obtida através da pesquisa (VAN AKEN; ROMME, 2012). O objetivo da *Design Science*, não é a solução ótima, mas sim uma solução satisfatória para aquele contexto que o problema se encontra (SIMON, 1996). Uma solução ótima necessita de simplificações e por isso dificilmente será aplicada em sua totalidade no mundo real, enquanto uma solução satisfatória é facilmente aplicada no mundo real, neste contexto a *Design Science* busca soluções aplicáveis na realidade de ambientes onde a solução ótima é inacessível ou inviável (SIMON, 1996).

Estas soluções satisfatórias podem ser generalizadas para casos específicos ou classes de problemas (VAN AKEN, 2004). Para Dresch (2013) as classes de problemas são as organizações de um conjunto de problemas que possuem artefatos úteis para aplicação nas organizações, por exemplo Lacerda et al. (2013) utilizam o Quadro 5 para classificar problemas de Engenharia de Produção.

Classes de Problemas	Artefatos
Planejamento e Controle da Produção	Tambor-Pulmão-Corda Jidoka/Kanban CONWIP
Mensuração dos Custos	Contabilidade de Ganhos Custeio Baseado em Atividades Unidades de esforço de produção
Alinhamento Estratégico	<i>Balanced Score Card</i> <i>Organizational Fitness Profiling</i>

Quadro 5: Classes de problemas x Artefatos

Fonte: Adaptado de Lacerda et al. (2013)

Finalmente a *Design Science* tem como premissas o rigor e a validade da utilização da solução encontrada na prática, ou seja a validade pragmática (VAN AKEN; ROMME, 2012). Para o alcance da validade pragmática o pesquisador deve levar em conta algumas questões: a) existe viabilidade (custo-benefício) da solução? b) a solução atende ao contexto onde será aplicada? c) qual a necessidade dos interessados nesta solução? (ELLIOTT; WORREN; MOORE, 2002).

3.3 O Método *Design Science Research - DSR*

O DSR é um método que permite o desenvolvimento de pesquisas nas mais diversas áreas, inclusive na engenharia (KUECHLER; VAISHNAVI, 2011). O DSR tem por objetivo pesquisar, estudar e investigar o artificial, tanto do prisma acadêmico quanto das organizações (BAYAZIT, 2004). Por isso o DSR é um método rigoroso para o projeto de artefatos que resolvem problemas, possibilitando a avaliação do que foi projetado, bem como comunicando os resultados obtidos (MANSON, 2006).

A aplicação do DSR nas pesquisas possibilita diminuir as lacunas entre a teoria e a prática (VAN AKEN, 2004). Isto porque é um método orientado a solução de problemas, através da construção de conhecimento, e que pode servir para o aprimoramento de teorias (KUECHLER; VAISHNAVI, 2011).

O método DSR está estruturado em quatro estágios conforme (KUECHLER; VAISHNAVI, 2011), i) conscientização do problema, ii) sugestão, iii) desenvolvimento, iv) avaliação e v) conclusão. Cada etapa da metodologia está descrita abaixo:

- i. Conscientização do problema: problemas podem ser oriundos de diversas fontes, por exemplo a necessidade da indústria ou leituras que originam descobertas de campo por parte do pesquisador. A saída desta fase é a proposta de nova investigação;
- ii. Sugestão: Esta é a fase onde o pesquisador fará as suas tentativas de *design*. Neste ponto é necessário o uso da criatividade, sendo que cada pesquisador tenderá a encontrar resultados diferentes, pois pode-se utilizar diferentes teorias para explicar o mesmo fenômeno;
- iii. Desenvolvimento: Nesta fase o pesquisador construirá seus artefatos, podendo o mesmo ser um método ou um modelo. Sendo que não necessariamente requer uma novidade em relação ao estado da arte do que está sendo estudado, já que a inovação está na construção do artefato;

- iv. Avaliação: O artefato é avaliado nesta fase com base nos critérios explicitados na proposta. Raramente as hipóteses iniciais são completamente validadas, por isso, todos os desvios de expectativas tanto qualitativas, quanto quantitativas são explicitados e ajustados nesta fase;
- v. Conclusão: Nesta fase embora normalmente ainda existam desvios no comportamento, os esforços para solução do problema são considerados suficientes. Os resultados devem ser validados e escritos de forma que possam ser generalizados para uma classe específica de problemas.

Através da fundamentação de diversos autores que propuseram métodos para condução de pesquisas através do DSR, Dresch (2013) propõe um processo composto por doze etapas conforme apresentado na Figura 19, cada uma destas etapas será descrita a seguir.

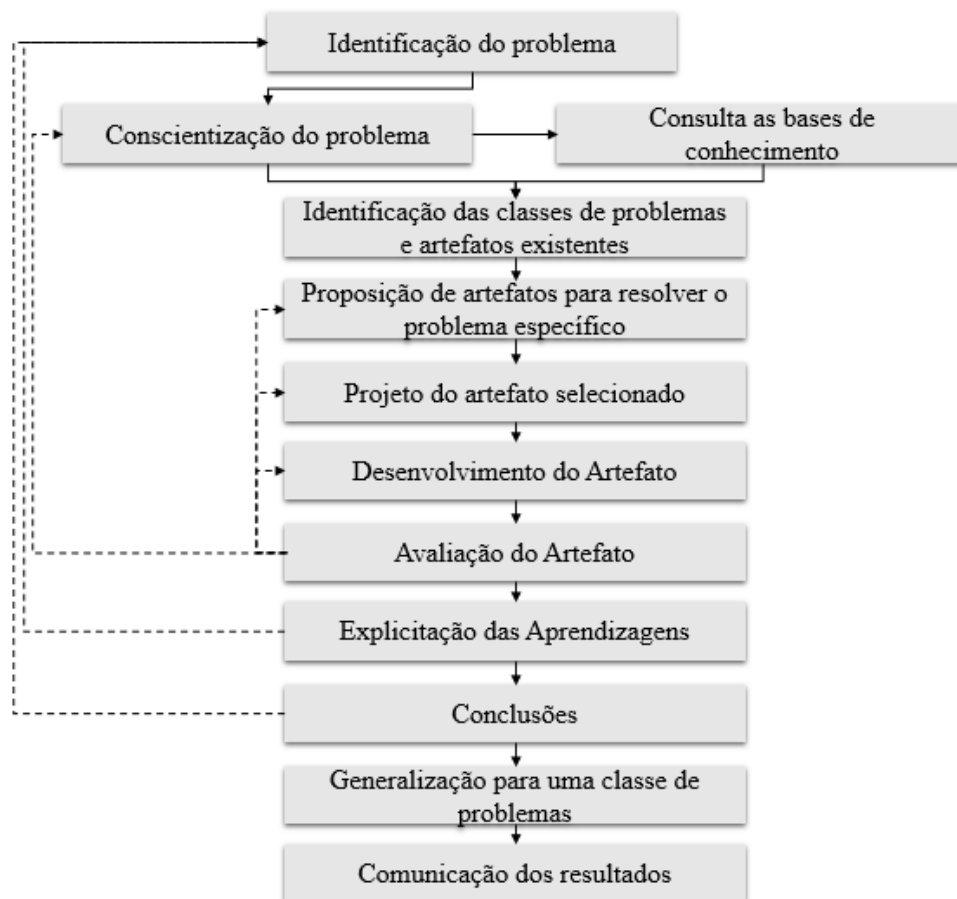


Figura 19: Método para condução DSR

Fonte: Dresch (2013)

A identificação do problema a ser investigado surge principalmente pelo interesse do pesquisador em estudar uma nova ou interessante informação, ou pela busca de resposta a uma questão importante ou finalmente a busca de uma solução para um problema ou classe de

problemas (DRESCH, 2013). Cabe destacar que o problema a ser estudado deve ser relevante e por isso deve ser explicitado os motivos do interesse do pesquisador no problema que será estudado (BAYAZIT, 2004). A saída desta etapa é a questão de pesquisa formalizada.

Na etapa de conscientização do problema o pesquisador busca ter amplitude de entendimento do problema (MANSON, 2006). Para Lacerda et al. (2013) a etapa de conscientização deve gerar para o autor uma série de informações explícitas como segue:

- i. Evidências da situação problemática;
- ii. Ambiente externo explícito e seus principais pontos de interação com o artefato;
- iii. Explicitar os critérios de aceitação da proposta de solução;
- iv. Definir e explicitar quem são os atores que se interessam pelo artefato;
- v. Explicitar a classe de problemas, artefatos existentes e suas limitações.

A consulta às bases de conhecimento das ciências tradicionais é importante para que o artefato a ser construído esteja em acordo com as ciências naturais e sociais (SIMON, 1996). Esta consulta serve de apoio para a conscientização do problema (DRESCH, 2013). A saída das etapas de conscientização e consulta às bases de conhecimento é a formalização das faces do problema considerando inclusive o ambiente externo.

Ainda com o apoio da consulta as bases de conhecimento o próximo passo é a identificação das classes de problemas e artefatos existentes acerca do problema em estudo. O autor pode encontrar na literatura um artefato pronto que atenda aos requisitos de solução do problema, caso isto ocorra a pesquisa não poderá ser considerada uma DSR devido à falta de relevância, e sugere-se que a pesquisa não seja continuada (DRESCH, 2013). Por outro lado, o autor pode se deparar com classes de problemas não formalizada ou a falta de artefatos suficientemente desenvolvidos para a solução do problema, nestes casos o autor deve seguir para o passo seguinte (LACERDA et al., 2013). A identificação de artefatos existentes auxilia na assertividade do autor no momento de criar o artefato para o problema em estudo.

Na etapa de proposição de artefato para solução do problema específico, o autor com base nas visualizações dos passos anteriores deve buscar a adaptação dos artefatos existentes para o contexto do problema que está sendo estudado, levando em conta a sua realidade e viabilidade (KUECHLER; VAISHNAVI, 2011). Este processo é criativo e o objetivo é a construção de soluções satisfatórias (SIMON, 1996), e essas soluções já começaram a ser construídas nos passos anteriores.

O projeto do artefato selecionado é realizado na sexta etapa do método, nesta etapa o autor deve explicitar todos os procedimentos que serão adotados, não só para a construção do

artefato, mas também para a avaliação do mesmo (DRESCH, 2013). Ainda nesta etapa é necessária a descrição dos resultados esperados para o desempenho do artefato, descrevendo os requisitos que o artefato deve obter para o atingimento da solução satisfatória do problema. Neste momento a preocupação é com o rigor, pois só assim a pesquisa poderá ser replicada por outros pesquisadores.

A sétima etapa é o desenvolvimento do artefato, aqui e construído o ambiente interno do artefato (SIMON, 1996), e esta etapa pode ser realizada através da utilização de diversas ferramentas, como por exemplo, algoritmos computacionais, representações gráficas, protótipos, maquetes (DRESCH, 2013). As saídas desse passo serão, primeiro o artefato em seu estado funcional, e segundo a heurística de construção do artefato. Sendo que essa heurística é uma das contribuições do DSR para a construção do conhecimento (DRESCH, 2013).

A etapa de avaliação do artefato é constituída da observação do artefato, onde através de medições é realizado mapeamento do comportamento do artefato em direção da solução satisfatória para o problema (KUECHLER; VAISHNAVI, 2011). É neste momento que os requisitos definidos na conscientização do problema devem ser revisitados e comparados aos resultados obtidos com o artefato (DRESCH, 2013). Contudo o artefato pode não atingir os requisitos, neste caso o pesquisador deve avaliar em qual etapa ocorreu a falha, retornar até a mesma para corrigi-la e reiniciar a pesquisa a partir desta etapa.

É fundamental que o pesquisador explicita as aprendizagens obtidas, com isto a pesquisa realizada pode servir de subsidio para a geração de conhecimento, tanto prático quanto teórico (VAN AKEN; ROMME, 2012). Importante ressaltar que o autor deve explicitar tanto os fatores que contribuíram para o sucesso da pesquisa quanto os que fracassaram.

Na decima etapa o pesquisador deve realizar a conclusão, expondo os resultados e as decisões tomadas durante a pesquisa, além de expor as limitações que a sua pesquisa teve e que podem servir para a condução de trabalhos futuros (MANSON, 2006). Tanto na etapa de explicitação das aprendizagens quanto na de conclusão o pesquisador por ter novos *insights* que levarão a novos problemas e ao reinicio da pesquisa.

Após a conclusão é importante que o artefato seja generalizado para uma classe de problemas, esta generalização permite que haja o avanço em *Design Science* (DRESCH, 2013). Esta generalização permitirá que o artefato seja aplicado em outros ambientes em que os mesmos problemas são enfrentados por diversas organizações.

Finalmente, a comunicação dos resultados alcançados pode ser feita através da publicação em *journals*, revistas, congressos para que o maior número de interessados seja atingido pela pesquisa.

Para esta dissertação os métodos apresentados serão adaptados, visando facilitar a aplicação dos mesmos no ambiente da pesquisa. O método adaptado, ou método de trabalho, será detalhado na próxima seção.

3.4 Método de Trabalho

Visando atender o objetivo geral e também os objetivos específicos propostos neste trabalho, é necessária a aplicação de um método de trabalho estruturado com base no paradigma da *Design Science*. Este método foi estruturado com base na proposta de (DRESCH, 2013). O método utilizado está detalhado na Figura 20, e cada etapa é detalhada a seguir.

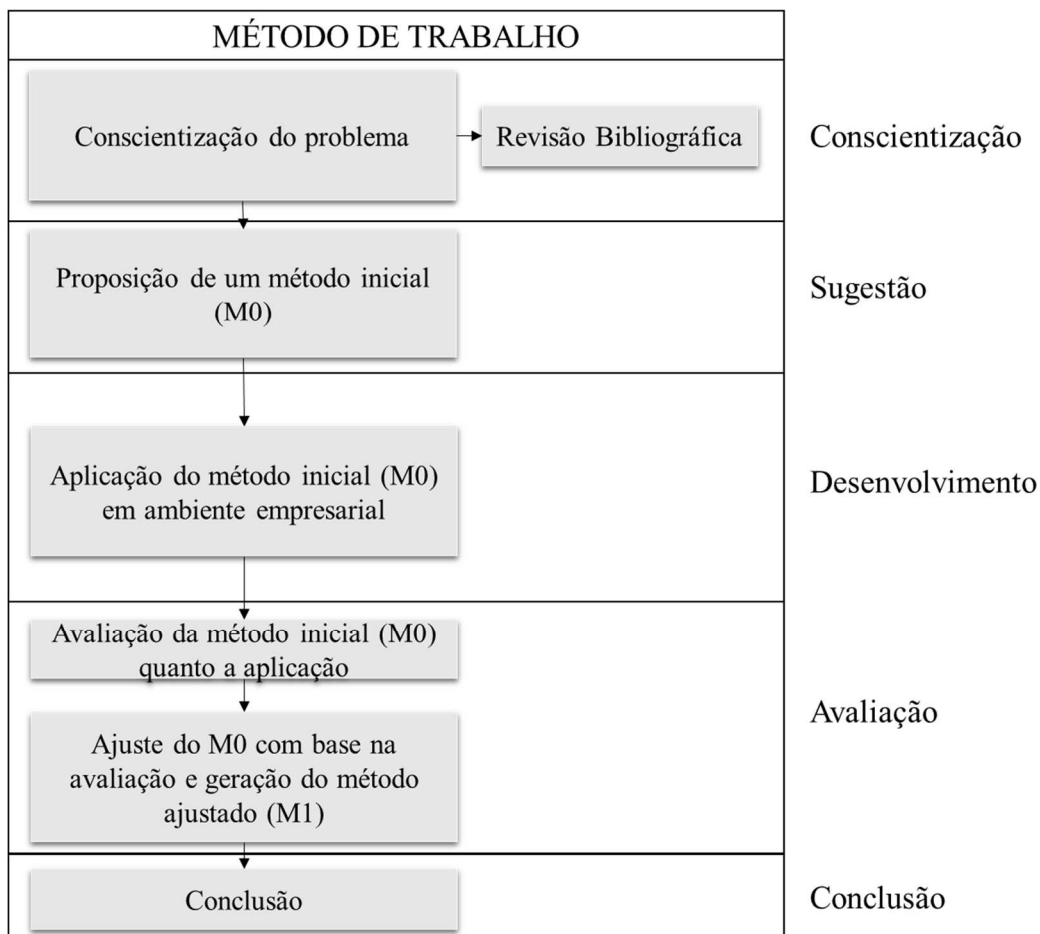


Figura 20: Método de trabalho

Fonte: elaborado pelo autor

- Passo 1 – Conscientização do problema: O tema da modularização de produto vem ganhando espaço tanto nas organizações, quanto na academia e diversos estudos apontam os benefícios que podem ser alcançados com essa prática. Porém, a implantação desta estratégia é complexa e exige adaptações ao contexto das empresas. Por isso o problema desta dissertação refere-se à construção de um método geral para implantação da

modularização em um ambiente de baixa escala e alta variedade de produtos. Nesta etapa o problema desta pesquisa foi formalizado.

Através de pesquisa bibliográfica, nesta etapa foram analisadas as principais publicações acerca do tema de modularização de produto. Os mesmos foram detalhados (Capítulo 2), visando entender suas principais qualidades, bem como suas limitações. Com esta informação o autor atingiu o requisito de ter amplitude de entendimento sobre o assunto.

- Passo 2 – Sugestão: a partir das informações obtidas na pesquisa bibliográfica foi proposto um método inicial (M0). Este método terá fundamentação nas boas práticas encontradas na literatura, bem como de algumas etapas acrescentadas pelo autor com base em alguns conceitos apresentados no trabalho.
- Passo 3 – Desenvolvimento: O método foi aplicado em um ambiente empresarial para analisar seu desempenho – uma empresa de médio porte, fabricante de máquinas para a indústria calçadista.
- Passo 4 – Avaliação: o desempenho do método na aplicação foi avaliado sob duas perspectivas; i) do autor, verificando as dificuldades de implantação e análise da percepção dos envolvidos na implantação e ii) os especialistas foram acionados para suas contribuições.

Com as informações da avaliação da aplicação do método, uma série de melhorias será aplicada, visando ajustar o método e qualifica-lo para as próximas implantações. A saída do passo 4 é o método ajustado (M1), que está disponível para posteriores implantações em outras empresas.

- Passo 5 – Conclusão: por fim, são apresentados os resultados da pesquisa, bem como uma análise do seu rigor e de suas contribuições para o meio acadêmico e empresarial, verificando os desvios em relação ao planejado, além das lições aprendidas durante o processo. Também estão explícitas as oportunidades que surgiram ao longo da pesquisa e não puderam ser abordadas devido ao foco da dissertação.

4 SUGESTÃO: PROPOSTA DO MÉTODO (M0)

O método proposto (M0) está apresentado de forma simplificada na Figura 21, e de forma detalhada no Anexo I desta dissertação. O método M0 é modular, ou seja, cada uma das etapas pode ser aplicada independentemente. Porém para fins de alcançar o produto modular, as três etapas devem ser aplicadas.

A lógica é que, uma vez executados esses passos lógicos conduzam a implantação da modularização de produto. Isto significa que o método deve trazer as definições necessárias para que a empresa escolha o produto a ser modularizado dentro de seu portfólio, bem como posteriormente possa ser executado o projeto modular deste produto. As próximas seções desse capítulo descrevem cada passo do método.

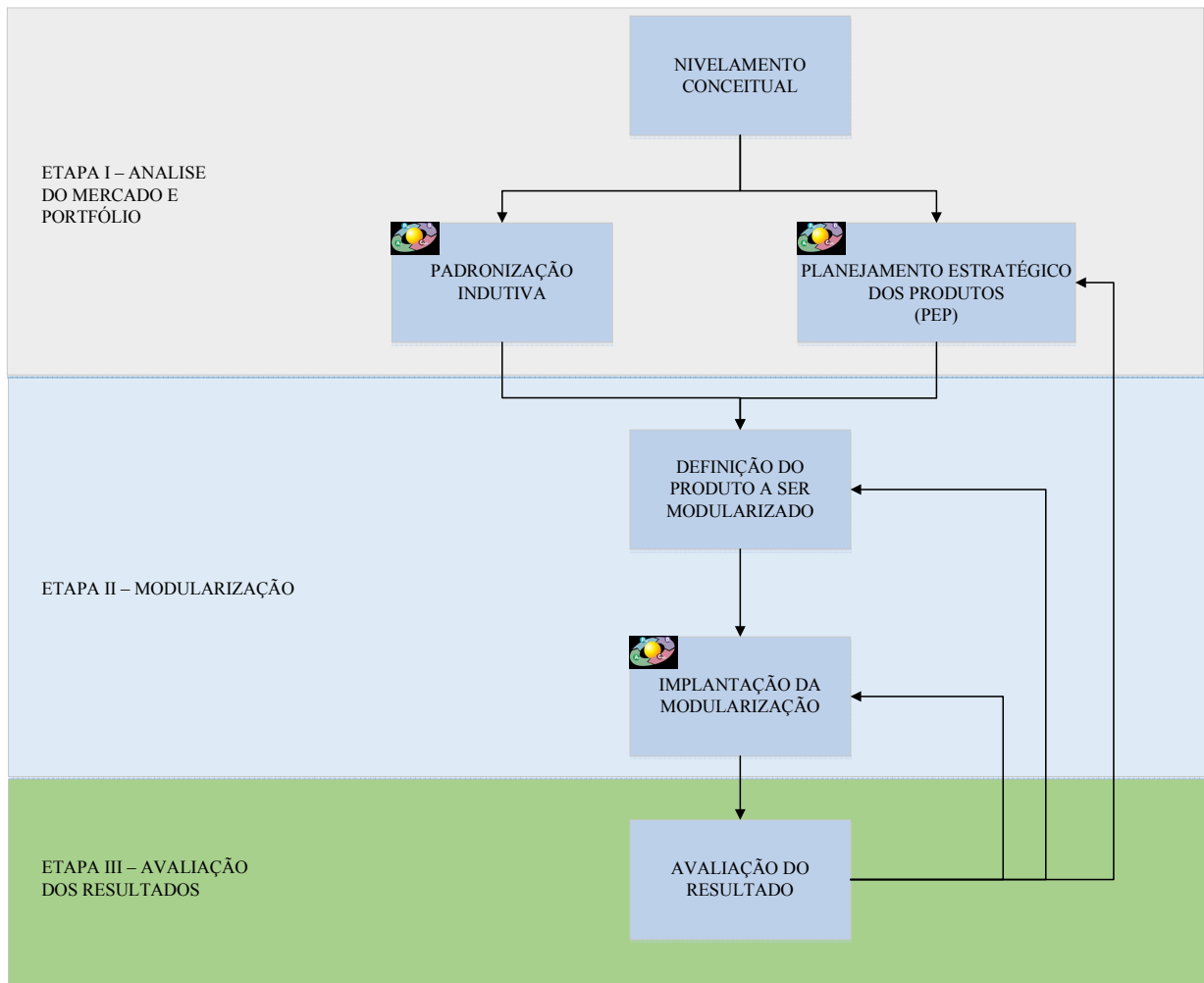


Figura 21: Método Proposto (M0)

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1 ETAPA I – Análise do mercado e portfólio

4.1.1 Nivelamento conceitual

Esta primeira etapa do método tem como objetivo a preparação do ambiente de trabalho para a implantação do conceito de produtos modulares. A abordagem modular tem impacto em diversos pontos da cadeia de valor, gerando alterações em diversos pontos da cadeia de valor, como por exemplo suprimentos, manufatura, engenharia, comercial, etc.

O nivelamento conceitual é feito em forma de treinamento teórico e prático envolvendo as pessoas chaves de toda a cadeia de valor da organização. A participação da alta gestão da organização neste treinamento é imprescindível para que exista um alinhamento entre os diferentes níveis de gestão da organização.

Para a parte prática do treinamento define-se um produto importante no portfólio da empresa para que os participantes possam de forma intuitiva dividi-lo em módulos. Com isto objetiva-se romper os paradigmas em grupo através do teste prático do conceito da modularização.

Como saída desta etapa do método tem-se; i) sensibilização da direção e das principais áreas da empresa envolvidas na modularização de produto e suas interações com o negócio, e ii) uma familiarização dos profissionais envolvidos com os termos novos que serão constantemente utilizados durante a sequência do método.

4.1.2 Padronização Indutiva

Nesta etapa do método objetiva-se acelerar ao máximo a obtenção dos primeiros resultados da aplicação do método através da busca de redução indutiva de *part numbers* ativos no sistema da organização.

Para implantação desta etapa tem-se a aplicação de um ciclo conforme apresentado na Figura 22, este ciclo deve ser executado durante toda a implantação, podendo ser implantado de maneira isolada do método, dependendo esta decisão da maturidade da organização em questão.

O primeiro passo para a padronização indutiva é a divisão dos *part numbers* da organização em famílias. Com isto tornam-se claras as oportunidades de padronização.

O segundo passo é a priorização, neste passo é importante levar em conta que a redução de *part numbers* tem um impacto sistêmico na organização, tendendo a reduzir a complexidade

do sistema como um todo. Por isto sugere-se priorizar a padronização pelo critério de facilidade de execução da mesma.

Como saída desta etapa tem-se a redução de *part numbers* e com isto os engenheiros aumentam a comunização de itens em seus projetos, o que implica em benefícios nos processos de compra, inventário, assistência técnica e etc....

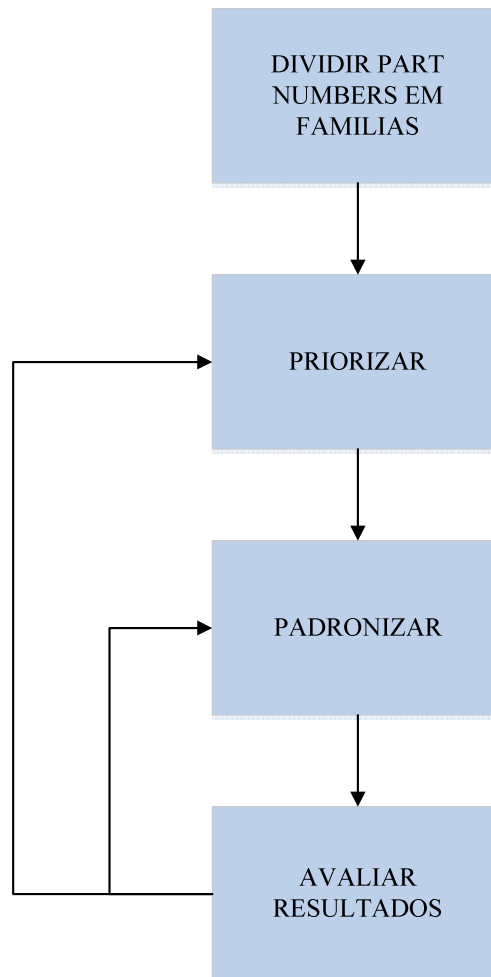


Figura 22: Padronização Indutiva

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.3 Planejamento Estratégico dos Produtos - PEP

O objetivo da etapa de Planejamento Estratégico dos Produtos (PEP) é realizar uma profunda análise do portfólio de produtos da empresa, visando mapear as ações estratégicas de simplificação e a definição dos norteadores do portfólio. Como saída desta etapa tem-se um mapa estratégico contendo o histórico, o presente e as tendências de futuro nas perspectivas de mercado, produto e tecnologia.

Para a construção do mapa do PEP propõe-se a aplicação das atividades descritas na Figura 23. Inicia-se o processo com a aplicação das três ferramentas citadas no capítulo 2; i) 80/20; ii) Gestão do Portfólio e iii) Matriz *GE McKinsey*, cada uma destas ferramentas será apresentada nas próximas subseções.

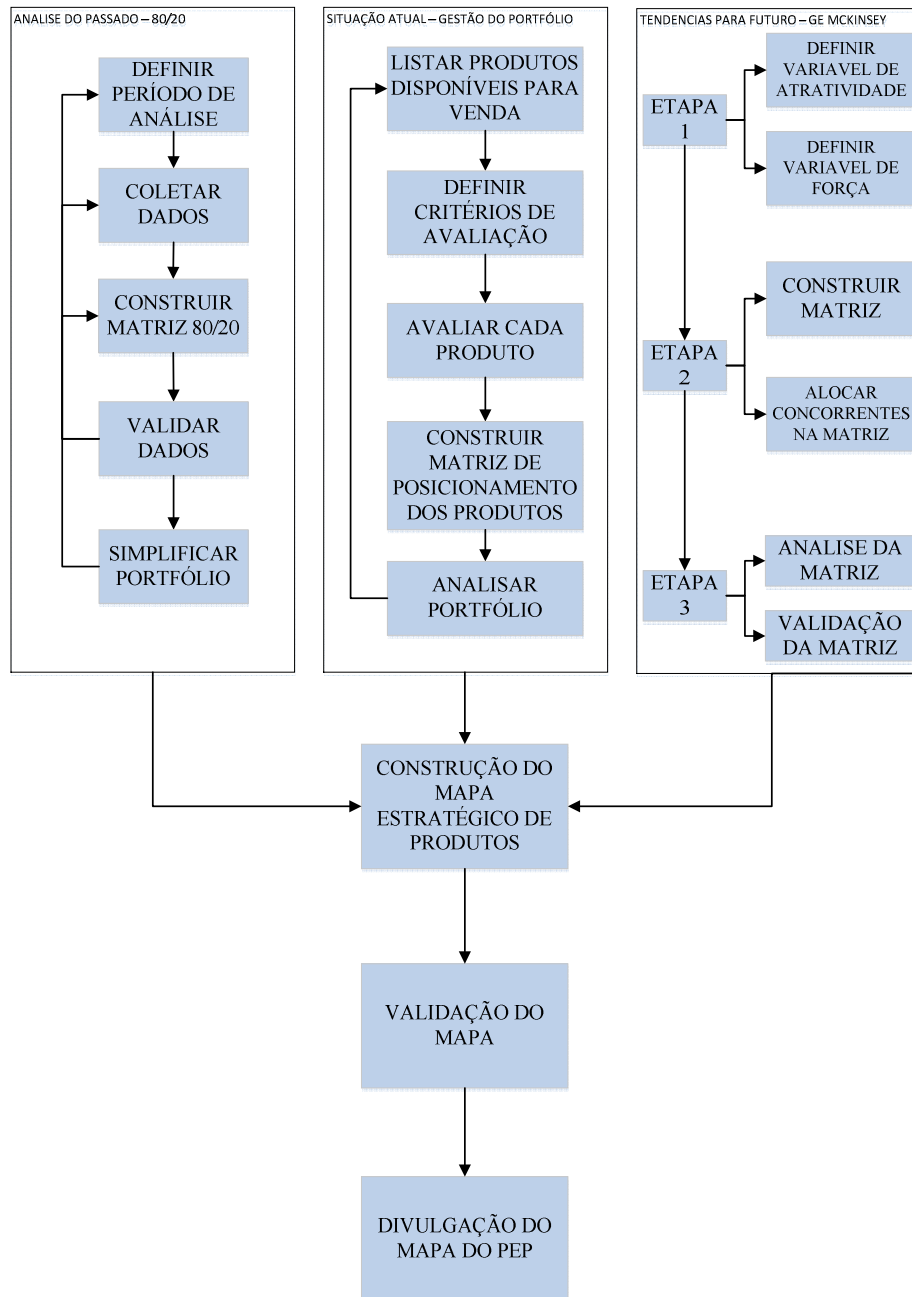


Figura 23: Planejamento Estratégico do Produto - PEP

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.4 Ciclo 80/20

Para a aplicação da ferramenta 80/20 propõe-se o ciclo apresentado na Figura 24. Inicia-se pela definição do período de análise que será utilizado. Este período sofre influência da qualidade do histórico e das sazonalidades do mercado a ser analisado. É importante que a definição do período seja realizada com a validação de pessoas chaves das áreas de marketing, vendas e engenharia, afim de qualificar a definição.

Após a definição do período faz-se a coleta dos dados no sistema da empresa. Para esta atividade é importante a análise crítica para evitar desvios na construção da matriz.

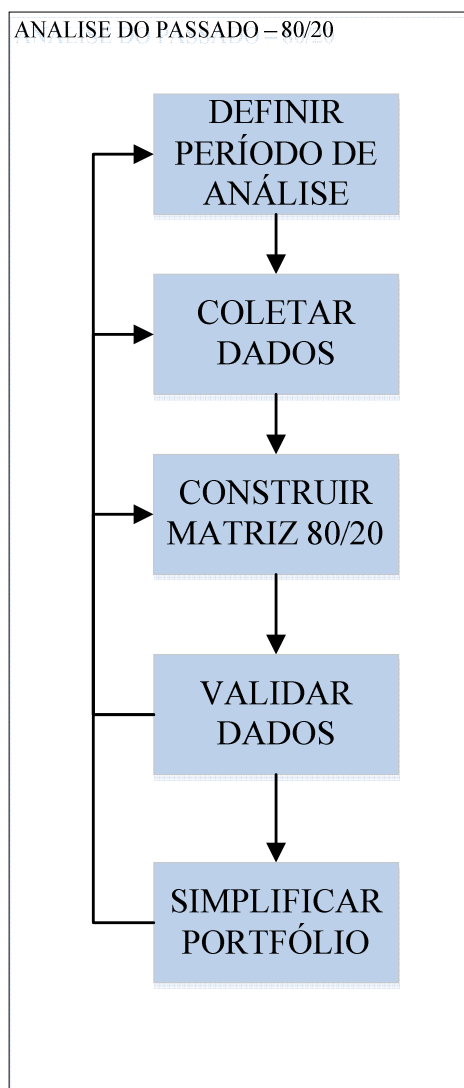


Figura 24: Ciclo 80/20

Fonte: Elaborado pelo autor

A matriz 80/20 para portfólio de produtos traz nas suas linhas a lista de produtos vendidos no período de análise, e em suas colunas os clientes que compraram neste período. A proposta

é analisar a margem de contribuição que cada produto x cliente trouxe no período. Na Figura 25 apresenta-se um modelo ilustrativo de matriz 80/20, onde a área verde representa os produtos e clientes que estão contribuindo com 80% dos valores levantados.

	Cliente A	Cliente B	Cliente C	Cliente D	Cliente E	Cliente f	Cliente G	Cliente H	Cliente I	Cliente J	
Produto A											80% de contribuição e 20% dos produtos
Produto B											
Produto C											20% de contribuição e 80% dos produtos
Produto D											
Produto E											
Produto F											
Produto G											
Produto H											
Produto I											
Produto J											
	20% cliente e 80% contribuição		80% dos clientes e 20% contribuição								

Figura 25: 80/20

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a construção da matriz realiza-se um segundo encontro com as pessoas chaves definidas no primeiro passo do ciclo 80/20. Neste encontro busca-se a qualificação dos dados através do conhecimento dos envolvidos, com a finalidade de minimizar as distorções de percepção.

Finalmente no momento de simplificação do portfólio é revisada a lista de produtos disponíveis para comercialização, visando aproximar esta lista ao máximo dos 20% de produtos que representam 80% de contribuição.

O principal objetivo deste passo é reduzir a complexidade do portfólio. No intuito de evitar esforços em produtos que não trazem resultados consideráveis para a empresa. Porém também se busca neste passo busca-se o entendimento do comportamento histórico do portfólio de produtos, isto servirá posteriormente na construção do Mapa Estratégico do Produto.

4.1.5 Análise do Portfólio

Para a análise do portfólio é proposto o ciclo apresentado na Figura 26. Este ciclo é executado em forma de *work shops*. A equipe para a realização destes eventos é definida com base na cadeia de valor da empresa, áreas indispensáveis podem ser citadas por exemplo, *marketing*, comercial, pós-vendas, engenharia, manufatura, etc.

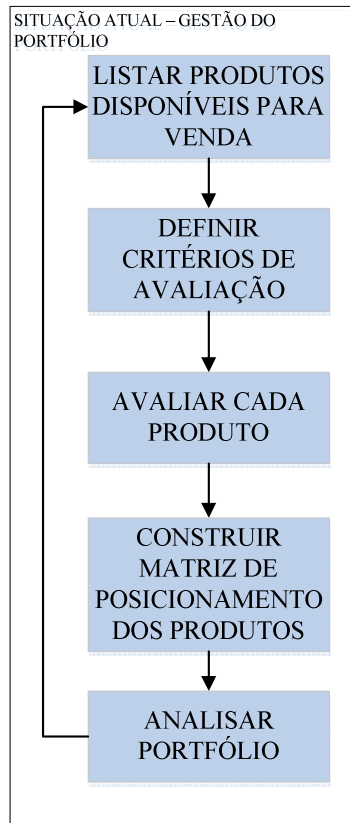


Figura 26: Análise do Portfólio

Fonte: Elaborado pelo autor

No primeiro encontro, executa-se os dois primeiros passos, a definição ou validação da lista de produtos deve ser avaliada com a equipe e definem-se as variáveis a serem consideradas. Na definição das variáveis busca-se a mescla entre variáveis qualitativas e quantitativas. Cada portfólio tem características diferentes por isto estas variáveis não são pré-determinadas, variáveis financeiras, tecnológicas, parâmetros de concorrência são bons parâmetros de análise. As variáveis quantitativas devem ser coletadas no intervalo entre o primeiro e o segundo encontro.

No segundo encontro da equipe o objetivo é validar os dados das variáveis quantitativas e construir os dados qualitativos. Com isto tem-se os dados necessários para a construção da matriz do portfólio de produtos e finalmente priorizar os esforços da organização nos produtos chaves.

4.1.6 Tendências para futuro

Para o mapeamento das tendências para futuro do portfólio de produtos, é necessário aplicar uma visão voltada para o mercado, ou seja, além dos limites da organização. Para isto sugere-se a utilização da Matriz *GE Mckinsey* afim de facilitar esta análise.

Para a construção desta matriz são executadas 3 etapas em forma de *workshops* com equipe multidisciplinar. No primeiro encontro a equipe tem o objetivo de definir as variáveis que permitem analisar a força e a atratividade dos produtos no mercado. Cada produto tem suas características próprias neste caso, por isso não existe uma determinação padrão de variáveis. Nesse contexto é interessante avaliar pontos de vista de diferentes áreas da organização e de fora dela, como *marketing*, pós-vendas, clientes, etc.

O segundo encontro é utilizado para posicionar o portfólio de produtos da empresa na matriz com base na força e atratividade de cada produto. Para que esse posicionamento não seja totalmente qualitativo é necessário a utilização de informações como *share*, tamanho dos mercados e algumas características tecnológicas que podem auxiliar na qualificação das decisões.

No terceiro encontro é feita a validação da matriz e consolidação das ações estratégicas que devem ser tomadas para o futuro dos produtos. Neste passo espera-se obter o entendimento de como o mercado vai se comportar e, também, se existem mercados inexplorados pela organização, sendo que os mesmos devem estar explícitos na matriz.

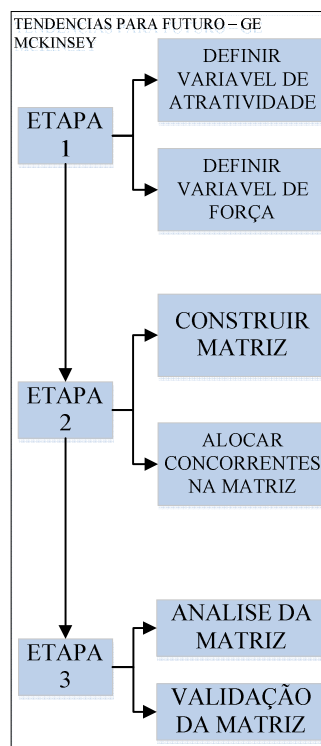


Figura 27: Tendências para futuro

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.7 Mapa Estratégico

Com a aplicação dos três ciclos anteriores o conhecimento acerca do portfólio de produtos está profundo o suficiente para a estruturação do Mapa Estratégico do Produto. Para este passo a proposta é construir o *road map* tecnológico da empresa.

Este mapa contém três visões básicas; i) recursos; ii) tecnologia e iii) mercado. É através dele que se evidenciam a história do portfólio, a situação atual do portfólio e as tendências futuras do portfólio.

Com esta visão a empresa está mais habilitada a tomar as decisões de qual produto ou família de produtos vai priorizar para o trabalho da modularização. A vantagem do PEP é evitar que os esforços da organização para a implantação da modularização sejam executados em produtos em fim do ciclo de vida, ou que sejam previstos já neste momento incrementos tecnológicos no intuito de tornar o produto modular e atualizado tecnologicamente.

Para finalizar esta etapa o mapa estratégico deve ser validado e divulgado para a empresa, para que exista o alinhamento entre os departamentos e que o caminho a ser seguido esteja claro em todas as esferas da organização.

4.2 ETAPA II – MODULARIZAÇÃO

4.2.1 Definição do Produto a ser modularizado

Com o conhecimento adquirido nas etapas anteriores e com a redução do portfólio gerado pela padronização e pela 80/20 a empresa deve decidir, considerando o seu mapa estratégico o produto a ser modularizado.

4.2.2 Implantação da modularização

Os métodos apresentados no capítulo 2 foram utilizados como base para a construção desta parte do método. Como primeira atividade é proposto a utilização do QFD (AKAO; YOJI, 1990) afim de mapear os requisitos de mercado e identificar os requisitos de projeto necessários para atender aos mesmos. Os passos do QFD estão apresentados na Figura 28.

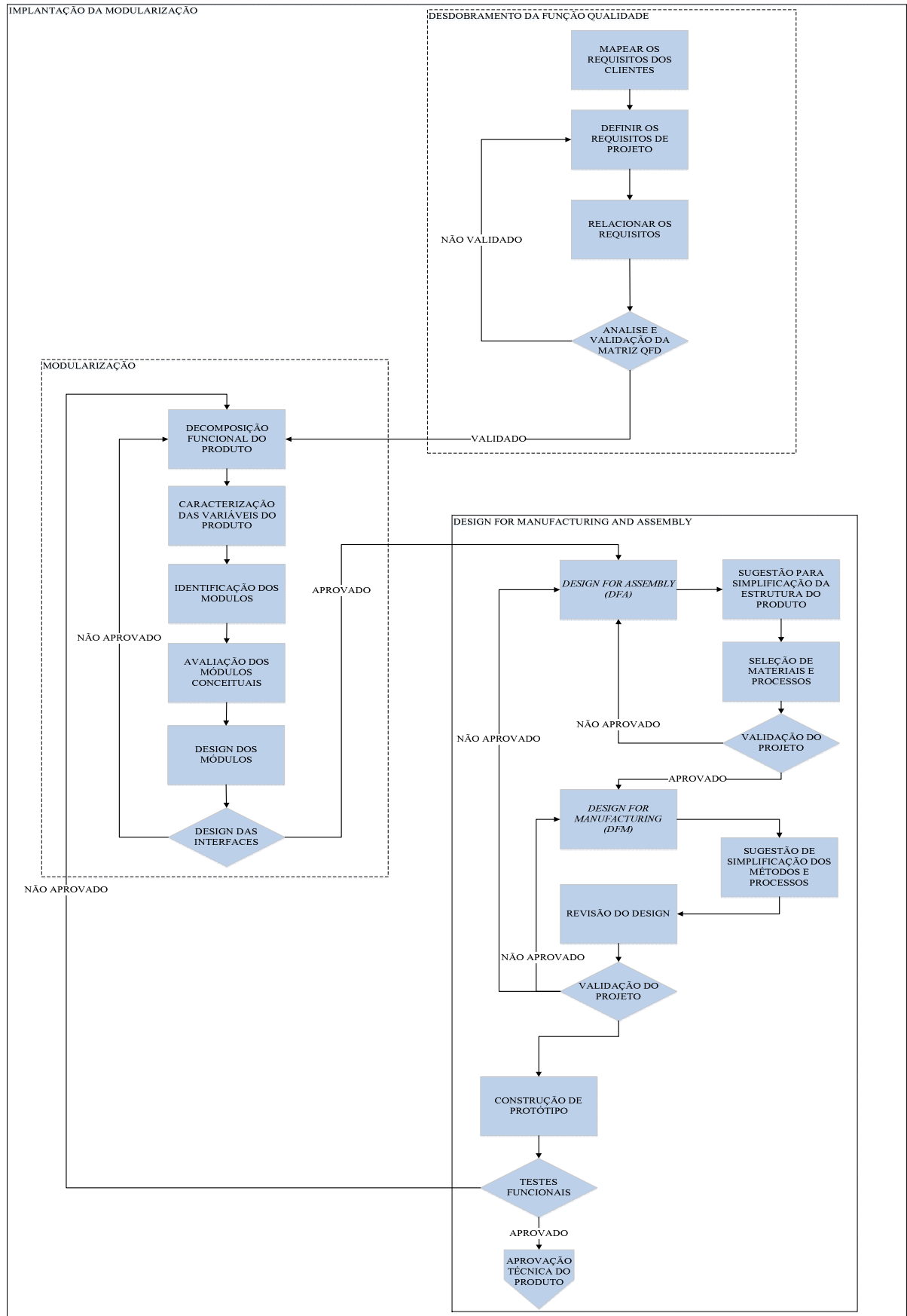


Figura 28: Implantação da Modularização
 Fonte: Elaborado pelo autor

O primeiro passo para a construção da matriz QFD é a coleta dos requisitos com os usuários do produto. Para esta etapa é necessário realizar entrevistas com os clientes chaves, buscando o entendimento das necessidades dos mesmos acerca do produto em questão. Com o resultado destas entrevistas a equipe do QFD deve traduzir as respostas dos clientes em requisitos de mercado.

Após o mapeamento dos requisitos dos clientes, deve-se elencar as soluções técnicas, ou seja, os requisitos de projeto que atenderão ao que os clientes consideram importante no processo em questão. Para o mapeamento dos requisitos de projeto, sugere-se a participação de pessoas com alto conhecimento técnico acerca do produto. Para este mapeamento pode-se utilizar um brainstorming, lembrando que os requisitos de projeto devem estar vinculados aos requisitos de mercado.

Para o terceiro passo da construção da matriz QFD, propõe-se a organização de um *workshop* envolvendo as áreas de marketing, engenharia, manufatura e assistência técnica. Neste evento o objetivo é relacionar os requisitos do cliente com os requisitos de projeto, e através dessa atividade será possível classificar os requisitos em importância. Como saída deste *workshop* tem-se a primeira versão da matriz QFD.

Essa primeira versão da matriz QFD deve ser submetida a validação por dois atores do processo, sendo um o cliente e o outro o próprio time do *workshop* que construiu a matriz. Após a validação o projeto pode avançar para a fase de decomposição funcional do produto. Caso a matriz não seja validada os requisitos de projeto devem ser revisitados e nova validação será necessária.

Com base na matriz QFD deve-se identificar as funções básicas do mesmo. Nesta etapa propõe-se o encadeamento em forma de fluxograma das funções do produto para que a visualização gráfica seja facilitada. Na Figura 29 apresenta-se um exemplo de decomposição funcional de um produto.

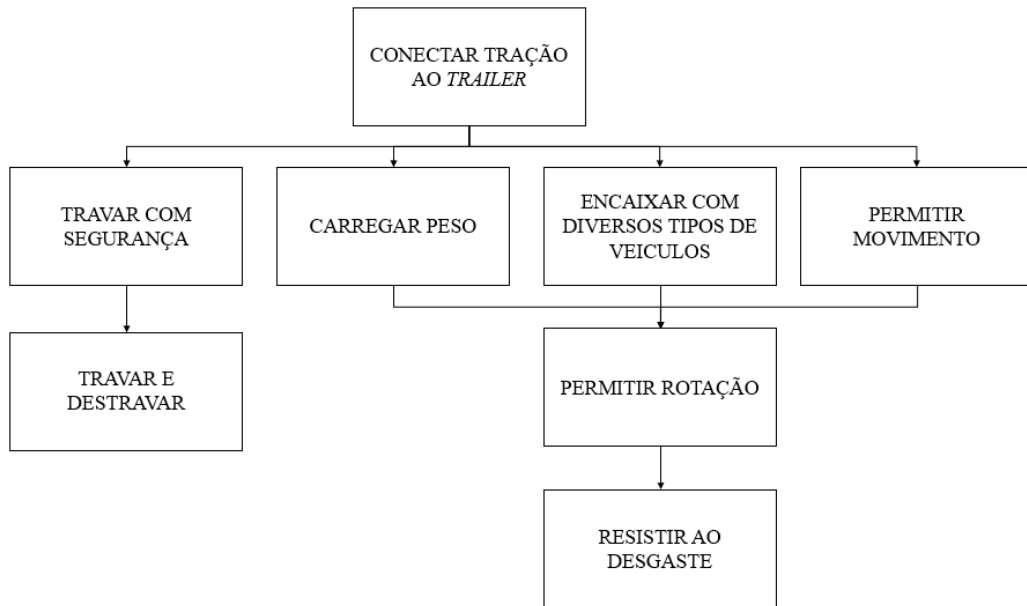


Figura 29: Decomposição funcional de uma quinta roda

Fonte: Traduzido de (ERIXON, 1998)

Algumas dicas para a execução da decomposição funcional são elencadas por (ERIXON, 1998) conforme segue abaixo:

- Não decompor as funções até níveis muito profundos (porcas e parafusos) pois isso só torna a análise complexa e não contribui para o projeto.
- Não existem soluções e respostas únicas em um processo de decomposição funcional, mas a mesma vai servir como norte para a definição dos módulos.
- Os requisitos de projeto do QFD que servem para o atendimento de mais de um requisito de projeto normalmente são funções.

Após a definição das funções do produto é necessário caracterizar como cada uma dessas funções em variável ou fixa. Para as funções variáveis determina-se quais são e como variam. Para estas definições é necessário avaliar os requisitos de mercado mapeados e também as normas a que o produto é submetido.

Para a identificação dos módulos é necessário a integração da decomposição funcional com a decomposição física do produto. Nesta etapa a utiliza-se uma adaptação da matriz DSM proposta por (PIMMLER; EPPINGER, 1994), onde as funções são integradas aos componentes físicos do produto conforme a figura 30.

FUNÇÕES	COMPONENTES	1	3	6	9	2	5	8	10	12	4	7	11	13
A	1	X												
	3		X											
	6			X										
	9				X									
B	2					X								
	5						X							
	8							X						
	10								X					
C	12									X				
	4										X			
	7											X		
	11												X	
	13													X

Figura 30: Matriz DSM

Fonte: Adaptado de (PIMMLER; EPPINGER, 1994)

A matriz DSM é utilizada para indicar os possíveis módulos conceituais do produto, e a partir deste ponto pode-se partir para o *design* dos módulos. É esperado que no momento do *design* ocorram ajustes de componentes em cada módulo. Isto se deve as alterações nos mecanismos de interface entre os componentes, uma vez que o produto terá uma alteração na sua estrutura, migrando de uma estrutura integral para uma estrutura modular.

Na etapa de *design* é importante que o projetista não perca de vista a matriz QFD, as funções e também as indicações de módulo. O conjunto de informações agregado até este momento é a ferramenta para que os módulos sejam planejados de forma a atender o mercado. Para a etapa de *design* dos módulos podem ser utilizadas as tecnologias específicas que cada produto exige.

A etapa de projeto das interfaces é um processo crítico pois gera impactos no fluxo de produção do item, como, por exemplo, o ponto de estoque de módulos que serão unidos por interfaces soldadas é diferente do ponto de estoque de módulos que serão unidos por interfaces montadas. É necessário que as interfaces façam o papel de liberar os módulos para alteração, ou seja, uma alteração no módulo deve ser possível sem que se tenha impacto no restante do produto.

Na etapa de projeto das interfaces existe a possibilidade de identificar limites tecnológicos para os módulos definidos. Neste caso convém retornar até o ponto de decomposição funcional do produto, visando analisar os impactos da alteração necessária. Assim que as interfaces são definidas se inicia o processo de DFMA (*Design for Manufacturing and Assembly*).

O primeiro passo do DFMA é a proposta de sugestões para simplificação da estrutura de produto. Para isto são tomados como base os recursos de manufatura e montagem disponíveis.

Para ERIXON (1998) esta é a etapa de melhoria dos módulos, onde se buscam as necessárias reduções de custos e ajustes de possíveis lacunas entre os módulos e a estrutura de manufatura e montagem.

Na etapa de sugestão de simplificações de estrutura, (BARBOSA, 2007) propõe analisar: i) o número de peças na montagem; ii) a ergonomia do processo de montagem; iii) utilização de peças e conjuntos similares; iv) ferramentas e processos disponíveis para montagem. Após estas análises é feita a seleção dos materiais que vão compor o produto. Com a proposta de melhoria da estrutura e com a lista de materiais definida, a etapa de DFA é submetida a validação. A validação deve ser feita por um ou mais projetistas que não estejam envolvidos diretamente com o projeto. Caso o projeto não seja aprovado o mesmo retorna ao início do ciclo de DFA. Isto ocorre até que o mesmo seja validado e possa avançar para a etapa de DFM (*Design for Manufacturing*).

A sugestão de melhoria dos métodos e processos inicia com o mapeamento dos processos disponíveis para a manufatura do produto. A partir daí as propostas são geradas considerando as peculiaridades de cada processo. Nesta etapa, existe a necessidade de participação da engenharia de processos, agregando os conhecimentos específicos ao desenvolvimento de produtos. Após consolidada a proposta, as melhorias de métodos e processos devem ser implantadas no produto através da adequação do projeto.

Uma validação final do processo de DFMA é necessária e necessita ser realizada por uma equipe de engenheiros composta por engenheiros de produto, processos e o projetista responsável pelo projeto. Caso não seja aprovado o projeto retorna para um dos dois pontos indicados na Figura 28, ou seja, para o DFA ou para o DFM, isto depende das lacunas encontradas na validação do projeto, isto ocorre até o momento que o projeto for validado. A partir da validação do projeto finaliza-se o ciclo do DFMA.

Neste ponto o produto está apto a ser testado em forma de protótipo, para isto propõe-se a produção do mesmo em forma de *mockup* ou mesmo de protótipo usual, dependendo da viabilidade do mesmo.

Com o protótipo do produto, pode-se realizar os testes de laboratório para validar seu funcionamento. Para estes testes devem ser seguidos os procedimentos conforme regulamentações da organização competente de cada tipo de produto. Uma etapa importante a ser realizada, sempre que possível e viável, são os testes de campo, para o monitoramento da condição real de operação do produto. Em caso de reprovação nos testes, inicia-se novamente a execução do método a partir da decomposição funcional do produto, isto para entender qual

função teve falha e quais os pontos do produto devem ser reprojitados. Este ciclo deve acontecer até que o produto seja considerado apto para a aprovação técnica.

4.3 ETAPA III – AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

A etapa de avaliação do projeto modular é um dos principais *gap's* dos métodos apresentados na literatura (SONEGO, 2013). Para este ponto buscou-se analisar os benefícios da modularização (ERIXON, 1998):

- i. Redução do *Time-to-market*, devido a possibilidade de evoluir os módulos, sem necessidade alterar o produto integralmente;
- ii. Redução da quantidade de *part numbers*;
- iii. Redução dos custos de produção, devido a menor necessidade de ferramental, menor número de *setups*, maior possibilidade de automação;
- iv. Redução dos custos com estoque em processo, devido à redução de *part numbers* em estoque, devido a variação ser postergada para a montagem;
- v. Redução dos custos com compras, devido aos aumentos de lotes e menor número de *part numbers*;

Na análise, foram determinados alguns pontos importantes para a construção da etapa de avaliação dos resultados do projeto modular:

- a) Os benefícios i, iii, iv e v serão evidenciados após o amadurecimento do produto modular e por isso não devem ser considerados como critérios de validação do produto modular.
- b) O benefício ii deve ser um dos critérios de validação do produto modular pois pode ser verificado no projeto.
- c) É necessário a inserção de um critério de custo de materiais para garantir que o projeto modular seja viável para implantação.

Com base nessas conclusões foram determinadas as etapas descritas na Figura 31. Como primeiro passo faz-se o comparativo de custos do produto antes e depois do projeto modular. Caso o projeto modular tenha seus custos maiores do que o projeto anterior, deve-se retornar à aplicação do DFMA afim de identificar oportunidades e ajustar os custos.

Como segundo critério é inserido a variação da quantidade de *part numbers* gerada pelo projeto modular. Com esses dois parâmetros é montada a análise da quantidade de variações possibilitada pelo projeto modular. Após a conclusão da análise da variação possibilitada pelo projeto modular, propõe-se a apresentação dos resultados para o time do projeto, que envolve

as pessoas chaves do fluxo de valor (comercial, suprimentos, produção, pós vendas, engenharia).

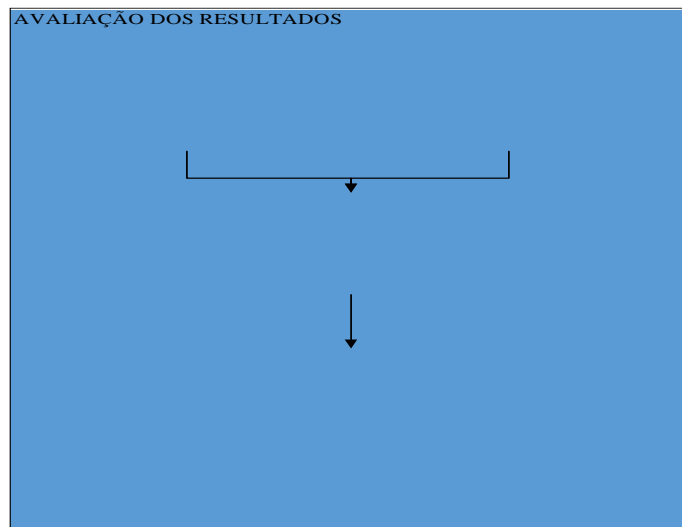


Figura 31: Avaliação dos Resultados

Fonte: Elaborado pelo autor

Neste ponto é importante dividir claramente os custos gerados pelo processo de modularização dos custos gerados pelas evoluções tecnológicas que aconteceram no produto durante a aplicação do método. Isto porque devido a aplicação de ferramentas como o QFD, o PEP e o DFMA, a tendência é de que o produto sofra um avanço tecnológico em conjunto com a alteração de sua arquitetura de integral para modular. Na Figura 32, apresenta-se os caminhos que podem ser tomados na implantação da modularização e destacado está a tendência sugerida para o método M0.

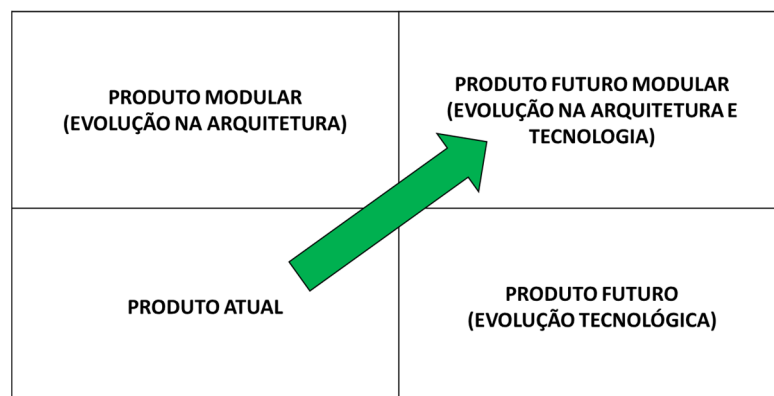


Figura 32: Tendência da Aplicação do Método

Fonte: Elaborado pelo autor

A análise conjunta de custos e quantidades de *part numbers*, fornece indicativos dos impactos que acontecerão na manufatura e também as possibilidades de novas estratégias comerciais a serem adotadas para o produto.

5 APLICAÇÃO DO MÉTODO EM AMBIENTE EMPRESARIAL

O presente capítulo tem como objetivo apresentar a utilização empírica do método, para isto inicialmente é feita a apresentação da empresa onde o método M0 foi aplicado, e posteriormente cada etapa do método é detalhada.

5.1 Apresentação da Empresa

O Grupo A está instalado no maior pólo metal mecânico do Rio Grande do Sul, situado em Caxias do Sul, na Serra Gaúcha. Tendo um parque fabril de 14.000 metros quadrados, onde atuam mais de 400 profissionais.

Iniciou as atividades em 1984 com o objetivo de promover assistência técnica em máquinas para calçados. Hoje, o grupo atua em diferentes mercados do setor metal-mecânico.

O grupo é dividido em três unidades de negócio:

- i. Unidade A, voltada ao ramo da terceirização, fornecendo ao cliente a solução completa na manufatura de produtos, utilizando processos de fabricação mecânica;
- ii. Unidade B (foco da aplicação do método), especializada na fabricação de máquinas e equipamentos;
- iii. Unidade C, responsável pelo fornecimento de máquinas de grande porte que foi incorporada ao grupo em meados de 2010.

No decorrer dos seus 32 anos de existência a empresa recebeu diversas premiações, sendo as mais recentes:

- i. Prêmio Lançamentos Fimec (2015), concedido pela Feira Internacional de Couros (FIMEC);
- ii. Troféu Destaque Industrial de Máquinas (2010), concedido pelo Grupo Sinos em parceria com a feira Francal, principal feira de calçados e acessórios de moda do país;
- iii. 150 Melhores Empresas para Você Trabalhar (2009), eleita pelo Guia Exame da revista Exame, editora Abril;
- iv. Prêmio Design (2007) concedido pelo Museu da Casa Brasileira em São Paulo;
- v. Troféu Desempenho em Exportação FIMEC (2007), concedido pela FIMEC para os três maiores exportadores do Brasil no seu ramo de atuação.

A empresa possui, desde 2001, o Sistema de Gestão da Qualidade em conformidade com os requisitos da norma ABNT NBR ISO 9001:2008. O reconhecimento da qualidade dos produtos e serviços do Grupo A, responde pela presença do grupo em todo território nacional e em diversos países, conforme mostrado na Figura 32.

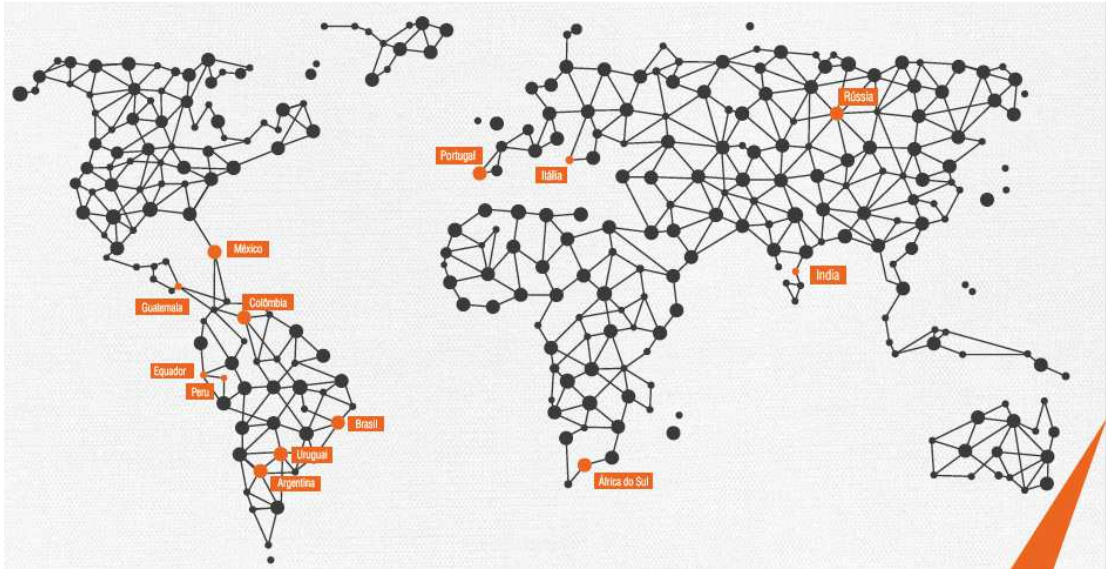


Figura 32: Países em que a empresa atua

Fonte: Arquivos da empresa

A aplicação do método aconteceu na unidade de Máquinas e Equipamentos, sendo esta a unidade onde a empresa iniciou suas atividades. Os produtos desta unidade são aplicados em processos de montagem, conformação, aquecimento e resfriamento de materiais.

Em 2006 a empresa passou por uma grande alteração na engenharia da unidade de máquinas e equipamentos, onde seus produtos foram desenvolvidos com foco em reduções de custos com energia para seus clientes. Este foi um marco na história da empresa, pois a partir deste momento a evolução dos produtos passou a ser vinculada a estratégia da empresa.

Atualmente com mais de 35.000 máquinas no mercado a marca do grupo está inserida em um mercado de alta complexidade, onde a variação dos produtos apresenta-se como um desafio a competitividade das empresas.

Quanto a estrutura a empresa conta com o processo de manufatura metalmeccânica e terceiriza as questões de componentes elétricos, pneumáticos e de automação. A empresa conta com 2 linhas de montagem que tem capacidade de montagem de em torno de 100 máquinas por mês.

5.2 Aplicação do Método (M0)

As seções seguintes apresentam o detalhamento da aplicação de cada passo do método M0 na empresa, que foi realizada no período de abril a outubro de 2016. Foi elencado um Engenheiro de produto responsável pelo projeto para que conduzisse internamente a aplicação. Participaram do trabalho diversas pessoas chaves do fluxo de valor da empresa, diretores, gerente comercial, gerente industrial, coordenador de compras, coordenador de engenharia e qualidade, além de engenheiros de produto e engenheiros de processos.

5.3 APLICAÇÃO ETAPA I – Análise de Mercado

5.3.1 Nivelamento conceitual

Na etapa de nivelamento conceitual foi realizado um treinamento teórico prático com o staff da empresa, a direção da empresa em conjunto com a engenharia definiu os participantes e validaram o treinamento. A parte teórica foi estruturada de forma a quebrar os paradigmas atuais de desenvolvimento e manufatura dos produtos, com o tema central da modularização, para esta parte foram utilizadas 4 horas. Na Figura 33 apresenta-se a lista dos participantes.

SOLICITAÇÃO DE TREINAMENTO	
TREINAMENTO: CAPACITAÇÃO MODULARIZAÇÃO	
DATA DE INÍCIO: 10/04/2016 DATA DE TÉRMINO: 10/04/2016 CARGA HORÁRIA: 8 HORAS	
HORÁRIO: 13:30 AS 20:00 LOCAL: SAZI (ANTIGA SALA DO PCP)	
OBJETIVOS DO TREINAMENTO	
REALIZAR UMA CAPACITAÇÃO DE NIVELAMENTO ACERCA DO TEMA DA MODULARIZAÇÃO DE PRODUTOS	
PARTICIPANTES:	
1. Ismael Sgarabotto (Engenharia)	11. Vitor Formaglioni (Assistência Técnica)
2. Anderson Zini (Engenharia)	12. Leandro Rancan (Representante técnico)
3. Eduardo Bossle (Engenharia)	13. Rafael Marroni (Representante técnico)
4. Samuel Gasperin (Engenharia)	14. Josué Almeida (Gerente de Produção)
5. Douglas Tonin (Engenharia)	15. José Simão (Coordenador da montagem)
6. Jakson Graef (Engenharia)	16. Disnei Marcanson (Facilitador Montagem)
7. Nilmar Favaretto (Engenharia)	17. Antonio Zini (Diretor)
8. Paulo Taborda (Engenharia)	18. Ismael Marchetto (Compras)
9. Edson Borsoi (Gerente comercial)	19. Renan Scherdien (Qualidade)
10. Volnei Crippa (Representante técnico)	20. Daniel Battistelo (TI)
	21. Cris Backes (PCP)

Figura 33: Lista dos participantes

Fonte: Arquivos da empresa

Para a parte prática foi selecionado um dos produtos do portfólio para ser “modularizado” pelos participantes com base no conhecimento tácito dos mesmos. Os participantes foram divididos em grupos de 4 pessoas e o objetivo era identificar oportunidades de geração de módulos.

Como resultado desta etapa obteve-se o nivelamento conceitual acerca do tema da modularização. Além disso os participantes puderam praticar os conceitos, o evento obteve ótima aceitação como pode ser visto na Figura 34 que apresenta a avaliação de desempenho do evento.

MÓDULO INTRODUÇÃO		MÉDIA
	O programa do evento	9,05
	A carga horária	8,59
Instrutor	Didática do conteúdo	8,59
	Domínio do conteúdo	9,23
	Utilização do tempo disponível	8,68
	Utilização dos recursos disponíveis	8,95
Recursos Didáticos	Qualidade visual do material didático	9,00
	Qualidade do conteúdo do material didático	9,18
	Qualidade dos recursos de apresentação do conteúdo	9,41
Organização do Evento	Instalações	9,50
	Coffe Break	9,32
	Cumprimento de horários	9,59

Pontos fortes	Pontos fracos
Conteúdo	Teoria muito longe do que aplicamos
Boas explicações bem declarados os assuntos	
Participação de todos, incentivo aos funcionários	
Instrutor domínio do conteúdo	
Domínio do assunto	
A parte prática foi muito proveitosa	

Figura 34: Avaliação do Evento

Fonte: Arquivos da empresa

5.3.2 Padronização Indutiva

Para a aplicação da padronização indutiva foi necessário fazer uma análise do sistema de dados da empresa, entendendo as subdivisões que estavam definidas. Com isto pode-se agrupar os itens e priorizar os grupos que seriam padronizados. A priorização foi realizada com o critério da quantidade de itens em cada grupo.

O segundo passo foi montar os times que fariam parte do processo de padronização. Tendo como base a estrutura da empresa foram definidos três times, sendo compostos por dois engenheiros, um comprador e um analista de PCP. A rotina de padronização foi definida em quatro horas semanais para cada time. A gestão desta rotina, foi estruturada em duas reuniões:

- i. Reunião de alinhamento semanal, com duração de trinta minutos e com o objetivo de fechar a agenda da semana e auxiliar em possíveis dificuldades no andamento do trabalho. Nesta reunião participam os times de padronização e o coordenador de engenharia.
- ii. Reunião mensal de resultados, com duração de trinta minutos e com o objetivo de apresentar o trabalho realizado pelo time de padronização no mês. Nesta reunião participa um representante de cada time de padronização, o coordenador de engenharia e um representante da direção.

Após estas definições e com a matriz da Figura 35 montada, os itens do quadrante 1 foram priorizados, sendo eles: fixadores, tubos e barras e conexões pneumáticas. Cada um desses grupos de itens foi objeto de trabalho de um time de padronização.

	CLASSIFICAÇÃO	CONTAGEM
1	FIXADORES	515
2	TUBOS E BARRAS	172
3	CONEXÕES PNEUMÁTICAS	148
4	ADESIVOS	123
5	PORCAS	109
6	PINOS	81
7	CORREIAS	75
8	TINTAS EPOXI	74
9	CILINDROS PNEUMÁTICOS	73
10	MATERIAIS DE ISOLAMENTO	71
11	SENSORES	60
12	BORRACHAS	57
13	VALVULAS E BOBINAS PNEUMÁTICAS	56
14	MOLAS	56
15	CONTROLADORES	49
16	REBITES	49
17	BUCHAS	47
18	ARRUELAS	43
19	COMPONENTES P/ TUBULAÇÃO	42
20	ESTEIRAS/TELAS/CORREIAS TRANSPORT	41
21	RESISTÊNCIAS	33
22	DOBRADICAS	33
23	UTENSÍLIOS DOMÉSTICOS E DE BANHEIR	32
24	MOTORES	31
25	TINTAS LÍQUIDAS	31
26	...	31
118	GABARITOS DE MADEIRA	
119	OLEOS	1
120	PORCELANAS	1
121	EPRON	1
122	FUSOS	1
123	DOSADORES PARA INOX	1
	TOTAL	8893

Figura 35: Matriz de Priorização

Fonte: Arquivos da empresa

O trabalho de padronização foi executado e validado semanalmente nas reuniões de acompanhamento. Para isto não foi utilizada nenhuma ferramenta específica, apenas para a finalidade da apresentação de resultados estruturou-se um padrão conforme a Figura 36.

Título do Projeto:									
1 – Validação da Proposta				3 - RESULTADOS					
PRIMÁRIA				Quantidade Atual			Quantidade Proposta		Data Final de Entrega
SECUNDÁRIA									
DESNECESSÁRIA									XX%
2 – Validação Projeto									
Código	Quantidade em Estoque	Quantidade Compras	Quantidade Ordens Abertas	Destino	Totalmente Substituível?	Custos e Prazos Redefinidos?	Necessidade Protótipagem		

Figura 36: Padrão de apresentação da Padronização Indutiva

Fonte: Arquivos da empresa

Após o primeiro ciclo trimestral ser finalizado cada um dos times apresentou seus resultados conforme pode ser visualizado nos ANEXOS II, III e IV. Uma compilação destes resultados é apresentada na Figura 37.

A padronização indutiva serviu para reduzir as quantidades de itens na empresa. Além disso se mostrou um apoio para os próximos passos do projeto de modularização, isto porque com um sistema já padronizado a “sujeira do sistema” não atrapalha no momento das análises das estruturas dos produtos. Além de ser uma ferramenta que mostra resultado de maneira mais rápida do que a modularização e, por isso, tende a contribuir para que a empresa tenha mais confiança no processo, dando uma maior tranquilidade para o andamento do planejamento estratégico do produto e o planejamento da modularização.

	FIXADORES	CONEXÕES PNEUMÁTICAS	TUBOS E BARRAS
QUANTIDADE	515	92	258
ELIMINADOS	324	52	143
% DE REDUÇÃO	63 %	57 %	55 %

Figura 37: Resultado da Padronização Abril/16 à Maio/16

Fonte: Elaborado pelo autor

5.3.3 Planejamento Estratégico do Produto (PEP)

O Planejamento Estratégico do Produto (PEP) foi construído paralelamente com o andamento da padronização indutiva. As próximas seções detalharão como foi a aplicação dos passos para a construção do *Technology Road Map*, que foi a ferramenta utilizada para esta etapa do método.

5.3.3.1 Análise do Passado - 80/20

Para a construção da matriz 80/20 inicialmente definiu-se o período de análise em 24 meses, isto por duas razões principais i) neste período as sazonalidades do mercado estariam contidas e ii) as máquinas vendidas neste período são as máquinas que atualmente continuam ativas no sistema para venda.

O segundo passo foi a coleta de dados, onde foram buscados os dados no sistema os seguintes parâmetros:

- i. Clientes que tiveram notas emitidas no período: foram 186 clientes encontrados nesta análise;
- ii. Quais os códigos de produto que tiveram nota emitida no período: foram 87 códigos encontrados;

Os clientes foram posicionados nas colunas da matriz, e os produtos foram posicionados nas linhas da matriz. A ordenação dos dados foi feita através do maior faturamento para o menor faturamento, tanto em clientes como em produtos. Nas células de cruzamento entre cliente e

produto foi inserido o valor de faturamento. Com isto obteve-se a matriz apresentada na Figura 38.

CD_ITEM	DESCRICAO_ITEM	Cliente A	Cliente B	Cliente C	Cliente D	Cliente E	Cliente F	Cliente G	Cliente H	Cliente I	Cliente J	Cliente K	Clientel	Cliente M	Cliente N	Cliente O	Cliente P	Cliente Q
00104624	Produto AA	R\$ 5.215	R\$ 117	R\$ 381	R\$ 138	R\$ 257	R\$ 339	R\$ 366	R\$ 48	R\$ 26	R\$ 42	R\$ 98	R\$ 13	R\$ 48	R\$ 69			
00102350	Produto AB	R\$ 1.111	R\$ 74	R\$ 53														
00094095	Produto AC	R\$ 32	R\$ 141	R\$ 19			R\$ 66	R\$ 59									R\$ 57	
00119848	Produto AD	R\$ 1.039																
00109290	Produto AE	R\$ 679	R\$ 20			R\$ 13								R\$ 8				
00070316	Produto AF																	
00074361	Produto AG	R\$ 6																
00112806	Produto AH	R\$ 71	R\$ 19															
00119480	Produto AI				R\$ 24													
00034876	Produto AJ																	
00084074	Produto AK		R\$ 7	R\$ 61														
00134636	Produto AL	R\$ 63																
00072505	Produto AM						R\$ 15											
00009123	Produto AN																	
00108424	Produto AO		R\$ 13	R\$ 12		R\$ 21												
00134356	Produto AP		R\$ 25	R\$ 13														
00084061	Produto AQ																	
R\$ TOTAL		10.525	2.131	1.194	734	728	619	604	585	136	130	129	120	108	107	102	101	101
% TOTAL		37%	8%	4%	3%	3%	2%	2%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
% TOTAL ACUMULADO		37%	45%	49%	51%	54%	56%	58%	60%	81%	81%	82%	82%	82%	83%	83%	84%	84%

Figura 38: Matriz 80/20

Fonte: Arquivo da empresa

Na etapa de validação dos dados, inicialmente foi feita uma avaliação geral dos dados, que mostraram que 80% do faturamento foi concentrado em 27 clientes e 28 produtos. Já o restante representou esforço para um nível mínimo de resultado, conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 2: Análise Geral 80/20

	TOTAL	80% (FAT)	20% (FAT)
CLIENTES	186	27	159
PRODUTOS	87	28	59

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a análise geral, foram tomadas algumas decisões de análises específicas, que geraram novas atividades em diversas áreas da organização. Dentre elas cita-se abaixo as que geraram impacto para os próximos passos do método de modularização:

- i. Revisão da lista de produtos ativos da organização: foram eliminados 25 dos 87 produtos, que só poderão ser comercializados perante validação da direção da empresa e com isto, restaram 62 produtos ativos no sistema.
- ii. Separação dos produtos por aplicação, onde foi verificada a distribuição dos produtos conforme apresentado na Figura 39.
- iii. Os 62 produtos ativos foram agrupados por aplicação, com isto direcionou-se o próximo passo do método (Matriz de Gestão do Portfólio) apenas nestes agrupamentos de produtos.

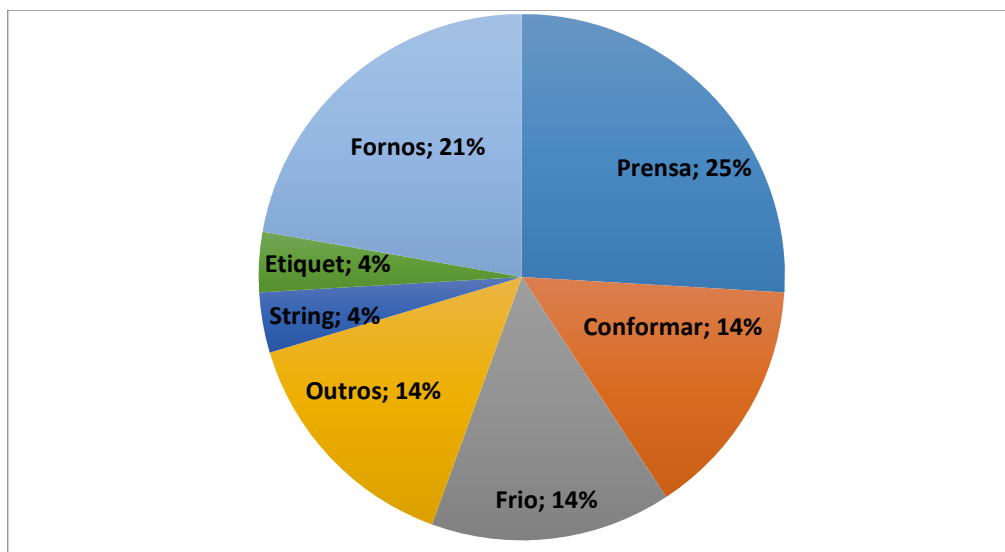


Figura 39: Aplicação dos Produtos

Fonte: Arquivo da empresa

5.3.3.2 Análise do Presente – Gestão do Portfólio

Como produtos a serem avaliados nesta etapa do método, utilizou-se a lista resultante da etapa de análise do passado, sendo 62 produtos a serem analisados. Para a execução desta etapa foi definido um time multifuncional, com cinco integrantes, a saber: 2 da engenharia de produto, 1 comercial, 1 pós vendas, 1 manufatura.

Para a definição das variáveis de análise do portfólio foi realizado um encontro com o time e discutido os pontos relevantes dos produtos da empresa. Neste caso foram definidos 3 critérios quantitativos e um qualitativo, sendo eles:

- i. Margem de contribuição;
- ii. Representatividade no faturamento;
- iii. Quantidade de configurações possíveis;
- iv. Nível tecnológico em relação aos concorrentes;

A partir desta definição os dados para os critérios quantitativos foram levantados, e foi realizado um segundo encontro para discussão dos critérios qualitativos. Para os critérios qualitativos as notas foram de acordo com a opinião dos participantes. A matriz resultante, que está apresentada na Figura 39. A matriz foi dividida em três áreas. A área verde os produtos tidos como padronizados, pois apresentam baixa quantidade de configurações disponíveis ao mercado e alta representatividade de faturamento. Já o quadrante laranja, onde estão posicionados os produtos com alta quantidade de configurações e alta representatividade no faturamento, foi considerado como variabilidade estratégica, ou seja, é uma estratégia da empresa atender as necessidades específicas do mercado mantendo esta variedade. O quadrante vermelho, que contém os produtos de baixo percentual de faturamento, foi considerado o quadrante dos geradores de variabilidade.

Esta primeira matriz contendo todos os produtos ativos da organização, mostrou que em sua grande maioria os produtos estão posicionados como geradores de variabilidade, o que foi considerado um indicio de que existe a necessidade de um trabalho para racionalizar os produtos. Surgiu então a ideia de avaliar separadamente as duas principais aplicações expostas na Figura 39, para verificar qual delas seria mais adequada para ser a primeira a sofrer o processo de modularização.

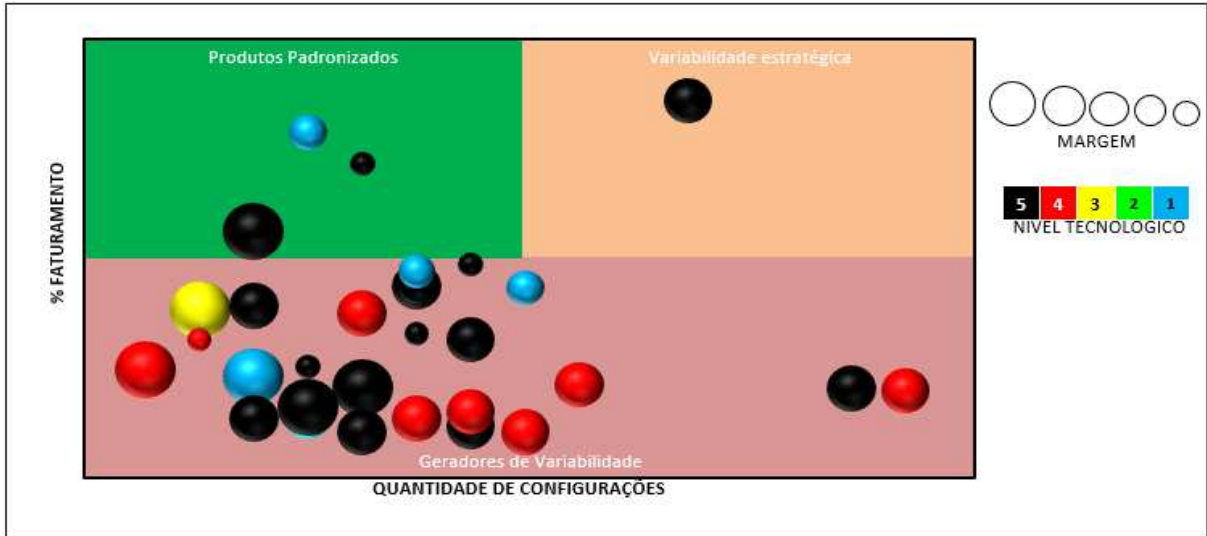


Gráfico 1: Matriz do Portfólio

Fonte: Arquivo da empresa

A matriz gerada para as prensas, é apresentada no Gráfico 2, onde foram analisados alguns pontos importantes que indicaram que esta linha apresenta características individuais:

- i. Produtos com níveis de tecnologia diferentes atendendo a processos diferentes;
- ii. Clientes de etapas diferentes da fabricação do calçado sendo atendidos por estes produtos;
- iii. Produtos com níveis de configuração relativamente baixos quando comparados aos fornos;

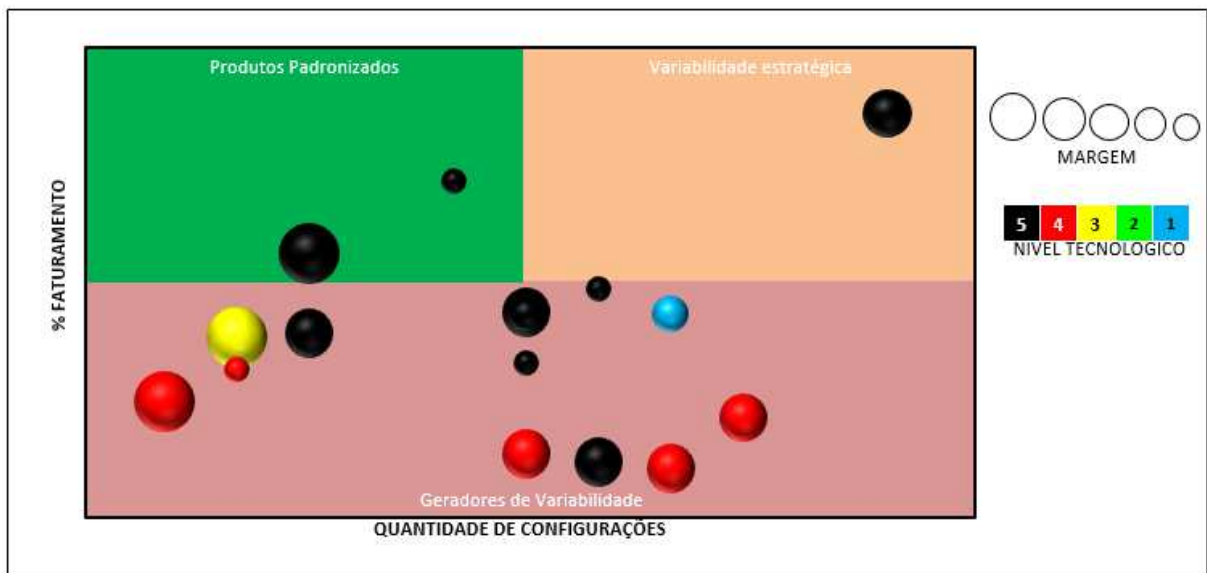


Gráfico 2: Matriz do Portfólio - Prensas

Fonte: Arquivo da empresa

Na matriz gerada para os fornos, apresentada no Gráfico 3, foram evidenciados alguns pontos que indicaram que esta família deveria ser a escolhida para o processo:

- i. Produtos com níveis de tecnologia diferentes atendendo o mesmo processo;
- ii. Alguns produtos dessa família apresentando margem deficiente;
- iii. Maiores níveis de configuração da organização, indicando grande variedade;
- iv. Produtos defasados tecnologicamente e outros avançados tecnologicamente atendendo o mesmo processo;

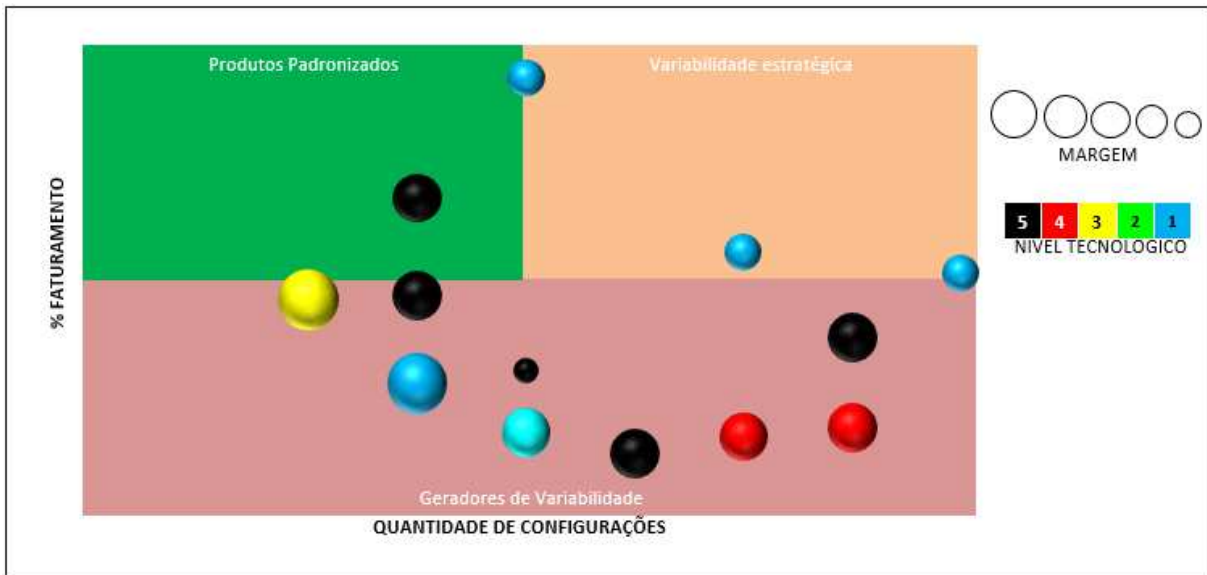


Gráfico 3: Matriz do Portfólio - Fornos

Fonte: Arquivo da empresa

A partir deste ponto do método foi consenso que os produtos que atendem ao processo de secagem e reativação, ou seja, os fornos deveriam ser os primeiros a passar pelo processo de modularização.

5.3.3.3 Tendências para Futuro – GE Mckinsey

A análise de futuro foi realizada em três encontros onde foram envolvidos o gerente comercial, o gerente de engenharia, o gerente do pós-vendas e dois engenheiros. No primeiro encontro foi validado que, devido aos comportamentos de mercado serem altamente variáveis, seria realizada uma análise de futuro específica na família dos fornos. Além deste ponto foram discutidas e validadas a variável de força e a variável de atratividade dos fornos.

Primeiramente como variável de força foi elencada a capacidade de produção, onde o mercado foi dividido em quatro fractais conforme segue:

- i. Alta Produção – de 9000 a 20000 pares
- ii. Média Produção – de 800 a 9000 pares
- iii. Baixa Produção – de 50 a 800 pares

Como variável de atratividade dessa linha de produtos foi definida a eficiência energética, priorizando-se assim o critério de tecnologia como o principal atrativo. Neste caso o mercado foi dividido em quatro níveis conforme abaixo:

- A. Até 25%
- B. 25% a 50%
- C. 50% a 75%
- D. Acima de 75%

Como saída do primeiro encontro, o comercial pesquisou o “share” em cada um dos fractais de mercado. Este trabalho não obteve o êxito esperado devido ao tipo de controles que são executados pelos órgãos que poderiam fornecer este tipo de dados não ser adequado a análise. Para solucionar isto foram mapeadas as quantidades de empresas nacionais em cada um dos fractais de mercado. Através disso foi realizado de forma estimada a distribuição de share em cada um dos fractais.

No segundo encontro foi construída a matriz onde foram posicionados os principais concorrentes em cada um dos fractais, bem como os mercados foram posicionados em níveis de eficiência energética. Com isto obteve-se a matriz apresentada no Gráfico 4.

Consumo de Energia	Até 25%		
	25% a 50%	CONCORRENTE 1 – 15%	ASIA – 8%
	50% a 75%	CONCORRENTE 2 – 50%	ASIA – 15%
	Acima de 75%	CONCORRENTE 3 – 8,5%	CONCORRENTE 2 – 9%
		CONCORRENTE 4 – 8,5%	CONCORRENTE 4 – 23%
		CONCORRENTE 5 – 8,5%	CONCORRENTE 5 – 23%
		EMPRESA – 30%	CONCORRENTE 4 – 26%
		EMPRESA – 30%	CONCORRENTE 5 – 26%
		EMPRESA – 40%	
	50 A 800	2000 a 9000	9000 a 20000
	Capacidade Produção		

Gráfico 4: Matriz GE Mckinsey adaptada
 Fonte: Arquivo da empresa

O terceiro encontro foi utilizado para validar a matriz e gerar as análises da mesma, bem como foram feitas as definições de direcionadores estratégicos para futuro do portfólio de fornos. Alguns dos pontos levantados durante a análise foram: i) os produtos da empresa estão adequados para mercados de maior capacidade produtiva; ii) o mesmo produto atende a todos os fractais de mercado, o que indica ser um ponto de atenção no mercado de baixa capacidade produtiva, pois o preço acaba sendo o parâmetro de decisão neste mercado; iii) o nível de eficiência energética se torna um atrativo mais importante nos mercados de média e alta produção.

Por fim os direcionadores estratégicos gerados a partir desta análise foram:

- i. Gerar o produto adequado para cada mercado;
- ii. Inovar em eficiência energética para buscar maior diferenciação dos concorrentes e proteger o produto da concorrência internacional;
- iii. Focar comercialmente no mercado de média capacidade produtiva, pois este mercado é quatro vezes maior que os outros dois mercados;
- iv. Avaliar estratégia de marca secundária para atender mercados focados no custo do produto;

5.3.3.4 Construção do Mapa do PEP

A realização das três etapas anteriores gerou o aprendizado necessário para a construção do *Technology Road Map* da empresa. Para a construção deste mapa foram realizados dois encontros com a mesma equipe multifuncional.

No primeiro encontro foi iniciada a construção, o mapa foi construído da esquerda para a direita, ou seja, passado, presente e futuro, isto considerando as três visões, recursos, produtos e mercados.

- i. Visão do Passado:
 - a. Mercado: no passado o principal *mind set* do mercado foi consensado através das análises da matriz 80/20. Com isto pode-se perceber uma baixa variedade de produtos atendendo o mercado.
 - b. Produto: Devido a característica do mercado e as tecnologias em ascendência, os produtos eram pouco variados e atendiam a diversos mercados com um bom nível de padronização.
 - c. Recursos: Os recursos de processo de fabricação eram o principal diferencial deste momento.

ii. Visão do Presente:

- a. Mercado: atualmente o *mind set* do mercado é alterado devido a evolução da competição. O foco é aumentar a utilização dos recursos e aplicação das boas práticas de redução de custos.
- b. Produto: Com a mudança de foco do mercado, os produtos devem ser ajustados a sua aplicação, com isto a variação aumenta e a tendência de máquinas especiais para os processos se consolida.
- c. Recursos: Além dos processos de fabricação, as tecnologias embarcadas se tornam diferenciais nos equipamentos.

iii. Visão do futuro:

- a. Mercado: o *mind set* de mercado indica ser novamente alterado devido aos novos desafios tecnológicos e competitivos. Com isto os investimentos tendem a ser realizados de maneira diferente, onde o fornecedor tem comprometimento com a solução do problema de processo.
- b. Produto: Desenvolvimento de produto totalmente focado ao processo onde o mesmo é aplicado, integrando diversas operações em um sistema de produtos.
- c. Recursos: os recursos mudam totalmente, sendo necessário conhecimentos específicos, parcerias para desenvolvimento dos produtos, além disso o desenvolvimento de pesquisas em parceria com universidades para acelerar a implantação nos produtos.

O resultado deste passo é o mapa apresentado na Figura 40. Esse mapa foi consolidado e validado com a direção da empresa no segundo encontro, e posteriormente divulgado em um evento com toda a gestão da empresa.

Como saídas da aplicação da etapa I do método, obteve-se um aumento do conhecimento do portfólio de produtos e do mercado, além de obter-se uma decisão precisa de qual produto a ser modularizado, este processo levou ao envolvimento de diversas áreas da empresa, o que nivelou o conhecimento acerca da alteração que está em curso. Já o processo de padronização trouxe resultados mensuráveis iniciais para que o restante do projeto continuasse com o apoio dos patrocinadores.

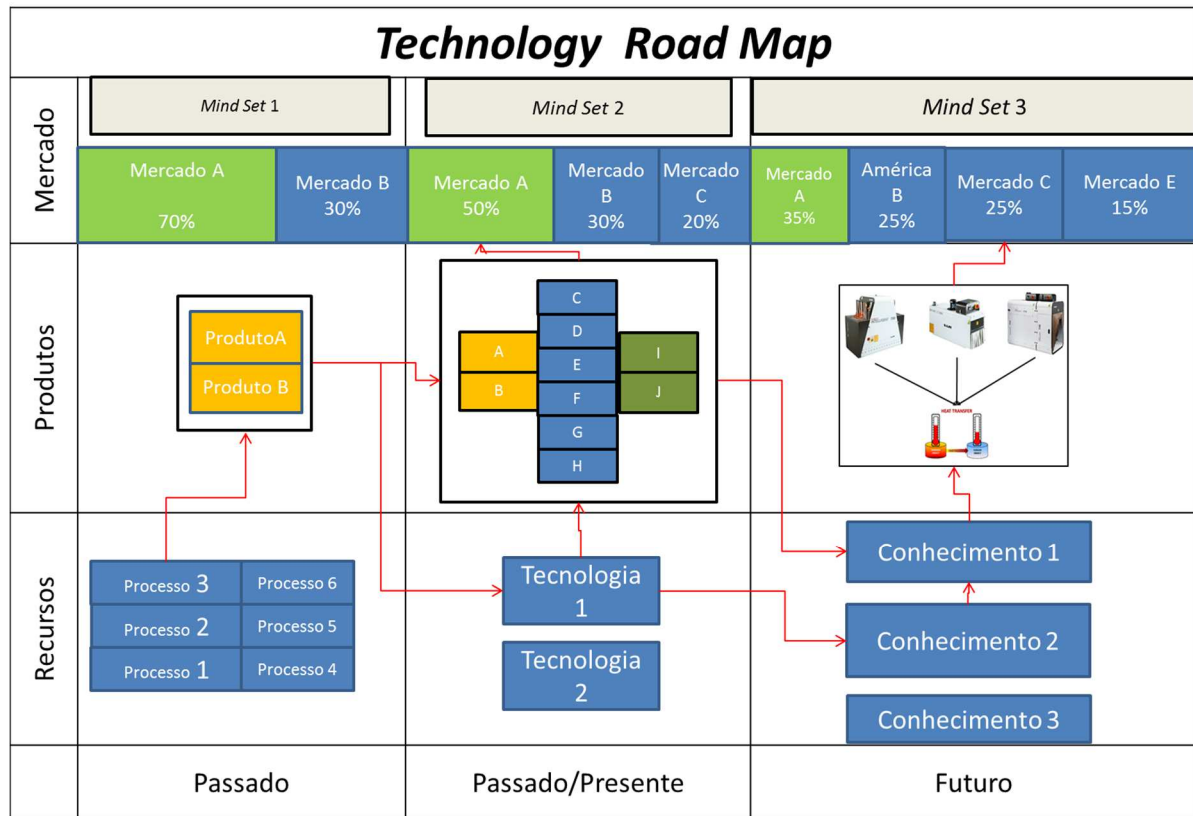


Figura 40: *Technology Road Map*

Fonte: Arquivo da empresa

5.4 APLICAÇÃO ETAPA II – Modularização

5.4.1 Definição do Produto a ser modularizado

Com as informações adquiridas na construção do PEP, descrito na etapa anterior, foi tomada a decisão de modularizar o produto “Secador e Reativador”. É importante ressaltar que antes da execução do método o “*feeling*” da equipe era que o produto a ser modularizado seria a máquina de maior representatividade no portfólio. Porém com as análises realizadas isto acabou não se confirmando e a decisão foi tomada com base nos direcionadores do PEP.

5.4.2 Desdobramento da Função Qualidade - QFD

Para o mapeamento dos requisitos dos clientes, inicialmente foi construído um roteiro de entrevista, com foco no processo onde os produtos são utilizados, foram utilizadas perguntas abertas no intuito de interferir o mínimo possível nas respostas dos entrevistados. O roteiro que está apresentado no ANEXO V, foi validado internamente na organização, pelo comercial, direção e engenharia. Foram definidos com base no PEP os 10 principais clientes deste

processo, para serem entrevistados. As entrevistas foram conduzidas de forma presencial e por dois membros da empresa, um engenheiro e um representante da área comercial.

As entrevistas foram gravadas e compiladas em requisitos de mercado, primários, secundários e terciários, conforme apresentado no Quadro 6.

REQUISITOS DO MERCADO			
Nível Primario	Nível Secundário	Nível Terciário	
1. Garantia de Processo	1.1 Retirar umidade	1.1.1 Garantir 0% de umidade	
		1.1.2 Uniformidade de secagem	
		1.1.3 Evitar formação de filme superior	
	1.2 Temperatura	1.2.1 Garantir temperatura conforme especificação	
		1.2.2 Evitar amolecimento em demasia no corte	
		1.2.3 Evitar queima do corte	
2. Setup	2.2.4	2.2.4.1 Uniformidade de temperatura em toda sola/cabedal	
		2.2.4.2	
		2.2.4.3	
		2.2.4.4	
		2.2.5 Regulagens mecânicas	
3.1 Instalação	3.1.1	3.1.1 Facil de transportar	
		3.1.2 Regulagem de altura leve (Pouco esforço)	
		3.1.3 Facil integração ao sistema de produção (esteira, trilho, mão a mão)	
		3.1.4 Documentos orientativos disponíveis	
		3.1.5 Documentos intuitivos	
		3.1.6 Peças padrão para reposição	
3.2	3.2.1	3.2.1 Tempo baixo para manutenção (MTTR)	
		3.2.2 Tempo alto entre as manutenções (MTBF)	
		3.2.3	
4. Performance	4.1 Produtividade	4.1.1	
		4.1.2	
		4.1.3 Baixa Relação Tamanho/Produção	
		4.1.4 Eliminação de tempo 'sem processo'	
	4.2 Consumo Energético	4.2.1	4.2.1 Adaptabilidade de trabalho em sistemas de fluxo com paradas ou contínuo
			4.2.1 Redução de consumo (melhor detecção de carga)
			4.2.2 Consumo adequado a diferentes mercados
			4.2.3 Facilidade para agregação de sistema com menor consumo
4.2.4 Indicação de Consumo Instantâneo			

Quadro 6: Requisitos de mercado

Fonte: Arquivo da empresa

A partir da definição dos requisitos de mercado foram definidos os requisitos de projeto. Isto foi feito através de uma discussão que envolveu um especialista de engenharia de cada área de conhecimento disponível, a saber, mecânica, pneumática, elétrica, controle e automação. Com os requisitos de mercado e de projeto definidos, a matriz QFD foi levada para discussão de relação entre os mesmos, sendo considerado três níveis de relação, i) forte, ii) médio, iii) fraco. Com isto foi possível priorizar os requisitos a serem atendidos pelo produto. A matriz

QFD está apresentada na Figura 41. Esta matriz foi validada em uma reunião técnica com o comercial, direção e engenharia.

Linha	Maximo valor de relação nas linhas	Peso de Relação	Importancia	Requisitos do Cliente ou "O que?"	Coluna										
					1	2	3	4	5	6	39	40	41	42	
Direção de melhoria: Minimizar (▼), Maximizar (▲), ou Faixa (x)					▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Requisitos de Projeto ou "COMO?"					Sistema de controle em malha fechada para secagem	Prover ventilação e calor homogêneo	Estabelecer relação correta entre temperatura e velocidade de ar	Sistema de controle em malha fechada para reativação	Direcionamento correto do calor	Estabelecer relação correta entre temperatura e velocidade de ar para cada tipo de material	Sensoreamento	Pesquisa de necessidades de cada mercado	Interfaces inteligentes para adequar aos componentes	Sistema de monitoramento de consumo	
1	9	14,3	9,0	1.1.1 Garantir 0% de umidade	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
2	9	14,3	9,0	1.1.2 Uniformidade de secagem	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
3	9	14,3	9,0	1.1.3 Evitar formação de filme	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
4	9	14,3	9,0	1.2.1 Garantir temperatura	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
5	9	14,3	9,0	1.2.2 Evitar amolecimento em demasia no corte	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
6	9	14,3	9,0	1.2.3 Evitar queima do corte	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
40	9	9,5	6,0	4.2.2 Consumo adequado a diferentes mercados	▲	▲	▲	▲	▲	▲	○	○	▲	▲	
41	9	14,3	9,0	4.2.3 Facilidade para agregação de sistema com menor consumo	▲	▲	▲	▲	▲	▲	○	○	▲	▲	
42	9	4,8	3,0	4.2.4 Indicação de Consumo Instantaneo	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	○	▲	○	
Dificuldade de implantação (0=Facil, 10=Difícil)					9	9	9	3	6	9	3	9	9	1	
Maximo valor de relação em coluna					9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Importancia					1004,8	1004,8	1004,8	1004,8	1004,8	1004,8	119,0	1157,1	242,9	166,7	

Legenda	
○	Relação Forte 9
○	Relação Média 3
▲	Relação Fraca 1

Figura 41: QFD – Secagem e Reativação

Fonte: Arquivo da empresa

Como resultado da QFD foram levantados quarenta e dois requisitos de mercado e de projeto. Após a priorização e validação, chegou-se à conclusão que os treze principais requisitos de projeto atenderiam satisfatoriamente as necessidades de trinta e cinco requisitos dos clientes. Os requisitos priorizados são:

- Sistema de controle em malha fechada para secagem;
- Prover ventilação e calor homogêneo;
- Estabelecer relação correta entre temperatura e velocidade de ar;
- Sistema de controle em malha fechada para reativação;
- Direcionamento correto do calor;
- Estabelecer relação correta entre temperatura e velocidade de ar para cada tipo de material;
- Prover ventilação e calor homogêneo individualmente para cada geometria de material;
- Otimização aerodinâmica;
- Sensoreamento para monitorar desempenho do equipamento e componentes;
- Know How do processo;
- Sensoreamento;

- xii. Pesquisa de necessidades de cada mercado;
- xiii. Sistema de monitoramento de consumo.

5.4.3 Identificar e Projetar os módulos

A decomposição do produto em funções foi realizada com base nos requisitos de mercado encontrados no processo da QFD. Para a decomposição funcional foi construído um diagrama de funções do produto. Este diagrama parte da função geral para a específica, sendo que foram mapeadas quatro funções gerais; i) Transportar, ii) Secar Material, iii) Ativar Material, iv) Prover eficiência energética. Cada uma dessas funções será detalhada a seguir.

i. Transportar:

A função de transporte é necessária pois o processo é executado em linhas de produção. A mesma foi dividida em dois tipos de transporte: o de materiais e o de processo. No transporte de materiais considera-se a carga e descarga dos equipamentos. Já no transporte de processo, considera-se o meio com que os materiais passarão pelo processo.

Para cada função de transporte foram elencados os mecanismos e tecnologias que são utilizados atualmente e, também, que poderiam ser utilizados, mas atualmente não tem aplicação. Isto porque após o projeto modular, pode-se evoluir os sistemas independentemente, então essa informação foi inserida para possível desenvolvimento futuro. O diagrama da função transportar está apresentado na Figura 42.

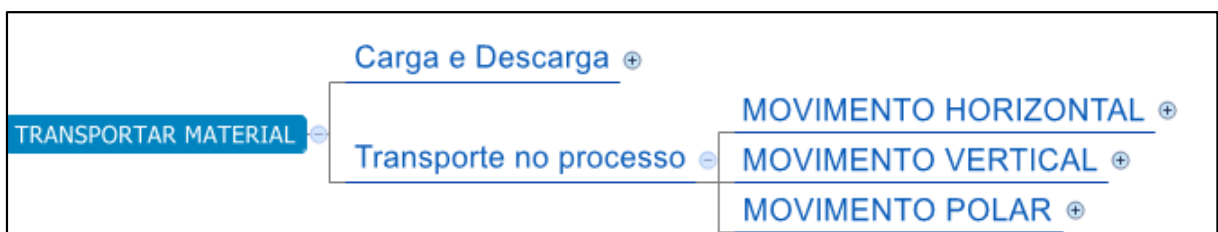


Figura 42: Função 1 - Transportar

Fonte: Arquivo da empresa

ii. Secar Material:

A função de secar material, é importante para o atendimento dos requisitos do QFD relacionados a qualidade do processo. Para detalhar essa função foi necessário decompor a mesma em três, conforme apresentado na Figura 42, a combinação de calor e ventilação é hoje o principal meio utilizados para a realização desse processo.

Nos mapeamentos do QFD, foram evidenciados dois tipos de materiais utilizados, um a base de álcool e outro a base de água. Os dois tipos precisam ser processados da mesma maneira para que os próximos processos atendam a qualidade necessária.

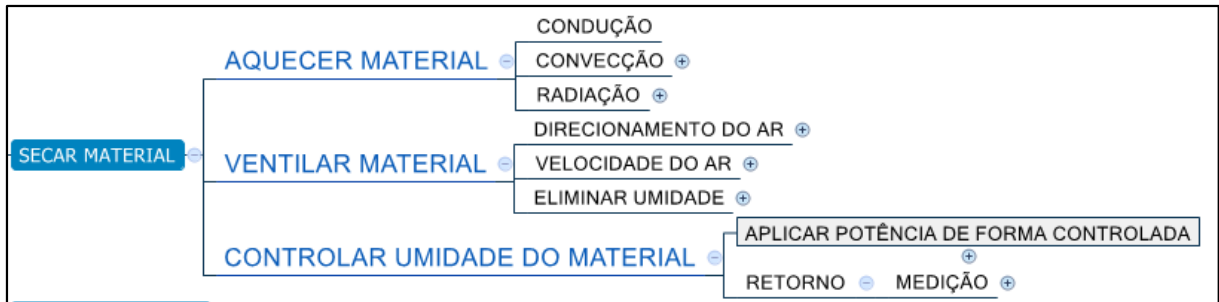


Figura 43: Função 2 – Evaporar solvente

Fonte: Arquivo da empresa

iii. Ativar Material:

Esta função requer o aquecimento do material que está sendo processado, e cada material tem suas características específicas de temperatura necessária. Por isso o controle de temperatura no material deve ser acrescido nesta função, para garantir o atendimento dos requisitos de confiabilidade mapeados no QFD. Na Figura 43 está apresentado o desdobramento desta função até o nível da solução que atende cada parâmetro. O controle do processo foi um requisito do QFD, pois tem influência na produtividade, qualidade e confiabilidade do processo de secagem e ativação.

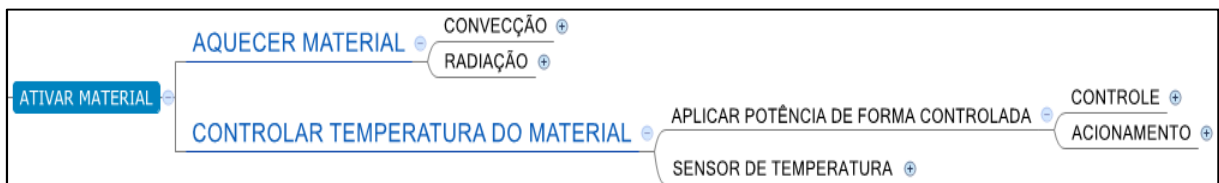


Figura 44: Função 3 – Ativar adesivo

Fonte: Arquivo da empresa

iv. Prover Eficiência Energética:

A eficiência energética neste tipo de processo, tem influência direta na viabilidade econômica do produto, atendendo assim os requisitos de produtividade do QFD. Além disto dentro do PEP, foi evidenciado que a eficiência energética é parâmetro de atratividade neste mercado. A eficiência energética está relacionada ao conceito de utilização de potência somente quando necessário, isolamento térmico e reaproveitamento de ar aquecido no processo para evitar perdas para o ambiente. Na Figura 44 está apresentado o mapeamento da função de prover eficiência.

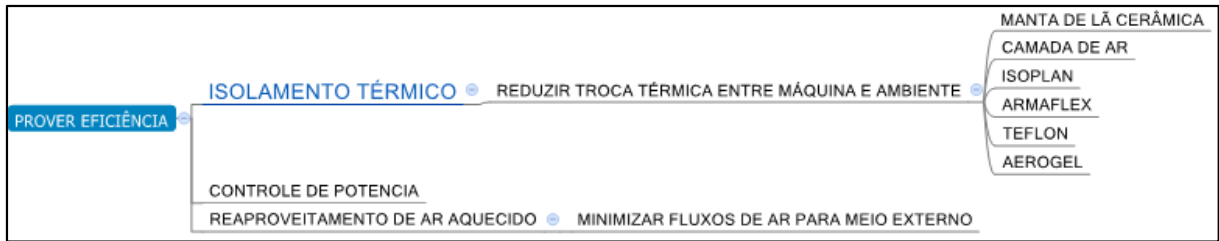


Figura 45: Função 4 – Prover Eficiência

Fonte: Arquivo da empresa

Após a declaração das funções, foram definidas quais as variáveis de cada uma das funções e como elas variam. O mapa de variáveis da Figura 46, apresenta e relaciona cada variável com sua função como segue:

- a) Ativar Material:
 - i. Varia de acordo com a capacidade de produção, que impacta no comprimento da máquina.
 - ii. Varia de acordo com o modelo, que impacta na largura da máquina.
- b) Transportar Material:
 - i. Varia de acordo com o tipo de transporte utilizado pela empresa, impactando na tecnologia de transporte a ser utilizada na máquina.
- c) Secar Material:
 - i. Varia de acordo com a capacidade de produção, que impacta no comprimento da máquina.
 - ii. Varia de acordo com o modelo, que impacta na largura da máquina.
- d) Prover eficiência:
 - i. Não varia, pois, está vinculada há um quesito de atratividade do produto.

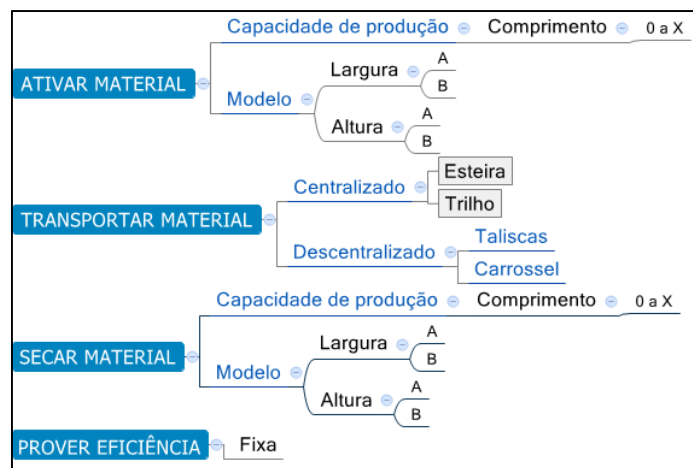


Figura 46: Mapa das Variáveis

Fonte: Arquivo da empresa

A partir das funções definidas foi utilizada a matriz DSM proposta por (PIMMLER; EPPINGER, 1994) para validar os módulos conceituais do produto. Para isto o produto foi decomposto de acordo com sua arquitetura atual e pontuado de acordo com as funções como apresentado na Figura 47.

Tabela 3: DSM – Estrutura Atual

Funções	Módulos																																								
	Taliscas	Correia	Rodízios	Estrutura motora	Estrutura movida	Dispositivo para içamento	Estrutura do pé da esteira	Micros de passo	Dispositivo para botas	Trava do dispositivo para botas	Suporte do sensor fotoeletrico	Sensor fotoeletrico	Chapa de suporte do quadro de comando	Chave geral	Adesivos	Quadro de comando	Panel Acrílico	Dispositivo gerador de calor (Lampadas, resistores, etc)	Conectores das lampadas	Dispositivo direcionador de ar (Cupula)	Ventilador	Motorreductor	Chapa de regulagem da saída de ar	Exaustor de gases	Manipulo de regulagem de altura da reativação	Conjunto de geradores de calor para reativação	Regulagem de altura da abertura na entrada do material	Chapa de fechamento frontal	Carcaça externa	Dispositivo gerador de calor (Lampadas, resistores, etc)											
Transportar	Taliscas		1		1	1		1																																	
	Correia	1																																							
	Rodízios			1				1																																	
	Estrutura motora	1	1						1																																
	Estrutura movida	1	1							1	1	1																													
	Dispositivo para içamento																																								
	Estrutura do pé da esteira			1																																					
	Micros de passo	1																																							
	Dispositivo para botas																																								
Trava do dispositivo para botas																																									
Controle	Suporte do sensor fotoeletrico																																								
	Sensor fotoeletrico	1																																							
	Chapa de suporte do quadro de comando																																								
	Chave geral																																								
	Adesivos																																								
	Quadro de comando																																								
Evaporar Solvente	Dispositivo gerador de calor (Lampadas, resistores, etc)																																								
	Conectores das lampadas																																								
	Dispositivo direcionador de ar (Cupula)																																								
	Ventilador																																								
	Motorreductor	1	1		1																																				
	Chapa de regulagem da saída de ar																																								
Ativar Adesivo	Manipulo de regulagem de altura da reativação																																								
	Conjunto de geradores de calor para reativação																																								
	Regulagem de altura da abertura na entrada do material																																								
	Chapa de fechamento frontal																																								
	Carcaça externa																																								
	Dispositivo gerador de calor (Lampadas, resistores, etc)																																								

Fonte: Arquivo da empresa

Após a análise inicial da DSM, as colunas da matriz foram reposicionadas de acordo com o relacionamento com as funções, resultando assim na Tabela 4, que indica os possíveis módulos a serem projetados.

Com a aplicação desta matriz ficou evidente que as funções podem ser colocadas em um módulo somente. Além disso evidenciou-se que o módulo de controle tem uma tendência de dificuldade de projeto para que o mesmo se torne totalmente independente dos demais e assim possa variar através das interfaces.

Tabela 4: DSM – Indicação de Módulos

Funções	Módulos																																				
	Taliscas	Correia	Rodízios	Estrutura do pé da esteira	Motorreductor	Estrutura motora	Estrutura movida	Micros de passo	Suporte do sensor fotoelétrico	Sensor fotoelétrico	Dispositivo para botas	Trava do dispositivo para botas	Ventilador	Dispositivo gerador de calor (Lampadas, resistores, etc)	Dispositivo direcionador de ar (Cupula)	Chapa de regulagem da saída de ar	Exaustor de gases	Conectores das lampadas	Chapa de suporte do quadro de comando	Carcaça externa	Manipulo de regulagem de altura da reativação	Conjunto de geradores de calor para reativação	Regulagem de altura da abertura na entrada do material	Chapa de fechamento frontal	Dispositivo para içamento	Chave geral	Adesivos	Quadro de comando	Painel Acrílico								
Transportar	Taliscas	1																																			
	Correia	1																																			
	Rodízios			1																																	
	Estrutura motora	1	1		1																																
	Estrutura movida	1	1																																		
	Dispositivo para içamento				1																																
	Estrutura do pé da esteira			1																																	
	Micros de passo	1																																			
	Dispositivo para botas																																				
	Trava do dispositivo para botas																																				
Controle	Suporte do sensor fotoelétrico	1							1																												
	Sensor fotoelétrico	1																																			
	Chapa de suporte do quadro de comando																																				
	Chave geral																																				
	Adesivos																																				
	Quadro de comando																																				
	Painel Acrílico																																				
Evaporar Solvente	Dispositivo gerador de calor (Lampadas, resistores, etc)													1		1			1																		
	Conectores das lampadas																																				
	Dispositivo direcionador de ar (Cupula)														1	1	1	1	1																		
	Ventilador																																				
	Motorreductor	1	1			1																															
	Chapa de regulagem da saída de ar																																				
	Exaustor de gases																																				
Ativar Adesivo	Manipulo de regulagem de altura da reativação																																				
	Conjunto de geradores de calor para reativação																																				
	Regulagem de altura da abertura na entrada do material																																				
	Chapa de fechamento frontal																																				
	Carcaça externa				1																																
Dispositivo gerador de calor (Lampadas, resistores, etc)																																					

Fonte: Arquivo da empresa

Após a avaliação dos módulos com a DSM, foi construída uma matriz com a nova estrutura dos produtos de secagem e reativação, com a qual pode-se conceitualmente atender as necessidades de mercado levantadas no processo da QFD. A matriz de estrutura conceitual dos produtos está apresentada na tabela 5. Com esta matriz, apenas selecionando os módulos necessários e definindo as variáveis pode-se chegar ao produto conceitual a ser projetado, e ainda conforme os módulos e interfaces forem finalizados, o produto poderá ser configurado sem intervenção no projeto, apenas combinando os módulos.

Para as próximas etapas do método foi escolhida uma combinação de módulos a ser desenvolvida. Essa definição foi feita com base em uma demanda específica de um cliente onde seria possível fazer a validação do produto. A escolha de desenvolvimento trata do Produto C apresentado na Tabela 5.

Tabela 5: Matriz de estrutura modular conceitual

	Módulo I SECAR MATERIAL		Módulo II ATIVAR MATERIAL		Módulo III TRANSPORTE		Módulo IV CONTROLE		Módulo V Prover eficiência energética			
	Tamanho do modelo 50mm a 400mm		Tamanho do modelo 50mm a 400mm		Capacidade de produção da linha Trilho-Esteira-Mão a Mão		Qualidade necessária na produção Y% até Z%		Eficiência energética necessária			
	Largura	Altura	Largura	Altura	Centralizado	Descentralizado	FULL	LOW	A	B	C	D
Produto A	X	X				X		X	X		X	
Produto B	X	X				X		X		X		
Produto C	X	X					X		X	X		
Produto D	X	X			X		X				X	
Produto E			X	X	X		X		X			
Produto F			X	X		X	X			X		
Produto G	X	X	X	X	X		X			X	X	
Produto H	X	X	X	X		X	X		X			

Fonte: Arquivo da empresa

O *design* do produto foi realizado em *software* CAD 3D, baseado nos conceitos levantados nos passos anteriores. Neste produto em específico foram desenvolvidas duas interfaces, a de largura e a de eficiência energética. Na Figura 47 pode-se visualizar o resultado do projeto do módulo I com o elemento de interface de largura, bem como o módulo V com as opções de A e B, o módulo de controle foi desenvolvido apenas na versão *FULL*.

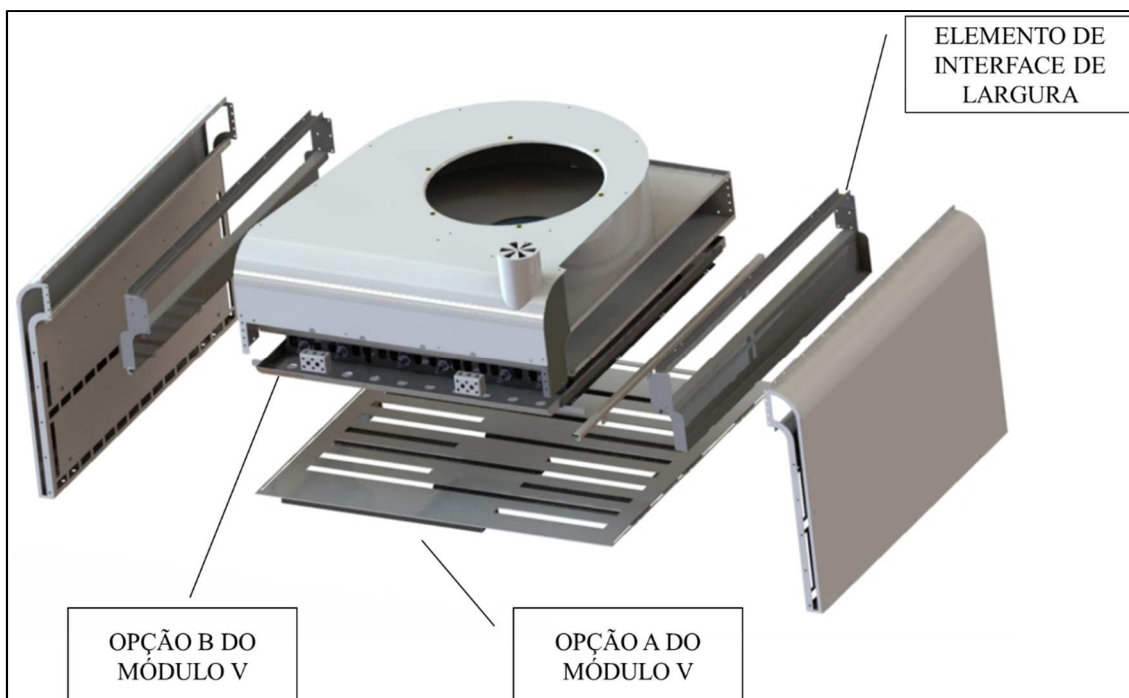


Figura 47: Produto C

Fonte: Arquivo da empresa

5.4.4 Aplicação do DFMA

Após a finalização do design dos módulos e interfaces foi realizado o processo de DFMA. Para este passo foram realizados *brainstormings* com os engenheiros de processos e levantadas as oportunidades apresentadas no Quadro 7.

Processo	Oportunidades Levantadas	Antes	Depois	Impacto
Corte	Padronização das Espessuras	0,9 - 1,5 - 2,0	0,9 - 2,0	Redução de setups de corte Melhoria no aproveitamento dos materiais; Redução de peso nas estruturas dos itens;
Dobra	Padronização dos raios	R1,5 V20-30°, V12-86°, P4	Maximizadas operações na P4, dobras V12-86°	Redução de setups de dobra; Melhoria de qualidade nos itens;
Solda	Alterações de geometria e posicionamento de solda	Cúpula	Removido 70% de solda, montagem com rebites	Redução de custos com processo de solda;
Pintura	Inserção de furações para posicionamento	Não havia furações - pintura danificava/oxidação	Furos para não danificar pintura e evitar bolha de ar	Melhoria de qualidade nos itens;
Montagem	Padronização dos fixadores	8 tipos de parafusos	Padronização de parafusos, somente 4 tipos	Redução dos tempos de montagem; Aumento da manutenibilidade da máquina;

Quadro 7: Aplicação do DFMA

Fonte: Arquivo da empresa

Após a implantação das sugestões no projeto, o mesmo foi validado através do estudo dos custos de produção e viabilidade financeira. Esta validação foi realizada em conjunto com o setor comercial, engenharia e direção da empresa, a decisão foi de produção do protótipo para avaliação funcional.

Os testes funcionais foram realizados no centro de desenvolvimento da própria empresa, onde foram analisados os requisitos mapeados no QFD, como exemplo na Figura 48 pode-se verificar o estudo de garantia de temperatura na saída do processo que para o material testado é de 60°C.

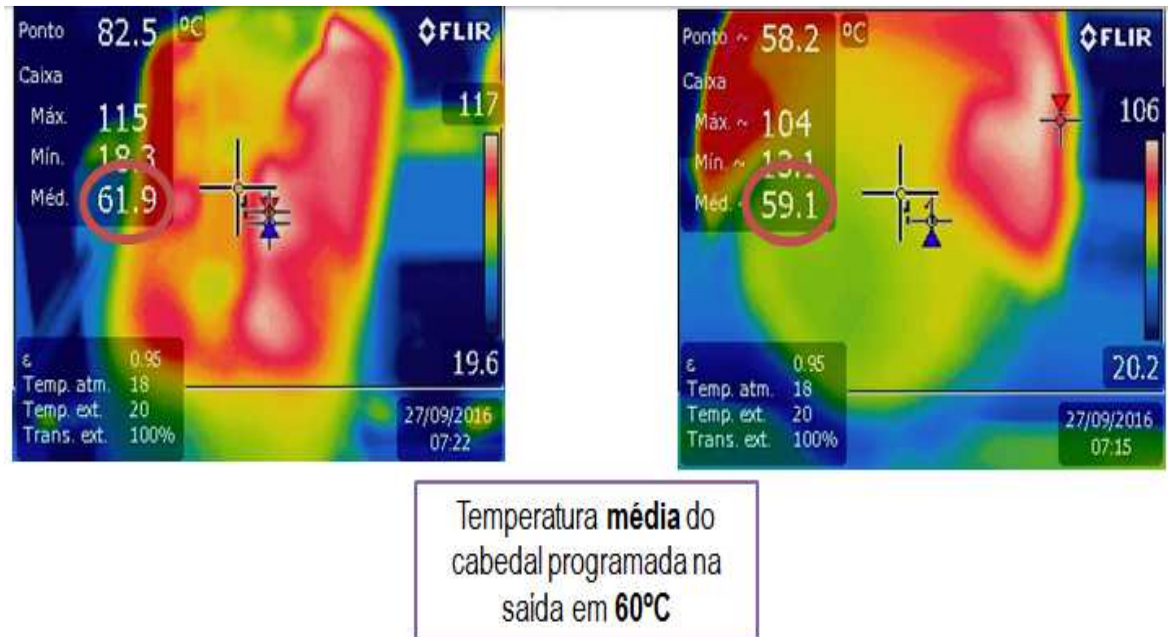


Figura 48: Teste funcional - Temperatura

Fonte: Arquivo da empresa

Após a finalização dos testes funcionais e análise dos custos, o produto foi considerado aprovado tecnicamente. Com isso foram atendidos os requisitos necessários para avançar a última etapa do método, ou seja, a avaliação dos resultados.

5.5 APLICAÇÃO ETAPA III – Avaliação dos resultados

Na etapa de avaliação dos resultados foram analisados dois parâmetros, i) custos, ii) variação. Os custos foram considerados conforme o custeio padrão utilizado pela empresa, onde foram mapeados os custos do produto antes e após o processo de modularização. A Tabela 6 apresenta os resultados alcançados. Quanto ao custeio pode-se dizer que o processo de DFMA teve papel importante na obtenção do resultado, já que os módulos poderiam elevar o mesmo em alguns pontos e após a finalização da aplicação do método chegou-se a um aumento de 2% no custo, o que foi considerado aceitável pela organização. O aumento de custos esteve concentrado no módulo de controle, pois o mesmo teve também uma considerável evolução tecnológica.

Tabela 6: Avaliação de custos

	Arquitetura Integral	Arquiteruta Modular	Módulo I Evaporar Solvente	Módulo IV Controle	Módulo V Prover eficiência energética
Produto C	\$ 1.000,00	\$ 1.025,00	\$ 345,00	\$ 410,00	\$ 270,00
Resultado	<i>2%</i>				

Fonte: Arquivo da empresa

Já para a análise da variação foi proposta a Tabela 7, onde foram apresentados os pontos abaixo:

- i. Atualmente a empresa possui 8 produtos que podem gerar até 46 variações ao mercado, e para isto utilizam 736 *part numbers*. Com o desenvolvimento dos 5 módulos o novo portfólio de secadores e reativadores, passará a ter 184 *part numbers*, que poderão gerar 31 das 46 configurações atuais, sendo que as restantes foram consideradas não necessárias para o mercado devido a avaliação dos requisitos de mercado. Ou seja, com 25% dos *part numbers* atendeu-se o mesmo mercado.
- ii. O Produto C, que foi efetivamente desenvolvido apresentou uma redução de 110 para 89 *part numbers*, mantendo ainda o nível de configurações disponível ao mercado.
- iii. Ficou evidente que os projetistas não utilizam itens comuns para o desenvolvimento de novas demandas, pois o índice de variação era de 17, e após a modularização chega a 5, ou seja, 65% de melhoria em utilização de itens comuns nos secadores e reativadores.
- iv. Os resultados do Produto C foram efetivados, e foi possível com esta tabela estipular que ao executar novamente o método a partir da Etapa II, pode-se chegar ao resultado geral exposto nos itens comentados anteriormente. Ou seja, a meta do desenvolvimento de produto modular pode ser estabelecida com esta primeira rodada do método.

Fonte: Arquivo da empresa

	Nº configurações antes da modularização	Variáveis	Módulo I Evaporar Solvente		Módulo II Ativar o Adesivo		Módulo III Transporte		Módulo IV Controle		Módulo V Prover eficiência energética				Configurações Depois da modularização	Qty part numbers depois da modularização
			Tamanho do modelo de calçado 50mm a 400mm		Tamanho do modelo de calçado 50mm a 400mm		Capacidade de produção da linha Triho-Esteira-Mão a Mão		Qualidade necessária na produção do calçado Y% até Z%		Eficiência energética necessária					
			Largura	Altura	Largura	Altura	Centralizado	Descentralizado	FULL	LOW	NIR	Resistência	Flash	Quartz		
Produto A	13	380	X	X				X		X	X		X			
Produto B	7	356	X	X				X		X		X				
Produto C	8	110	X	X					X		X	X		8	89	
Produto E	1	104	X	X			X		X				X			
Produto F	5	142			X	X	X		X		X					
Produto G	2	126			X	X		X	X			X				
Produto H	8	129	X	X	X	X	X		X			X	X			
Produto I	2	171	X	X	X	X		X	X		X					
	46	783	Nº config	Part numbers	Nº config	Part numbers	Nº config	Part numbers	Nº config	Part numbers	Nº config		Part numbers	Nº Configurações	Part Numbers	
Índice de variação atual	17,02		2	46	2	27	1	61	2	40	4		10	31	184	
Índice de variação modular	5,94		Secagem e Reativação													
Diferença	65,13%															

Tabela 7: Avaliação das Variações

6 AVALIAÇÃO DO MÉTODO E PROPOSTA DO (M1)

Neste capítulo é avaliado o Método M0 com base na sua aplicação no ambiente empresarial. O mesmo está dividido em quatro tópicos: i) avaliação do método de trabalho; ii) avaliação quanto ao DSR; iii) Avaliação geral do método e iv) proposição do M1.

6.1 Avaliação do Método de trabalho

Nesta seção será feita uma análise dos principais passos do método M0 aplicados no ambiente empresarial.

Etapa I – Análise do mercado e portfólio

O nivelamento conceitual realizado foi relevante para evitar a manutenção de alguns modelos mentais que poderiam dificultar a implantação dos próximos passos do método. Importante ressaltar que a participação da alta gestão da empresa neste treinamento/capacitação foi essencial para mostrar a importância do projeto.

Na fase da padronização indutiva foram observadas algumas dificuldades, a saber:

- Falta de envolvimento das demais áreas da empresa: inicialmente a engenharia executou o método sem envolver diretamente as demais áreas da empresa. Isto gerou impactos negativos, principalmente no setor de suprimentos. Visando debelar os problemas observados foram montados times de padronização com a participação de representantes das áreas afetadas.
- Dificuldade de priorização para padronização: os critérios de priorização, em diversos momentos não foram suficientes. Em função disto, foi utilizado adicionalmente, além dos custos e quantidades, o critério de facilidade de padronização.
- Dificuldade de efetivação das padronizações: no momento de implantar a padronização é necessário um esforço considerável para atualizar os projetos e estruturas do sistema da empresa. Este foi o ponto que mais demandou tempo de aplicação da padronização indutiva.
- Falta de padronização de descrição dos materiais: esta foi a principal dificuldade, pois cada grupo de itens que seriam padronizados teve que passar por uma padronização de suas descrições. Ainda, os itens fabricados internamente precisaram ser excluídos da análise devido à impossibilidade de agrupá-los de forma organizada.

A construção do PEP foi a etapa de maior envolvimento da empresa como um todo. Importante ressaltar que o ambiente era de pouco conhecimento do mercado e do portfólio de produtos. Por isso esta etapa teve uma ótima aceitação por parte da organização. Porém, devido a este mesmo motivo os dados utilizados não eram muito qualificados, principalmente para a execução da matriz *GE Mckinsey*, onde se teve grande dificuldade de obtenção dos dados. Relevante colocar que muitas das informações foram obtidas tendo como base o *feeling* dos mais experientes.

Já na matriz 80/20 e a gestão do portfólio foi possível constatar para a organização o poder que essas ferramentas tiveram de organizar os produtos e facilitar as tomadas de decisão. Isto ocorreu não só em função da modularização, mas também para decisões associadas a aspectos comerciais e de estratégias de produção.

Finalmente, a utilização do TRM para compilar as informações desta primeira etapa do método se mostrou interessante como forma gráfica e didática de apresentar a organização o passado, presente e futuro dos produtos da empresa.

Etapa II – Modularização:

O processo de construção da QFD aumentou o nível de conhecimento de mercado por parte dos engenheiros de produto. Isto facilitou a execução dos próximos passos do método. O passo de clarificação dos requisitos de mercado serviu como base para o mapeamento das funções dos produtos.

Na aplicação realizada, os módulos ficaram evidentes no passo de decomposição do produto em funções. A matriz DSM foi utilizada para a validação metodológica dos módulos.

Posteriormente, o projeto conceitual do produto gerou discussões de projeto antes mesmo de realizar o mesmo em CAD. Após estas discussões os projetistas tiveram facilidade de executar o projeto. Isto porque os requisitos estavam claros em função do trabalho realizado nas etapas anteriores.

Durante a etapa de projeto foram utilizados os padrões estabelecidos na padronização indutiva. Isto auxiliou na velocidade de execução do projeto, pois o projetista já tinha definições prévias de componentes a serem utilizados.

O processo do DFM se mostrou ágil porque as operações de manufatura da empresa em questão são realizadas internamente. Em função disto as discussões sobre os processos foram realizadas com os especialistas de cada operação da própria empresa. Isto por outro lado pode ter sido um limitante na diversidade de processos de fabricação utilizados, já que os engenheiros

de produto e engenheiros de processos utilizaram apenas os processos disponíveis e devidamente dominados pela empresa.

Ainda, na aplicação do DFA os padrões definidos no processo de padronização indutiva, novamente foram utilizados no intuito de obter a otimização nos métodos de fixação, bem como os componentes e insumos utilizados no momento da montagem do mesmo. Neste caso a validação do produto foi realizada com um protótipo real. Isto se constituiu em uma vantagem para o método, dado que é possível testar as interfaces no ambiente de produção, bem como testar o desempenho já no ambiente de operação.

Etapa III – Avaliação dos Resultados:

A etapa de avaliação dos resultados foi um dos pontos do método de maior desafio de aplicação. O parâmetro de custo foi utilizado para a validação do produto, mas não é um parâmetro homogeneamente ligado a modularização. Já o comparativo de variação, se mostrou uma ferramenta interessante para a validação do processo de modularização.

No processo de avaliação dos resultados, alguns parâmetros técnicos como: impactos na manufatura, *redução do time to Market*, nível de postergação e possibilidade de evoluções tecnológicas de maneira mais rápida e eficiente ficaram somente como avaliações qualitativas. Isto porque o processo de modularização ainda está em seu estágio inicial de implantação na empresa em cena.

6.2 Avaliação quanto ao DSR

O Quadro 8 apresenta a avaliação do método quanto aos requisitos propostos por Hevner et al 2004.

O artefato em si	Atingido, pois o método foi construído e aplicado.
Relevância do problema	Atingido. A importância do processo da modularização de produtos e do processo de desenvolvimento de produtos como diferencial competitivo está descrita no capítulo 1.
Desempenho do Artefato	Parcialmente atendido. Embora a aplicação tenha sido realizada e a avaliação descritiva do mesmo tenha acontecido, se entende que o artefato não responde totalmente à questão de pesquisa pois é necessária a

	aplicação do mesmo em outros contextos práticos na mesma empresa, o que implica em um tempo maior de implantação.
Contribuição da pesquisa	Atendida. A construção do artefato, amplia o debate acerca da evolução dos métodos de modularização de produtos em ambientes de alta variedade e baixa escala. Particularmente relevante é a inserção da etapa inicial de análise de mercado e portfolio no processo de modularização.
Rigor da pesquisa	Parcialmente atendido. Apesar de utilizar partes de métodos e ferramentas já consagradas na literatura, foram propostos novos passos que integram métodos. Além disso o processo de avaliação do artefato pode ser enriquecido com uma quantidade maior de aplicações e em ambientes diferentes.
O processo de pesquisa	Atendido. A pesquisa seguiu os passos propostos em literatura, com utilização de fontes como: teoria, análise detalhada de outras pesquisas, aplicação prática e opinião de especialistas.
Comunicação da pesquisa	Atendido. Dando origem a dissertação de mestrado e possibilitando futuras publicações acerca do tema da modularização.

Quadro 8: Avaliação do Método quanto ao DSR

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Hevner et al 2004

6.3 Avaliação geral do método

A análise da eficácia do artefato gerado pela pesquisa trata da aplicação prática em ambiente empresarial. Partindo desta perspectiva é possível estabelecer um conjunto de discussões críticas acerca do método proposto (M0). Ainda, é importante destacar que o método foi aplicado apenas uma vez, o que limita as discussões associadas ao desempenho do mesmo.

Para a avaliação geral do método M0, foram realizadas duas apresentações dos resultados obtidos, bem como do comportamento do método em cada etapa de aplicação: i) apresentação na empresa onde o método foi aplicado; ii) apresentação para os especialistas, realizada fisicamente em uma empresa de consultoria que atua no tema (no ANEXO VI são apresentados os especialistas presentes). A seguir são detalhadas as contribuições levantadas nestas duas apresentações.

Abaixo são apresentadas as sínteses dos pontos ressaltados na apresentação realizada na empresa: A:

- O artefato tende a preencher a necessidade da empresa considerando que se trata de um ambiente com pouca maturidade de processo de desenvolvimento de produtos;
- Para a aplicação eficaz do método mostrou-se central o envolvimento de pessoas chaves da cadeia de valor da empresa. Nos passos onde isto não aconteceu foram observados impactos negativos, tendo diminuído consideravelmente a eficácia dos resultados obtidos;
- Na etapa de padronização indutiva, ficou evidente a necessidade de um trabalho prévio ou paralelo de qualificação das informações, com a padronização das descrições dos materiais e uma gestão adequada no intuito de limitar a criação de códigos e cadastros de itens;
- A qualificação das informações quantitativas no PEP é importante para garantir uma maior assertividade na composição das estratégias do TRM;

Já na apresentação realizada para os especialistas os tópicos relevantes foram:

- A realização de um nivelamento conceitual inicial foi uma boa estratégia para a sensibilização da organização;
- A Etapa I - Análise de Mercado e Portfólio - sugere uma conexão da modularização com a construção da estratégia de negócios da empresa. Neste sentido, vislumbra-se a possibilidade de novas oportunidades de pesquisa;
- Uma análise preliminar dos dados do sistema de dados da empresa é mandatória para evitar perdas de performance no momento da padronização indutiva. Pela experiência dos especialistas as empresas costumam ter sistemas não padronizados, o que dificulta as análises necessárias de serem realizadas;
- Na construção do PEP, a análise não pode ser apenas interna, sendo necessária uma etapa prévia de pesquisa de mercado. As pesquisas de mercado podem contribuir consideravelmente na execução do PEP, evitando a utilização somente de opiniões dos profissionais internos e os dados internos, o que pode direcionar erroneamente as decisões;

- A avaliação de resultados foi realizada. Porém, ainda existe a necessidade de verificação dos benefícios da modularização, mesmo que de forma estimada, onde é possível o mapeamento de metas para os próximos ciclos do método;

Após as ponderações acerca do método (M0), as melhorias sugeridas foram analisadas e estão apresentadas no Quadro 9. Com isto foi possível aplicá-las para a geração do método ajustado (M1). Essas alterações serão apresentadas em detalhes na próxima seção.

Melhorias para o M0			
	Melhoria	Especialistas	Empresa
1	Realizar uma análise dos dados do sistema, revisando a padronização de descrições e qualificando o mesmo para a padronização indutiva;	x	x
2	Realizar uma pesquisa de mercado para servir como entrada para o PEP, isto para auxiliar nas decisões realizadas durante a construção do mesmo;	x	
3	Realizar uma análise dos benefícios da modularização após na etapa de avaliação dos resultados;	x	

Quadro 9: Melhorias para o Método M0

Fonte: Elaborado pelo autor

6.4 Proposta do Método (M1)

Com base nas proposições da seção anterior, o método foi revisado e atualizado conforme apresentado de maneira simplificada na Figura 48, e pode ser visualizado mais detalhadamente, de maneira completa, no ANEXO VII. Foram realizadas três modificações no M0, i) Na etapa I houve a inserção de uma análise dos dados do sistema anterior a padronização indutiva; ii) Na etapa I foi inserido uma pesquisa de mercado anterior ao PEP; iii) na etapa III foram inseridas análises dos principais benefícios da modularização. Cada uma dessas alterações será detalhada a seguir e destacada em amarelo na Figura 48 e no ANEXO VII.

- A necessidade de qualificação dos dados do portfólio apareceu na aplicação do método M0, sendo que os especialistas reforçaram esta necessidade. Nesta etapa é necessário revisar as descrições dos materiais e trabalhar na definição dos agrupamentos que servirão para a posterior priorização e implantação das padronizações.
- A pesquisa de mercado foi uma sugestão dada pelos especialistas com base na tendência utilizar somente as opiniões internas dos profissionais possam levar a

tomada de decisões erradas/equivocadas durante a construção do PEP. Em alguns mercados, existem órgãos reguladores que facilitam a coleta de informações precisas sobre o comportamento dos produtos, como quedas de demanda ou posição no ciclo de vida. Porém, ainda assim uma pesquisa traz a percepção dos clientes que são essenciais para servir como base do trabalho, o que foi considerado essencial para a qualificação do PEP.

- iii. Na avaliação dos resultados foi inserida uma etapa de análise para os principais benefícios da modularização, com o objetivo de aumentar a amplitude de avaliação da aplicação da modularização. Esta melhoria foi uma sugestão dos especialistas, visto que a avaliação dos resultados ainda deve ser consideravelmente avançada.

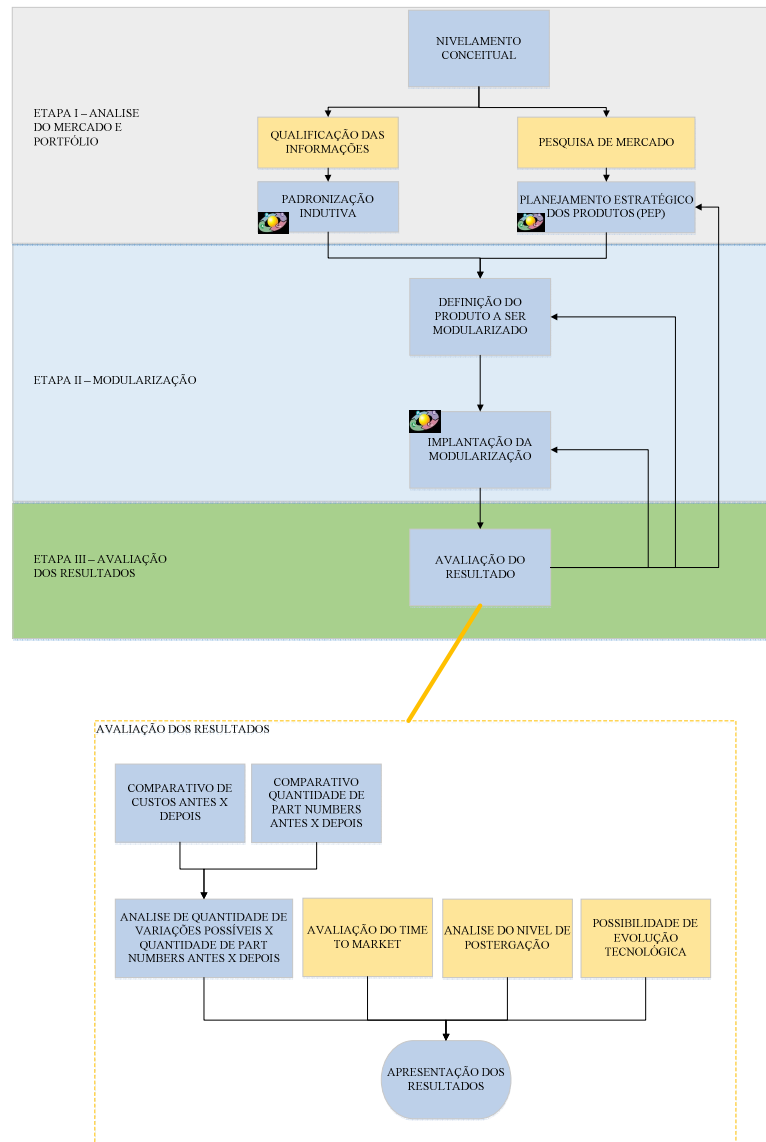


Figura 48: Método Ajustado M1

Fonte: Elaborado pelo autor

7 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Esta pesquisa teve como objetivo a proposição de um método para a modularização de produto em ambientes de alta variedade e baixa escala, bem como a aplicação deste método, avaliação e melhoria do mesmo com base na metodologia proposta pela DSR.

Este capítulo trata dos seguintes tópicos: i) conclusões da dissertação; ii) as limitações da pesquisa, iii) sugestões e recomendações para trabalhos futuros.

7.1 Conclusões

O cenário econômico aponta para o acirramento da competição através do aumento da variedade de produtos e da redução do tamanho dos lotes de fabricação. O desenvolvimento de produtos modulares é, de forma geral, um conceito e uma solução aderente a este tipo ambiente. Por exemplo, produtos modulares geram a possibilidade da melhoria da percepção de valor agregado por parte dos clientes através da evolução conceitual e/ou tecnológica de um ou mais módulos especificados do produto. Alterando um módulo a engenharia de produto e a manufatura tendem a sofrer um impacto menor (em relação a produtos com concepção integral) e entregam a variedade que o cliente espera. Isto além de gerar uma percepção de valor ao cliente, em algumas ocasiões o preço do produto pode ser alterado devido a introdução de característica inovadoras no produto a partir de um (ou mais) módulo(s).

A partir desta lógica geral, a primeira contribuição desta pesquisa foi à inserção de uma etapa anterior a aplicação das etapas de modularização em si. Ainda, nesta primeira etapa torna-se possível relacionar dois pontos principais: i) A aplicação do PEP e da padronização indutiva, trouxeram ao processo de modularização uma base estratégica, onde as decisões foram tomadas com um maior nível de confiança da organização, além de proporcionar uma conexão clara da engenharia de produto com o mercado; ii) A simplificação do portfólio sugerida nesta etapa permite com que a empresa possa se posicionar no ambiente de competição, e com isso possa tomar decisões mais eficazes sobre o futuro de seu portfólio de produtos.

Como segunda contribuição, considera-se que a preocupação com os custos do produto levou a inserção do DFMA como técnica para que o produto modular sofresse uma evolução no sentido da sua viabilidade de aprovação. A análise dos processos de fabricação e montagem, bem como a revisão dos materiais utilizados para a fabricação do produto, mostrou-se um caminho aderente ao objetivo de redução de custos de materiais e fabricação.

A terceira contribuição é a clareza conceitual da subordinação das técnicas/ferramentas as diferentes etapas do método para a implantação da modularização. EIDELWEIN et al (2016)

tratam do tema da confusão existente entre a conceituação de método, técnicas e ferramentas. Com base nisto o Quadro 10 apresenta um exemplo de como foram divididos os conceitos nesta pesquisa.

Conceito	Definição	Contexto Aplicado
Método	É o conjunto de atividades sistemáticas e racionais que define o caminho a ser seguido, segundo uma sequência lógica, para alcançar um objetivo ou resultado desejado	M0 e M1
Técnica e Ferramenta	São elementos que compõem a tecnologia. A tecnologia é o conjunto de processos intelectuais (técnicas) e instrumentos (ferramentas) utilizados para solucionar um problema ou produzir algo. Uma técnica pode ser definida como: um conjunto de procedimentos organizados, baseados num conhecimento científico correspondente, realizados para a produção de um resultado útil. conceito de ferramenta vai além do objeto físico, podendo ser caracterizado como um recurso que melhora a capacidade de realizar uma determinada tarefa, como por exemplo um software.	DFMA (Técnica) QFD (Técnica) Matriz QFD (Ferramenta) Matriz DSM (Ferramenta)

Quadro 10: Precisão Conceitual

Fonte: Elaborado pelo autor com base em EIDELWEIN et al (2016)

Como quarta contribuição cita-se a proposta de um método que contempla boas práticas dos métodos estudados, com a inserção de uma avaliação crítica por parte dos especialistas no tema e aplicação prática para validar a eficácia da utilização destas boas práticas em conjunto.

Na empresa A, a aplicação do método trouxe benefícios, que foram sendo absorvidos ao longo do andamento das etapas. Na Etapa I, a construção do PEP foi incorporada pela empresa e terá continuidade, não só para decisões relacionadas a modularização, mas também para outras decisões relacionadas as estratégias de portfólio de produtos. Na Etapa II, o processo do QFD, foi uma quebra de paradigma para a empresa, pois os engenheiros de produto tiveram contato com o mercado de uma maneira não realizada antes pela empresa, e isto foi base para o restante da construção do produto modular. Por fim, na etapa três, a inserção de uma avaliação do projeto, foi também uma novidade para a empresa, que anteriormente avaliava apenas o produto. Para a empresa, o método M0, se tornou uma boa prática, que será incorporada ao processo de desenvolvimento de produto.

Duas lacunas permaneceram após a realização desta pesquisa. Uma está relacionada ao desenvolvimento das interfaces, onde não foi apresentada nenhuma técnica ou ferramenta específica para a execução desta etapa. A segunda na avaliação dos resultados, onde foram sugeridos os benefícios a serem monitorados, porém não foi detalhado quais técnicas e ferramentas poderiam ser utilizadas no intuito de auxiliar na aplicação destas etapas.

Finalmente, o objetivo geral e os objetivos específicos desta pesquisa foram tratados, com base nas teorias, métodos e técnica existentes, o que permitiu, ao juntar aspectos teóricos e práticos, gerar o método M0, que foi aplicado em ambiente empresarial. A formulação do método M0 parece se constituir em uma contribuição inicial para a aplicação da modularização de produtos na empresa, a partir de uma perspectiva estratégica. De outra parte, a aplicação do Método M0 na empresa, permitiu o refinamento do método o que gerou o método M1, que poderá ser ainda refinado ao ser aplicado na mesma empresa ou em outros ambientes empresariais semelhantes.

7.2 Limitações da pesquisa

Em termos de limitações da pesquisa é possível citar os seguintes pontos:

- A falta de informações mercadológicas foi um limitante nas primeiras etapas do método. Por este motivo as decisões iniciais não tiveram o nível de certeza que é necessário para a obtenção da eficácia de implantação em ambientes empresariais.
- A avaliação dos resultados ainda não é um assunto totalmente resolvido e por isso os benefícios na primeira rodada do método não foram totalmente passíveis de serem explicitados e criticados.
- Houve também limitações devido a impossibilidade, em função do caráter estratégico das informações, de divulgação total dos resultados alcançados. Caso isso fosse possível os resultados estariam, por óbvio, melhor ilustrados e passíveis de uma visão crítica mais ampla das potencialidades do Método M0.
- Por fim pela natureza do DSR, não é possível generalizar esse método para todos os ambientes empresariais. Porém, é possível utilizá-lo como base para adaptações aos diferentes ambientes e mercados de atuação das empresas.

7.3 Sugestões e recomendações para trabalhos futuros

Como recomendações e sugestões para trabalhos futuros pode-se relacionar:

- Estender a aplicação do método em outras empresas, do mesmo e de outros ramos de atuação, para que o método M1, resultado final da pesquisa, possa ser refinado e melhorado;
- Evolução na geração de um sistema de indicadores que possa servir para uma avaliação crítica dos resultados obtidos pelo método M1 e seus desdobramentos para a modularização de produtos;

- Discutir a criação de indicadores que possam mensurar a evolução do processo de modularização nestes ambientes;
- Inserir no método de modularização, visando gerar um método mais robusto que o M1, os critérios e passos de conexão dos *softwares* de PLM para facilitar a aplicação da modularização de produtos;
- Explorar, tendo como pano-de-fundo os diferentes modelos de negócio passíveis de serem concebidas, as conexões entre a Modularização dos Produtos e a Customização em Massa;
- Propor modelos e métodos concretos de conexão entre o PEP, tendo a questão tecnológica como central, e as estratégias de negócios da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKAO; YOJI. **Integrating Customer Requirements into Product Design**. Disponível em: <www.productivityinc.com>.
- ALIZON, F.; SHOOTER, S. B.; SIMPSON, T. W. Improving an existing product family based on commonality/diversity, modularity, and cost. **Design Studies**, v. 28, n. 4, p. 387–409, 2007.
- BARBOSA, G. F. Aplicação da metodologia DFMA - Design for manufacturing and assembly no projeto e fabricação de aeronaves. **Departamento de Engenharia Mecânica**, p. 167, 2007.
- BAYAZIT, N. Investigating Design: A Review of Forty Years of Design Research Nigan. **Design Issues**, v. 20, n. 1, p. 16–29, 2004.
- BI, Z. M.; ZHANG, W. J. Modularity technology in manufacturing: Taxonomy and issues. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 18, n. 5, p. 381–390, 2001.
- BÖRJESSON, F. **Approaches to Modularity in Product Architecture**. [s.l.] Academic thesis, which with the approval of Kungliga Tekniska Högskolan, will be presented for public review in fulfilment of the requirements for a Licentiate of Engineering in Machine Design. The public review is held at Kungliga Tekniska Högskolan, Bri, 2012.
- BORJESSON, F.; HÖLTTÄ-OTTO, K. A module generation algorithm for product architecture based on component interactions and strategic drivers. **Research in Engineering Design**, v. 25, n. 1, p. 31–51, 2014.
- CAMPAGNOLO, D.; CAMUFFO, A. The concept of modularity in management studies: A literature review. **International Journal of Management Reviews**, v. 12, n. 3, p. 259–283, 2010.
- CANTAMESSA, M.; MONTAGNA, F. Management of innovation and product development: Integrating business and technological perspectives. **Management of Innovation and Product Development: Integrating Business and Technological Perspectives**, p. 1–377, 2015.
- CARDOSO, M. A. Modularização E Design Na Indústria Automotiva : O Caso Do Modelo Fox Da Volkswagen Do Brasil. **Revista Produção Online**, v. VIII, p. 146–169, 2008.
- CHENG, Q.; Zhang, G.; Gu, P.; Shao, X. A product module identification approach based on axiomatic design and design structure matrix. **Concurrent Engineering**, v. 20, n. 3, p. 185–194, 2012.
- CLOSS, D. J. Jacobs, M. A.; Swink, M.; Webb, G. S. Toward a theory of competencies for the management of product complexity: Six case studies. **Journal of Operations Management**, v. 26, n. 5, p. 590–610, 2008.
- COYNE, K. **GE McKinsey Matrix**. Disponível em: <<https://www.strategicmanagementinsight.com/tools/ge-mckinsey-matrix.html>>.
- DANIILIDIS, C.; Enblin, V.; Eben, K.; & Lindemann, U. A Classification Framework for Product Modularization Methods. **ICED11: 18th International Conference on Engineering Design**, n. August, p. 400, 2011.
- DANIILIDIS, H.; BAUER, W.; LINDEMANN, U. Compendium for modular and platform based architecting. **Procedia Computer Science**, v. 8, p. 220–225, 2012.
- DRESCH, A. Design Science e Design Science Research como Artefatos Metodológicos para Engenharia de Produção. **Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos**,

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo, RS, 2013., n. 9, p. 184, 2013.

DURAY, R. Mass customization origins: mass or custom manufacturing? **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 3, p. 314–328, 2002.

EIDELWEIN, F; ANTUNES Jr, J. A. V; PIRAN, F. S.; NUNES, F. de L. Precisão conceitual em Engenharia de Produção: uma abordagem teórica. **Revista Espacios**, v. 37, p. 1–26, 2016.

ELLIOTT, R.; WORREN, N.; MOORE, K. When theories become tools: toward a framework for pragmatic validity. **Human Relations**, v. 55, n. 200209, p. 1227–1250, 2002.

ERIXON, G. **Modular function deployment : a method for product modularisation**. PhD. Thesis., KTH, Dept. of Manufacturing systems, 1998

FERRO, P. **The Vital Few Natural Laws: Powering the 80/20 Methodology in Business**. [s.l.] CreateSpace, 2015.

FREDRIKSSON, P. Operations and logistics issues in modular assembly processes: cases from the automotive sector. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 17, n. 2, p. 168–186, 2006.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HEVNER, A.; MARCH, S. Design Science Research in Information Systems Design Science Research in Information Systems. **MIS Quarterly**, n. 520, p. 42, 2004.

HOLMQVIST, T. K. P.; PERSSON, M. L. Analysis and improvement of product modularization methods: Their ability to deal with complex products. **Systems Engineering**, v. 6, n. 3, p. 195–209, 2003.

HOLTTA-OTTO, K.; DE WECK, O. Degree of Modularity in Engineering Systems and Products with Technical and Business Constraints. **Concurrent Engineering**, v. 15, n. 2, p. 113–126, 2007.

JACOBS, M. A.; SWINK, M. Product portfolio architectural complexity and operational performance: Incorporating the roles of learning and fixed assets. **Journal of Operations Management**, v. 29, n. 7–8, p. 677–691, 2011.

JANG, H. S.; Hyoun S. C.; Seok, I.; Woo Y.; Chang, C. K. Strategic selection of green construction products. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 16, n. 7, p. 1115–1122, 2012.

KAHN, K. B.; Barczak, G.; Nicholas, J. L.; Perks, H. An examination of new product development best practice. **Journal of Product Innovation Management**, v. 29, n. 2, p. 180–192, 2012.

KLIPPEL, M.; ANTUNES Jr, J. A. V.; PAIVA, E. L., M. ; A. J. Estratégia de Produção em Empresas com Linhas de Produtos Diferenciadas - Um Estudo de Caso em uma Empresa Rodoferroviária. **Gestão e Produção (UFSCar)**, v. 12, n. 3, p. 417–428, 2005.

KUECHLER, B.; VAISHNAVI, V. Promoting Relevance in IS Research: An Informing System for Design Science Research. **Informing Science - the International Journal of an Emerging Transdiscipline**, v. 14, p. 125–138, 2011.

LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES Jr, J. A. V. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & Produção**, v. 20, p. 741–761, 2013.

LEE, S.; PARK, Y. Customization of technology roadmaps according to roadmapping purposes: Overall process and detailed modules. **Technological Forecasting and Social**

Change, v. 72, n. 5, p. 567–583, 2005.

LIU, Z.; WONG, Y. S.; LEE, K. S. Modularity analysis and commonality design: a framework for the top-down platform and product family design. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 12, p. 3657–3680, 2010.

LOYARTE, E.; POSADA, J.; GAINES, S.; RAJASEKHARAN, S.; OLAIZOLA, I. G.; OTAEGUI, O.; LINAZA, M. T.; OYARZUB, D. P.; ARANTZA, M. Technology roadmapping (TRM) and strategic alignment for an applied research centre: A case study with methodological contributions. **R and D Management**, v. 45, n. 5, p. 474–486, 2015.

MANSON, N. J. Is operations research really research? **ORiON**, v. 22, n. 2, p. 155–180, 2006.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTIN, H.; DAIM, T. U. Technology roadmap development process (TRDP) for the service sector: A conceptual framework. **Technology in Society**, v. 34, n. 1, p. 94–105, 2012.

MARTIN, M. V; ISHII, K. Design for variety : developing standardized and modularized product platform architectures. **Research in Engineering Design**, v. 13, p. 213–235, 2002.

MARTINSUO, M. Project portfolio management in practice and in context. **International Journal of Project Management**, v. 31, n. 6, p. 794–803, 2013.

MILLER, T. D. Defining Modules , Modularity and Modularization Evolution of the Concept in a Historical Perspective. **Proceedings of the 13th IPS Research Seminar**, p. 1–19, 1998.

NEPAL, B.; MONPLAISIR, L.; SINGH, N. Integrated fuzzy logic-based model for product modularization during concept development phase. **International Journal of Production Economics**, v. 96, n. 2, p. 157–174, 2005.

NUNES, F. D. L. Sistema Hyundai de Produção: Uma proposição de modelo conceitual. **Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo, RS., 2015.**

PANDREMENOS, J. et al. Modularity concepts for the automotive industry: A critical review. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v. 1, n. 3, p. 148–152, 2009.

PHAAL, R. Technology roadmapping - A planning framework for evolution and revolution. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 71, n. 1–2, p. 5–26, 2004.

PHAAL, R.; MULLER, G. An architectural framework for roadmapping: Towards visual strategy. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 76, n. 1, p. 39–49, 2009.

PIMMLER, T. U.; EPPINGER, S. D. Integration analysis of product decompositions. **ASME 1994 International Design Engineering Technical Conferences & 6th Design Theory and Methodology Conference. Minneapolis, USA, 11-14 September 1994**, n. September, p. 343–351, 1994.

PIRAN, F. A. S.; LACERDA, D. P.; ANTUNES Jr, J. A. V.; VIEIRO, C. F.; DRESCH, A. Modularization strategy: analysis of published articles on production and operations management (1999 to 2013). **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, p. 1–13, 2015.

PIRAN, F. A. S. Modularização de produto e os efeitos sobre a eficiência técnica: Uma avaliação em uma fabricante de ônibus. **Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo, RS, 2015.**, p. 239, 2015.

PROVDANOV, C. C.; FREITAS, E. C. DE. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013.

ROSS, D. W.; SHALTRY, P. E. **The New PMI Standard For Portfolio Management**. Disponível em: <<http://www.pmi.org/learning/pmi-standard-portfolio-management-8216>>.

RUDNICKI, W.; VAGNER, I. Methods of strategic analysis and proposal method of measuring productivity of a company. **The Małopolska School of Economics in Tarnów Research Papers Collection**, v. 25, n. December, p. 9, 2014.

SALVADOR, F. Toward a product system modularity construct: Literature review and reconceptualization. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 54, n. 2, p. 219–240, 2007.

SAND, J. C.; GU, P.; WATSON, G. HOME: House Of Modular Enhancement - a Tool for Modular Product Redesign. **Concurrent Engineering**, v. 10, n. 2, p. 153–164, 2002.

SCALICE, R. K.; ANDRADE, L. F. S. DE; FORCELLINI, F. A. Procedimento para seleção de interfaces para produtos modulares baseado no ciclo de projeto de produtos. **Prod.**, n. December, p. 734–750, 2015.

SCHUH, G.; RUDOLF, S.; VOGELS, T. Development of modular product architectures. **Procedia CIRP**, v. 20, n. C, p. 120–125, 2014.

SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**. 3. ed. Massachussets: MIT Press, 1996. v. 1

SKINNER, W. Manufacturing - Missing Link in Corporate Strategy. 2000.

SONEGO, M. Métodos de modularização no projeto conceitual de desenvolvimento de produtos. **Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre, RS.**, p. 114, 2013.

SONEGO, M.; SOARES, M. Seleção de métodos para modularização no desenvolvimento de produtos : revisão sistemática. **Produção**, n. 2001, 2015.

STARR, B. M. K. Modular Production - A New Concept. **Harvard Business Review**, v. November-D, n. 1, p. 131–142, 1965.

STARR, M. K. Modular production – a new concept. **Harvard Business Review**, p. 131–142, 2011.

STONE, R. B.; WOOD, K. L.; CRAWFORD, R. H. Using quantitative functional models to develop product architectures. **Design Studies**, v. 21, p. 239–260, 2000.

ULRICH, K. The role of product architecture in the manufacturing firm. **Research Policy**, v. 24, n. 3, p. 419–440, 1995.

VAN AKEN, J. E. Management Research on the Basis of the Design Paradigm: the Quest for Field-tested and Grounded Technological Rules. **Journal of Management Studies**, v. 41, n. 2, p. 219–246, 2004.

VAN AKEN, J.; ROMME, A. A design science approach to evidence-based management. **The Oxford Handbook of Evidence-Based Management**, p. 140–184, 2012.

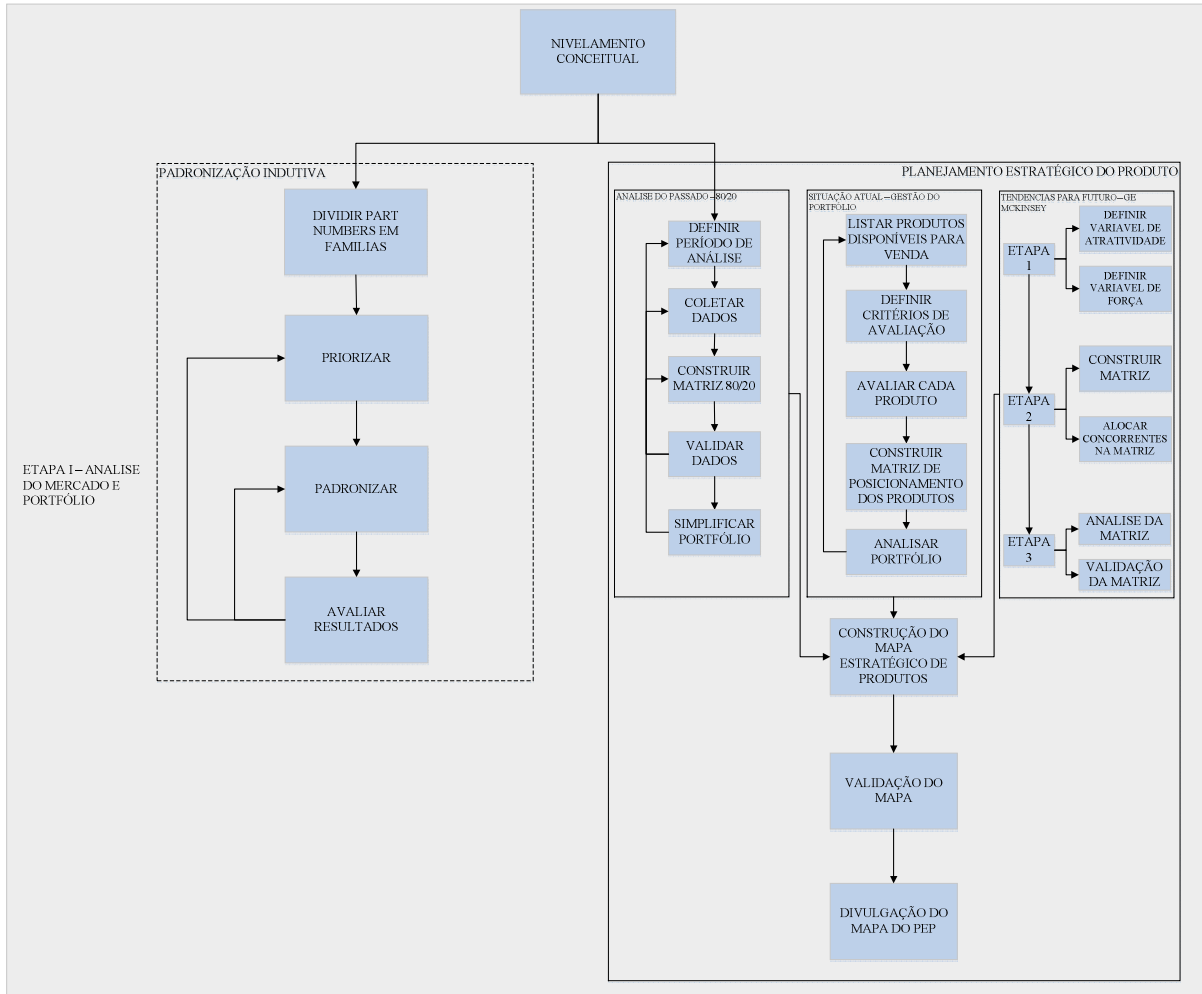
VIEIRO, C. F. Metodologia de projeto para arranjo estrutural de carroceria de ônibus através dae sistemas modulares: um estudo de caso. **Dissertação de mestrado em Projeto e processos de Fabricação. Universidade de Passo Fundo, Programa de Pós Graduação em Projeto e Processos de Fabricação**, p. 117, 2013.

ZHA, X. F.; SRIRAM, R. D. Platform-based product design and development: A knowledge-intensive support approach. **Knowledge-Based Systems**, v. 19, n. 7, p. 524–543, 2006.

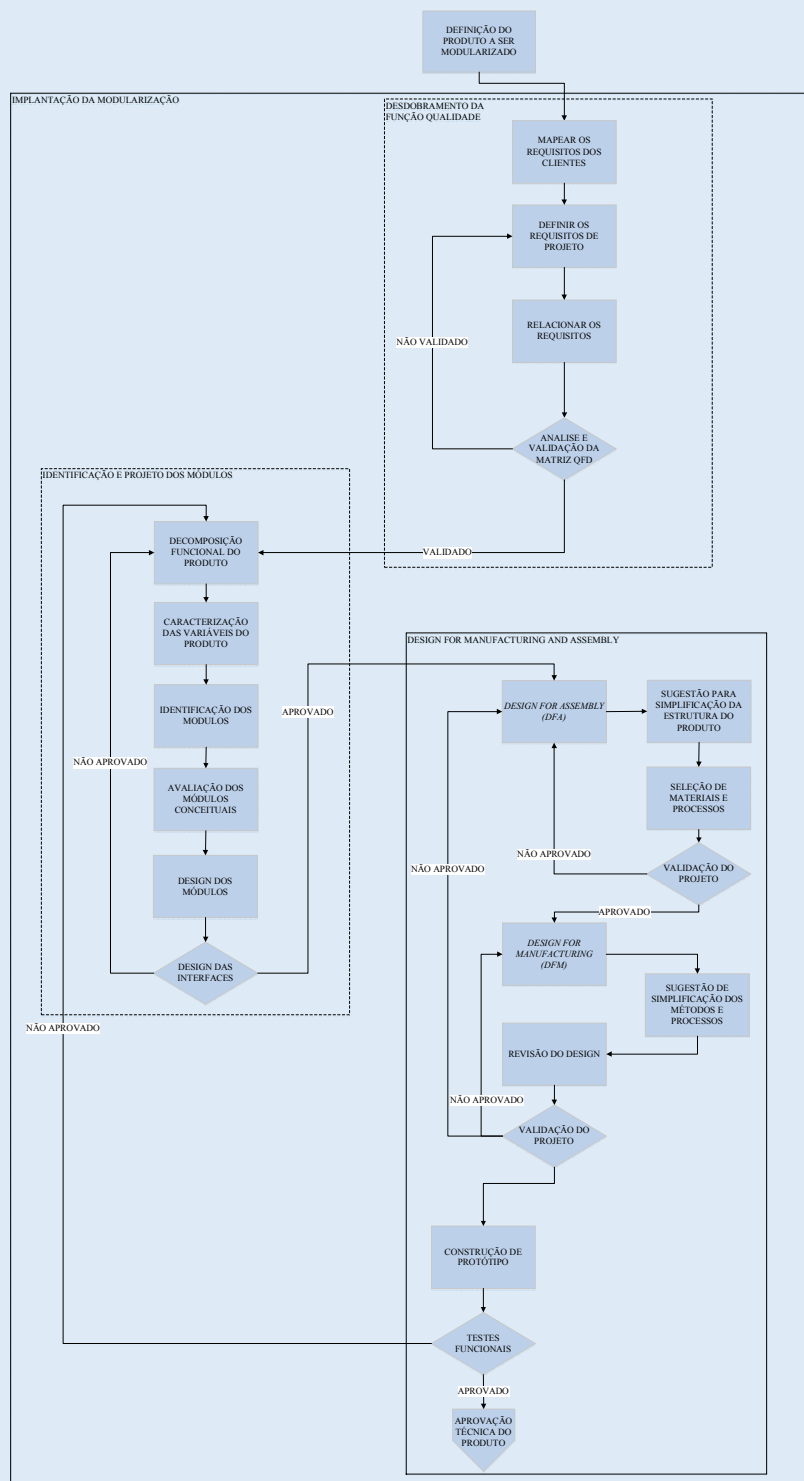
ZHANG, W. Y.; TOR, S. Y.; BRITTON, G. A. Managing modularity in product family design with functional modeling. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 30, n. 7–8, p. 579–588, 2006.

ANEXOS

ANEXO I – METODO PROPOSTO (M0)



ETAPA II – MODULARIZAÇÃO



ETAPA III – AVALIAÇÃO
DOS RESULTADOS

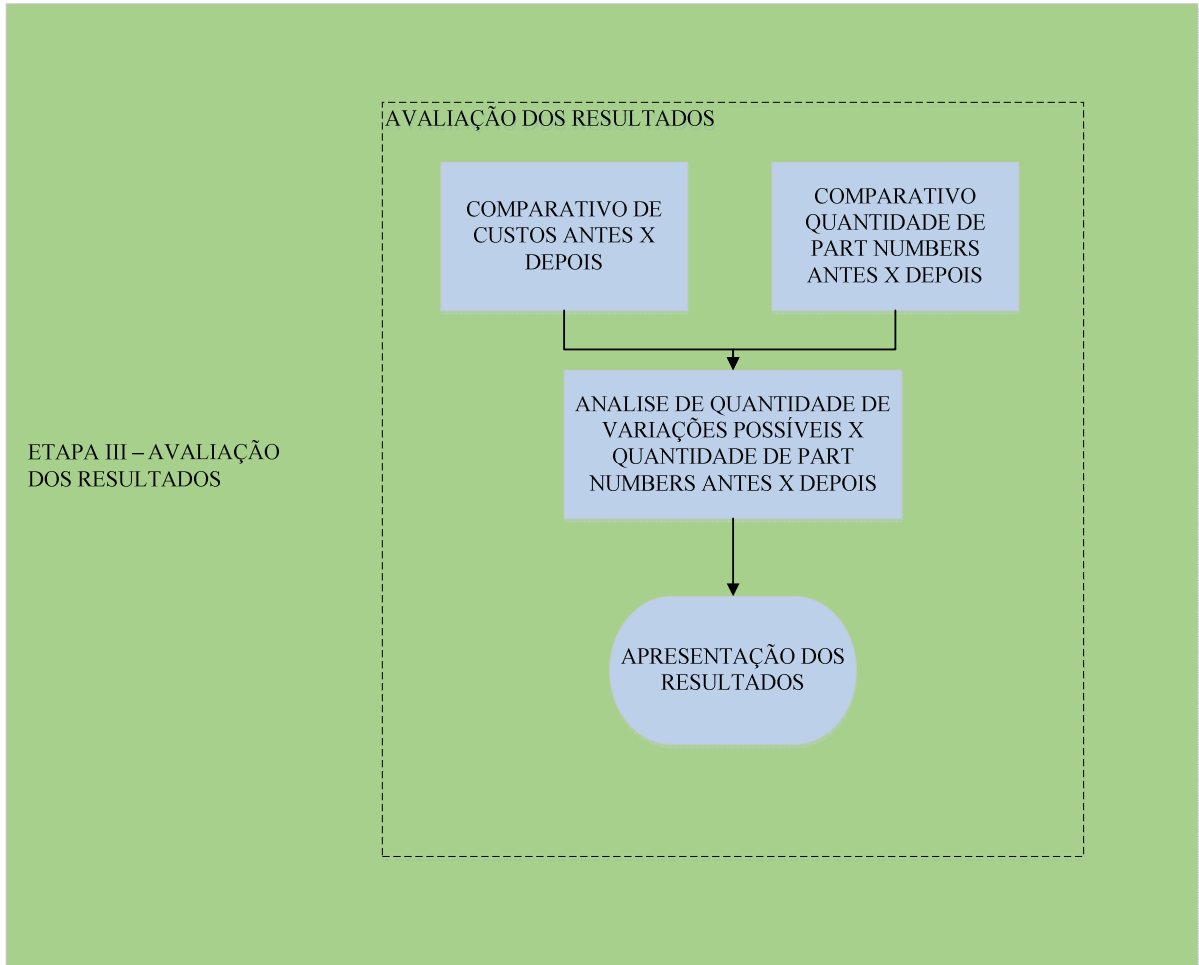
AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

COMPARATIVO DE
CUSTOS ANTES X
DEPOIS

COMPARATIVO
QUANTIDADE DE
PART NUMBERS
ANTES X DEPOIS

ANALISE DE QUANTIDADE DE
VARIÇÕES POSSÍVEIS X
QUANTIDADE DE PART
NUMBERS ANTES X DEPOIS

APRESENTAÇÃO DOS
RESULTADOS



ANEXO II – RESULTADOS PADRONIZAÇÃO TIME A

Título do Projeto: Redução de fixadores

Names: Eduardo Meirelles, Lidiane Xavier

1 – Validação da Proposta de Fixadores – Diagrama FAST

PRIMÁRIA	SECUNDÁRIA	DESNECESSÁRIA
Garantir fixação	Resistir a cargas Garantir segurança Transmitir torque	Resistir ao ambiente Prover aparência Regular distâncias Realizar furação

Para gerar a lista de fixadores para bloqueio de Compras, foi realizado um filtro removendo-se os códigos de Kanban da montagem máquinas e onde não há grandes movimentações por certo período de tempo.

Atualmente existem diversos códigos com grandes quantidades em estoque, porém sem movimentação ou novas compras. Por isso é de extrema importância realizar um inventário geral de todos os fixadores, para então exercer o bloqueio com melhor efetividade.

Os bloqueados continuarão na estrutura até notificação de que há novas demandas para os materiais. Assim a Engenharia deve ser acionada para encontrar um item semelhante dentro da lista padrão proposta.

3 – RESULTADOS

Quantidade Atual	Quantidade Proposta	Quantidade em andamento
515	191	269
Redução proposta: 62,9%		
Redução em andamento: 47,8%		

2 – Redução por Tipo

Tipo de fixador	Quantidade atual	Quantidade proposta	Quantidade em andamento	Ações	Prazo para realização das ações
Parafusos	305	142	172	Realização de inventário e contagem no Almoarifado principal, para então bloquear a compra dos códigos. Os mesmos serão trocados na estrutura por algum semelhante ou correspondente assim que surgirem demandas para tais.	Inventário: 03/10/16 Troca na estrutura: Assim que surgirem demandas
Porcas	113	25	55		
Arruelas	44	12	24		
Rebitos	53	12	18		

ANEXO III – RESULTADOS PADRONIZAÇÃO TIME B

Título do Projeto: Proposta de redução de conexões

Nomes: Eduardo B., Eduardo M., Paulo T.

1 - DEFINIÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL

Atualmente existem **92** máquinas que utilizam **92** *part numbers* diferentes relacionados a conexões pneumáticas, e também **47** itens inativos.

Há um total de **139** *part numbers* de conexões.

Estima-se a redução de **84%** de *part numbers* de silenciadores.

3 – EVIDÊNCIAS DE IMPLANTAÇÃO

Utilizando por base o número de conexões com quais máquinas utilizam as mesmas, é proposto a redução de **52** códigos, ou seja, **57%** da quantidade de itens ativos no DEZ.

Foi verificado que para realizar a alteração de todos os desenhos que possuem componentes pneumáticos será necessário uma grande demanda de tempo.

Deve ser discutida a real necessidade de alteração de itens das máquinas que não são mais produzidas. É necessário agendar uma reunião para definir essas questões.

2 – PROPOSTA DE PADRONIZAÇÃO

REDUÇÃO DE CONEXÕES EM GERAL

Foi realizado um levantamento de todas as conexões e a elas atribuídas uma proposta:

- 1ª semana: Troca de códigos exatamente iguais;
- 2ª semana: Eliminar itens não utilizados em nenhuma máquina;
- 3ª semana: Consumir interno e eliminar;
- 4ª semana: Enviar para loja de NH;
- Em paralelo: Estudar casos individuais das máquinas e criar kits pneumáticos conforme modelo.

MÁQUINA 328

Um estudo inicial da máquina 328 ME propõe a redução de custo na base de **15%** nas conexões substituídas.

Nesta foi realizada uma revisão dos kits pneumáticos da máquina 328 (MI e ME), padronizando todas as conexões, válvulas e mangueiras de Ø8 para Ø6 mm.

4 – RESULTADOS

MÁQUINA 328

Desde a realização da Fimec até o atual momento, não foi possível testar a implantação das conexões padronizadas na máquina do mercado interno. Está acordado com o Gilnei que será realizado o teste na próxima máquina que vier para montagem.

Foi criada uma lista padrão de silenciadores e conexões disponíveis para utilização da engenharia.

A estrutura das conexões equivalente já foi alterada. Aguardando almoxarifado realizado a troca física dos componentes.

Estão sendo atualizados os desenhos das montagens que possuem componentes pneumáticos.

ANEXO IV – RESULTADOS PADRONIZAÇÃO TIME C

Título do Projeto: Padronização Tubos e Barras

Nome: Douglas Tonin, Jakson G. Graef

1 – Proposta de trabalho

- 1 – Ajuste das descrições dos itens
- 2 – Análise por faixa de variação e geração da lista padrão
- 3 – Atualização dos projetos

3 - RESULTADOS

Quantidade Atual	Quantidade Proposta
258	115
55%	

2 – Validação Projeto

Código	Quantidade em Estoque	Quantidade de Compras	Quantidade Ordens Abertas	Destino	Totalmente Substituível?	Custos e Prazos Redefinidos?	Necessidade Prototipagem
00003175	59,411	0	20	Consumir item em estoque e substituir por item Trefilado	Sim		
00044091	73,767	0	0	Consumir item em estoque e substituir por item Trefilado	Sim		
00037705	34,200	0	16,38	Consumir item em estoque e substituir por item Trefilado	Sim		
00091157	64,637	0	0	Consumir item em estoque e substituir por item Trefilado	Sim		
00000012	1,836	0	1,04	Consumir item em estoque e substituir por item Trefilado	Sim		
00000017	43,936	0	16,57	Consumir item em estoque e substituir por item Trefilado	Sim		
00000019	9,537	0	0,41	Consumir item em estoque e substituir por item Trefilado	Sim		
00000038	72,074	0	28,9	Consumir item em estoque e substituir por item Trefilado	Sim		
00000031	234,339	0	49,48	Consumir item em estoque e substituir por item Trefilado	Sim		
00000032	1.090.692	1.922	2.041	Consumir item em estoque e substituir por item Trefilado	Sim		
00000033	707,953	0	0	Consumir item em estoque e substituir por item Trefilado	Sim		
00000035	14,389	0	0	Consumir item em estoque e substituir por item Trefilado	Sim		
00000038	00000038	0	65,45	Consumir item em estoque e substituir por item Trefilado	Sim		

ANEXO V – ENTREVISTA QFD

Olá caro cliente, é um prazer contar com sua atenção por alguns minutos. Esta carta tem como objetivo o recolhimento de suas opiniões acerca do processo de secagem e reativação utilizado na indústria calçadista.

A Máquinas XXXL através de seu planejamento estratégico está buscando essas informações para evoluir seus produtos, sabemos que o maior conhecimento do processo de fabricação encontra-se com vocês, clientes. Por isso é necessário que os usuários dos nossos produtos participem ativamente do desenvolvimento dos mesmos.

Contamos com sua colaboração para juntos evoluirmos o processo em questão, melhorando a competitividade das nossas empresas. Responda com suas palavras as quatro questões abaixo sem se preocupar com formalidades, o objetivo é colhermos as percepções que sua aplicação tem com relação ao processo.

Este processo está protegido pelo código de conduta ética da Sazi, sendo que não será utilizado fora dos limites da empresa.

Questão: Referente ao processo atual de secagem e reativação:

1. É necessário fazer esse processo?
 - a. Sim, por quê?
 - b. Não, quais os processos alternativos?
2. Como o processo é feito atualmente?
3. Quais as oportunidades e necessidades visualizadas?
4. Quais os parâmetros de decisão de investimento?

ANEXO VI – Participantes das Apresentações (Empresa e Especialistas)

ESPECIALISTAS:

André Cardoso Dupont: Doutorando em Engenharia de Produção e Sistemas pela UNISINOS. Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pela UNISINOS. Engenheiro de Produção pela UFRGS. Atua em projetos de consultoria e capacitação nas áreas de Estratégia Organizacional, Custos Industriais, Engenharia Econômica, Gestão de Materiais e Engenharia Industrial. Possui experiência de mais de 10 anos em gestão de projetos de implantação de sistemas de produção enxuta e execução de projetos de consultoria em empresas como Randon Implementos, Máquinas SAZI, Agrale, Freios Controil, HYVA, Fras-le, Suspensys, Master, Farina, Viemar, KEKO, Brinox, Metalúrgica Rotamil, Taurus, Foca, Todeschini. Ainda é coordenador e professor do curso de Engenharia de Produção da Faculdade da Serra Gaúcha e vice-diretor estudantil da SAE Seção Caxias do Sul.

Alexandre de Souza Garcia: Prof. de MBA, Consultor de Empresas, Facilitador & Speaker. Áreas de atuação: Estratégia, Inovação, Design Thinking, Criatividade, Gestão por KPI, Planejamento, Gestão do Conhecimento e Empreendedorismo. Doutorando em Administração - Foco: Strategic Management of Technology (UNISINOS) Mestre em Administração - Foco: Gestão da Inovação (UNISINOS); Especialistas em Gestão Empresarial (UFRGS); Economista (UFRGS).

Ariel Peixoto Possebon: Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Graduado em Administração de Pequenas e Médias Empresas pela Universidade Norte do Paraná. Sócio-Consultor da Prodttare Consultores Associados, possui 11 anos de experiência em projetos de consultoria em Gestão de Operações. Atuou em diferentes empresas e segmentos, tais como: Altus, Aniger, CGTEE, Comil, Controil, Dambroz, ELO, Fras-le, JAN, Kepler Weber, KNAPP, Master, Medabil, Randon, Rotamil, Sazi, Soprano, Suspensys, Termolar, TMSA, Todeschini, Trafo e Zegla. Especialista em Planejamento, Programação e Controle da Produção e dos Materiais (PPCPM), ferramentas para aumento de Produtividade e Melhoria de Fluxos.

Fabiano de Lima Nunes: Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pelo PPGEPS/UNISINOS. MBA em Gestão Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Pós-Graduação em Gestão Estratégica da Produção e Logística pela Universidade Feevale. Professor nos Cursos de Logística na Faculdades Tecnológicas FTEC e Gestão da Produção da Universidade Feevale, além de atuar em Cursos de Pós-Graduação na Universidade Feevale.

Ministra Cursos de Extensão nas Faculdade da Serra Gaúcha (FSG) e Universidade Feevale, bem como, palestras nas seguintes Instituições: Universidade Feevale, Escola Superior de Propaganda e Marketing (ESPM), ACI/NH e FTEC. Possui larga experiência na Gestão de Suprimentos, Compras e Logística, com ênfase em Negociações, Desenvolvimento de Fornecedores, Análise de Valor, Redução de Custos, Gestão e Otimização de Armazéns e CD's; implantação de CD's, WMS, TMS e ferramentas de Gestão; também nas áreas Industriais e de Produção, com ênfase em Planejamento, Projeto, Implantação e Controle de Sistemas de Produção (Lean, Sistema Toyota de Produção e Sistema Hyundai de Produção) onde já desenvolveu projetos relevantes em empresas de médio e grande porte nacionais e multinacionais, nas indústrias Automotiva, Metal-Mecânica, Serviços, Distribuição, Bélica, Borracha e Alimentação/Varejo, atuando na área de Operações de 1995.

Francisco Duarte de Castro Ferreira Carmo: Possui Mestrado em Administração pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (2003). Pós-graduação em Dinâmica dos Grupos pela Faculdade Monteiro Lobato/Sociedade Brasileira de Dinâmica dos Grupos (2011). Especialização em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1996). Formação em Engenharia de Petróleo pela Petrobras (1988). Graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1986). Atualmente é horista - professor auxiliar nível I da Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Tem experiência de atuação profissional como consultor nas áreas de Administração, com ênfase em Administração da Produção, atuando principalmente nos seguintes temas: planejamento de indústrias e empresas de serviços, implantação de sistemas e ferramentas de administração da produção, plano de negócios, formação de líderes e coaching.

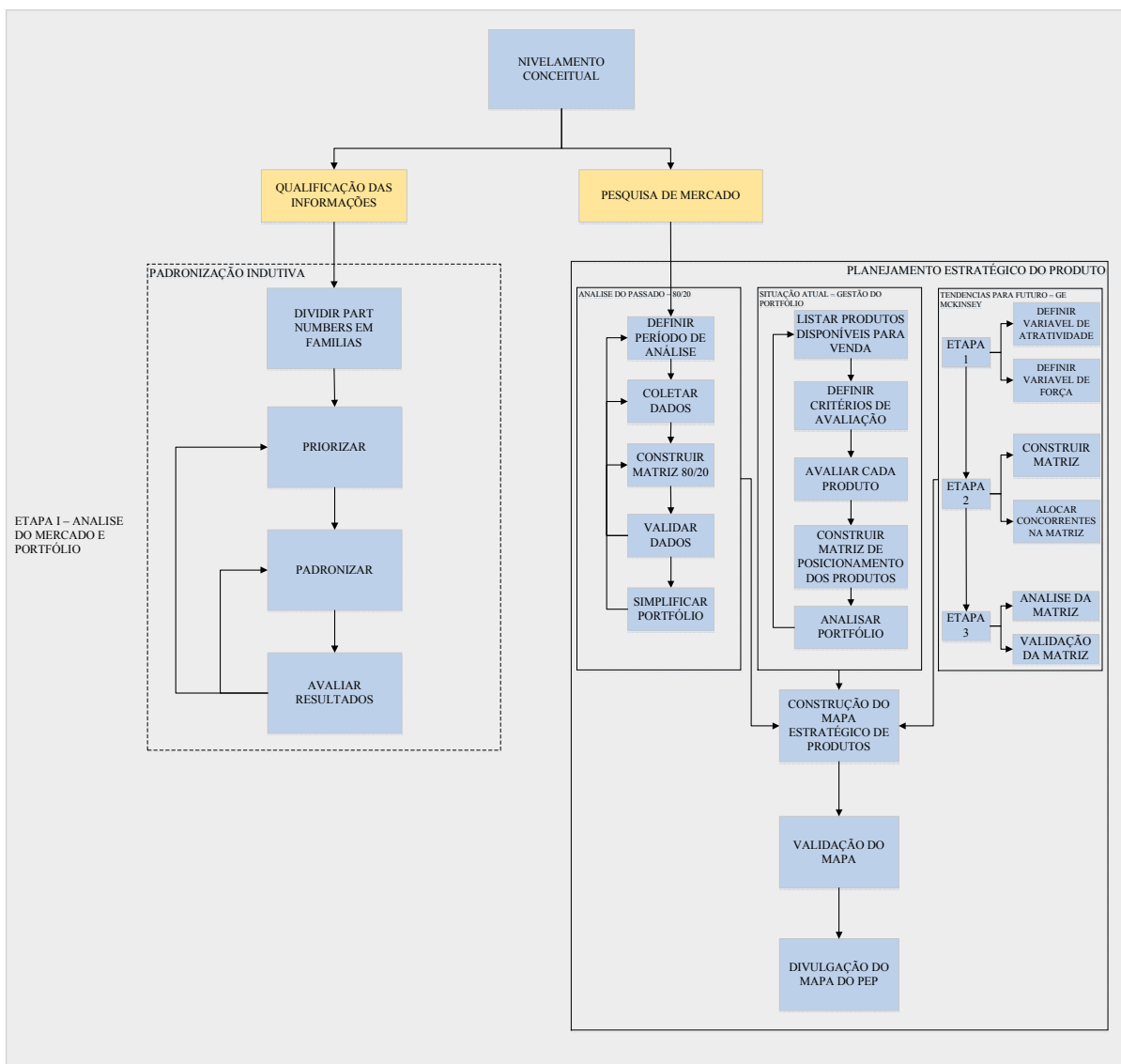
Ingomar Goltz: Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Maria (1988). Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Gerência de Produção. Foi diretor de manufatura e engenheiro na AGCO de 1988 até 2014.

Ivan de Pelegrin: Doutor em Sistemas de Produção pela COPPE/UFRJ. Mestre em Engenharia de Produção pela UFRGS. Especialização em Gestão Empresarial na FGV. Engenheiro Mecânico pela UFSC. Cursos executivos no MIT, Fundação Don Cabral, ANPEI, entre outros. Experiência profissional de mais de 25 anos tendo atuado como executivo nos setores público e privado, além de atividades como instrutor e como consultor em empresas de diversos setores, nas áreas de Estratégia de Operações, Sistemas de Produção, Logística, PPCPM, Gestão de Programas e Projetos.

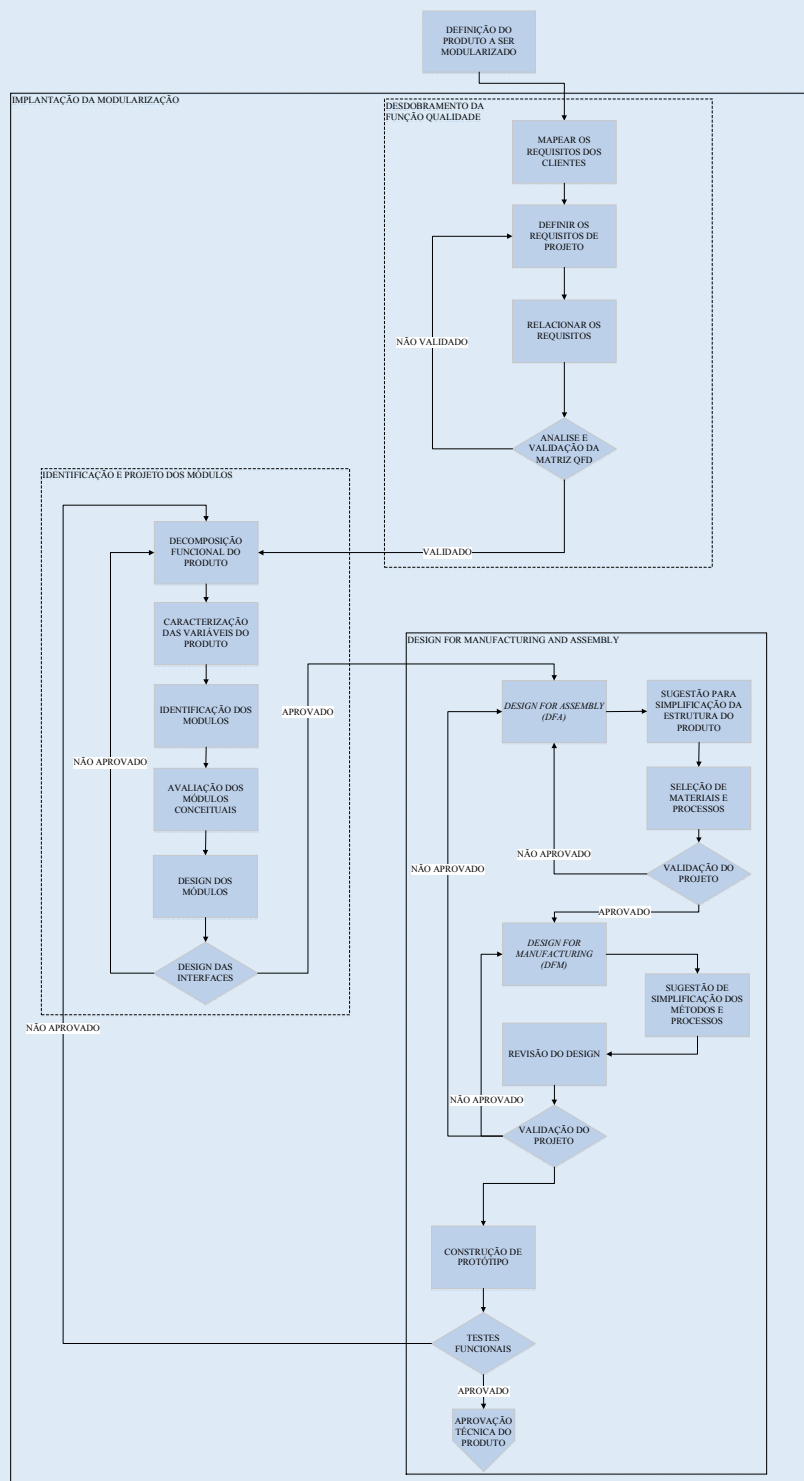
José Inácio Rad: Pós-Graduado em Gestão Empresarial pela FGV, Especialista em Projeto de Produto e Design Industrial pela UFSC/CNPq, Especialista em Soldagem pela UFRGS/ABM, Graduação em Engenharia Mecânica pela UFRGS. Atua nas áreas de Projetos de Produtos e em Gestão Industrial, melhorando e implantando soluções na Estrutura Organizacional e nos Processos das Empresas. Possui mais de 17 anos de trabalhos nestas atividades nas seguintes empresas: Agrale, Agritech Lavrale, Agritech Yanmar, Prover, John Deere, Stara, Kuhn, AGCO/MF, AGCO/Valtra, Agro-Pertences, CNHi, Planticenter, Proton-Primus, Marcher Brasil, Saur, MIAC, Guerra, Rhodoss, Comil, Bomag Marini, Terex, Bruning, Dana, Perfil, Beter, DHB, Thyssen Krupp, Rotamil, Taurus, Metasa, Intecnial, CP Eletrônica, Maxion, Aeromóvel, Coester, Globo Inox, Walker Diseño, Decofrut, Altus, Vipal, Ecotec, Bertussi Design, Seagro, Oxbo, Roland Berger, Multiagro, Casale, Veigro, Produttare, entre outras. Atuou como Executivo nas seguintes empresas, somando 27 anos: Jan, Ideal, Semeato, Agromec. Professor na Engenharia Mecânica da UPF por cinco anos. Presidente do Conselho Consultivo do SENAI. Perito em Propriedade Industrial e Intelectual.

Vivian Sebenn Adami: Doutoranda do curso de Administração da UNISINOS e Mestre em Engenharia de Produção com Ênfase em Qualidade e Desenvolvimento de Produto e Processo pelo PPGEP/ UFRGS. Especialista em Tecnologia de Pinturas pela Universidade de Barcelona e em Gestão Empresarial pela FGV e Graduada em Engenharia Química pela UFRGS. Executiva do segmento químico (tintas industriais) voltado aos mercados eólico, metal-mecânico e moveleiro, com mais de 20 anos de atuação nas áreas de Tecnologia/Produto e Comercial / Serviços. Consultora em gestão de projetos, mapeamento e prospecção de novos mercados e tecnologias, intermediação de parcerias técnicas e comerciais e otimização de processos. Pesquisadora da área de Competitividade e Relações Interorganizacionais, com ênfase em projetos interfirmas, redes de fornecimento e inovação.

ANEXO VII – MÉTODO AJUSTADO (M1)



ETAPA II – MODULARIZAÇÃO



ETAPA III – AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

